

А. В. ГРОМОВ, А. А. КАЛИКИН

СТРОИТЕЛЬСТВО
МАГИСТРАЛЬНЫХ
ТРУБОПРОВОДОВ
(линейная часть)

ИЗДАТЕЛЬСТВО «БУДИВЕЛЬНИК»
КИЕВ — 1975

3
2
И
И
И
С
Б
Г
3

**V. ПРОИЗВОДСТВО ОСНОВНЫХ ВИДОВ
ЛИНЕЙНЫХ РАБОТ**

I. Сварочно-монтажные работы

СТАЛЬНЫЕ ТРУБЫ И СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Напряжения, возникающие в трубах при строительстве и эксплуатации. Во время сооружения и эксплуатации магистральные трубопроводы испытывают ряд нагрузок и воздействий, которые вызывают напряжения в металле труб. Нагрузки, действующие на трубопровод, бывают постоянные и временные.

К постоянным относятся: собственный вес трубопровода с изоляцией, вес балластных грузов, вес грунта над трубой, предварительные напряжения в металле труб.

Временные нагрузки делятся на длительные, кратковременные и особые.

К длительным относятся: вес перекачиваемой среды, внутреннее давление, создаваемое при перекачке, и термические напряжения, возникающие при перекачке горячих продуктов.

К кратковременным относятся нагрузки, возникающие во время монтажных работ, а также в трубопроводах наружной укладки — термические напряжения от солнечной радиации.

Особые нагрузки возникают в результате нарушений технологического процесса, оползней, сейсмических явлений.

Расчет прочности трубопроводов производится по предельным состояниям, при которых дальнейшая нормальная эксплуатация невозможна.

Для стальных трубопроводов устанавливается предельное состояние, исходя из прочности на разрыв от действия внутреннего давления с проверкой возможности развития чрезмерных пластических деформаций. При расчете трубопроводов установлены понятия нормативных нагрузок и коэффициентов перегрузок, возникающих при эксплуатации трубопроводов.

Нормативные нагрузки — установленные нормами наибольшие величины внешних воздействий, допускаемые при нормальной эксплуатации сооружения.

Коэффициенты перегрузок — возможные изменения нагрузок, в результате чего возникают превышения действительных нагрузок против нормативных. Произведения нормативных нагрузок на коэффициенты перегрузок называются расчетными нагрузками.

При нормальной работе магистрального трубопровода внутреннее давление вызывает в металле трубы напряжения: радиально-направленные, продольно-направленные и кольцевые.

Нормативные характеристики материала стальных труб, значение коэффициента условий работы трубопровода (m_2) и расчетные сопротивления (R_1 и R_2) приведены в табл. 40 и 41.

Таблица 40. Нормативные характеристики материала стальных труб [1]

Наименование показателей	Условное обозначение	Значение
Нормативное сопротивление растяжению материала труб и сварных соединений из условий работы на разрыв	R_1^H	$\sigma_{вр}$
Коэффициент однородности при разрыве стали: низколегированной в сварных трубах и углеродистой в бесшовных трубах	k_1 на	0,8
	k_1 у	0,85
Коэффициент условий работы материала при разрыве труб	m_1	0,8
Нормативное сопротивление растяжению, сжатию и изгибу материала труб и сварных соединений, определяемое из условия достижения предела текучести	R_2^H	σ_T
Коэффициенты однородности труб, изготовленных из стали: низколегированной	k_2 на	0,85
	k_2 у	0,9
углеродистой		

Таблица 41. Значения коэффициента условий работы трубопровода и расчетных сопротивлений [34]

Участки трубопровода	Коэффициент условий работы трубопровода m_2	Расчетное сопротивление			
		R_1		R_2	
		для труб из стали			
		низколегированной и углеродистой в сварных трубах	низколегированной и углеродистой в сварных трубах	низколегированной	углеродистой
Участки трубопроводов III и IV категорий	0,9	0,58 $\sigma_{вр}$	0,61 $\sigma_{вр}$	0,76 σ_T	0,81 σ_T
Участки трубопроводов I и II категорий, участки подземных трубопроводов на подрабатываемых территориях, переходы висячих, арочных и шпунгельных систем, независимо от категории участка трубопровода	0,75	0,48 $\sigma_{вр}$	0,51 $\sigma_{вр}$	0,64 σ_T	0,68 σ_T

Расчет подземных трубопроводов. Толщину стенок трубопроводов определяют по двум формулам, из которых принимается больший результат:

$$\delta = \frac{nPD_n}{2(R_1 + nP)}; \quad (37)$$

$$\delta = \frac{nPD_n}{2(0,9R_2 + nP)}. \quad (38)$$

Кольцевые напряжения, которые возникают в трубе, определяют по формулам:

$$\sigma_{кц} = \frac{nPD_n}{2\delta} \leq R_1 \quad (39)$$

$$\sigma_{кн} = \frac{nPD_n}{2\delta} \leq 0,9R_2, \quad (40)$$

где δ — нормальная толщина стенки труб, см; D_n — наружный диаметр трубы, см; D_v — внутренний диаметр трубы, см; P — рабочее (нормативное) давление в трубопроводе, кг/см²; n — коэффициент перегрузки рабочего давления в трубопроводе, равный 1,15 для газонефтепроводов и нефтепродуктопроводов с температурой вспышки нефти или продукта до 45°C и 1,10 — для остальных нефтепродуктов, R_1 — расчетное сопротивление металла трубы, кг/см²; R_2 — нормативное сопротивление, равное наименьшему значению предела текучести при растяжении металла труб, кг/см².

Расчетное сопротивление (R_1) материала труб определяют по формуле

$$R_1 = R_1^0 k_1 m_1 m_2. \quad (41)$$

Расчетное сопротивление (R_2) определяют по формуле

$$R_2 = R_2^0 k_2 m_1 m_2. \quad (42)$$

Значения букв в формулах 41 и 42 см. в табл. 40 и 41.

При расчете трубопроводов необходимо также учитывать температурные напряжения, которые могут возникать в подземном трубопроводе. Величину этих напряжений определяют по формуле

$$\sigma_{тп} = \alpha E (t_1 - t_2), \quad (43)$$

где $\sigma_{тп}$ — продольные температурные напряжения в металле труб, кг/см²; α — линейный коэффициент термического расширения стали, равен 0,000012; E — модуль упругости стали, кг/см², равен $= 2,1 \times 10^6$ кг/см²; $t_1 - t_2$ — разность температур, град. С.

Трубы

Согласно СНиП I-Д. 4—62 [34] и «Указаниям» Министерства газовой промышленности [35] для строительства магистральных трубопроводов всех категорий и отводов от них, для транспор-

тировки газа, нефти и нефтепродуктов применяются стальные электросварные бесшовные, горячекатаные или термообработанные трубы диаметром 108—426 мм и электросварные прямо- или спиральношовные трубы диаметром 530—1420 мм.

Трубы, предназначенные для строительства магистральных трубопроводов, должны испытываться на заводах-изготовителях гидравлическим давлением по ГОСТ 3845—65 по величине не менее испытательного давления на трассе, определяемого по СНиП III-Д. 10—72 [2].

Толщину стенок труб принимают исходя из номинальных значений величины временного сопротивления стали при разрыве $\sigma_{вр}$ и предела текучести σ_t без учета снижений этих величин для ограниченного количества поставляемых труб, оговоренных в ТУ на трубы.

Требования к сортаменту труб. Допускаемые отклонения по толщине стенки труб должны соответствовать допускам на толщину металла листа или ленты, предусматриваемые ГОСТ 8597—57 и ГОСТ 5681—57* в зависимости от ширины и толщины металла. Допускаемые отклонения калиброванных концов (на длине не менее 200 мм) даны в табл. 42.

Таблица 42. Допускаемые отклонения труб, мм (ТУ 14-3-109-73)

Наружный диаметр труб, мм	Класс		
	I (высокая точность)	II (повышенная точность)	III (обычная точность)
426—720	±1,5	±2,5	±3,5
720—1020	±2,0	±3,0	±4,0
1020—1220	±3,5	±5,0	±6,0
Более 1220	±5,0	±6,5	±7,5

Овальность концов труб не должна превышать 1% номинального диаметра.

Допускаемая местная кривизна труб должна быть не более 1,5 мм на 1 м длины трубы. Общая кривизна труб не должна превышать 1/1000 длины трубы.

Сварные швы должны иметь плавный переход к основному металлу. Высота валика усиления в зависимости от толщины стенки не должна превышать: 2 мм для толщины стенок 5—10 мм и 3 мм — свыше 10 мм. Минимальная высота валика продольных и поперечных швов для всех толщин стенок должна быть не менее 0,5 мм.

В сварном соединении труб допускается смещение кромок по высоте не более 15% от номинальной толщины стенки, но не более 2 мм.

Косина реза концов труб не должна превышать:

Наружный диаметр, мм	159—325	377—426	530—720	820—1020	1220—1420
Допускаемые отклонения, мм	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0

Концы труб с толщиной стенки 5 мм и более должны иметь фаску под углом 30° с допуском $\pm 3^\circ$, а торцевое кольцо (притупление) ширину 1,5—2,5 мм для труб диаметром до 1020 мм и 3—4 мм для труб 1220—1420 мм.

Технические требования к трубам. В зависимости от климатических условий строительства и эксплуатации трубопроводов трубы различают по двум группам качества [35]:

I — трубы для строительства в средних и южных районах страны при температуре воздуха до -40°C , а эксплуатация при 0°C и выше;

II — трубы для строительства в районах Крайнего Севера при температуре воздуха до -60°C , а эксплуатация при температуре до -40°C .

Для изготовления электросварных труб используется мартеновская и конверторная спокойная (сп) и полуспокойная (пс) углеродистая, низколегированная и металлургическая улучшенная сталь.

Основные требования к металлу труб и их сварных швов:

сталь труб должна хорошо свариваться электродуговыми методами и стыковой контактной сваркой;

предел прочности должен быть для низколегированных труб не менее 50 кг/мм^2 , для углеродистых — не менее 35 кг/мм^2 ;

отношение предела текучести к пределу прочности должно быть не более 0,8;

относительное удлинение на пятикратных образцах должно быть не менее 20%, на десятикратных — не менее 18%;

ударная вязкость при температуре минус 40°C должна быть не менее 3 кДж/см^2 .

Стали для труб делятся на три категории:

1. Углеродистые и низколегированные, поставляемые в состоянии проката.

2. Углеродистые и низколегированные, упрочненные экспансионной обработкой.

3. Углеродистые и низколегированные, поставляемые после термической обработки.

В зависимости от назначения и гарантируемых характеристик углеродистая сталь подразделяется на две группы и одну подгруппу. Группа А — сталь с гарантируемыми механическими свойствами; группа Б — сталь с гарантируемым химическим составом; подгруппа В — сталь с гарантируемыми механическими свойствами и с дополнительными требованиями по химическому составу.

Низколегированные стали делятся на группы и марки в зависимости от химического состава плавок. В обозначении марок стали двухзначная цифра указывает среднее содержание углерода в сотых долях процента; буквы справа от цифр обозначают: Г — марганец; С — кремний; Х — хром; Н — никель; Д — медь; Ф — фосфор и т. д.; цифры после буквы указывают (приблизительно) процентное содержание соответствующего элемента в целых единицах (например 14ХГС; 10Г2С1; 15ХСНД и т. д.).

Трубы повышенной прочности $\sigma_b > 55\text{ кг/мм}^2$ изготавливаются путем термического или гидравлического упрочнения стали (экспандирование). Трещины, пленки, рванины и закаты на поверхности основного металла труб не допускаются. Незначительные забоины, рябизна, вмятины, мелкие риски, тонкий слой окалин, следы зачистки и заварки дефектов допускаются при условии, что они не выводят толщину стенки за пределы минусовых отклонений. Металл сварных швов должен быть плотным без непроваров, свищей, трещин и других дефектов.

В сварных швах должен быть плавный переход от шва к основному металлу без острых углов, подрезов, наплывов и других дефектов. Допускаются подрезы глубиной до 0,5 мм, а также глубиной 0,8 мм, но длиной не более 50 мм.

Поперечные стыковые швы должны быть сварены с двух сторон.

Маркировка труб и сертификаты качества. На каждую партию труб завод-изготовитель обязан выдать сертификат, удостоверяющий их соответствие требованиям технических условий с указанием номера заказа, номера и даты ТУ, по которым изготовлены трубы, размера труб, количества труб в партии, номеров плавок, вошедших в партию, результатов гидравлических и механических испытаний, заводского номера трубы и номера партии.

На каждой трубе на расстоянии около 50 мм от концов должны быть четко написаны несмываемой краской номер и размер трубы, номер партии, клеймо ОТК и товарный знак завода-изготовителя, а также четко выбивается номер трубы и год изготовления.

При получении для строительства трубопроводов импортных труб поставка их производится по особым техническим условиям, прилагаемым к контракту.

Приемка и разбраковка труб производится на приельсовых складах в процессе разгрузки и штабелирования. Приемка производится по соответствующим техническим условиям и начинается с документальной сверки показателей химических и механических свойств металла, указанных в сертификате с предусмотренными ТУ. После проверки сертификатов устанавливается соответствие фактического поступления труб по количеству и заводским номерам с повагонной накладной. Затем производится списание поступивших труб с сертификатами, при этом трубы,

показатели которых по сертификатам не соответствуют техническим условиям, а также трубы, поперечные размеры которых значаются в полученных сертификатах, из дальнейшей приемки исключаются.

Трубы, принятые по сертификатам, принимаются по внешнему виду и выборочным промерам геометрических размеров, разделки фаски и толщины стенок.

Трубы, имеющие внешние дефекты — недостаточную толщину стенки, и отклонения размеров, превышающие допускаемые ГОСТом или ТУ, отбраковываются.

Разбраковка осуществляется строительско-монтажной организацией совместно с заказчиком и оформляется техническим актом качественной приемки труб, в котором указываются причины браковки. Акт подписывается представителем заказчика, подрядчика и полевой лабораторией. Такой акт является основанием для предъявления рекламационных претензий заводу-поставщику. Этот акт должен составляться немедленно в процессе разгрузки труб и отражать дефекты их в состоянии поставки, так как завод-поставщик не несет ответственности после выгрузки труб из вагонов за нарушение геометрических форм и размеров трубы (вмятины, овальность и др.).

Случаи несоответствия груза повагонным накладным (нехватка труб, трубы других размеров) фиксируются коммерческим актом с участием представителя железной дороги.

Приемка труб импортных поставок производится в соответствии с особыми инструкциями. Рекламационные акты в этом случае оформляются с участием представителя Всесоюзной торговой палаты или местного Совета депутатов трудящихся.

На трубах, имеющих внешние дефекты, но пригодных для использования в производстве, делают особые пометки и вывозят на трубосварочную базу для исправления дефектов.

Основными поставщиками сварных труб большого диаметра (530—1220 мм) для газонефтепродуктопроводов являются специализированные заводы: Челябинский трубопрокатный (ЧТПЗ); Харьковский трубный (ХТЗ); Новомосковский металлургический (НМЗ); Ждановский металлургический (ЖМЗ); Волжский трубный (ВТЗ).

В соответствии с новыми утвержденными в январе 1973 г. ТУ 14-3-109-73 (взамен МРТУ 14-4-13-65, ЧМТУ 3-225-69, 3-243-69, 3-57-67) трубы изготавливаются из листовой стали по ТУ 14-1-446-72, а также по ЧМТУ 3-272-71, 3-156-68 и 3-131-68 согласно маркам сталей и сортамента, установленных заводам (табл. 43). Основные нормативные характеристики сталей труб приведены в табл. 44.

Поставляемый заводами сортамент труб по пределам прочности и толщине стенок дан в табл. 45.

В соответствии с марками сталей труб, видами их обработки и сортаментом гидравлическое испытание на заводах-изготовителях производят согласно давлениям, указанным в табл. 46.

Таблица 43. Сортамент труб, установленных заводам [104]

Завод-изготовитель ТУ или ЧМТУ	Марка стали	Диаметры труб, мм	Вид обработки
ЧТПЗ ТУ 14-3-109-73	17ГС	530, 720, 820	Горячекатаный лист
	17Г1С 14Г2САФ	1020, 1220 1020, 1220	Нормализованный лист То же
ХТЗ ТУ 14-3-109-73	14ХГС 14Г2САФ	530, 720, 1020 1020	Горячепрямленные нормализованные трубы
	НМЗ ТУ-14-3-109-73	17Г1С	1020
14Г2САФ		1020	Нормализованный лист
16Г2САФ		1020	То же
ВТЗ ЧМТУ 3-272-71	17Г1С	1220, 1020, 820 720, 530	Спиральношовные из рулонной горячекатаной низколегированной стали
	17Г2СФ	1220, 1020, 820 720, 530	То же
ЖМЗ ЧМТУ 3-156-68 ЧМТУ 3-131-68	15ГСТЮ	1020	Спиральношовные из горячекатаной ленты
	10Г2С1 (МК)	530	Горячепрямленные нормализованные трубы

Таблица 44. Прочностные характеристики сталей [35]

Марка стали	$\sigma_{вр}$ кг/мм ²	$\sigma_{т}$ кг/мм ²	Относительное удлинение, прот.	Ударная вязкость, кг/см ²
14ХГС; 10Г2СЯ (МК)	50	35	20	3,0 (-40°C)
17ГС	52	36	20	3,0 (-40°C)
17Г1С	52	36	20	3,0 (-40°C) и 4,0 (-40°C) и или (-60°C)
15ГСТЮ	53	36	20	3,0 (-40°C)
14Г2САФ	55	38	20	3,5 (-40°C) или (-60°C)
17Г2СФ	55	38	20	4,0 (-40°C) или (-60°C)
14Г2САФ	57	40	19	3,5 (-40°C) или (-60°C)
16Г2САФ	60	42	19	5,0 (-40°C) или (-60°C)

Импортные трубы, поставляемые в СССР по контрактам согласно техническим условиям, приведены в табл. 47.

Химические составы сталей труб (отечественных и импортных), применяемых в трубопроводном строительстве, и предельные значения (максимальные ограничения) компонентов для углеродистых и низколегированных сталей, приведены в табл. 48.

таблица 45. Сортамент труб, поставляемых заводами [35]

№ п/п к/г, мм²	Диаметры труб, мм				
	530	720	820	1020	1220
Толщина стенок труб, мм					
50	7,5; 8; 9	7,5; 8; 9; 10,5	—	10,5; 11; 12,5	—
52	6; 6,5; 7; 7,5; 8; 9;	7,5; 8; 8,5; 9; 10	8,5; 9; 10; 10,5; 11; 12	10; 11; 12; 14	12; 12,5; 14,5; 15,2
53	—	—	—	10,6	—
55	—	7; 8,5; 9,5; 10	8; 9,5; 10; 11; 11,5	10; 11,5	12
57	—	—	—	9,5; 10; 11; 12,5	11; 11,5; 13; 15
60	—	—	—	9; 10; 10,5; 12	—

Примечание. Трубы поставляются длиной не менее 12 м спиральношовные и 10,5 м прямошовные.

Таблица 46. Допускаемые давления при гидравлическом испытании труб [35]

Завод-поставщик, ТУ и ЧМТУ (коэффициент однородности при разрыве стали)	Марка стали	Размеры труб, мм		Испытательное давление на заводе, кг/см²
		наружный диаметр	толщина стенки	
ЧТПЗ ТУ 14-3-109—73	14Г2САФ	1220	11,0	65
			11,5	67,6
То же, (k=0,85)	17Г1С	1220	13,0	77,6
			15,0	90,4
»	14Г2САФ	1020	12,0	65
			12,5	66,5
»	17Г1С	1020	14,5	79
			15,2	82,7
»	17Г1С	1020	9,5	66,1
			10,0	69,9
То же, (k=0,80)	17ГС	820	11,0	77,5
			12,5	89
»	14Г2САФ	1020	10,0	65
			11,0	69,8
»	17Г1С	1020	12,0	76,6
			14,0	90,9
То же, (k=0,80)	17ГС	820	8,5	65,5
			9,0	69,8
»	14Г2САФ	1020	10,0	69,8
			10,5	78,5
»	17Г1С	1020	11,0	82,7
			11,0	95,7

Продолжение табл. 46

Завод-поставщик, ЧМТУ (коэффициент однородности при разрыве стали)	Марка стали	Размеры труб, мм		Испытательное давление на заводе, кг/см²
		наружный диаметр	толщина стенки	
ЧТПЗ ТУ 14-3-104—73 (k=0,80)	17ГС	720	7,5	65
			8,0	69
То же	17ГС	530	8,5	74,7
			9,0	79,7
»	17Г1С	720	10,0	89,7
			6,0	68,4
»	17Г1С	720	6,5	78,7
			7,0	81,4
»	17Г1С	720	7,5	88,7
			8,0	95,7
ВГЗ ЧМТУ 3-272—71	17Г1С	1220	12,5	65
			12,0	65
То же, (k=0,80)	17Г2СФ	1220	10,5	65
			10,0	65
»	17Г1С	820	11,5	75
			8,5	65
»	17Г1С	820	10,0	75
			11,5	85
»	17Г2СФ	820	12,0	85
			8,0	65
»	17Г2СФ	820	9,5	65
			10,0	65
»	17Г1С	720	11,0	85
			11,5	85
»	17Г1С	720	7,5	65
			8,5	75
»	17Г2СФ	720	9,0	75
			10,0	85
»	17Г2СФ	720	7,0	65
			8,5	65
»	17Г1С	530	9,5	85
			10,0	85
»	17Г1С	530	6,0	65
			6,5	75
»	17Г1С	530	7,0	75
			7,5	85
»	17Г1С	530	8,0	85
			9,0	95
НМЗ ТУ 14-3-109—73	16Г2САФ	1020	9,0	65,2
			10,0	73,4
То же, (k=0,85)	14Г2САФ	1020	10,5	77,4
			12,0	84,8
»	14Г2САФ	1020	9,5	66,1
			10,0	69,9
»	14Г2САФ	1020	11,0	77,5
			12,5	89,0

Продолжение табл. 46

Завод-поставщик, ТУ и ЧМТУ (коэффициент однородности при разрыве стали)	Марка стали	Размеры труб, мм		Испытательное давление на заводе, кг/см ²	
		наружный диаметр	толщина стенки		
ИМЗ ТУ 14-3-109-73	17Г1С	1020	10,0	65	
			11,0	69,8	
			12,0	76,6	
			14,0	90,9	
ХТЗ ТУ 14-3-109-73	14ХГС	1020	10,5	65	
			11,0	68	
			12,5	78	
	То же, (k=0,85)	14Г2СЛФ	1020	10,0	66,4
				11,5	77,4
	»	14ХГС	720	7,5	65
				8,0	68
				9,0	77,5
				10,5	91,5
				7,5	86
8,0				93	
»	14ХГС	530	9,0	106	
			8,0	93	
			9,0	106	
ЖМЗ ЧМТУ 3-156-68 (k=0,80)	15ГСТЮ	1020	10,6	65	
ЧМТУ 3-131-68 (k=0,85)	10Г2С1 (МК)	530	7,0	80	
			8,0	85	
			9,0	85	

Примечания: 1. Коэффициенты для определения расчетного сопротивления материала труб для участков I—II категорий — 0,48 или 0,51; для III—IV категорий — 0,58 или 0,61. Первые цифры относятся для k=0,80; вторые — для k=0,85; (см. табл. 40, 41 и 46).

2. Каждая труба на заводе-изготовителе должна выдерживать гидравлическое давление, определяемое по формуле

$$P = \frac{200SR}{D_в} \quad (44)$$

где P — испытательное давление, кг/см²; S — минимально допустимая толщина стенки трубы, мм (за вычетом минусового допуска); R — допустимое напряжение при испытании, равное 0,9 предела текучести (σ_T), кг/мм²; D_в — номинальный внутренний диаметр трубы, мм.

3. Качество сварных швов по всей длине труб проверяется ультразвуковым методом, а дефектные участки и концы труб (на длине 200 мм) дополнительно проверяются рентгеновским просвечиванием.

Таблица 47. Импортные электросварные и бесшовные трубы большого диаметра [35]

Поставщик	Наружный диаметр труб, мм	Номинальная толщина стенки труб, мм	Испытательное сопротивление при разрыве (σ _р), кг/мм ²		Предел текучести (σ _T), кг/мм ²	Удлинение, проц.	Ударная вязкость, кг/мм ²		Испытательное давление на заводе, кг/см ²	Коэффициент однородности при разрыве материала труб для участков	Коэффициент для определения расчетного сопротивления материала труб для участков
			продольное	поперечное			поперечное	продольное			
ФРГ	1420	16,5	60	42	42	20	5 (-40°C)	3,5 (-60°C)	90	0,51	0,61
			60	42	42	20	5 (-60°C)	3,5 (-60°C)	100	0,51	0,61
	1420	17,5	60	42	42	20	5 (-40°C)	3,5 (-60°C)	70	0,51	0,61
			56	42	42	20	5 (-40°C)	3,5 (-60°C)	90	0,51	0,61
Италия	1420	20,5	56	42	42	20	3 (-40°C)	3,5 (-60°C)	100	0,51	0,61
			56	42	42	20	3 (-40°C)	3,5 (-60°C)	100	0,51	0,61
Швеция	1020	16,0	53	39	39	20	3,5 (-40°C)	3,5 (-60°C)	95	0,51	0,61
			53	39	39	20	3,5 (-40°C)	3,5 (-60°C)	95	0,51	0,61
Франция	1020	9,0	60	42	42	20	4 (-40°C)	4,5 (-40°C)	70	0,51	0,61
			60	42	42	20	5 (0°C)	4,5 (-40°C)	80	0,51	0,61
ТУ 28/40/48-72-FR	720	12,0	54	40	40	20	4,5 (-40°C)	4,5 (-40°C)	95	0,51	0,61
			54	40	40	20	4,5 (-40°C)	4,5 (-40°C)	95	0,51	0,61

Продолжение табл. 47

Поставщик	Диаметр трубы, мм	Компьютерная температура	Основные нормативные характеристики металла				Коэффициент удлинения при разрыве	Коэффициент удлинения при разрыве	Классификация для определения расчетного сопротивления материалов труб для углерода
			предела текучести $R_{0,2}$, МПа	предела прочности R_m , МПа	удлинение при разрыве A_{50} , %	ударная вязкость K_{CV} , МДж/м ²			
ЧССР	720	9,0	50	35	20	3 (-40°C)	0,80	0,48	III и IV категория
ТУ 132/73 (бесшовные)	530	7,5	50	35	20	3 (-40°C)	0,80	0,48	III и IV категория
ТУ 205-П-46/72 (со спиральным швом)	720	8,0	53	37	21	3,5 (-40°C)	0,80	0,48	III и IV категория
	530	7	57	43	20	3,5 (-40°C)	0,80	0,48	III и IV категория
	530	8	57	43	20	3,5 (-40°C)	0,80	0,48	III и IV категория
	530	9	57	43	20	3,5 (-40°C)	0,80	0,48	III и IV категория

Примечания: 1. Трубы, поставленные из ФРГ, Италии, Франции и Швеции, изготовлены из нормализованного стального листа, проверенного на заводских фирменных неразрушающими методами контроля.
 2. Для труб, изготовляемых в ЧССР диаметрами 720×80 и 720×90 в числителе — для стали $\sigma_{вр} = 53$ МПа/мм², в знаменателе — для стали $\sigma_{вр} = 57$ МПа/мм².

Таблица 48. Химические составы плавок металла труб, проч., не более [35]

Химические элементы	Отечественные трубы						Импортные трубы	
	максимальные ограничения	марки сталей, распространенные в трубах диаметром 530—1220, мм	катаные	катаные	катаные	катаные	ФРГ, Италия, Франция, Швеция	ЧССР
C	0,22	17С горючая	14ХТС	14ХТС	14ХТС	14ХТС	16,5 × 20,3; 19,5	бесшовные 530, 720
Mn	0,7	17С горючая	14ХТС	14ХТС	14ХТС	14ХТС	16,5 × 20,3; 19,5	бесшовные 530, 720
Si	0,3	17С горючая	14ХТС	14ХТС	14ХТС	14ХТС	16,5 × 20,3; 19,5	бесшовные 530, 720
S	0,055	17С горючая	14ХТС	14ХТС	14ХТС	14ХТС	16,5 × 20,3; 19,5	бесшовные 530, 720
P	0,055	17С горючая	14ХТС	14ХТС	14ХТС	14ХТС	16,5 × 20,3; 19,5	бесшовные 530, 720
Cr	0,8	17С горючая	14ХТС	14ХТС	14ХТС	14ХТС	16,5 × 20,3; 19,5	бесшовные 530, 720
Ni	0,8	17С горючая	14ХТС	14ХТС	14ХТС	14ХТС	16,5 × 20,3; 19,5	бесшовные 530, 720
Cu	0,3	17С горючая	14ХТС	14ХТС	14ХТС	14ХТС	16,5 × 20,3; 19,5	бесшовные 530, 720
V	0,15	17С горючая	14ХТС	14ХТС	14ХТС	14ХТС	16,5 × 20,3; 19,5	бесшовные 530, 720
Nb	0,12	17С горючая	14ХТС	14ХТС	14ХТС	14ХТС	16,5 × 20,3; 19,5	бесшовные 530, 720
Ti	0,03	17С горючая	14ХТС	14ХТС	14ХТС	14ХТС	16,5 × 20,3; 19,5	бесшовные 530, 720
Al	0,15	17С горючая	14ХТС	14ХТС	14ХТС	14ХТС	16,5 × 20,3; 19,5	бесшовные 530, 720
Мn	0,55	17С горючая	14ХТС	14ХТС	14ХТС	14ХТС	16,5 × 20,3; 19,5	бесшовные 530, 720
N	0,03	17С горючая	14ХТС	14ХТС	14ХТС	14ХТС	16,5 × 20,3; 19,5	бесшовные 530, 720

Примечания: 1. Для металлургически очищенной стали допускается в СССР увеличение углерода до 0,23%, а марганца до 1,8% при условии снижения серы до 0,02%.
 2. Химический состав итальянских труб 1420×17,5 мм аналогичен трубам ФРГ.
 3. Химические составы французских труб 1020×90 (10,8) мм и шведских 1020×16,0 мм аналогичны трубам ФРГ.

Таблица 49. Стальные трубы малого диаметра (35)

138

Завод-поставщик, ТУ и ГОСТ	Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Марка стали	Испытательные данные, кг/см ²	Коэффициент отборотности при разрыве	Коэффициент для определения прочности материала труб для участков категории			
						I	II	III	IV
Бесшовные трубы ГОСТ 8731—66 групп А и Б	108—426	По соргаменту	Ст. 2п, Ст. 4п, ГОСТ 380—71; Ст. 10, Ст. 15, Ст. 20 ГОСТ 1050—60**	*	0,80	0,48	0,58		
То же, ГОСТ 8733—66 группы А и Б и ЧМТУ 3-137—68	108—219	То же	Никелированная сталь ГОСТ 5053—65 марок 10Т2 или 09Т2; углеродистая сталь 10 или 20 ГОСТ 1050—60**	*	0,80	0,48	0,58		
Бесшовные трубы ЧМТУ 3-365—70	159—325	*	Никелированная сталь 09Г2С по ГОСТ 8732—70	*	0,85	0,51	0,61		
Новомосковский завод, электросварные трубы	426	7; 8; 9	Углеродистая сталь ГОСТ 380—71, 1050—60**	**	0,70	—	0,50		
ГОСТ 10704—63* и	325	8	То же	*					
ГОСТ 10705—63* гр. В	273	7; 8							
	219	7							

Северский завод, электро-сварные трубы ГОСТ 10704—63* и ГОСТ 10705—63* гр. В	219	6; 7	Углеродистая сталь ГОСТ 380—71 и ГОСТ 1050—60**	*	0,70	—	0,50		
Ленинградский завод «ТрубоСталь» МРТУ 14-4-19—66	114	4	Углеродистая сталь ГОСТ 1050—60** и 2п ГОСТ 380—71, гр. В	100	0,80	—	0,58		
Новосибирский завод ГОСТ 10704—63* и ГОСТ 10705—63* гр. В	114	4	Углеродистая сталь ГОСТ 380—71, гр. В и ГОСТ 1050—60**	*	0,70	—	0,50		
Альметьевский завод, спиральщювные трубы ТУ 51-542—72	159 219	3; 8; 4 4; 4; 5; 5	Ст. 2п, Ст. 2пс, Ст. 3п, Ст. 3пс гр. А ГОСТ 380—71	63	0,80	0,48	0,58		
	273	4; 5; 5	То же						
	325	5; 6							
	377	6							

* Величина гидравлического давления определяется по формуле ГОСТ 3845—65 при допускем напряжении, равном 40% от временного сопротивления стали.
 ** То же, при допускем напряжении, равном 50%.

139

Таблица 50. Теоретический вес 1 м трубы, кг

Толщина стенки, мм	Наружные диаметры труб, мм												
	159	168	219	273	305	377	426	530	720	820	1020	1220	1420
4	15,29	16,18											
4,5	17,14	18,14											
5	18,99	20,10	26,30	33,04									
5,5	20,82	22,04	28,36	36,28									
6	22,64	23,97	31,52	39,51	47,20			77,53					
6,5		25,79	33,60	42,72	51,05	54,89		83,91					
7		27,79	36,00	45,32	54,89	63,87	72,33	90,28	123,08				
7,5			38,12	49,10	58,72	68,34	77,40	96,64	131,78				
8			41,53	52,28	62,54	72,80	82,46	102,98	140,46				
8,5					66,34	77,24	87,51	109,31	149,14	160,19			
9					70,13	81,67	92,55	115,63	157,80	170,10	224,38		
9,5							97,57	121,94	166,45	189,88	236,73		
10							102,59		175,09	199,75	249,07	298,39	
10,5									183,71	209,60	261,39	318,18	382,21
11										219,45	273,70	327,95	399,44
11,5											286,00	342,72	416,66
12											298,29	357,47	433,86
12,5											310,56	372,21	451,06
13												386,94	483,81
14													519,71
15													571,75
16													533,96
16,5													588,75
17													605,25
17,5													656,42
19													673,46
19,5													690,48
20													

Примечание. Фактический вес сварных труб диаметром 530—1420 мм определяется по теоретическому весу с добавлением: 0,5% для прямошовных труб с односторонней сваркой; 1,0% для труб с двусторонней сваркой; 1,5% для спиральношовных труб.

Бесшовные и электросварные трубы малых диаметров (108—426 мм), применяемые для магистральных трубопроводов и отводов от них, приведены в табл. 49.

Теоретический вес 1 м стальной трубы диаметром от 159 до 1420 мм, применяемой для магистральных трубопроводов, приведен в табл. 50.

При выборе труб следует руководствоваться ограничениями, рекомендуемыми ВНИИСТом Миннефтегазостроя [35]:

трубы спиральношовные 1020×10,6 мм из стали 15ГСТЮ по ЧМТУ 3-156—68 Ждановского завода могут применяться на рабочее давление не более 55 кг/см²;

Таблица 51. Минимально допустимые температуры для марок сталей труб (по данным ВНИИСТ)

Марка стали	$t_{\text{мин}}(^{\circ}\text{C})$ стенки трубы при эксплуатации				$t_{\text{мин}}(^{\circ}\text{C})$ воздуха при строительстве	
	Диаметр труб, мм					
	До 530		530—820		1020—1420	
	Толщина стенки труб, мм					
	До 10	10—20	До 10	10—20	До 20	
Ст. 20, Ст. 3сп, Ст. 4сп	0*	0	—	—	—40	—
Ст. 10, Ст. 2сп, Ст. 18Гпс	—20***	—10	—	—	—40	—
09Г2	—40	—20	—20****	—10**	—60	—60
09Г2С	—40	—20	—20	0*	—60	—60
10Г2	—40	—20	—	—	—60	—
10ХСНД	—40	—20	—20****	—10**	—60	—60
15ХСНД	—40	—20	—20****	—10**	—60	—60
17ГС, 17ГГС, 17Г2СФ, 15ГСТЮ, 14Г2САФ, импортные	—40	—20	—20****	—10**	—60	—60
стали с вязкостью при —40°С	—40	—20	0*	0	—	—40
14ХГС, 10Г2С1 (МК), 16Г2САФ	—	—	—20	0*	—	—60
17ГС-сп, 17Г1С-сп, импортные стали с вязкостью при —60°С	—	—	—20****	—10**	—	—60

Примечания: 1. Применяются как исключение:

- * до температуры —10°С
- ** то же —20°С
- *** то же —30°С
- **** » —40°С

2. Для защитных кожухов (патронов) трубопроводов следует применять трубы диаметрами: 1220×12 и 1420×14 мм из Ст. 2 или 3 по ГОСТ 10704—63* и ГОСТ 10706, гр. А и Б (для трубопроводов 820, 1020 и 1220 мм); 1620×14 и 1720×16 мм из Ст.3сп по ГОСТ 380—71 или из ст. 17Г2СФ по ЧМТУ 1-787—69 (для трубопроводов 1420 мм).

трубы спиральношовные Волжского завода из кислородно-конвертерной стали могут использоваться для строительства подземных участков трубопроводов всех категорий только в обычных условиях (1-я группа);

трубы термообработанные по ГОСТ 10704—63 * и 10705—63 * группы В разрешается применять только для участков трубопроводов III и IV категорий;

трубы спиральношовные Д-219÷377 мм Альметьевского завода разрешается применять на участках всех категорий на давление не более 55 кг/см²;

трубы бесшовные горячекатаные Д-108÷426 мм по ГОСТ 8731—66, гр. А и Б из углеродистой стали следует применять для участков I и II категорий, а при обосновании целесообразности применения — для участков III и IV категорий;

трубы опытно-промышленных партий допускается применять для участков III и IV категорий и только при согласовании с проектной организацией и Госгазинспекцией.

Марки сталей труб выбираются в зависимости от минимально допустимой температуры при эксплуатации и строительстве трубопроводов (табл. 51).

Электроды

Для ручной электродуговой сварки стальных труб из малоуглеродистых и низколегированных сталей применяются толстопокрытые электроды, которые соответственно их назначению классифицируются по механическим свойствам и типам покрытий:

Э-42-0 и Э-50-0 с органическим покрытием;

Э-42А-Ф, Э-50А-Ф, Э-55-Ф, Э-60-Ф;

Э-60А-Ф и Э-70-Ф с фтористо-кальциевым покрытием.

Каждому типу соответствуют сварочные материалы различных марок сталей, определяемые технологическими свойствами, химическим составом наплавленного металла и механическими данными.

Электроды, рекомендуемые для сварки труб из малоуглеродистых легированных и низколегированных сталей ($\sigma_{\text{тп}} = \text{до } 55 \text{ кг/мм}^2$), а также из дисперсионно-твердеющих и термообработанных сталей повышенной прочности ($\sigma_{\text{тп}} = 55 \div 70 \text{ кг/мм}^2$), приведены в табл. 52 и 53.

Сварочно-технологические свойства электродов согласно «Каталогу» [44] следующие.

Устойчивость дуги удовлетворительная у всех электродов отечественного и импортного производства.

Разбрызгивание незначительное у УОНИ-13/55, ВСФС-50, ВСФС-60, ВСФ-60, ВСФ-65, ВСФ-75, «Гарант», Фокс ЕВ-50 и Шварц-3К; слабое у УОНИ-13/45; умеренное у Е44.83; повышенное у ВСЦ-4, ВСЦ-4А, Фокс Цель и Фокс ЕВ-50, Флитвелд-5П.

Таблица 52. Марки и типы электродов и рекомендации по их применению [44]

Марка и тип (поставщик)	Марка стали (сварочного электрода)	Цвет обозначения и окраска торца	Диаметр электрода, мм	Рекомендации по применению электродов	
				Для сталей труб и прелегированных сталей ($\sigma_{\text{тп}} = 42 \div 46$)	Для сплавов стали для трубопроводов и условий его эксплуатации
УОНИ-13/45	СВ-08;	Светло-серый	3;	Малоуглеродистых	3 — пераого кориево-
Э-42А-Ф	СВ-08А;				
(СССР)	СВ-08АА	Бордовый	5	То же	5 — заповняющих и облицовочных
Е44.83	Малоуглеродистая кипящая сталь	Темно-серый	3,15;	То же	То же
(ВН-48)	Красный	Красный	4;	Малоуглеродистых и низколегированных с $\sigma_{\text{тп}} = \text{до } 55$	4 — пераого кориево-
Э-42А-Ф	сталь	Коричнево-серый	5	Низколегированных с $\sigma_{\text{тп}} = 55 \div 60$	вого
(ЧССР)	СВ-08;	Не окрашен	4	То же	То же
ВСЦ-4	СВ-08А;	То же	4	Малоуглеродистых и низколегированных с $\sigma_{\text{тп}} = \text{до } 55$	»
Э-42-0	СВ-08АА	То же	4	То же	»
(СССР)	То же	Темно-серый	4	Малоуглеродистых и низколегированных с $\sigma_{\text{тп}} = \text{до } 55$	»
ВСЦ-4А	Малоуглеродистая кипящая сталь	Лиловый	4	То же	»
Э-50-0	То же	Белый	4	То же	»
(СССР)	То же	Зеленый	4	То же	»
Фокс Цель (Fox Cel)	То же	Темно-серый	3,25;	»	3,25 — пераого кориево-
Э-42-0	То же	Сиреневый	4;	»	ной в любых климатиче-
(Австрия)	То же	»	5	»	ских зонах заповняющих и об-
Флитвелд-5П (Flotweld-5P)	То же	»	»	»	лицовочных
Э-42-0	То же	»	»	»	»
(США)	То же	»	»	»	»
Фокс ЕВ-50 (Fox EV-50)	То же	»	»	»	»
Э-50 А-Ф (Австрия)	То же	»	»	»	»

Марка и тип (поставщик)	Марка стали стержня электродов	Цвет обожки и окраски торца	Диаметр электрода, мм	Рекомендации по применению электродов	
				для стержней труб и пр. (σ _{вр}), кг/мм ²	для слоев шва стыков труб применены диаметры электродов, мм
УОНИ-13/55 (СССР)	СВ-08; СВ-08А; СВ-08АА	Светло-серый Желтый	3; 4; 5	Малоуглеродистых низколегированных с σ _{вр} = до 55, а также корненого шва труб с σ _{вр} = 55—60	3 — первого корневого шва с σ _{вр} = до 60; 4 — заполняющих для труб с σ _{вр} = до 55, а также подварки труб изнутри; 5 — верхней поверхности закладываемых и облицовочных швов труб с σ _{вр} = до 55 То же
«Гарант» Э-50А-Ф (ГДР)	Малоуглеродистая сталь кипящая СВ-08; СВ-08А; СВ-08АА	Светло-серый Синий	3, 25; 4; 5	То же	То же
ВСФ-50 (СССР)	СВ-08; СВ-08А; СВ-08АА	Темно-серый Не окрашен	4	Малоуглеродистых низколегированных с σ _{вр} = 55—60	4 — первого корневого шва
ВСФ-60 (СССР)	То же	То же	4; 5	То же	4 — заполняющих; 5 — верхней полужоности закладываемых и облицовочных швов То же
ВСФ-60 (СССР)	»	»	4; 5	Повышенной прочности с σ _{вр} = 55—60	»
ВСФ-63 (СССР)	»	Светло-серый Не окрашен	4; 5	Повышенной прочности с σ _{вр} = 55—70	»

ВСФ-75 (СССР)	То же	Темно-серый Не окрашен	3; 4; 5;	Повышенной прочности с σ _{вр} > 70	3 — первого корня; 4 — заполняющих; 5 — верхней полужоности закладываемых и облицовочных швов То же
Шварц-3К (ФРГ)	Малоуглеродистой стали	Серовато-белый; Белый	4; 5	Повышенной прочности с σ _{вр} = 55—70	То же, что для ВСО-60 и ВСО-65

Примечание. Все электроды пригодны для сварки в любых пространственных положениях на постоянном токе обратной полярности от источника электропитания с падающей вольтамперной характеристикой.

Таблица 53. Длины электродов по их диаметрам (44)

Марка	350			450		
	3,0	3,25	4,0	5,0	3,15	4,0
УОНИ-13/45 УОНИ-13/65	«Гарант», Фокс EB-50 ВСО-75	ВСО-4, ВСО-4А, Фоксоль, Цель, ВСО-50, ВСО-60, Филтвелд-5П УОНИ-13/45	ВСО-60	E44.83	E44.83 Фокс EB-50, ВСО-60, ВСО-65, УОНИ-13/65, «Гарант», Фокс EB-50 Шварц-3К	УОНИ-13/45; «Гарант», Шварц-3К, ВСО-75 УОНИ-13/45, УОНИ-13/65, E44.83 Фокс EB-50 ВСО-60, ВСО-65

Температуры просушки электродов перед сваркой (в течение 1 ч):

ВСО-4, ВСО-4А, Фокс Цель, Филтвелд-5П	200"	ВСО-60, ВСО-65	300"
УОНИ-13/45, E44, 83	200"	Шварц-3К	350"
УОНИ-13/65, Фокс EB-50, «Гарант», ВСО-50	250"	ВСО-75	400"

Формирование шва хорошее, валик выпуклый, среднечешуйчатой поверхностью у Е44.83, УОНИ-13/55, «Гарант», ВСФ-60, Шварц-3К, ВСФ-65, ВСФ-75; то же, валик слегка выпуклый у УОНИ-13/45 и Фокс ЕВ-50; хорошо с глубоким проплавлением корня шва и мелкочешуйчатой поверхностью у ВСЦ-4, ВСЦ-4А, Фокс Цель и Флитвелд-5П; валик волнистый со среднечешуйчатой поверхностью у ВСФС-50; то же, с мелкочешуйчатой поверхностью у ВСФС-60.

Отделимость шлаковой корки отличная у ВСЦ-4, ВСЦ-4А и Фокс Цель; хорошая у ВСФС-50 и Флитвелд-5П; удовлетворительная у УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, ВСФС-60, ВСФ-60, ВСФ-65, ВСФ-75 и Шварц3К; то же, но затруднительное с корневого слоя шва у Е44.83, «Гарант» и Фокс ЕВ-50.

Провар шва средний у всех электродов. Склонность металла шва к образованию:

пор — при увлажненном покрытии электрода, наличии ржавчины, окалина, влаги или масла на свариваемых кромках; при удлинении сварочной дуги у УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, ВСФС-50, ВСФС-60, ВСФ-60, ВСФ-65, ВСФ-75; Е44.83, «Гарант», Фокс ЕВ-50 и Шварц-3К; при сильном увлажнении покрытия у ВСЦ-4, ВСЦ-4А, Фокс Цель и Флитвелд-5П;

трещины — очень малая у УОНИ-13/45, ВСФС-50, ВСФС-60, ВСФ-60, ВСФ-65, ВСФ-75, Е44.83, «Гарант», Фокс ЕВ-50 и Шварц-3К; при сварке толстостенных труб и при отрицательных температурах у УОНИ-13/55, ВСЦ-4, ВСЦ-4А, Фокс Цель и Флитвелд-5П.

Таблица 54. Расход электродов на 1 кг наплавленного металла, кг (44)

Расход электродов			
1,6	1,7	1,75	1,8
Марки электродов			
УОНИ-13/45	УОНИ-13/55, ВСФ-60, ВСФ-65, ВСФ-75, «Гарант», Фокс ЕВ-50, Шварц-3К	Е44.83, Фокс Цель, Флитвелд-5П	ВСЦ-4, ВСЦ-4А, ВСФС-50

Расход присадочного материала (электродов или сварочной проволоки) ориентировочно, исходя из длины и поперечного сечения шва можно определить по формуле

$$G = \gamma l F k, \quad (45)$$

где G — вес наплавленного металла, г; γ — удельный вес металла [7] г/см³; l — длина шва, см; F — площадь поперечного сечения шва (наплавленного), см²; k — коэффициент расхода электродов (1,6—1,8) см. табл. 54.

Площадь поперечного сечения шва можно определить, исходя из скорости подачи проволоки, скорости сварки и площади поперечного сечения электродной проволоки

$$F_{ш} = \frac{F_{э} W_{под}}{W_{св}}, \quad (46)$$

где $F_{ш}$ — площадь поперечного сечения шва, см²; $F_{э}$ — площадь поперечного сечения электродной проволоки, см²; $W_{под}$ — скорость подачи проволоки, см/с; $W_{св}$ — скорость сварки, см/с (табл. 55).

Таблица 55. Линейная скорость сварки шва, м/ч [44]

Скорости сварки различных швов					
П 7-9 З 6-8 О 4-6	П 8-10 З 6-7 О 4-6	З 6-8 О 4-6	З 10-14 О 12-16	16-20	24-26
Марки электродов					
УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, ВСФ-75, Е44.83	«Гарант» Фокс ЕВ-50	ВСФ 60, ВСФ-65, Шварц-3К	ВСФС-60	ВСЦ-4, ВСЦ-4А, Фокс Цель, Флитвелд-5П	ВСФС-50

Примечание. Условные обозначения — наименования швов: П — первый (корневой); З — заполняющий; О — облицовочный.

Таблица 56. Средние коэффициенты наплавки, г/а·ч [44]

Коэффициенты наплавки у электродов					
9,0	9,2	9,5	9,7	10,0	10,5
Марки электродов					
УОНИ 13/55, ВСФС-60, «Гарант»	Фокс ЕВ-50	УОНИ 13/45, ВСФС-50, ВСФ-60, ВСФ-75, Шварц-3К	ВСФ-65	Е44.83	ВСЦ-4, ВСЦ-4А, Фокс Цель, Флитвелд-5П

Химические составы и механические свойства наплавленного металла шва и сварного соединения типичны для различных марок электродов (табл. 57 и 58).

Таблица 57. Содержание химических элементов в выплавленном металле, проц. (44)

Марка электрода	Химические элементы						
	C	Mn	Si	Mo	V	S	P
УОНИ-13/45	0,09	0,55	0,20	—	—	<0,03	<0,03
E44. 83	-0,11	-0,65	-0,25	—	—	<0,01	<0,05
ВСЦ-4	0,06	0,50	0,30	—	—	<0,04	<0,04
ВСЦ-4А	-0,09	-0,70	-0,35	—	—	<0,04	<0,04
Фокс Цель	0,08	0,25	0,12	—	—	<0,04	<0,04
Флитвелд-5П	-0,14	-0,40	-0,20	—	—	<0,04	<0,04
Фокс ЕВ-50	0,08	0,50	0,10	—	—	<0,04	<0,04
УОНИ-13/55	-0,14	-0,60	-0,20	—	—	<0,03	<0,03
„Гарант“	0,08	0,25	0,12	—	—	<0,03	<0,03
ВСФС-50	-0,14	-0,40	-0,20	—	—	<0,03	<0,03
ВСФС-60	0,08	0,30	0,10	—	—	<0,03	<0,03
ВСФ-60	-0,14	-0,45	-0,20	—	—	<0,03	<0,03
ВСФ-65	0,08	0,90	0,35	—	—	<0,03	<0,03
Шварц-3К	-0,12	-1,20	-0,60	—	—	<0,03	<0,03
	0,09	0,80	0,35	—	—	<0,03	<0,03
	-0,11	-0,90	-0,45	—	—	<0,03	<0,03
	0,09	0,70	0,35	—	—	<0,03	<0,03
	-0,11	-0,90	-0,50	—	—	<0,03	<0,03
	0,09	1,00	0,30	—	—	<0,03	<0,03
	-0,12	-1,80	-0,50	—	—	<0,03	<0,03
	0,09	1,40	0,30	—	—	<0,03	<0,03
	-0,12	-1,60	-0,50	—	—	<0,03	<0,03
	0,09	1,00	0,30	0,25	—	<0,03	<0,03
	-0,12	-1,30	-0,50	-0,35	—	<0,03	<0,03
	0,08	1,40	0,25	0,40	0,10	<0,03	<0,03
	-0,10	-1,60	-0,35	-0,50	-0,20	<0,03	<0,03
	0,08	1,40	0,30	0,50	0,20	<0,03	<0,03
	-0,10	-1,70	-0,35	-0,60	-0,30	<0,03	<0,03
	0,08	1,00	0,20	0,35	—	<0,03	<0,03
	-0,11	-1,20	-0,30	-0,45	—	<0,03	<0,03

Таблица 58. Механические свойства шва (44)

Марка электрода	Предел прочности $\sigma_{пр}$, кг/мм ²	Предел текучести $\sigma_{тп}$, кг/мм ²	Относительное удлинение, проц.	Относительное сужение, проц.	Ударная вязкость по Шарпи при -40°C , кг/см ²
УОНИ-13/45	≥ 42		≥ 22		
	44—46	30—36	24—28		4—6
	≥ 44		≥ 22		
E44.83	44—48	30—32	22—30		3,5—6
	≥ 42		≥ 18		
ВСЦ-4	44—52	35—49	20—28		4—5,5
	≥ 50		≥ 16		
ВСЦ-4А	51—60	40—48	18—28		3—4
	≥ 44		≥ 22		
Фокс Цель	44—52	36—44	22—30		4,5—5,5
	≥ 45		≥ 23		
Флитвелд-5П	42—49	34—40	23—30		5—6

Продолжение табл. 58

Марка электрода	Предел прочности $\sigma_{пр}$, кг/мм ²	Предел текучести $\sigma_{тп}$, кг/мм ²	Относительное удлинение, проц.	Относительное сужение, проц.	Ударная вязкость по Шарпи при -40°C , кг/см ²
Фокс ЕВ-50	≥ 50		≥ 28		6—8
УОНИ-13/55	50—55	43—45	28—30		6—9
	≥ 50		≥ 20		
	52—55	40—42	22—26		6—9
	≥ 50		≥ 20		
«Гарант»	50—54	40—41	24—30		5—8,5
	≥ 50		≥ 20		
ВСФС-50	55—60	48—51	25—30		4—6
	≥ 50		≥ 20		
ВСФС-60	60—65	48—54	25—28		5—7
	≥ 60		≥ 18		
ВСФ-60	57—62	48—50	28—30		4,5—6,5
	≥ 50		≥ 20		8—10
ВСФ-65	65—70	50—56	22—28		65—70 (по Менаже)
	≥ 60		≥ 18		8—10
ВСФ-75	75—80	60—65	18—22		60—65 (по Менаже)
	≥ 60		≥ 18		
Шварц-3К	63—69	53—55	22—28		2,5—6,5

Примечания: 1. Цифры в графах «Предел прочности» и «Относительное удлинение» со знаком \geq указаны минимальные по ГОСТ 9467—60 для отечественных электродов и согласно действующим стандартам для импортных (DIN 1913—«Гарант», Шварц-3К, Фокс Цель, Фокс ЕВ-50; CSN 420160-E44.83; AWS ASTM-Флитвелд-5П).

2. Ударная вязкость при $t = -40^{\circ}\text{C}$ по Менаже — с круглым надрезом, по Шарпи — с острым надрезом.

Сварочная проволока

Для механизированной электродуговой сварки кольцевых соединений стальных труб под слоем флюса применяется углеродистая проволока диаметром 2—5 мм (ГОСТ 2246—70) марок СВ-08, СВ-08А, СВ-08АА и СВ-08ГА для труб из малоуглеродистых и низколегированных сталей ($\sigma_{пр}$ до 55 кг/мм²) и марок СВ-08ХМ и СВ-08МХ для труб повышенной прочности ($\sigma_{пр} \geq 55$ кг/мм²), а для сварки в среде (струе) углекислого газа применяется легированная проволока диаметром 0,8—1,6 мм марки СВ-08Г2С (ГОСТ 2246—70) $\sigma_{пр} = 60$ кг/мм².

Таблица 59. Химический состав сварочной проволоки из углеродистой стали для сварки труб под флюсом [44]

Марка стали	Содержание элементов, проц. не более						
	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
СВ-08А	0,10	0,35—0,60	0,03	0,10	0,25	0,03	0,03
СВ-08ГА	0,10	0,80—1,10	0,03	0,10	0,25	0,03	0,03

Электросварочная проволока должна обеспечивать химический состав согласно табл. 59, а механические свойства наплавленного металла на 10% больше нижнего предела прочности ($\sigma_{вр}$) и предела текучести (σ_T) металла труб. Ударная вязкость при температуре -40°C (по Шарпи) должна быть не ниже 3 кг/см^2 , а угол загиба не менее 120° .

Флюсы

Флюсы в сочетании со сварочной проволокой предназначены для механизированной электродуговой сварки кольцевых соединений стальных труб и представляют собой зернистый сыпучий материал. При сварке расплавленный флюс образует эластичную оболочку, окружающую зону сварки и защищающую каплю электродного металла и жидкий металл сварочной ванны от воздействия воздуха. Кроме этого, флюс обеспечивает устойчивое горение вольтовой дуги и формирование шва.

Флюсы классифицируются по назначению, химическому составу и способу изготовления.

По назначению они делятся на флюсы: для сварки малоуглеродистых и низколегированных сталей труб с пределом прочности до 55 кг/мм^2 и для сварки сталей труб повышенной прочности $\geq 55\text{ кг/мм}^2$.

По химическому составу флюсы делятся на кислые и основные.

По способу изготовления флюсы различают плавленные и керамические.

Марки и виды флюсов, а также марки сварочной проволоки и рекомендации по их применению приведены в табл. 60.

Сварочно-технологические свойства флюсов согласно «Каталогу» [44] следующие:

формирование шва — валик слегка выпуклый с гладкой поверхностью при АН-348А, АН-60, АН-22;

то же, с мелкочешуйчатой поверхностью при КВС-19, ВСКФ-60.

Отделимость шлаковой корки хорошая у АН-348А, ВСКФ-60; удовлетворительная у КВС-19, АН-22, АН-60.

Склонность металла шва к образованию:

пор — при увлажнении флюса, наличии ржавчины, влаги или масла на свариваемых кройках при АН-348А, АН-60, АН-22, ВСКФ-60; средняя — при КВС-19;

трещины — очень малая при АН-348А, АН-22, ВСКФ-60; средняя при АН-60.

Гранулометрический состав, мм: 0,35—3,0 у АН-348А; 0,25—2,5 у АН-22, КВС-19, ВСКФ-60; 0,35—4,0 у АН-60.

Перед сваркой флюсы необходимо просушить в течение 1,5 ч при температуре: $250\text{--}300^\circ\text{C}$ АН-348А, АН-60, КВС-19; $300\text{--}350^\circ\text{C}$ АН-22; $350\text{--}400^\circ\text{C}$ ВСКФ-60.

Таблица 60. Флюсы и рекомендации по их применению [44]

Марка	Вид	Цвет	Марка проволоки, для которой применяется флюс	Рекомендации по применению
АН-348А	Плавленный стекловидный, высококремнистый и марганцевый силикат	Желтый и коричневый всех оттенков	СВ-08, СВ-08А, СВ-08АА, СВ-08ГА	Для сварки труб из малоуглеродистой и низколегированной стали с $\sigma_{вр} < 55\text{ кг/мм}^2$; подземной прокладки трубопроводов в средних климатических зонах с t до -40°C . То же
КВС-19	Керамический высокомарганцевый	Серо-коричневый	То же	» » Применим для сварки на форсированных режимах
АН-60	Плавленный, пемзовидный, среднекремнистый и марганцевый силикат	Белый, желтый, всех оттенков и светло-коричневый	»	
АН-22	Плавленный стекловидный, низкокремнистый и марганцевый силикат	Желтый, всех оттенков и светло-коричневый	СВ-08ХМ, СВ-08МХ	Для сварки труб из сталей повышенной прочности с $\sigma_{вр} > 55\text{ кг/мм}^2$; подземной и надземной прокладки в любых климатических зонах
ВСКФ-60	Керамический бессиликатный, рутлокарбонатный, легирующий	Дымчато-коричневый	СВ-08, СВ-08А, СВ-08АА	То же, при строительстве в районах Крайнего Севера с t до -60°C

Расход флюса на 1 стык трубы диаметром 1220 мм с толщиной стенки 12,5 мм, кг: 5,7 у АН-348А; 5,35 у КВС-19, ВСКФ-60; 5,2 у АН-60.

Расход флюса на 1 стык для труб другого диаметра может быть определен по формуле

$$M_1 = \frac{G_1}{G} M, \quad (47)$$

где M_1 — расход флюса для трубы необходимого диаметра, кг; M — то же, трубы диаметром 1220 мм (5,7; 5,35; 5,2 кг); G_1 — количество наплавленного металла трубы необходимого диаметра, кг; G — то же, трубы 1220 мм, кг.

Химические составы и механические свойства наплавленного металла шва и сварного соединения, типичные для разных марок сварочной проволоки и флюсов, приведены в табл. 61 и 62.

Таблица 61. Содержание химических элементов в наплавленном металле, проц. [44]

Марка		Химические элементы						
сварочной проволоки	флюса	C	Mn	Si	Cr	Mo	S	P
СВ-08, СВ-08А, СВ-08АА	АН-348А	0,06—0,08	1,10—1,20	0,50—0,60	—	—	<0,05	<0,05
	КВС-19	0,08—0,12	1,00—1,10	0,10—0,20	—	—	<0,03	<0,35
СВ-08ГА	АН-60	0,07—0,09	1,15—1,20	0,50—0,60	—	—	<0,03	<0,03
	АН-348А	0,06—0,08	1,50—1,65	0,50—0,60	—	—	<0,05	<0,05
СВ-08ХМ	АН-60	0,07—0,09	1,50—1,60	0,50—0,60	—	—	<0,03	<0,03
	АН-22	0,07—0,09	0,90—1,20	0,25—0,40	0,45—0,55	0,22—0,30	<0,03	<0,03
СВ-08, СВ-08А, СВ-08АА	ВСКФ-60	0,08—0,10	1,50—1,70	0,20—0,30	—	0,40—0,50	<0,03	<0,03

Примечание. При оцинкованной сварочной проволоке содержание меди (Cu) в металле шва допускается до 0,3%.

Таблица 62. Механические свойства металла шва и сварного соединения, выполненных различной проволокой и флюсами [44]

Марка		Предел прочности, кг/мм ²	Предел текучести, кг/мм ²	Относительное удлинение, проц.	Относительное сужение, проц.	Ударная вязкость, кг/мсм ² (при -40°C)
сварочной проволоки	флюса					
СВ-08, СВ-08А, СВ-08АА, СВ-08ГА	АН-348А	52—54	40—43	22—25	65—67	2,5—4,5
	КВС-19	47—48	40—41	22—25	66—69	6,0—8,0
СВ-08ХМ	АН-60	52—55	40—42	22—24	61—63	3,1—4,0
	АН-348А	53—56	41—46	23—25	62—64	3,0—4,5
СВ-08ХМ	КВС-19	48—50	41—43	21—24	65—68	5,5—7,5
	АН-60	54—57	40—44	23—24	62—63	2,9—4,3
СВ-08, СВ-08А, СВ-08АА	АН-22	58—60	42—45	20—22	60—64	5,5—6,5 (при -60°C)
	ВСКФ-60	58—62	48—53	22—26	62—66	4,5—5,5 8,5—10,5 (при -60°C) 6,0—7,5

Примечание. Угол загиба для всех марок 120—180°.

Углекислота

Для автоматической и полуавтоматической электродуговой сварки первого (корневого) слоя шва, в сочетании с проволокой марки СВ-08Г2С диаметром 1,2—1,6 мм (ГОСТ 2246—70), при-

меняется сжиженный углекислый газ (ГОСТ 8050—64*) с удельным весом 0,8 г/см³, содержащий не менее 98,5% двуокиси углерода, до 0,1% растворенной в ней воды и другие примеси ~ 1,5%.

Сварка в среде углекислого газа допускается для поворотных и неповоротных стыков труб из малоуглеродистой и низколегированной стали, при подземной прокладке трубопроводов в средней и южной климатических зонах. Сварка производится на постоянном токе обратной полярности. Источники электропитания применяются с жесткой или пологопадающей вольтамперной характеристикой и напряжением холостого хода не ниже 22 в.

Углекислота поставляется в стальных баллонах емкостью 40 л, окрашенных в черный цвет с желтой надписью. Баллоны рассчитаны на давление не менее 100 атм. В зависимости от температуры окружающего воздуха давление в баллонах может быть:

Температура воздуха, °С	-30	-20	-10	0	+10	+20	+30	+40	+50
Давление в баллонах, атм	14,6	20,0	27,0	35,5	46,0	58,5	73,3	89,7	109,0

Объем жидкой углекислоты в баллоне не более 75% от общего объема баллона, т. е. 30 л. При испарении жидкости образуется около 12600 л газа. При испарении 1 кг жидкой углекислоты при 0°C и 760 мм рт. ст. образуется 506 л газа.

Сварочно-технологические свойства углекислоты согласно «Каталогу» [44] следующие:

устойчивость дуги удовлетворительная; разбрызгивание среднее. Формирование шва — валик выпуклый с мелкочешуйчатой поверхностью. Провар средний.

Склонность металла шва к образованию:

пор — при углекислоте, содержащей до 1,5% посторонних газов, в том числе азота воздуха свыше 0,1%; недостаточной газовой защите; повышенном напряжении на дуге и большом вылете электродной проволоки; повышенной влажности газа; сдувании ветром защитной струи газа; трещин — незначительная.

Линейная скорость сварки: 15—30 м/ч при полуавтоматической сварке; 35—70 м/ч при автоматической.

Расход углекислоты 1500—2500 л/ч.

Типичный химический состав наплавленного металла, проц. (при сварке проволокой СВ-08Г2С):

C	Mn	Si	S	P
0,10—0,12	0,70—0,90	0,40—0,50	<0,03	<0,03

Типичные механические свойства металла шва и сварного соединения (при сварке СВ-08Г2С):

Предел прочности, кг/мм ²	Предел текучести, кг/мм ²	Относительное		Угол загиба, град	Ударная вязкость, кг/м/сд ² (при -40°С)
		удлинение, проц.	сужение, проц.		
52—56	41—46	22—28	55—65	140—180	6—8

Примечания: 1. Сварку необходимо вести с минимальным вылетом электродной проволоки.
2. Напряжение на дуге должно быть 22—26 в.
3. Полуавтоматическую и автоматическую сварку следует производить способом на спуске (сверху-вниз) углом назад с опорным газом газовой сопла на кромки свариваемого стыка.

Другие сварочные материалы: карбид кальция, ацетилен, технический кислород, пропан-бутановая смесь, керосин, бензин, природные и нефтяные газы, применяющиеся при сварке и резке металлов на строительстве трубопроводов см. «Технологию газовой сварки и резки металлов».

Примерный расход сварочных материалов на электродуговую сварку, комплекса поворотных и неповоротных стыков, сварку захлестов, катушек и стыков на переходах через препятствия, для трубопровода диаметром 1420 мм с толщиной стенок 16,5, прокладываемого в равнинной местности средней климатической зоны, приведен в табл. 63.

Контроль сварочных материалов. На каждую партию электродов, проволоки и флюса должен быть сертификат с указанием

Таблица 63. Расход материалов на сварку 1 км трубопровода диаметром 1420×16,5 мм [49]

Работы и материалы	Единица измерения	Количество	Работы и материалы	Единица измерения	Количество
Электроды			Сварочная проволока		
Сварка слоя поворотных стыков	кг	41,0	Сварка поворотных стыков	кг	477,0
Сварка заглушек	"	54,6	Флюс	"	715,0
Подварка корня шва поворотных стыков	"	32,0	Пропан для подогрева стыков:		
Сварка первого слоя неповоротных стыков	"	47,0	поворотных	"	270,0
Подварка корня шва неповоротных стыков	"	34,6	неповоротных	"	312,0
Сварка заполняющих и облицовочных швов неповоротных стыков	"	918,2	Карбид и кислород	кг/м ³	32,3/
Сварка захлестов, катушек и стыков на переходах	"	80,4	Резка труб	"	29,0
			Правка концов труб	"	6,5/
			Снятие заглушек на трассе	"	1,9
			Монтаж захлестов	"	60,1/
				"	46,4
				"	16,8/
				"	12,6

завода-изготовителя, даты изготовления, условного обозначения присадочных материалов и результаты испытания данной партии.

При получении на трубосварочную базу новой партии сварочных материалов должны быть проверены их технологические свойства путем тщательного визуального наблюдения за процессом сварки и качеством получаемого шва первых 3—5 стыков труб.

Технологическая проверка должна производиться сварщиками-потоочниками и сварщиками-автоматчиками непосредственно на их рабочих местах на трассе и на трубосварочной базе.

Электроды должны удовлетворять следующим условиям: обеспечивать легкое возбуждение и спокойное стабильное горение во всех пространственных положениях без чрезмерного разбрызгивания металла и шлака;

покрытие их не должно иметь эксцентриситеты, отслаивания кусков и образования козырька, препятствующих равномерному плавлению электрода. Покрытие не должно иметь трещин, местных утолщений и других дефектов.

Технологическая проверка проволоки и флюса, применяемых при механизированной сварке, производится в процессе сварки 3—4 поворотных стыков при тщательном послойном наблюдении как за процессом сварки, так и за сварным швом.

Проволока и флюс считаются удовлетворительными, если процесс сварки на установленном режиме протекает спокойно, формирование шва и флюса происходит равномерно, шлак после остывания легко удаляется со шва и в наплавленном металле и шлаке отсутствуют поры и трещины.

При отсутствии сертификата на сварочные материалы их применение запрещается.

В случае получения неудовлетворительных результатов при технологической проверке электродов, проволоки и флюса они бракуются.

Сварочные материалы должны транспортироваться и храниться в условиях, исключающих возможность их повреждения или увлажнения. При выдаче сварочных материалов сварщикам, состояние этих материалов должно контролироваться ответственным лицом. Применение электродов с отсыревшим покрытием и пораженным коррозией стержнем, ржавой электродной проволоки и влажного флюса не допускается.

Сварочные материалы должны выдаваться сварщику в количестве, необходимом на одну смену.

ЗАПОРНАЯ АРМАТУРА И ФАСОННЫЕ ЧАСТИ ТРУБОПРОВОДОВ

Арматура и фланцы

На магистральных трубопроводах применяется стальная арматура: краны, задвижки, вентили, клапаны и др. (табл. 64—67). При получении арматуры необходимо проверить наличие всей заводской технической документации и маркировки; арматуру подвергают внешнему осмотру. В ревизию арматуры входят: разборка, очистка, осмотр всех деталей и смазка ходовой части, сборка арматуры с набивкой сальников, установкой прокладок и проверкой ее работы.

Таблица 64. Отечественные краны для газопроводов, $P_y = 64 \text{ кг/см}^2$ ($P_{исп} = 96 \text{ кг/см}^2$)*

Наименование и шифр	Условный проход, мм	Длина, мм	Высота, мм	Вес, кг
Стальные фланцевые со смазкой червячным редуктором, привод ручной (без байпаса) 11С 3206к	150	450	770	197
	200	550	845	300
	300	750	1105	605
То же, под приварку 11С 3216к	150	450	770	190
	200	550	845	266
	300	750	1105	571
Стальные под приварку с пневмоприводом (без байпаса) 11С 7226к $t = \text{от } -40 \text{ до } +80^\circ\text{C}$	150	500	815	254
	200	600	1175	600
	300	800	1335	820
	400	1200	2885	2824
То же, с байпасом 11С 7236к	500	1300	2980	3465
	700	1500	3775	6058
	Кран шаровой под приварку 11С 6296к	1000	2050	5075
	1200	2500	5370	25,6 т

Таблица 65. Концевые затворы для нефтепроводов, $P_y = 64 \text{ кг/см}^2$, ($P_{исп} = 96 \text{ кг/см}^2$)**

Условный проход, D_y , мм	Затворы, наружный диаметр, толщина, мм	Вес, кг	Фланцы, наружный диаметр, толщина, мм
500	530×20	54	695×99
700	720×20	95	945×134
800	820×24	132	1055×159
1000	1020×28	290	1300×204

* По паспортам заводов-изготовителей.
** То же.

Таблица 66. Задвижки для трубопроводов, транспортирующих жидкие и газообразные нефтепродукты при t до 450°C *

Тип задвижки и шифр	Условный диаметр, мм	Длина, мм	Высота, мм	Вес, кг	Примечание	
<i>Для $P_y = 40 \text{ кг/см}^2$ ($P_{исп} = 60 \text{ кг/см}^2$)</i>						
Стальные фланцевые однодисковые ЗКЛ	150	400	700	160	Установка в колодце	
	200	575	926	273		
	250	650	975	403		
	300	750	1275	620		
	150	450	940	133		Установка в колодце или в грунте
	200	550	1120	293		
250	650	1200	350			
300	750	1640	666			
150	450	1410	296	Установка в грунте		
200	550	1615	406			
250	650	1803	631			
300	750	2013	805			
350	850	2390	1257			
400	950	2712	1496			
500	1150	2971	2278			
<i>Для $P_y = 64 \text{ кг/см}^2$ ($P_{исп} = 96 \text{ кг/см}^2$)</i>						
ЗКЛ-2	150	450	830	225	Установка в колодце	
	200	550	1055	408		
	150	450	1511	401		Установка в грунте
	200	550	1742	632		
250	650	1882	764			
300	750	2147	1171			
ЗКЛПЭ	400	950	2616	2542	Установка в грунте	
	500	1150	3945	2233		
	1200	2100	5815	10262		
	300	750	2108	1800		То же
	500	1150	2445	2390		
	Стальные фланцевые, клиновые с неподвижным шпинделем, червячная передача, ручной привод, ЗОСЗ75НЖ t до 300°					
<i>Для $P_y = 75 \text{ кг/см}^2$ ($P_{исп} = 112 \text{ кг/см}^2$)</i>						
ЗКЛПЭ t от -40° до $+90^\circ$	350	800	2475	2000		
	500	1230	4070	4625		
	700	1800	4205	7248		
	1000	2500	5280	10060		

* По паспортам заводов-изготовителей.

Примечание. Пример обозначения задвижек: ЗКЛ-150-40, ЗКЛ-2-150-64; ЗКЛПЭ-350-75.

Таблица 67. Фланцы стальные приварные [34]

Трубы	Фланцы						Шпильки	
	Условный диаметр, мм	Внутренний диаметр, мм	Наружный диаметр, мм	Толщина фланца, мм	Вес, кг		Диаметр от-верстия шпильки, мм	Количество шпилек
					с высту-пом	с выемкой		
Для $R_y = 40 \text{ кг/см}^2$								
150	145	300	30	13,5	12,6	25	8	
200	200	375	38	25,0	23,6	30	12	
250	252	445	42	36,7	35,0	34	12	
300	301	510	46	52,3	50,0	34	16	
350	351	570	52	66,3	64,1	34	16	
400	398	666	58	105,4	102,0	41	16	
500	495	755	62	114,0	109,7	48	20	
Для $R_y = 64 \text{ кг/см}^2$								
150	142	340	38	25,3	24,1	34	8	
200	198	405	44	37,5	35,9	34	12	
250	246	470	48	52,4	50,3	41	12	
300	294	530	54	70,8	68,3	41	16	
350	342	595	60	103,5	99,8	41	16	
400	386	670	66	142,0	137,0	48	16	
500	495	770	70	182,0	177,0	55	20	

Соединение арматуры с трубопроводом производится фланцевое или непосредственно сваркой к трубе. При толщине штуцеров арматуры больше толщины труб применяются переходные патрубki или кольца длиной не менее 250 мм. Патрубki изготавливаются непосредственно на строительстве в мастерских из труб той же марки стали, что и трубопровод, но с толщиной стенки меньше чем у штуцера и больше чем у трубопровода, на величину: 3,0 мм для стенок > 12 мм и 2,5 мм — стенка < 12 мм. Кольца поставляются заводского изготовления по действующим нормам, из стали 15ХСНД или 09Г2С, в соответствии с рекомендациями проекта или поставляются в комплекте с арматурой. Ответные фланцы фланцевой арматуры, как правило, также поставляются комплектно арматурными заводами или комплектуется заказчиком строительства трубопровода.

Параметры подогрева перед сваркой стыков штуцеров арматуры с патрубками или кольцами указываются в проекте или принимаются в соответствии с данными сертификатов для большей толщины стенок или более высокой температуры подогрева.

Для сварки первого слоя шва используются электроды диаметром 3—3,25 мм, для заполняющих слоев — 4 мм, облицовочных — 5 мм, а при условии сварки в нижнем или полувертикальном положении — 5 мм.

Сварка арматуры в трубопровод должна производиться при минимальной суточной температуре.

Гнутье труб и изготовление фасонных частей

Повороты трубопроводов в вертикальной и горизонтальной плоскостях следует осуществлять упругим изгибом, приваркой кривых, согнутых в холодном или горячем состоянии или сваренных из отдельных сегментов.

Упругий изгиб трубопровода, сваренного в плет, следует осуществлять при помощи кранов-трубоукладчиков или других подъемных механизмов в процессе монтажа и укладки трубопровода в траншею.

Минимально допустимые радиусы упругого изгиба трубопроводов, если они не оговорены в проекте, принимаются:

Диаметр трубопровода, мм	1420	1220	1020	820	720	630	530	426	300-400	200-300
Радиус упругого изгиба, м	1300	1100	900	750	650	550	560	400	300	200

Допускается уменьшение величины радиуса изгиба на 10%. Напряжения в изогнутом участке трубопровода не должны превышать расчетных напряжений в период их эксплуатации. Минимальный радиус кривизны оси трубопровода в вертикальной и горизонтальной плоскостях определяется:

$$R_{\text{мин}} \geq \frac{ED_n}{2\sigma_n} \quad (48)$$

где E — модуль упругости материала трубы и сварного соединения (для стали $E=2,1 \times 10^6 \text{ кг/см}^2$; D_n — наружный диаметр трубопровода, см; σ_n — напряжение при упругом изгибе

$$\sigma_n = R_2^{\text{н}} k_n, \text{ кг/см}^2; \quad (49)$$

$R_2^{\text{н}}$ — нормативное сопротивление, равное наименьшему значению предела текучести при растяжении металла труб; k_n — коэффициент, принимаемый для участка трубопроводов I и II категорий, равен 0,4; для III и IV — 0,5.

Предельно минимальный радиус кривизны оси трубопровода при упругом изгибе в горизонтальной плоскости должен быть не менее

$$R_{\text{гор}} \geq 900D_n, \text{ м}. \quad (50)$$

В холодном состоянии гнутье труб должно производиться на специальных трубогнущих станках (табл. 68). Радиусы изгиба кривых должны приниматься в соответствии с табл. 69.

После гнутья труба должна иметь ровную поверхность. Глубина плавных гофр не должна превышать толщины стенки трубы и быть не более 10 мм. Гофры недопустимы на кривых, изготавливаемых для надземной укладки трубопроводов.

Таблица 68. Технические характеристики трубобочных станков [21, 22]

Наименование показателей	Марка					
	ГТ-121	ГТ-122	ГТ-102	УТТ-8М	УТТ-5 (УТТ-5Т)	УТТ-7 (УТТ-7П)
Диаметр изгибаемых труб, мм	1420	1220	1020	1020	820	529
Комплект вкладышей для труб другого диаметра, мм	—	—	—	820, 720	720, 530	426, 377, 325, 273, 219
Толщина стенки изгибаемых труб, мм	до 20	до 20	до 16	до 12,7	8, 10, 11	8, 10, 12
Средний угол изгиба трубы за один гиб, град.	1°5'	1°5'	1°30'	1°15'—1°30'	1°11'—2°00'	3°30'—10°
Средний радиус изогнутой оси трубы, м	65	60	40	40	30, 25, 20	11—6
Длина передвижки между гйбами, м	1,2	1,0	0,8	0,85	0,6	0,6—1,0
Рабочее машинное время, затрачиваемое на 1 гиб, мин.	5	5	3	5	6	3—4
Двигатель: тип	А0-71-4	А0-71-4	А0-71-4	Д-21	Д-21	УД-9
мощность	22	22	22	21	21	8
Емкость гидравлической системы, л	240	220	220	100	70	40
Размеры, мм	12120× ×2300× ×2850	11880× ×2000× ×2710	9100× ×2000× ×2720	9820× ×1775× ×2900	4970× ×1354× ×2190	8000× ×1354× ×2700
Вес станка с комплектом оборудования, т	37,0	35,0	23,0	17,3	6,5	13,9

Таблица 69. Минимально допустимые радиусы кривых и гнутые трубы в холодном состоянии [2]

Диаметр трубопровода, мм	Толщина стенки, мм	Наименьший радиус изгиба трубы при толщине стенки, м	
		минимальных	максимальных
1420	12—20	70	40
1220	10—18	60	30
1020	9—16	50	25
820	8—12	35	25
720	7—12	30	20
630	6—11	25	15
530	6—9	15	10
400	6—9	10	8
300—400	4—8	8	5
200—300	4—7	5	3

Примечание. Допускается уменьшение величины наименьшего радиуса изгиба на 10%.

Овальность труб определяется как разность между максимальным и минимальным диаметрами гнутых труб.

Допуски на овальность гнутых труб, мм:

Диаметр трубопровода	1420	1220	1020	820	720	630	530	426	300-400	200-300
Овальность труб	16	13	11	9	8	7	6	5	4	3

Холодное гнутье сварного кольцевого шва не разрешается. Расстояние от зоны изгиба до кольцевого шва должно быть не менее 0,5 диаметра трубы. При гнутье труб продольный сварной шов должен располагаться по нейтральной линии изгиба.

Другие фасонные части: отводы с углом 90, 60 и 45°, переходы концентрические и тройники для различных диаметров труб изготавливаются на заводах или на трассе (на сварочных базах). Изготавливаются эти детали штампосварными или полностью сварными согласно действующим нормам и чертежам проектной организации.

Сварные швы, выполняемые на трассе при сварке трубопровода, должны быть, как правило, перпендикулярны к оси трубопровода. В случаях, когда по условиям монтажа невозможно применить сварные колена и фасонные детали заводского изготовления (угольники), допускается для выполнения поворота с углом не более 5° сварка трубопровода III и IV категорий путем скоса концов привариваемых труб (косым стыком) с соответствующей подготовкой кромок.

В отдельных случаях угол косого стыка может быть увеличен до 12°30' при условии увеличения толщины стенки свариваемых труб на 10—15% и с внутренней подваркой шва.

При изготовлении фасонных частей и кривых сваркой на трассе сварные швы должны подвергаться 100% контролю просвечиванием рентгеновскими или гамма-лучами.

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ

СНиП III-Д. 10—72 предусматривает сварку магистральных трубопроводов механизированными и ручными методами электродуговой сварки плавлением и прессовыми методами на установках с автоматическим управлением процессом сварки.

Метод сварки плавлением включает: ручную дуговую сварку, автоматическую сварку под слоем флюса, полуавтоматическую и автоматическую сварку в среде защитных газов.

Прессовые методы сварки включают: стыковую контактную сварку, газопрессовую сварку, электропрессовую сварку с нагревом твч.

Схема электрической дуги представлена на рис. 14.

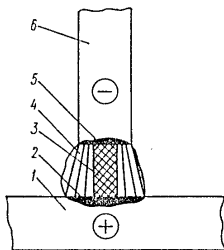


Рис. 14. Схема электрической дуги:

1 — стенка трубы; 2 — анодная зона; 3 — столб дуги; 4 — орося пламени; 5 — катодная зона; 6 — электрод.

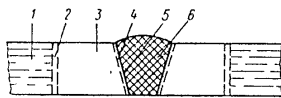


Рис. 15. Структура сварочного шва:

1 — неизменный основной металл; 2 — граница зоны термического влияния; 3 — остальная часть зоны термического влияния; 4 — околосварочный участок зоны термического влияния; 5 — граница плавления; 6 — наплавленный металл.

При любом методе и технологии сварки и сварочных материалов, применяющихся при сооружении магистральных трубопроводов, должны обеспечиваться следующие показатели механических свойств сварного соединения:

для механизированных и ручных электродуговых методов сварки — предел прочности не ниже допускаемого для металла труб и средний угол загиба не менее 120°;

для прессовых методов сварки — предел прочности не ниже допускаемого для металла труб и средний угол загиба не менее 100°.

Структура сварного шва состоит из трех основных зон (рис. 15):

зоны наплавленного металла;

границы плавления или переходной зоны от наплавленного к основному металлу;

зоны термического влияния в основном металле.

Зона наплавленного металла имеет структуру быстрозатвердевшей литой стали.

Зона термического влияния состоит из трех участков. Первый участок характеризуется неполной кристаллизацией стали, т. е. образованием новых мелких форм феррита (720—900°). Второй участок отличается более полной перекристаллизацией (900—1000°), что обуславливает более высокое качество металла по сравнению с первым. Третий участок (свыше 1100°C) характеризуется сильно выросшим зерном.

Большое влияние на механические свойства металла шва оказывают газы, окружающие сварочную ванну (кислород, азот). Кислород окисляет железо, создает закись железа FeO, которая растворяется в расплавленной стали до насыщения. Азот, взаимодействуя с расплавленным металлом, создает нитриды железа (Fe₃N; Fe₂N), марганца и других элементов, что ведет к хрупкости шва.

Есть три вида защиты сварного шва: шлаковая (расплавленный металл находится под слоем расплавленного шлака); газовая (при которой сварочная ванна защищается газовой оболочкой) и газослаковая (когда одновременно действуют газовая и шлаковая защита). Наиболее распространенной является газослаковая защита, что достигается специальной обмазкой — покрытием электродов или с применением флюса.

При сварке трубопроводов необходимо учитывать технологические свойства стали (свариваемость, хладоломкость, синеломкость, старение).

Хрупкое разрушение стали вызывает явление хладоломкости. При сварке в швах образуются усадочные напряжения, а в металле трубы возникают напряжения, уравновешивающие их. Условие хрупкого разрушения можно представить выражением

$$\frac{\tau}{\sigma_n} < \frac{\sigma_{сж}}{\sigma_{отр}}, \quad (51)$$

где σ_n и τ — максимальные, нормальные и касательные напряжения; $\sigma_{сж}$ — сопротивление металла сдвигу; $\sigma_{отр}$ — сопротивление металла отрыву.

При понижении температуры отношение $\frac{\sigma_{сж}}{\sigma_{отр}}$ возрастает и при определенной температуре может произойти хрупкое разрушение под действием нормальных напряжений.

Склонность сварных соединений к хрупкому разрушению при низких температурах определяют испытанием на ударный изгиб.

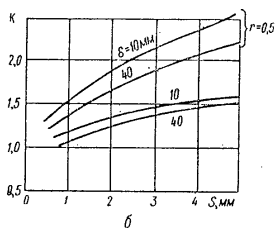
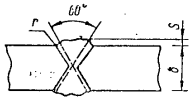


Рис. 16. Коэффициент концентрации напряжений в стыковом сварном соединении в зависимости от толщины листов, усиления шва и радиуса перехода:

а — схема соединения; б — значение коэффициента концентрации k в зависимости от высоты усиления S при разной толщине листов s и радиуса перехода r .

В стыковом соединении концентрация напряжений зависит от высоты усиления валика шва S и радиуса перехода r (рис. 16). Концентрация напряжения характеризуется коэффициентом концентрации, определяемом по формуле

$$k = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_0}, \quad (52)$$

где σ_{\max} — наибольшее напряжение, кг/мм^2 ; σ_0 — напряжение при равномерном распределении усилий, кг/мм^2 .

При сварке часть металла расплавляется, часть переходит в пластическое состояние, часть испытывает нагрев, не приводящий к фазовым изменениям в нем и основная часть металла остается в холодном состоянии. Все это приводит к возникновению в сварном соединении сварочных деформаций и напряжений. При этом могут образоваться горячие трещины (кристаллизационные), которые представляют собой микроскопические и макроскопические несплошности в наплавленном металле. Горячие трещины бывают продольными и поперечными, находящиеся либо на поверхности, либо внутри шва. Холодные трещины возникают в сварных соединениях при относительно невысоких температурах (ниже 200°C), когда металл шва в околошовной зоне приобретает высокие упругие свойства.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ПОДОГРЕВ КРОМОК ТРУБ

Для предотвращения образования трещин в сварных стыках труб из высокопрочного металла со стенкой повышенной толщины в ряде случаев требуется предварительный подогрев кромок.

Лабораторией сварки ВНИИСТА разработана методика определения предварительного подогрева и его параметров.

Согласно «Инструкции» [45] трубопроводы диаметром $530 \div 1420$ мм с толщиной стенок не более 21 мм из дисперсионно-твердеющих сталей, с минимальным (нормальным по ТУ) пределом прочности до 60 кг/мм^2 следует проверять на необходимость предварительного подогрева кромок свариваемых труб в зависимости от эквивалента углерода (C_e — условная характеристика металла), определенного по формуле

$$C_e = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}. \quad (53)$$

При наличии в стали Ti и Nb они рассматриваются как аналоги V и учитываются дополнительно с коэффициентом 1/5.

К дисперсионно-твердеющим относятся стали, содержащие один или несколько легирующих элементов (V, Nb, Ti, N), наличие которых может быть определено по ТУ на изготовление труб или по сертификатам их поставки.

На рис. 17 и 18 представлены таблицы для практического определения необходимости предварительного подогрева концов стыкуемых труб по их периметру до требуемой температуры, на расстоянии 150 мм от торцов труб (табл. 70). Температура подогрева труб приведена: на рис. 17—100 и 150°C при сварке корня шва электродами основного типа УОНИ-13 и «Гарант» диаметром 3—3,25 мм и на рис. 18—100, 150 и 200°C при сварке газозащитными электродами типа ВСЦ-4, ВСЦ-4А и ВСФС-50 диаметром 4 мм.

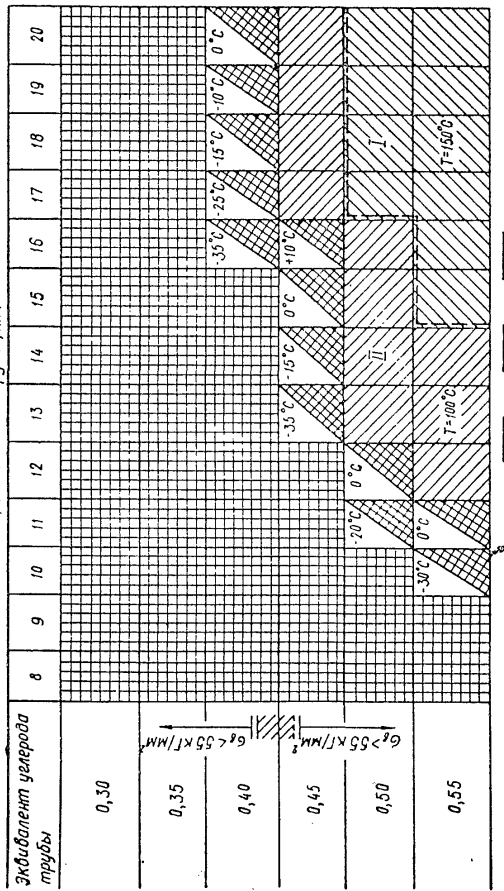
Примеры пользования схемами-таблицами.

1. Требуется определить необходимость и условия предварительного подогрева труб со стенкой толщиной 14 мм. Эквивалент углерода 0,43%. Округляем величину C_e до цифры, кратной 5, т. е. принимаем $C_e = 0,45\%$.

По таблице (рис. 17) для электродов типа УОНИ-13 или «Гарант» устанавливаем, что минимальная температура сварки составляет 15°C . Следовательно, для данных условий при температуре воздуха ниже 15°C необходим предварительный подогрев до 100°C . При использовании газозащитных электродов (см. рис. 18) независимо от температуры окружающего воздуха необходим предварительный подогрев до 150°C .

2. Требуется определить необходимость и условия предварительного подогрева труб со стенкой толщиной 8 и 11 мм и $C_e = 0,45$. Из таблиц следует, что при использовании электродов основного типа УОНИ-13 предварительный подогрев для обеих труб не требуется. Если же применить электроды газозащитного типа ВСЦ-4 (рис. 18), сварка труб со стенкой толщиной 8 мм может осуществляться без предварительного подогрева, а со стенкой толщиной 11 мм — с подогревом до 100°C .

Толщина стенки трубы, мм

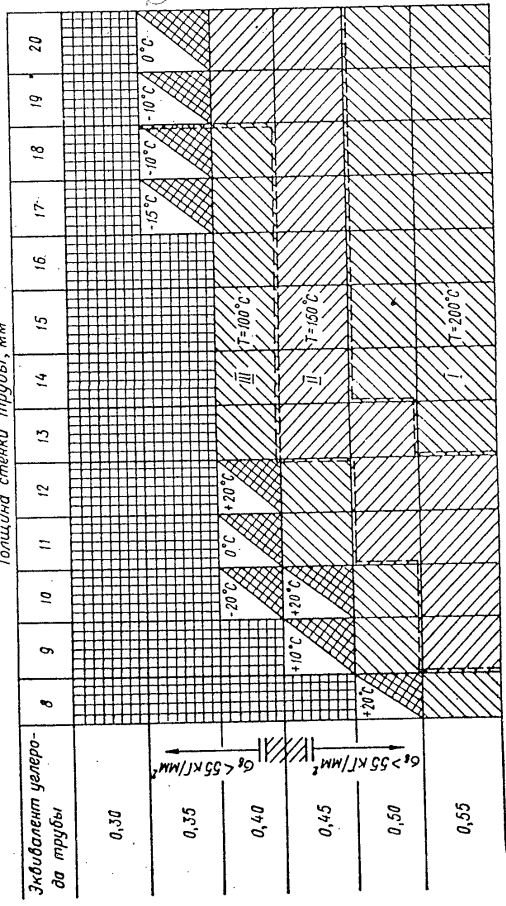


А Б

Рис. 17. Таблица для определения необходимости предварительного подогрева концов труб и температура подогрева при сварке корня шва электродами УОНИ-13 и «Гарант» диаметром 3—3,25 мм.
 А — нет необходимости подогрева при температуре воздуха до -50°C ; Б — подогрев до 100°C необходим только при температуре воздуха ниже 1°C ; В — подогрев необходим при любой температуре воздуха.

Примечания: 1. Если в металле трубы содержится легирующий элемент Nb и Ti, они в формуле для S_3 суммируются с V.
 2. Стенки труб в области I подогреваются до 150°C , в области II — до 100°C .

Толщина стенки трубы, мм



А Б

Рис. 18. Таблица для определения необходимости предварительного подогрева концов труб и температура подогрева при сварке корня шва электродами ВСЦ-4 диаметром 4 мм.
 А — нет необходимости подогрева при температуре воздуха до -50°C ; Б — подогрев необходим только при температуре воздуха ниже 1°C ; В — подогрев необходим при любой температуре воздуха.

Примечания: 1. Если в металле трубы содержится легирующий элемент Nb и Ti, они в формуле для S_3 суммируются с V.
 2. Стенки труб в области I подогреваются до 200°C , в области II — до 150°C , в области III — до 100°C .

Таблица 70. Температура подогрева труб [45]

Поставщик труб и ТУ	Диаметр труб и толщина стенок, мм	Минимальное $\sigma_{\text{пр}}$, кг/мм ²	C_3	Температура подогрева, °С при сварке УОНИ-13 „Гарант“
Италия ТУ 56—721Т	1420×17,5	56	0,48	150
	1420×20,5	56	0,48	150
ФРГ ТУ 56—72/73	1420×16,5	60	0,48	100—150
	1420×19,5	60	0,48	150
СССР ТУ 14-3-109—73	1220×15,2 (17Г1С)	52	0,48	100
	1220×15,0 (14ГСАФ)	57	0,48	100
	1020×11,0 (17Г1С)	52	0,48	100 при t воздуха ниже -20°C

Время между окончанием подогрева и началом прихватки и сварки первого слоя шва должно быть не более 10 мин; при вынужденном перерыве более 10 мин необходимо подогрев повторить.

При сварке разностенных труб или труб различных марок сталей параметры подогрева для обеих труб необходимо принимать в соответствии с требованиями для труб, имеющих большую толщину стенки или требующих более высокой температуры подогрева.

Температура подогрева контролируется термокарандашами, термомасками и др.

Ручная электродуговая сварка. При сооружении магистральных трубопроводов ручная сварка применяется:

— при сварке корневого шва, соединении отдельных труб и секций в плети или в непрерывную нитку;

— при сварке переходов через искусственные и естественные преграды;

— при сварке захлестов, вварке катушек и врезке гнутых или сварных колен и изготовлении последних на строительстве.

Перед сваркой труб производят подготовительные операции: очистку внутренней полости от возможных загрязнений (грунта, льда, снега), правку деформированных концов труб, подготовку и чистку кромок до металлического блеска и прилегающие к ним поверхности (внутреннюю и наружную) на ширину не менее 10 мм. При сборке стыка для сварки должна быть выдержана величина зазора (табл. 71).

Сборка труб с одним заводским продольным швом должна производиться так, чтобы продольные швы каждой трубы были смещены по отношению к швам смежных труб не менее чем на 100 мм; при двух продольных заводских швах, расположенных с двух сторон трубы, смещение швов при сборке не требуется.

Таблица 71. Зазоры между кромками труб под ручную сварку [2]

Применяемые электроды	Величина зазора при толщине стенки, мм		
	до 8	8—10	11 и более
УОНИ-13	2^{+1}_{-0}	$2,5^{+1}_{-0}$	$3,0^{+0,5}_{-0}$
ВСЦ-4	$1,5^{+0,5}_{-0}$	$1,5^{+1,1}_{-0}$	$1,5^{+1,1}_{-0}$

Приварка патрубков для ответвления трубопроводов не допускается в местах расположения поперечных кольцевых и продольных заводских сварных швов. Расстояние между швами трубопровода и швом приварки патрубка или усилительного кольца (воротника) должно быть не менее 100 мм.

Технология ручной электродуговой сварки заключается в следующем (рис. 19):

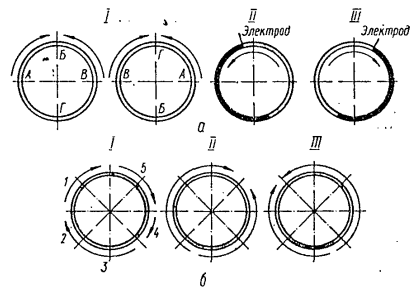


Рис. 19. Последовательность выполнения ручной электродуговой сварки:
а — при поворотном пространственном положении; б — при неповоротном положении; I, II, III — положение при сварке соответственно первого, второго и третьего слоев; 1—5 — последовательность наложения участков корневого шва.

при поворотной сварке после сборки делают прихватку, т. е. закрепляют стык путем наложения коротких однослойных швов с количеством прихваток (длиной 60—100 мм, толщиной ≥ 4 мм) в зависимости от диаметра труб:

Диаметр трубы, мм	530	720	820	1020	1220	1420
Прихватки, шт.	4	5—6	6—7	8—10	9—11	10—12

по длине окружности стыка теми же электродами и при тех же режимах, которые будут применены при сварке труб. Первый слой накладывают на верхнюю полуокружность всех стыков секции. После этого секцию поворачивают на 180° и продолжают сварку первого слоя на второй полуокружности стыка. Второй слой накладывают в полувертикальном положении путем постепенного поворачивания секции. Третий слой накладывают аналогично второму, а секцию поворачивают в обратном направлении. Он должен иметь выпуклую равномерную поверхность с усилением 1—3 мм. Во время сварки образовавшийся шлак удаляют.

Неповоротные стыки сваривают наложением отдельных слоев шва. Первый слой сваривают обратнo-ступенчатым швом. Второй слой шва сваривают снизу вверх. Сварку ведут поочередно или одновременно с обеих сторон трубы. Замыкающие участки (замки) верхнего слоя не должны совпадать с замками нижнего.

При применении электродов с органическим покрытием время между окончанием сварки первого слоя и началом сварки второго не должно превышать 5 мин.

При применении электродов с фтористокальциевым покрытием при сварке первого слоя шва обязательной является подварка изнутри нижней четверти периметра неповоротных стыков. Остаточную часть стыка после зачистки осматривают и ремонтируют подваркой в местах видимых дефектов. Поворотные стыки должны быть подварены изнутри по всему периметру шва.

В связи с повышенной чувствительностью к концентрации напряжений в соединении труб 1020—1420 мм неповары не допускаются. Поэтому рекомендуется для сварки первого слоя применять электроды с органическими покрытиями или выполнять внутреннюю подварку по всему периметру шва.

Ручную подварку швов необходимо производить электродами фтористокальциевого типа диаметром 4 мм на режимах, соответствующих паспортным данным. Запрещается выполнять подварку в направлении «на спусках». Подварочный слой должен иметь усиление высотой не менее 1 мм и не более 3 мм, а ширина должна быть в пределах 8—10 мм.

Подварку корня шва ручной сваркой производят по истечении 40 мин после выполнения сварки первого корневого слоя.

Очистку прихваток, первого (корневого) слоя и подварочного шва от шлака следует производить шлифовальными машинками или другим безударным инструментом.

При температуре выше —30°С разрешается пользоваться пневмоинструментом для очистки шлака первого и заполняющих швов, но только после подварки корня шва изнутри трубы.

Сборка и вварка арматуры, катушек, а также сварка захлестов должны производиться при минимальной суточной температуре.

При сборке труб на их поверхности допускаются повреждения (риски, задиры) глубиной не более 0,2 мм. Повреждения глубиной более 0,2 мм, но не более 5% от толщины стенки, должны

быть зашлифованы. Участки труб с более глубокими повреждениями должны быть вырезаны.

Вмятины на трубах до 50 мм выправляются разжимными приспособлениями; допускается правка кувалдой с обязательным местным подогревом до 200°С. Вмятины более 50 мм, резкие вмятины и вмятины с надрывами и надрезами бракуются, а из этого места вырезается «катушка».

Забонны и задиры фасок глубиной до 5 мм ремонтируются сваркой. Необходимость и температура местного подогрева при ремонте определяются по таблице (см. рис. 17, 18). Концы труб с забоннами и задирами фасок более 5 мм следует обрезать.

Одной из операций при сварке является центровка труб, при которой добиваются соосности двух труб. При этом за базу можно принимать наружную либо внутреннюю поверхность трубы.

При центровке широко применяются наружные или внутренние центраторы (табл. 72, 73).

Таблица 72. Центраторы наружные [22]

Марка	Диаметр стыкуемой трубы, мм	Вес, кг
<i>Звенные</i>		
ЦЗ-1420	1420	80
ЦЗ-1220	1220	64
ЦЗ-1020	1020	44
ЦЗ-820	820	37
ЦЗ-720	730	35
ЦЗ-520	530	27
<i>Эксцентрикoвые</i>		
ЦНЭ-37-42	377—426	15,5—19,3
ЦНЭ-27-32	273—325	13,9—17,7
ЦНЭ-16-21	168—219	11,7—14,7
ЦНЭ-8-15	89—159	7,0

Универсальное самоходное устройство СЦ-121 используется в комплекте с центраторами ЦВ-81, ЦВ-121 и ЦВ-142 для механизированной сборки одиночных труб в секции длиной до 36 м. Предназначено оно для перемещения внутренних центраторов при сборке в секции труб 720—1420 мм. Электродвигатель типа ДК-908-А, мощностью 4 квт, ток постоянный, напряжение 50—65 в. Скорость передвижения устройства 0,9—1,1 м/сек; емкость барабана для намотки кабеля — 40 м; вес устройства 535 кг; размеры, мм: 2450×600×625.

Допустимое смещение кромок на участке длиной менее 1/4 периметра не должно превышать 25% от толщины стенки труб, но не более 3 мм.

Таблица 73. Центраторы внутренние [22]

Наименование показателей	Марка				
	ЦВ5Н	ЦВ81	ЦВ10П	ЦВ-121	ЦВ-142
Диаметр стыкуемых труб, мм	530	720	1020	1220	1420
Усилие на торец, тс	41	820	47,6	60	78
Время разжатия одного центрирующего ряда, сек	5	7	7	9	9
Вес центратора (без штанги), кг	289	760	564	1450	1785
Длина без штанги, мм	1700	2380	1950	2900	2980
Длина штанги, м	37	37	37	37	37
Вес штанги, кг	95	95	95	95	95

При сборке стыков на внутренних центраторах перемещение их разрешается только после окончания сварки первого слоя шва. Наружные центраторы, как правило, применяются при сборке труб малого диаметра до 426 мм включительно и при сварке катушек, патрубков, кривых, фитингов и арматуры, а также при сварке секций на трассе, захлестов на переходах и плетей трубопровода в штык.

При сборке стыков на наружных центраторах прихватки должны быть равномерно расположены по периметру стыка. Длина каждой прихватки 100—200 мм, толщина не менее 4 мм, расстояние между прихватками 300—600 мм, количество прихваток не менее 4.

Сборка секций труб непосредственно на трассе производится также и внутренними центраторами в комплекте с установкой СЦ-121.

Перед прихваткой и сваркой корневого слоя шва при необходимости свариваемые кромки труб предварительно подогревают. Режимы ручной электродуговой сварки, рекомендуемые ВНИИСТОм, для различных марок и диаметров электродов [44], приведены в табл. 74.

Ручная электродуговая сварка стыков труб на временных полевых базах производится от сварочных агрегатов АСДП-500Г-ЗМ, АСДП-500Г и АСБ-300 или от сварочных выпрямителей типа ВД-300, ВСС-200, 300; ВКС-120, 300 (табл. 75) и ВКУС-500; ВКСМ-1000; ВДМ-1600. Непосредственно на трассе для неповоротных стыков используются самоходные сварочные установки СДУ-2В, СДУ-2В-1, СЧУ-А (табл. 76) и на автоприцепах АСБ-300-МАГ.

Автоматическая электродуговая сварка. Применяется на стеллажах сварочной базы при поворотной сварке труб в секции сварочной проволокой под слоем флюса (после ручной прихватки труб) и сварки первого слоя шва.

Таблица 74. Режимы ручной сварки электродами [44]

Марка	Диаметр электрода, мм		
	3,0; 3,15; 3,25	4,0	5,0
	Сила тока, а		
УОНИ-13/45	100—140	140—170	170—200
E44.83	100—140	140—170	190—230
ВСЦ-4	—	110—170	—
ВСЦ-4А	—	110—170	—
Фоке Цель	—	130—180	—
Флигвелд-5П	—	120—170	—
Фоке Е-50	130—150	150—190	200—250
УОНИ-13/45	60—100	100—160	140—200
«Гарант»	60—100	100—160	170—200
ВСФС-50	—	190—220	—
ВСФС-60	—	120—160	140—200
ВСФ-60	—	120—160	140—200
ВСФ-65	—	120—160	140—200
ВСФ-75	60—100	120—160	140—200
Шварц-ЗК	—	120—160	140—200

Таблица 75. Полупроводниковые сварочные выпрямители [21]

Наименование показателей	Единица измерения	Тип				
		ВД-301	ВСС-200	ВСС-300	ВКС-120	ВКС-300
Мощность трансформатора	кВА	16	8,5	16	8,6	21,3
Напряжение сети	В	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380
Напряжение на сварочных клеммах	В	60	17—21	60	57—63	58—65
Сварочный ток	А	300	150	300	130	330
К.п.д.	проц.	73	55	68	61	70
Предел регулирования сварочного тока	А	45—310	30—150	40—300	15—130	30—330
Потери холостого хода	кВт	0,35	0,30	0,60	—	—
Коэффициент мощности	—	0,6	0,6	0,6	0,55	0,55
Вес	кг	230	187	240	180	225
Габаритные размеры:						
длина	мм	800	600	875	963	953
ширина	•	655	480	735	630	630
высота	•	755	1200	900	785	785

Флюс служит для защиты расплавленного металла от воздействия кислорода и азота воздуха. При сварке под слоем флюса металл и шлак имеют большую текучесть. Во избежание растрескивания металла, а также для нормального образования шва последний должен занимать горизонтальное положение.

Таблица 76. Самоходные сварочные установки [21]

Наименование показателей	Ма		
	СДУ-2В	СДУ-2В1	СДУ-А
Количество сварочных постов	2	2	4
База установки	трактор Т-100М	трактор Т-100МБ	трактор Т-100М
Сварочный генератор:			
тип	ГСО-300-5	ГСО-300-5	ГСО-300-5
мощность, кВт	7,5—9	7,5—9	7,5—9
Двигатель:			
тип	Д-108	Д-108	Д-108
мощность, л. с.	108	108	108
Потребляемая мощность, л. с.	42	42	74
Скорость перемещения, км/ч	2,4—10,2	2,4—5,4	2,4—10,2
Удельное давление на грунт, кг/см ²	0,59	0,34	0,62
Вес установки, т	13,5	15,4	14,6
Габаритные размеры, мм:			
длина	5232	5730	5770
ширина	2460	3250	2460
высота	3040	3040	3040

Учитывая текучесть расплавленного металла, величина зазора при сборке труб должна быть меньше, чем при ручной сварке, и соответствовать значениям:

Толщина стенки трубы, мм	5—7	8—10	11—13	14—19	20 и более
Величина зазора, мм	До 1,0	1,0—1,5	1,5—2,0	1,5—2,0	1,8—2,5

Основными элементами сварочного режима являются: сварочный ток, напряжение на дуге, род и полярность тока, скорость сварки и подачи проволоки, угол наклона электрода и направление наклона.

Зависимость между скоростью сварки $W_{св}$, скоростью подачи проволоки $W_{под}$, площадью поперечного сечения электродной проволоки $F_э$ и площадью поперечного сечения сварочного шва $F_{ш}$ определяется соотношением

$$\frac{W_{св}}{W_{под}} = \frac{F_э}{F_{ш}} \quad (54)$$

Скорость сварки

$$W_{св} = \frac{l}{t}, \text{ см/ч,} \quad (55)$$

где l — длина шва, см; t — время непрерывного горения сварочной дуги, ч.

Скорость подачи проволоки

$$W_{под} = \frac{q_э}{q} W_{св}, \text{ см/ч,} \quad (56)$$

где $q_э$ — удельный расход проволоки, г/м; q — вес 1 м проволоки, г.

Сила рабочего тока

$$I_p = \frac{\gamma F_{ш}}{\alpha_n} W_{св}, \text{ а,} \quad (57)$$

где γ — удельный вес металла шва, г/см³; α_n — коэффициент наплавки, г/а; $F_{ш}$ — площадь поперечного сечения шва, см².

Производительность сварочного процесса можно определить по формуле

$$G_n = I_p \alpha_n t, \text{ г·ч,} \quad (58)$$

где G_n — вес наплавленного металла, г·ч.

Режимы автоматической электродуговой сварки, рекомендуемые ВНИИСТом [44] для различных марок флюсов и диаметров проволоки, приведены в табл. 77.

Таблица 77. Режимы полуавтоматической сварки под флюсом [44]

Марка флюса	Диаметр проволоки, мм	Сила тока, а	Напряжение тока, в	Скорость сварки, м/ч	Вылет проволоки, мм
АН-348А	2	420—480	46—48	36—42	30—35
	3	680—740	46—50	52—60	40—50
КВС-19	2	420—480	42—45	32—40	35—40
	3	580—640	44—46	38—45	40—55
АН-60	2	430—480	44—46	40	35—40
	3	800—850	44—48	60	30—40
АН-22	2	500—550	46—48	40—50	30—40
	3	750—800	44—46	50—55	40—50
ВСКФ-60	2	450—480	35—40	30—34	50—60
	3	600—650	40—45	40—44	

Примечания: 1. Приведенные режимы для труб с толщиной стенки 8,5—15,0 мм.

2. Угол наклона сварочной проволоки должен быть «вперед» от 7 до 30°.

3. Сварку под слоем флюса при толщине стенок до 12,5 мм необходимо выполнять не менее чем в два слоя — более 12,5 мм — в 3—4 слоя, не считая слоев, выполненных ручной сваркой.

4. Применение флюса АН-60 при проволоке диаметром 3 мм на форсированном режиме повышает производительность сварки до 15%.

5. Производительность автоматической сварки в 5—10 раз выше ручной сварки.

Для поворотной сварки труб в секции под слоем флюса применяются полевые полустационарные трубосварочные установки: ПАУ-601 — для труб 325—530 мм, ПАУ-602 — для труб 720—1220 мм и ПАУ-1001 — для труб 1020—1420 мм.

В качестве источников сварочного тока используются агрегаты: АСД-3-1, АСД-500 или АСД-500Г, а при питании от ЛЭП или

передвижных электростанций через выпрямители ВКУС-500×2, ВКСМ-1000 или ВДМ-1600.

При сварке проволока непрерывно подается к свариваемому стыку и перемещается вдоль шва. При сварке трубопроводов это перемещение осуществляется вращением трубы при закрепленной сварочной головке. Вращение трубы осуществляется вращателем. Сварочная головка и вращатель работают синхронно и имеют один пульт управления. При сварке применяются вращатели роликовые, торцовые, проходные и центровочные.

Роликовый вращатель монтируют на раме из параллельно расположенных швеллеров. Он состоит из двух приводных валов с ведущими и опорными роликами, покрытыми резиной. Привод осуществляется от электродвигателя переменного тока с редуктором или от двигателя постоянного тока.

Проходной вращатель помещается рядом со сварочной головкой и имеет раструб с роликами для быстрого введения в него секций труб. Секции зажимаются плашками на любом участке.

Центровочный вращатель состоит из внутреннего гидравлического центратора, штанги, соединенной с центратором, и механизма вращения. Центровочный вращатель получил широкое применение при сварке труб большого диаметра.

Торцовый вращатель зажимает конец секции трубы по внешней или внутренней поверхности с помощью зажимного патрона, установленного на шпинделе. Техническая характеристика тор-

Таблица 78. Техническая характеристика торцовых вращателей [21]

Наименование показателей	Единица измерения	Тип		
		ВТ-61	ВТ-121	
Диаметр свариваемых труб	мм	325—530	720—1220	
Длина свариваемых секций	м	36	36	
Радиальный ход кулачков механизма зажима	мм	25	35	
Электродвигатель постоянного тока:				
	мощность	квт	0,7	1,5
напряжение	в	110	110	
скорость вращения	об/мин	3000	3000	
Окружная скорость вращения труб	м/ч	21—85	25—89	
Регулирование скорости вращения, ступенчатое число		8	8	
Габаритные размеры:				
	длина	мм	900	1090
	ширина	"	1270	1600
	высота	"	885	1340
Вес	кг	470	995	

Примечание. Данные вращатели и роликовые опоры типа ОР-61 и ОР-121 входят в состав оборудования полевых автосборочных установок типа ПАУ-601 и ПАУ-602. В комплект ПАУ-1001 входит стенд с роликовым вращателем типа СВР-142.

Таблица 79. Сварочные головки для сварки труб под флюсом [21]

Наименование показателей	Единица измерения	Тип сварочной головки	
		СГФ-601	СГФ-1004
Диаметр свариваемых труб	мм	325—1220	1020—1420
	а	До 600	До 1000
Сварочный ток	а	50	50
Напряжение на дуге	в	Выпрямителем	Дистанционное (с головки)
	в		
Регулирование напряжения	—		192—572
Диаметр сварочной проволоки	мм	2	СЛ-571К,95
Скорость подачи проволоки	м/ч	192—572	СЛ-571К,95
Электродвигатель постоянного тока, тип и мощность, вт	—	10,0	10,0
Емкость кассеты для проволоки	кг	6,4	6,4
Емкость бункера для флюса	л	37	40
Вес без проволоки флюса и опорной штанги	кг	—	—
Установка, в комплект которой входит головка	—	ПАУ-601 ПАУ-602	ПАУ-1001

в табл. 79. Сварочную проволоку перед подачей в зону работы предварительно очищают от ржавчины и наматывают на катушки или кассеты, используя машины МОН-2. Для зачистки фасок на торцах труб применяются машинки типа РФ (табл. 80).

Таблица 80. Машинки для зачистки фасок [21]

Наименование показателей	Единица измерения	Тип			
		РФ-529	РФ-820	РФ-1020	РФ-1220
Диаметр обрезаемой трубы	мм	426—530	720—820	1020	1220
Размеры		530×685× ×800	470×965× ×1080	540×1180× ×1295	468×1395× ×1650
		23	30	40	35
Вес	кг				

Примечание. Угол скоса для всех диаметров до 45°.

Для резки труб диаметром 168—1420 мм с толщиной стенок 4,5—50 мм и обрезки фасок применяется машина «Спутник-2» с мотором 36 вт, 24 в.

Техническая характеристика машины МОН-2

Диаметр наматываемой проволоки, мм	1,2—5,0
Средняя скорость намотки проволоки диаметром 2 мм/мин:	
в кассеты	74,5
в катушки	70,0
Электродвигатель Г108М (ток постоянный):	
мощность, квт	1,5

Комплектование сварочно-монтажных участков и бригад рабочими, механизмами, оборудованием, инвентарем и транспортом. Магистральные трубопроводы сооружаются поточным методом по совмещенному графику, при котором все основные виды работ выполняются сварочно-монтажными участками, подвижными механизированными колоннами и бригадами, оснащенными соответствующими машинами, механизмами и оборудованием.

При комплектовании бригад желательно иметь рабочих, владеющих несколькими специальностями, с целью взаимозаменяемости друг друга в процессе выполнения работы.

Комплектование представлено в табл. 84—89, а технические характеристики механизмов и оборудования соответственно в таблицах и приложениях.

Таблица 84. Количество механизмов и оборудования для сварки поворотных стыков на трубосварочных базах [51]

Механизмы и оборудование	Диаметр трубопровода, мм, и темп работ, км в смену					Назначение
	530	720	1020	1220	1420	
	2,0		1,5		1,0	
Стеллаж	2	2	—	—	—	Сборка и предварительная сварка секции на сборочном стеллаже
Лебедка ЛТ-3	2	2	—	—	—	
Трубоукладчики:						Перемещение труб к сварочному стеллажу и обслуживание УГТ
ТО 1224	2	—	—	—	—	
ТО 1530 В	—	2	2	3	—	
Т 3560	—	—	—	3	6	
Внутренние центраторы:						Центровка труб
ЦВ 5Н	2	—	—	—	—	
ЦВ 10Н	—	—	2	—	—	
ЦВ 81	—	2	—	—	—	
ЦВ 121	—	—	—	3	—	
ЦВ 142	—	—	—	—	3	
Трубогибочные станки:						Механизированная сборка секций и сварка первого слоя
УГТ-7	2	—	—	—	—	
УГТ-5	—	2	—	—	—	
ГТ 1021	—	—	2	—	—	
ГТ 1221	—	—	—	3	—	
ГТ 1421	—	—	—	—	3	
Механизированные трубосборочные линии:						Механизированная сборка секций и сварка первого слоя
МТЛ-10	—	2	2	—	—	
МТЛ-121	—	—	—	3	—	
МТЛ-141	—	—	—	—	3	
Сварочные агрегаты:						Механизированная сборка секций и сварка первого слоя
АСБ-300 и АСДП-500Г или СДАУ-1	2	2	2	3	3	

Продолжение табл. 84

Механизмы и оборудование	Диаметр трубопровода, мм, и темп работ, км в смену					Назначение
	530	720	1020	1220	1420	
	2,0		1,5		1,0	
Выпрямители тока:						Применяются при электронитании базы от внешнего источника
ВД-301	4	4	4	6	9	
ВКСМ-1000 или ВКУС-500Х2	2	2	2	3	3	
Полевые автосварочные установки:						Сварка заполняющих и облицовочного слоев под флюсом
ПАУ-601	2	—	—	—	—	
ПАУ-602	—	2	2	—	—	
ПАУ-1001	—	—	—	3	3	
Передвижные электростанции:						Питание электроэнергией при отсутствии внешнего источника
ДЭС-75	2	2	—	—	—	
ДЭЛ-100Б	—	1	1	2	2	
ДЭС-100	—	—	2	—	—	
Шкода-150	—	—	—	3	3	
Машина для наматки кассет МОН	2	2	2	3	3	Подогрев стыков перед сваркой
Компрессор ДК-9	2	2	2	3	3	
Печь для прокаливания флюса и электродов	2	2	2	3	3	Подогрев стыков перед сваркой
Вагон-домик КУНГ	4	4	4	6	6	
Установка для подогрева стыков ПС-1421	—	—	—	—	3	
Вагон-энергоблок БП-4	1	1	1	1	1	

Таблица 85. Состав обслуживающего персонала комплекта механизмов для сварки поворотных стыков на трубосварочной базе [51]

Профессия	Разряд	Количество рабочих при диаметре трубопровода, мм, и темпе работ, км в смену				
		530	720	1020	1220	
		2,0		1,5		
Трубоукладчик	5	2	2	2	3	3
»	4	2	2	2	3	3
»	3	4	4	4	6	9
»	2	1	2	—	—	—
Машинист крана-трубоукладчика	6	2	2	2	3	3
(бригадир)	5	6	6	6	9	18
Электросварщик	4	—	—	—	4	6
»	5	2	2	2	3	3
Машинист УГТ	2	2	2	2	3	3
Подручные	5	1	1	1	1	1
Строповщик	5	1	1	1	1	1
Машинист электростанции	4	2	2	2	3	3

Примечание. При наличии у обслуживающего персонала нескольких смежных профессий общее количество рабочих может быть соответственно уменьшено.

Таблица 96. Техническая характеристика резаков [21]

Марка резака	Толщина разрезаемой стали, мм	Помер мундштука		Давление кислорода, атм	Расход, м³/ч	
		наружного	внутреннего		кислорода	ацетилена
PP-53	5 25	1	1	3,0 4,0	2,5	0,6
		1	2		5,2	0,7
„Пламя“	5 25	1	1	3,0 4,0	2,5	0,6
		2	2		5,2	0,7
РГС-53	3-25	1	1	2,5-5,0	2,0-5,0	0,3-0,5
РГМ-53	3-50	1	1	2,5-6,0	2,0-5,8	0,3-0,5

В настоящее время развитие получает плазменная резка металла, которая представляет собой комбинированный электрический нагрев с давлением струи сжатого атмосферного воздуха. Особенности воздушно-плазменной резки:

- высокая стабильность горения дуги;
- высокое качество реза, а также образование за один проход обрезных кромок, что позволяет сразу же после резки производить сварку без дополнительной обработки кромок;
- очень малая зона термического влияния.

Таблица 97. Комплект механизмов для сварки и изоляции захлестов, катушек, арматуры [51]

Механизмы и оборудование	Количество машин и механизмов при диаметре трубопровода, мм					Назначение
	530	720	1020	1220	1420	
Экскаватор Э-2515	2	2	2	2	3	Рытье и засыпка прямых
Трубоукладчики: Т-1530В, Т-3560А	4	4	4	—	—	Центровка стыков
	2	2	2	2	3	
Сварочный агрегат самоходный СДУ-2В, СДУ-2Б1	2	2	2	2	3	Сварка стыков, захлестов
Котел битумный ИСТ-3В	2	2	2	2	3	

Благодаря высокой тепловой эффективности плазменной дуги и высокой концентрации ее теплового потока ширина реза имеет небольшую величину.

Монтаж и сварка захлестов, катушек, арматуры. Монтаж захлестов, катушек, арматуры необходимо производить в наиболее холодное время суток. Это позволяет снизить напряжения в трубопроводе, которые могут возникнуть при перепаде температур.

Сварку, изоляцию и засыпку захлестов и катушек производит специально выделенная комплексная бригада, которая выполняет: рытье приямка; центровку и сварку стыка; изоляцию, засыпку приямка.

Промежуточные задвижки (краны) и другие узлы врезаются в трубопровод после окончания очистки трубопровода (продувка или промывка).

Комплект механизмов и состав бригады приведены в табл. 97 и 98.

Таблица 98. Состав бригады, выполняющей работы по сварке, изоляции и засыпке стыков [51]

Профессия	Разряд	Количество работающих при диаметре трубопровода, мм				
		530	720	1020	1220	1420
Машинист экскаватора	5	2	2	2	2	3
Трубоукладчик (бригадир)	6	2	2	2	2	3
Электросварщик	6	4	4	4	4	6
Изоляционный	4	5	5	5	5	7
Машинист сварочного агрегата	4	2	2	2	2	3
Газорезчик	4	2	2	2	2	3
Машинист крана-трубоукладчика	6	2	2	2	2	3

пооперационный контроль и приямка сварных соединений, исправление дефектов в стыках

Контроль сварных стыков трубопроводов, выполненных электродуговой сваркой, производится: систематическим пооперационным контролем, осуществляемым в процессе сборки и сварки трубопроводов; внешним осмотром сварного соединения и сварочных материалов (электродов, сварочной проволоки, флюса); проверкой сварных стыков без их разрушения физическими методами контроля; просвечиванием рентгеновскими или гамма-лучами, магнитографическим или ультразвуковым способами.

Пооперационный контроль включает проверку соответствия труб и сварочных материалов требованиям проекта, ГОСТу и техническим условиям на их поставку (трубы

и сварочные материалы без сертификатов использовать запрещается);

качества сборки;
соблюдения технологии и режима сварки;
внешнего осмотра сварных швов.

Все стыки, очищенные от шлака, подвергаются внешнему осмотру. При этом стыки не должны иметь трещин, прожогов, подрезов глубиной более 0,5 мм, недопустимых смещений кромок, кратеров и выходящих на поверхность пор. Усиление шва должно быть равномерным с высотой в пределах 1—3 мм.

При двусторонней сварке осмотр стыков производится снаружи и внутри трубы.

Видимые подрезы стыков не допускаются на трубопроводах, предназначенных для эксплуатации при температуре ниже -30°C .

При контроле стыков рентгеновскими или гамма-лучами луч, прошедший через дефекты шва, по выходе будет иметь разную интенсивность. Вследствие этого на фотографической пленке получается изображение проекции дефекта. Для получения контрастного снимка необходимо иметь качественную мелкозернистую пленку и правильно подобрать энергию рентгеновского или гамма-излучения. Энергия излучения выражается в электронвольтах (эВ) или в мегаэлектронвольтах (мэВ).

Источником гамма-излучения являются искусственно полученные радиоактивные изотопы: цезий 137, иридий 192 и др. Они характеризуются энергией излучения и периодом полураспада. Для контроля качества стыков применяют передвижные импульсные рентгеновские аппараты ИРА-1Д напряжением 250 кВ; ИРА-2Д напряжением 350 кВ; РАП-150-5-2 напряжением 120, 130, 140, 150 кВ. Глубина дефекта по снимкам определяется тремя способами: визуальным, фотометрическим и сравнительным по эталонным снимкам.

Визуальный способ основан на субъективном сравнении оптической плотности снимка в дефектных и бездефектных участках. Этот метод требует детального знания технологии сборки и сварки стыков, основного и присадочного материала, технологии просвечивания и фотопроекции в каждом случае.

Фотометрический способ также базируется на сравнении оптической плотности снимка в дефектных и бездефектных местах сварного шва, но оптическая плотность определяется объективно-количественным способом с применением микрофотометра.

Способ определения размеров дефектов по эталонным снимкам основан на сравнении рабочего снимка с эталонными, полученными при просвечивании идентичных стыков.

Магнитографический способ заключается в том, что при намагничивании сварного шва магнитный поток огибает дефектные места. Магнитные поля записываются на ферромагнитную ленту и воспроизводятся на экране дефектоскопа. Для получения за-

метного рассеивания магнитного потока в местах дефектов необходимо иметь достаточно большую напряженность поля в контролируемом изделии. Комплекс аппаратуры для магнитографического метода контроля состоит из намагничивающего и воспроизводящего устройств. Намагничивающие устройства бывают нескольких видов. Наиболее распространены дисковые магниты и подвижные намагничивающие устройства. Запись с магнитной ленты воспроизводят на дефектоскопах типа МДУ, МД-11, МД-9А, МОУ-2У.

Эталоном для контроля служат эталонно-магнитные ленты, записанные с контрольных образцов сварных соединений, которые предназначены для настройки дефектоскопа и определения величины обнаруженных дефектов.

В трассовых условиях контроль стыков секций осуществляется с помощью полустационарных лабораторий ЛКС, а контроль стыков нитки трубопровода — с помощью передвижной магнитографической лаборатории ПМЛ-5В и передвижной рентгеномагнитографической лаборатории РМЛ-2 и ВЛК-2.

Передвижная магнитографическая лаборатория ПМЛ-5В предназначена для оперативного контроля сварных стыков труб диаметром от 325 до 1220 мм. Контроль осуществляется намагничивающим устройством ПНУМ-1 на ферромагнитную ленту. Читать запись можно при помощи дефектоскопа МДУ с видимым изображением и импульсным обозначением дефектов. Лаборатория смонтирована в кузове автомобиля УАЗ-452Д.

Универсальные передвижные лаборатории РМЛ-2 и РМЛ-2А предназначены для контроля качества швов трубопроводов в полевых условиях методами:

рентгенографирования через одну стенку для труб до 1220 мм; рентгенографирования через две стенки для труб до 530 мм; гаммаграфирования через две стенки для труб до 1420 мм; магнитографирования для труб до 1220 мм при толщине стенок до 16 мм.

Производительность стыков в смену для труб максимального диаметра: 10—15 при рентгенографировании; 6 — при гаммаграфировании; 16 — при магнитографировании.

Базами лабораторий являются автомобили ГАЗ-66 и ГАЗ-51. *Передвижная высокопроходимая лаборатория ВЛК-2* предназначена для контроля сварных швов трубопроводов в условиях бездорожья и болотистой местности. Лаборатория размещена на базе гусеничного транспортера-тягача ГТ-Т и укомплектована оборудованием:

для рентгенографического контроля — ИРА-2Д и самоходная тележка для ввода аппарата внутрь трубы;
для магнитографического контроля — МДУ-2У с ПНУМ-1 и ПНУМ-2;
для гаммаграфического контроля — РИД-21Г с источником излучения цезием 137.

Диаметры контролируемых труб те же, что и в стационарных лабораториях РМЛ.

Производительность стыков в смену для максимальных диаметров труб: 4—6 при рентгенографировании; 6— при гаммаграфировании; 10— при магнитографировании.

Среднее удельное давление на грунт 0,22 кг/см².

Максимальная скорость движения по воде на плаву 6 км/ч.

Вес лаборатории в снаряженном виде 9,2 т.

Полустационарная лаборатория ЛКС, смонтированная в вагончике ВО-8 на пневмоколесном ходу, предназначена для контроля сварных соединений труб диаметром от 168 до 1420 мм на трубосварочных базах методами: магнитографии (ПНУМ-1 и МДУ), рентгенографии (РУП-120-5-1 или ИРА-1Д или ИРА-2Д) и механического испытания образцов на разрыв и изгиб (РМУГ-20).

Диаметры контролируемых труб: 325—1220 мм — магнитографией; 168—1420 мм — рентгенографией.

Размеры вагончика 9300×2750×3800 мм; вес в снаряженном виде 7,8 т.

Физическим методом контроля согласно СНиП [2] подвергаются сварные стыки трубопроводов, выполненные электродуговой сваркой (табл. 99 и 100).

Таблица 99. Количество контролируемых стыков [2]

Категории участков трубопровода, виды укладки и элементы стыков	Объем контроля стыков, проц.	
	рентгеновскими или гамма-лучами	магнитографированием
Трубопроводы подземной, наземной и надземной укладки, участки:		
I	100	—
II	Не менее 25	Не более 75
III	То же, 10	То же, 90
Только подземные, IV	» 2	Не менее 8
При наземной и надземной прокладке, IV	» 10	Не более 90
Косые стыки, захлесты, катушки, сварка арматуры и фитингов на трубопроводах всех категорий	100	—

Примечание. Контролю не подвергаются соединения труб и арматуры, выполненные заводами-поставщиками.

При неудовлетворительных результатах проверки хотя бы одного стыка участка трубопровода IV категории производится повторная проверка тем же методом в количестве 25% сваренных стыков (из числа стыков, выполненных данным сварщиком с момента его предыдущей проверки).

Если при повторной проверке хотя бы один стык окажется неудовлетворительным, сварщик от работы отстраняется до пов-

Таблица 100. Возможные дефекты швов при электродуговой сварке и способы их устранения (по данным ВНИИСТ)

Характер дефекта	Причина возникновения	Способ устранения
Непровар в корне шва выше допускаемого предела	1. Нарушение режима: малая сила тока; малая скорость подачи проволоки; великая скорость сварки 2. Смещение электрода относительно оси шва 3. Притупление выше нормы 4. Великое смещение электрода относительно зенита 5. Великое проскальзывание свариваемой секции	Устранить соответствующие отклонения от режима сварки. Дефектный стык вырезать или отремонтировать
Сквозной прожог	1. Нарушение режима: великая сила сварочного тока; великая скорость подачи проволоки; малая скорость сварки 2. Мало смещение зенита 3. Велик зазор в корне разделки	Устранить соответствующее отклонение от режима сварки. Место дефекта заварить
Трещины в шве	Отклонение от норм химического состава проволоки или флюса; повышенное содержание углерода и серы в проволоке или серы во флюсе	Дефектную проволоку или флюс заменить. Трещину отремонтировать или вырезать стык
Подрез кромок	1. Большая сила тока 2. Низкое напряжение на дуге 3. Великое смещение электрода относительно зенита	Место подреза подварить ниточными швами
Чрезмерное усиление шва	1. Неправильное смещение электрода относительно зенита 2. Недостаточная величина разделки 3. Малая скорость сварки для примененной силы тока	Удалить усиление шва
Газовые поры и свищи свыше допускаемых техническими условиями	1. Ржавчина на кромках или проволоке 2. Влага во флюсе или на кромках 3. Не кондиционный флюс	Удалить дефектную часть шва и заварить
Непровар одной кромки Шлаковые включения свыше допускаемых техническими условиями	Смещение электрода относительно оси разделки Недостаточно зачищен шов от шлака	Удалить дефект и заварить То же

торной сдачи испытаний, а сваренные им стыки подвергаются 100%-ному контролю физическими методами по норме участков II категории. Бракованные стыки исправляют или удаляют из трубопровода.

Годными считаются сварные швы, в которых: отсутствуют трещины любой протяженности; отсутствуют скопления дефектов по группе «В», ГОСТ 7512—69; кучное расположение дефектов в количестве не менее 3 с расстоянием между швами, равным или меньшим трехкратной величины дефекта;

суммарная глубина неспавара и шлаковых включений по группам «А» и «Б», ГОСТ 7512—69, не превышает 10% толщины стенки трубы (но не более 1 мм).

Ремонт забракованных стыков допускается в следующих случаях: если суммарная длина дефектных участков не превышает 1/4 периметра стыка; если длина выявленных в стыке трещин не превышает 50 мм.

Дефектные участки в корне шва любой протяженности (кроме трещин) могут подвергаться ремонту изнутри трубы. В случае наличия трещины длиной свыше 50 мм стыки подлежат удалению.

Исправление дефектов в стыках следует производить следующими способами:

наружные и внутренние подрезы, превышающие установленные нормы, исправляются наплавкой ниточных валиков высотой не более 3 мм (перед подваркой поверхности дефекта зачищают до металлического блеска);

участки со шлаковыми включениями и порами отшлифовываются и завариваются вновь;

при ремонте стыка с трещиной длиной до 50 мм засверливаются два отверстия на расстоянии не менее 30 мм от краев трещины, дефектный участок отшлифовывается и заваривается вновь в несколько слоев.

Все исправленные участки стыков подвергаются контролю рентгеновскими или гамма-лучами.

Контроль качества стыков, выполненных прессовыми методами сварки, производится:

систематическим пооперационным контролем в процессах сборки и сварки трубопроводов;

механическими испытаниями образцов на качество сварки и угол загиба.

Пооперационный контроль включает:

проверку подготовки труб к сварке (требования аналогичные при дуговой сварке), а также качества и размера зачистки поверхностей труб под контактные башмаки сварочной машины;

проверку центровки труб в сварочной головке перед сваркой;

проверку параметров сварки, заданных технологической инструкцией;

выборочную проверку качества удаления грата; обмер величины смещения стыка (губы) на участке 300 мм по периметру трубы с помощью специального шаблона.

Контроль стыков осуществляется в объеме:

100% стыков подвергается проверке на величину смещения кромок и высоту остающегося наружного усиления шва. Стыки, не удовлетворяющие требованиям по смещению кромок или величине усиления (грата), вырезаются и свариваются вновь;

1% стыков подлежит вырезке для проведения механических испытаний, независимо от количества сварных стыков вырезка и испытание контрольного стыка производятся не реже одного раза в месяц и после перерыва в работе трубосварочной контактной установки более 10 дней.

При неудовлетворительных результатах механических испытаний стыков из трубопровода вырезается еще два контрольных стыка и испытания на загиб производятся на 12 образцах (по 6 из каждого стыка).

При неудовлетворительных результатах испытаний хотя бы одного повторно вырезанного стыка необходимо:

сварку прекратить и установить причину брака. Работа может быть продолжена данным сварщиком на той же установке, только после получения удовлетворительных испытаний дополнительного сваренного пробного стыка;

все стыки, сваренные сварщиком с момента последней проверки, подвергнуть тщательной проверке комиссией и принять решение о качестве сварки по каждому стыку в отдельности. Для этого каждый стык в трубопроводе подвергается силовому воздействию путем подъема его на высоту 1—1,3 м.

Квалификация сварщиков и допуск их к сварке трубопроводов [2]. К сварке магистральных трубопроводов допускаются лица не моложе 18 лет, имеющие разряд не ниже 5, прошедшие учебно-практическую подготовку, аттестованные комиссией и получившие специальные удостоверения утвержденного образца.

Непосредственно допуск сварщика к работе разрешается после выполнения им пробного стыка независимо от наличия удостоверения в следующих случаях: если он впервые приступает к сварке трубопроводов или имел перерыв в работе более трех месяцев, а также, если сварка будет осуществляться из новых марок сталей или с применением новых сварочных материалов, технологии и оборудования. При этом условия сварки допускного стыка должны быть тождественными с условиями сварки трубопровода на трассе.

Допусковой (пробный) стык, выполненный дуговыми методами сварки, подвергается внешнему осмотру, контролю рентгеновскими или гамма-лучами и механическим испытаниям образцов, вырезанных из сварного соединения в местах согласно СНиП III-Д. 10—72.

Таблица 101. Количество образцов для квалификационных испытаний сварщиков [2]

Наружный диаметр трубы, мм	Количество образцов					
	на растяжение	на излом с надрезом	на изгиб с расположением корня шва			всего
			наружу	внутри	на ребро	
Толщина стенки трубы до 12,5 мм						
75—325	2	2	2	2	0	8
Свыше 325	4	4	4	4	0	16
Толщина стенки трубы свыше 12,5 мм						
75—325	2	2	0	0	4	8
Свыше 325	4	4	0	0	8	16

Минимальное количество образцов для различных видов механических испытаний кольцевых швов трубопроводов приведено в табл. 101.

Методы и технология сварки должны обеспечивать предел прочности сварного соединения не меньше нижнего предела прочности металла трубы по ГОСТу или ТУ на их изготовление.

Оценка результатов испытаний на излом образцов с надрезом: суммарная глубина шлаковых включений, газовых пор и непроваров не должна превышать 10% толщины стенки трубы, но не более 1 мм; в изломе допускается наличие единичных дефектов по группе «А» (ГОСТ 7512—69). Среднее арифметическое значение угла загиба образцов должно быть не менее 120°, а минимальное его значение — не ниже 100°.

Качество сварки допускного (пробного) стыка, выполненного прессовыми методами сварки, следует определять: по внешнему осмотру и по результатам механических испытаний на загиб образцов, вырезанных из сварного соединения равномерно по периметру: 6 образцов из труб диаметром до 530 мм и 12 образцов из труб более 530 мм по ГОСТ 6996—66 (тип XXVII или XXVIII). Среднее арифметическое значение угла загиба должно быть не менее 70°, а минимальное его значение не ниже 40°. При этом средний угол загиба определяется с учетом величины критического угла загиба образцов, равного 110°.

В случае неудовлетворительных результатов при сварке дуговыми методами допускного стыка соблюдаются такие правила:

если стык бракуется по внешнему осмотру, то он другим методом контроля не подвергается, а сварщик считается не выдержавшим испытания;

если стык при просвечивании не удовлетворяет требованиям сплошности, производится сварка еще двух допускных стыков и

их контроль. В случае получения при повторном просвечивании брака хотя бы в одном стыке, сварщик считается не выдержавшим испытания;

если образцы, вырезанные из первого пробного стыка, имеют неудовлетворительные механические свойства, производится повторное испытание на удвоенном количестве образцов, вырезанных из повторно сваренного пробного стыка.

Результаты испытаний допускных стыков и приемки стыков, сваренных на трассе, заносятся в формуляр, который заполняется на каждого сварщика сварочно-монтажной организацией, где он работает.

Исполнительная документация на сварочно-монтажные работы. При выполнении работ должна своевременно оформляться и храниться на участке работ (или в СМУ) следующая исполнительная документация:

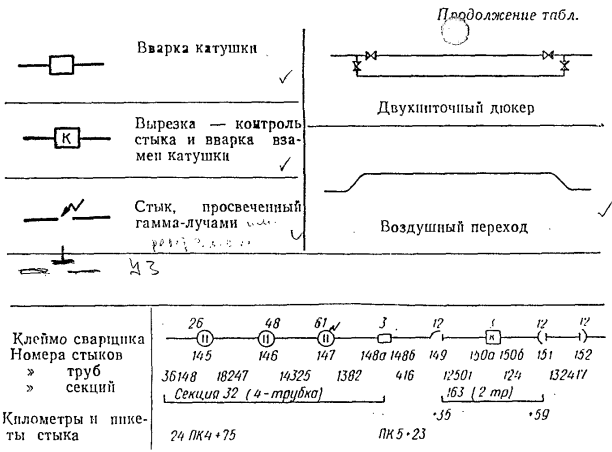
заводские сертификаты на трубы и сварочные материалы; списки сварщиков с указанием номера аттестационного свидетельства и присвоенного клейма, а также формуляр каждого сварщика;

трассовка сварки (табл. 102);

журналы учета стыков, сваренных на трубосварочной базе и на трассе;

Таблица 102. Условные обозначения в трассовке сварки и сведения о сварщиках

	Труба	✓		Ответвление (отвод)	✓
	Стык сварен ручной поворотной сваркой	✓		Конденсатосборник	✓
	Стык сварен поворотной автоматической сваркой	✓		Начало вертикальной кривой	✓
	Стык сварен ручной потолочной сваркой	✓		Конец вертикальной кривой	✓
	Стык сварен неповоротной автоматической сваркой	✓		Начало горизонтальной кривой	✓
	Переходник	✓		Конец горизонтальной кривой	✓
	Задвижка или кран	✓			



журналы работ по просвечиванию и механическим испытаниям;
 заключения полевой испытательной лаборатории (ПИЛ) на проверку качества сварных стыков физическими методами контроля и по механическим испытаниям образцов сварных стыков.
 Рентгеновские пленки и ферромагнитные ленты со стыков, подвергавшихся контролю, хранятся в ПИЛ до сдачи трубопровода в эксплуатацию.

2. Земляные работы

классификация грунтов

Свойства грунтов в период строительства магистральных трубопроводов не остаются постоянными, а меняются в зависимости от изменения влажности, температуры и нарушения структуры грунтов.

Вид грунта, его физико-механические свойства определяются, как правило, лабораторным анализом. Однако в процессе строительства часто появляется необходимость определения фактического состояния грунтов для установления их группы, которая определяет трудность разработки различными землеройными машинами. В табл. 103 приведены простейшие способы определения грунтов в полевых условиях.

Таблица 103. Определение грунтов в полевых условиях [41]

Грунт	Способ определения			Состояние грунтов	
	на ощупь	визуально	сухой	влажный	способный к скатыванию в шпур
Песчаный	Ощущение песчаной массы	Видны только песчаные частицы	Сапучее	Непластичное	Нет
Песчано-пылеватый	На ладони оставляет много пылеватых частиц	Преобладание песчаных частиц над пылеватыми	*	*	*
Супесчаный	Преобладают крупные песчаные частицы	Песчаные частицы преобладают над глинистыми	Комья легко распадаются от давления руки и при подкалывании на лопате	*	*
Супесчаный мелкий	Преобладают мелкие песчаные частицы	То же	Цементации нет	—	Трудно скатывает в шпур, который распадается на кусочки диаметром 3—5 мм
Пылеватый	При растирании ощущение сушесть на ладони	Песка мало, много пылеватых частиц	То же	Состояние пылеватое	Шарик при сотрясении легко растекается в лепешку вследствие налипшей влаги; шарик не скатывается

Грунт	Способ		Состояние грунтов			способный к скатыванию в шнур
	на ощупь	визуально	сухой	влажный	состояние грунтов	
Суглинистый	Чувствуются песчаные частицы; комочки разваливаются легко	Ясно видно присутствие тонких песчинок на фоне порошка	При раздавливании требуется усилие	Пластичность и липкость малые	Длинного шнура не получается	Длинного шнура не получается, он рвется на кусочки диаметром 3 мм
Суглинисто-пылеватый	Песка при растирании мало; комочки разваливаются легко	Видны тонкие пылеватые частицы	Комья и куски нетвердые, под ударом молотка рассыпаются на мелкие кусочки	Пластичный, липкий	Длинного шнура не получается, он рвется на кусочки диаметром 3 мм	Длинного шнура не получается, он рвется на кусочки диаметром 3 мм
Тяжелосуглинистый	При растирании в сухом состоянии чувствуется присутствие песка в глинистой массе; комочки разваливаются с трудом	То же	То же	В большей степени пластичный, липкий	При раскатывании дает длинный шнур диаметром 2 мм. Шероховатый при скатывании в ленту трескается по краям	При раскатывании дает длинный шнур диаметром 2 мм. Шероховатый при скатывании в ленту трескается по краям
Глинистый	При растирании в сыром состоянии песчаных частиц не чувствуется; комочки разваливаются с трудом	Однородная глинистая порошкообразная масса, не содержащая частиц диаметром более 0,25 мм	Твердый в кусках. При ударе молотком колется на отщипсы	Очень пластичный, липкий	При раскатывании дает прочный длинный шнур диаметром менее 1 мм, легко скатывается в шарик; при скатывании в ленту трескается по краям	При раскатывании дает прочный длинный шнур диаметром менее 1 мм, легко скатывается в шарик; при скатывании в ленту трескается по краям

Таблица 104. Классификация грунтов по трудности разработки

Характеристика грунтов	Группа грунтов по трудности разработки				
	экскаваторами		бульдозерами	скреперами	грейдерами и автогрейдером
	одноковшовыми	многоковшовыми			
Галька и гравий размером, мм: до 80	I	II	II	II	II
более 80 с примесью булыг	II	—	—	—	—
Гиле мягкий	IV	—	—	—	—
Глина:					
жирная мягкая или насыпная слежавшаяся с примесью щебня, гравия или булыг 10%	II	II	II	II	II
то же, с примесью щебня, гравия или булыг более 10%	III	—	II	II	III
моренная с валунами в количестве до 30% по объему	IV	—	III	—	III
слабценая	IV	—	III	—	III
твердая	III	—	III	—	III
Грунт растительного слоя: без корней и с корнями с примесью гравия, щебня или строительного мусора	I	I	I	I	I
Лесс:					
естественной влажности, рыхлый, с примесью гравия и гальки	I	I	I	I	I
отвердевший	IV	—	—	—	—
Мел мягкий	IV	—	—	—	—
Мерзлые грунты песчаные и супесчаные, предварительно разрыхленные	II	—	III	—	—
Мерзлые грунты глинистые и суглинистые, предварительно разрыхленные	V	—	III	—	—
Опоки	IV	—	—	—	—
Песок всех видов (кроме сухого, сыпучего барханного и дюнного), в том числе с примесью щебня, гравия или гальки	I	II	II	II	II—III
Скальные грунты, предварительно разрыхленные	IV	—	—	—	—
Скальные грунты, не требующие разрыхления	IV	—	—	—	—
Солонак и солонец: мягкие	I	II	II	II	II
отвердевшие	III	—	—	—	—

Продолжение табл. 104

Характеристика грунтов	Группа грунтов по трудности разработки				
	экскаваторами		бульдозерами	скреперами	грейдерями и автогрейдерями
	одноковшовыми	многоковшовыми			
Суглинок: легкий и лессовидный тяжелый, а также всех видов с примесью гравия, щебня, булыг и строительного мусора	I	I	I	I	I
Супесок: всех видов, в том числе с примесью щебня, гравия, строительного мусора или булыг до 10% то же, с примесью булыг более 10%	II	II	II	II	II
Строительный мусор: рыхлый и слежавшийся цементированный	I	II	II	II	II
Торф: без корней и с корнями толщиной до 30 мм с корнями толщиной более 30 мм	II	—	III	—	—
Трелеп слабый	III	—	—	—	—
Чернозем и каштановые земли: естественной влажности отвердевшие	I	I	I	I	I
Щебень всякий, а также с примесью булыг	II	II	III	II	III
Пески сухие сыпучие (барханские и дюнные)	Вне группы	—	III	Вне группы	—

Таблица 105. Значения углов естественного откоса при различных грунтах, град [41]

Грунт	Характеристика		
	сухой	влажный	мокрый
Гравий	40	40	35
Песок: крупный	30	32	27
средний	28	35	25
мелкий	45	35	15
Суглинок	50	40	30
Растительная земля	40	35	25
Торф без корней	40	25	14

Таблица 106. Допустимая крутизна откосов траншей [41]

Грунт	Глубина выемки, м			
	до 1,5		до 3	
	угол между условным отвесом и тором откоса, град	отношение высоты откоса к его заложению	угол между направлением откоса и горизонтальной, град	отношение высоты откоса к его заложению
Насыпной	76	1:0,25	45	1:1
Песчаный и гравийный, влажный (ненасыщенный)	63	1:0,5	45	1:1
Глинистый:				
супесь	76	1:0,25	56	1:0,67
суглинок	90	1:0	63	1:0,5
глина	90	1:0	76	1:0,25
Лессовый сухой	90	1:0	63	1:0,5

Таблица 107. Разрыхляемость грунтов [41]

Грунт	Первоначальное увеличение объема грунта после разработки, проц.	Остаточное разрыхление грунтов, проц.
Галька	26—32	6—9
Глина ломовая	26—32	6—9
Глина:		
мягкая, жирная	24—30	4—7
моренная	26—32	6—9
сланцевая	14—28	1,5—5
Гравий мелкий и средний	20—30	3—4
Грунт растительного слоя: без корней	14—28	1,5—5
с корнями или примесями		
Лесс: нормальной влажности	14—28	1,5—5
сухой	24—30	4—7
Мергель	33—37	11—15
Опоки	33—37	11—15
Песок:		
без примесей	8—17	1—2,5
с примесью щебня и гравия	14—28	1,5—5
Разборная скала	30—45	10—20
Скальные разрыхленные грунты	45—50	20—30
Солопек и солопачок мягкие	14—28	1,5—5
Суглинок: легкий и лессовидный	14—28	1,5—5
с примесью щебня и гравия	26—32	6—9
Суглинок: тяжелый	24—30	4—7
с примесью щебня и гравия	26—32	6—9
Супесок:		
без примесей	8—17	1—2,5
с примесью щебня	14—28	1,5—5
Торф	20—30	3—4

Классификация грунтов по физико-механическим свойствам приведена в табл. 104—107.

РАЗРАБОТКА ТРАНШЕЙ И ПОЛОК

Перед разработкой траншей на участках трассы, проходящей по сельскохозяйственным землям, в подготовительный период строительства, до микропланировки производится временное удаление почвенного слоя из рабочей зоны трассы в соответствии с проектом рекультивации. Разработка грунта, его перемещение к месту хранения и складирования в отвал производится бульдозерами. Места хранения растительного грунта в зависимости от удобства производства работ принимаются по схеме (см. рис. 1 и табл. 108).

Выбор метода рытья траншей, вида и марки землеройных машин производится в зависимости от характеристики местности, рельефа и категории грунта. На участках трассы с продольными уклонами до 15°, траншеи в сухих грунтах I—IV категорий, разрабатываются на полный профиль роторными траншейными экскаваторами за один проход методом захваток (3—5 м на одну захватку). Для разработки траншей с откосами роторные экскаваторы оборудуют откосниками. Перемычки между захватками разрабатываются одноковшовыми экскаваторами или роторными с применением мостиков из щитов для выхода экскаватора с траншеи.

Таблица 108. Размеры зон и общая ширина строительной полосы [52]

Диаметр, мм	Зона, м							
	1	2	3	4	5	6	1—4	1—6
До 426	10,75	1,69	5,32	2,24	4,23	4,77	20	29
530—820	11,88	2,05	6,62	2,45	4,77	5,23	23	33
1020	12,04	2,48	8,08	5,40	5,34	5,66	28	39
1220	12,59	2,77	9,07	5,57	5,70	6,30	30	42
1420	12,79	3,05	10,03	6,13	6,03	6,97	32	45

Примечание. Согласовано: с Минсельхозом СССР 14/IX 1972 г. № 218—8/425
 То же РСФСР 14/VIII 1972 г. № 45—4/72;
 » УССР 28/IV 1972 г. № 6/№;
 » Каз. ССР 16/VIII 1972 г. № 17—3—1068;
 » Уз. ССР 10/VIII 1972 г. № 29—9—258;
 » Туркм. ССР 22/VIII 1972 г. № 02—246.

На участках трассы с продольными уклонами более 15°, а также в сыпучих песках, в разрыхленных скальных грунтах, мокрых грунтах, на переходах через болота, малые реки, балки, овраги, траншеи разрабатываются одноковшовыми экскаваторами и бульдозерами. На уклонах более 15° должна производиться анкеровка машин, а в скальных грунтах с уклоном более 10° необходимо проверять устойчивость экскаватора на скольжение.

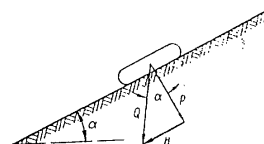


Рис. 21. Схема к расчету устойчивости экскаватора на склоне.

Предельное состояние, при котором начинается сдвиг экскаватора (рис. 21), определяется по формуле

$$H = Q \cos \alpha f = P f \lambda \quad (60)$$

где H — сдвигающая сила; Q — вес экскаватора; P — составляющая веса, перпендикулярная поверхности уклона; f — коэффициент трения скольжения металла о грунт (для суглинков 0,45—0,5; для глины — 0,5—0,6; песков и гравия 0,6—0,7).

Предельная величина продольного уклона

$$\alpha_{np} = \arctg f. \quad (61)$$

На уклонах меньших α_{np} траншеи разрабатывают одноковшовыми и роторными экскаваторами методом сверху-вниз. На уклонах больше α_{np} необходимо производить анкеровку машин при помощи бульдозера, трактора или лебедки.

На уклонах до 22° направление разработки грунта одноковшовыми экскаваторами производится снизу-вверх или сверху-вниз по склону. На уклонах более 22° для обеспечения устойчивости экскаваторов работа их допускается при прямой лопате — только снизу-вверх по склону, а при обратной лопате — только сверху-вниз по склону ковшом назад по ходу работ.

Работа роторных экскаваторов должна во всех случаях производиться сверху-вниз, что дает возможность использовать ротор в качестве подвижного якоря.

На продольных уклонах более 35° применяется лотковый способ разработки траншей бульдозером по дну шириной, равной ширине ножа бульдозера. Разработка ведется сверху-вниз по склону на всю длину спуска, бульдозер необходимо анкеровать за трактор.

При прокладке трубопроводов диаметром 1220 и 1420 мм земляные работы имеют свои особенности. Данные трубопроводы имеют большие радиусы естественного изгиба (1100 и 1300 м), что вызывает повышенные требования к выполнению дна траншеи, которые обеспечивали бы полное прилегание трубы. Отработка дна траншеи производится вручную согласно разбивке

кривых в соответствии с горизонтальными и вертикальными углами поворота трубопровода.

При прохождении трассы трубопровода на косогорных участках с поперечным уклоном более 8° устраиваются полки (полувыемка-полунасыпь) со съездами и выездами на них. Полки должны обеспечивать устойчивость насыпи при работающих на них машинах при строительстве и эксплуатации трубопровода (рис. 22). Устойчивость насыпи проверяется по формуле

$$Q \sin \beta \leq fQ \cos \beta + q_c L, \quad (62)$$

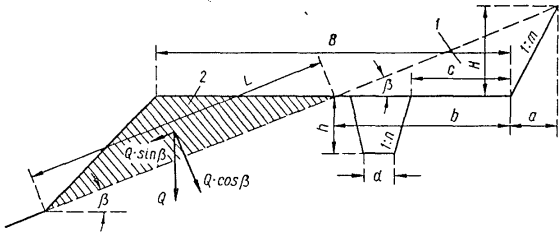


Рис. 22. Расчетная схема устойчивости насыпи на косогорах:
1 — выемка; 2 — насыпь.

где Q — вес 1 м длины насыпи, f — коэффициент трения грунта насыпи по грунту косогора; q_c — сила сцепления между грунтом насыпи и грунтом косогора, t/m^2 ; L — ширина основания насыпи, м.

Минимальную ширину полки можно определить по формуле

$$B = (c + 0,5) + (2hn + d) + (a + 0,7), \quad (63)$$

где B — ширина полки, м; c — ширина бермы для размещения отвала грунта из траншеи, м; h — глубина траншеи, м; n — крутизна откосов; d — ширина траншеи по дну, м; a — ширина гусеничного хода трубоукладчика, м.

Обязательным требованием устройства полок является обеспечение необходимой ширины врезки выемки (b) для размещения габарита траншеи в материковом грунте, а также ширины насыпи для нормального прохода механизмов.

Разработку грунта полок на косогорах с поперечным уклоном от 8 до 15° производят бульдозерами поперечными проходами (рис. 23); с уклоном от 15 до 25° — бульдозерами продольными проходами (рис. 24); на крутых склонах более 25° — одноковшовыми экскаваторами, оборудованными прямой лопатой (рис. 25). При наличии на полках скальных грунтов для рыхления их производят буровзрывные работы.

Объем земляных работ по выемке полки можно определить по формуле

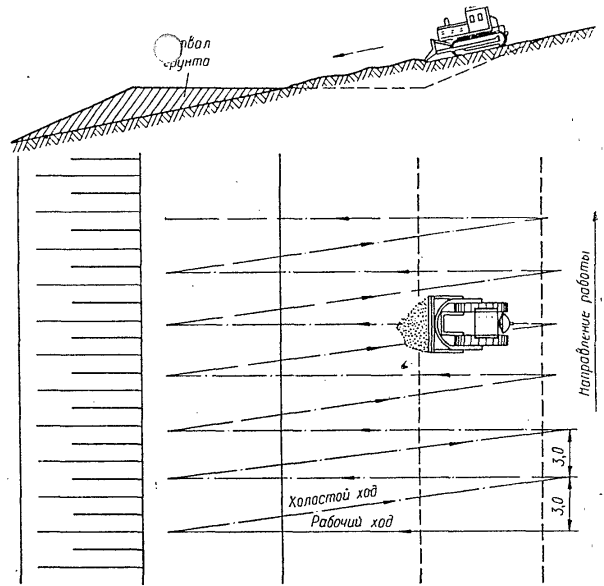


Рис. 23. Разработка «полок» бульдозерами на склонах от 8 до 15° поперечными проходами.

$$V = \frac{b^2 \operatorname{tg} \beta}{2(1 - m \operatorname{tg} \beta)}, \quad (64)$$

где V — объем выемки 1 м полки, m^3 ; b — ширина врезки в косогор, м; β — угол уклона косогора, град; m — коэффициент крутизны откоса полувыемки; определяется как отношение заложения откоса a к высоте H — $m = \frac{H}{a}$.

При рытье траншей в скальных грунтах выполняют следующие работы: вскрытие поверхностного слоя мягкого грунта; буровзрывные работы для рыхления скальных пород; разработка траншей.

Вскрышные работы ведутся на всю глубину залегания мягкого слоя, причем ширина вскрываемой полосы должна быть не менее 1,5 м. Эти работы выполняют роторными экскаваторами

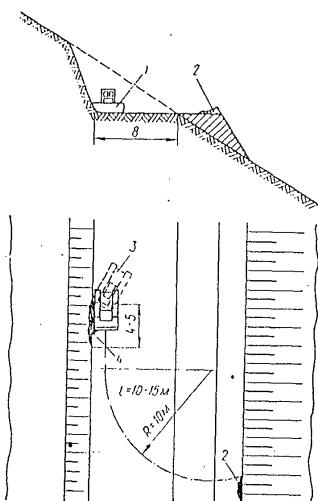


Рис. 24. Разработка «полок» бульдозерами на склонах свыше 15° (до 25°) продольными ходами: 1 — отвал бульдозера; 2 — несброшенный грунт; 3 — первоначальное положение бульдозера; 4 — участок набора

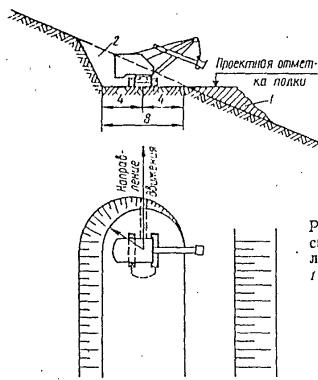


Рис. 25. Разработка полувьюнок-полунасыпей на крутых склонах с уклоном более 25°: 1 — отвал грунта; 2 — выемка грунта.

ЭР-7Е и ЭТР-2 в случае невозможности их применения используют бульдозеры либо одноковшовые экскаваторы.

Рыхление скальных грунтов производится шпуровыми зарядами. Шпуров бурят перфораторами от передвижных воздушных компрессоров ДК-9, ЗИФ-55 или буровыми машинами БМ-276, БТС-60, БТС-105.

Бурение ведется на глубину не более 2 м. В случае, если скальный грунт необходимо рыхлить на большую глубину, буровзрывные работы выполняются в два яруса.

Буровзрывные работы проводятся при соблюдении «Единых правил безопасности при взрывных работах» [14] и допускаются лишь при выполнении следующих требований: организации безопасной доставки и хранения взрывчатых материалов; охраны опасной зоны и обеспечения сохранности существующих сооружений и оборудования, расположенных в опасной зоне; оповещения местных организаций и населения о предстоящих взрывах; вывода людей за границы опасной зоны.

В зависимости от вида грунтов на строительстве трубопроводов применяют различные взрывчатые вещества. В обводненных грунтах — аммониты № 6 ЖВ и № 7 ЖВ, в сухих — № 6 и 7. Для рыхления применяют заряды с показателем взрыва менее 0,7.

Расстояния между шпурами в ряду и между рядами принимают в шахматном порядке: при огневом способе взрывания 1,2—1,5 высоты забоя; при электровзрывании 0,8—1,4. Глубина шпура должна иметь перебор 0,1—0,2 высоты забоя.

Вес шпурового заряда определяется по формуле

$$Q = kW^3, \quad (65)$$

где Q — вес заряда, кг; W — мощность (толщина) взрываемого слоя, м; k — удельный расход аммонита № 6—9 для зарядов, кг/м³ (табл. 109).

Барханы в пустынях образуют волнистую поверхность грядового характера или в виде отдельных беспорядочно расположенных холмов высотой от 1,5 до 12 м. Такой рельеф местности требует планировки поверхности для создания нормальных условий при рытье траншей и прохождении строительной техники. Планировку ведут в зависимости от типа барханных песков тремя методами: по средней линии барханов, по линии естественного изгиба трубопровода и по отметкам междурядовых понижений.

При первом методе планировки срезаются вершины барханов и заполняются впадины, причем объем срезаемого грунта должен быть равен объему грунта отсыпки. Получается ровная поверхность строительной полосы, и трубопровод прокладывают по ровной линии.

При втором методе планировка ведется таким образом, чтобы использовать естественные повышения и понижения, максималь-

Таблица 120. Техническая характеристика машин для укладки мерзлых грунтов [21]

Наименование показателей	Единица измерения	Марка			
		ДЭ15-С	Д-711С	Д-652А	РМГ-2
Базовая машина	—	Т100МГП Т130А	Т-180, С	Д-384 Д-572с	Д-86
Рабочий орган	—	3-точечный	4-точечный	3 стойки с наконечни- ками	1-точечный
Глубина рыхления	мм	560	700	700	1200
Ширина рыхления	»	1900	2050	2050	—
Производительность	м ³ /ч	—	—	125—200	—
Скорость: рабочая	м/ч	—	—	До 2000	До 2000
транспортная	км/ч	2,36—10,16	2,74—12,5	20	20
Габаритные размеры:					
длина	м	5,10	6,62	8,27	8,03
ширина	»	2,46	2,74	4,50	4,54
высота	»	3,06	2,80	3,18	35,2
Вес машины	т	13,6	23,0	22,0	—

3. Изоляционно-укладочные работы

материалы, применяемые для изоляции трубопроводов от коррозии

Изоляционные материалы подразделяют на следующие группы: термопластичные черные вязущие — нефтяные битумы; термопластичные синтетические полимерные материалы; лакокрасочные материалы; неорганические искусственные материалы на основе силикатов.

Битумы подразделяются: по исходному сырью — на природные и нефтяные, по консистенции — на твердые, полутвердые и жидкие, по назначению — на дорожные, строительные, кровельные, изоляционные.

Для изоляции трубопроводов применяют нефтяные битумы марок БНИ-IV и БНИ-V (ГОСТ 9812—61); строительные битумы марок БН-IV и БН-V (ГОСТ 6617—56) (табл. 121).

Для антикоррозионных покрытий на битумной основе применяют битумно-резиновые мастики (ГОСТ 15836—70), которые готовят в заводских условиях или на трассе строящегося трубопровода, в битумоплавильных установках либо передвижных котлах с механическим перемешиванием мастики.

Составы мастик и их физико-механические свойства приведены в табл. 122 и 123.

Таблица 121. Физико-механические свойства нефтяных битумов, используемых для изоляции трубопроводов [2]

Марка битума	Глубина проникновения иглы при 25°С, 0,1 мм	Раскисляемость при 25°С, не менее, см	Температура размягчения по КИШ, не менее, град С	Раскисляемость при 25°С, не менее, проц.	Водонасыщенность за 24 ч не более, проц.
БНИ-IV	25—40	4	75	99	0,2
БНИ-V	Не менее 20	2	90	99	0,2
БН-IV	21—40	3	70	99	—
БН-V	5—20	1	90	90	—

Таблица 122. Составы битумно-резиновых мастик [2]

Марка мастики	Состав по песку, проц.			
	Битумы нефтяные изоляционные		Резиновая крошка	Пластификатор (зеленое масло)
	БНИ-IV	БНИ-V		
МБР-65	88	—	5	7
МБР-75	88	—	7	5
МБР-90	93	—	—	—
МБР-100-М	45	45	10	—
МБР-100-2	—	83	12	5

Примечания: 1. В исключительных случаях допускается применение нефтяных строительных битумов.

2. Состав мастик уточняется производственными лабораториями в зависимости от свойств применяемого битума.

3. При отсутствии зеленого масла для мастики МБР-75 может быть использован один из следующих пластификаторов: осевое масло, автоотракторное масло, трансформаторное масло или полиджен. Указанные пластификаторы добавляются в количестве 7%.

Наполнители. Для битумно-резиновой изоляционной мастики наполнителем является резиновая крошка из амортизированных автопокрышек с величиной частиц не более 1 мм (ТУ 51-408-83-68).

Порошок резины не должен содержать более 5% текстиля; 1,5% влаги; 0,1% металлической пыли и посторонних включений.

Резиновую крошку поставляют в бумажных мешках весом 20—25 кг и хранят в сухом помещении. Следует помнить, что крошка способна самовозгораться.

Перед употреблением крошку размывают и при необходимости просеивают.

Пластификаторы. Для повышения пластичности изоляционных мастик при отрицательных температурах применяют пластификаторы.

Таблица 123. Основные физико-механические свойства битумно-резиновых мастик [2]

Марка мастики	Температура размягчения по Кельвину по жите, град С	Глубина проникновения при 25°С по жите, мм	Растяжимость при 25°С по жите, см	Температура окружающей среды в период изоляции, град С	Область применения
МБР-65	65	40	4	От +5 до -30	На негорячих участках трубопровода, в северных и центральных районах при производстве работ в зимних условиях
МБР-75	73	30	4	От +15 до -15	
МБР-90	90	20	3	От +35 до -10	На горячих участках трубопроводов и в южных районах при производстве работ в летних условиях
МБР-100	100	15	2	От +40 до -5	

Примечания: 1. Температура размягчения мастики должна быть не менее чем на 25°С выше максимальной температуры транспортируемого продукта.

2. В случаях нанесения мастик МБР-90 и МБР-100 в зимнее время изоляционные работы следует вести с одновременным подогревом и укладкой трубопровода в траншею (по совмещенному методу) и засыпкой его рыхлым грунтом.

Наиболее распространенным пластификатором является зеленое масло (ГОСТ 2985—64), могут быть также использованы: масла осевые (ГОСТ 610—48), масло веретенное АУ (ГОСТ 1642—50*), масла автотракторные (ГОСТ 1682—69).

Изоляционную мастику, как правило, готовят на заводах, но если на строительстве нет готовой мастики, ее готовят на трассе, на изоляционных базах, с использованием механизированных битумоварочных установок УБК-81 или битумоварочных котлов БК-4 по определенной рецептуре (см. табл. 122).

Технология полевого процесса изготовления мастики следующая: на площадке из досок битум освобождают от тары, разбивают на куски и загружают в котел не более чем на 2/3 его объема. Битум плавится и обезвоживается до прекращения вспенивания, затем температуру постепенно доводят до 180°С (но не выше 200°С) и после этого небольшими порциями в котел добавляют резиновую крошку (наполнитель). Массу варят в котле 1,5—3 ч, непрерывно перемешивая механической мешалкой. Пластифицирующие добавки в котел загружают после наполнения в конце варки.

При приготовлении мастики в установках УБК-81 первоначально битум плавят в обоих котлах, добавляя резиновую крошку только в котел-смеситель. После готовности и выдачи в битумозаправщик

мозов первой партии мастики из котла-смесителя в него перекачивают расплавленный битум из битумоплавильного котла, который снова загружают кусковым битумом для последующего плавления и перекачки в котел-смеситель, после приготовления в нем и выдачи в битумозаправщик второй партии мастики.

Таким образом, процесс продолжается непрерывно с периодической загрузкой битумоплавильного котла кусковым битумом и выдачей из котла-смесителя готовой мастики.

Расплавление мастики заводского изготовления производится одновременно в обоих котлах. По мере готовности она выдается в битумозаправщик от каждого из них.

Не допускается хранение битумно-резиновой мастики в разогретом виде при $t=190-200^{\circ}\text{C}$ более 1 ч и при $t=160-180^{\circ}\text{C}$ более 3 ч.

Кроме мастик, для изоляции трубопроводов применяют полимерные липкие ленты, преимущество которых заключается в том, что процесс их нанесения является холодным.

Полимерные самоприклеивающиеся (липкие) ленты (табл. 124) представляют пленку пластиката с нанесенным на одну ее сторону слоем клея.

Таблица 124. Физико-механические свойства поливинилхлоридных (ПВХ) и стабилизированных сажей полиэтиленовых (ПЭЛ) липких лент [2]

Наименование показателей	Марки лент				
	ПВХ-ПНЛ	ПВХ-СЛ	ПВХ-ЛМЛ	ПВХ-ЛТЛ	ПЭЛ
Толщина ($\pm 0,05$ мм)	0,3	0,35	0,3	0,3	0,2
Толщина слоя клея, мм	0,1	0,1	0,1	0,1	0,07
Ширина ленты (± 10), мм	450	400	450	450	450
	500	450	500	500	500
	500	500	500	500	500
Длина ленты (± 1), м	250	250	250	250	250
Сопротивление разрыву (не менее), кг/см ²	100	100	80	200	80
Относительное удлинение при разрыве (не менее), проц.	80	80	80	100	200
Удельное электросопротивление при 20°С (не менее), ом/см	10 ¹¹	10 ¹⁰	10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹⁴
Липкость ленты, сек	20	10	50	20	50
Морозостойкость (не более), град С	-30	-20	-50	-30	-60
Минимальная допустимая температура при нанесении, град С	+5	-10	-40	+5	-30
Температура при эксплуатации, град С	-30	-20	-60	-30	-60
	+55	+40	+50	+70	+80
Адгезия к стали, г/см ширины	200	150	100	100	100

Поливинилхлоридную липкую ленту (ПВХ-ЦИЛ) изготавливают по МРТУ 6-05-1040-67 и применяют при выполнении изоляционных работ летом.

Липкую морозостойкую ленту (ПВХ-ЛМЛ) изготавливают из поливинилхлоридного пластика, содержащего морозостойкий пластификатор, со слоем клея на основе полиизобутилена и сплитического каучука.

Полиэтиленовую липкую ленту (ПЭЛ) изготавливают по СТУ 30-12206-61, ее состав: полиэтиленовая пленка и слой полиизобутиленового клея.

Для обеспечения прочного сцепления изоляции с поверхностью труб применяют грунтовки.

Для изоляции на битумной основе грунтовка представляет раствор битума марки IV в бензине в соотношении 1:2 по объему. Удельный вес грунтовки 0,80—0,82.

В летнее время применяют автомобильный псевдированный бензин (ГОСТ 2084-67), в холодное время года — бензин авиационный (ГОСТ 1012-72).

Грунтовку готовят в грунтосмесителях типа ГС, представляющих собой цистерну емкостью 1,4 м³ на двухосной тележке УТ. Цистерна оборудована ручным насосом БКФ-2 и лопастной мешалкой.

Грунтовку процеживают через металлическое сито с 400 отверстиями на 1 см² и переливают в бочки с плотно закрывающимися пробками или крышками на барашках. В крышках должны быть отверстия для выхода паров бензина.

Грунтовка должна обладать хорошей адгезией.

На поверхность трубы грунтовку наносят тонким слоем без сгустков, полос, потеков и пузырей.

До начала изоляции грунтовка должна хорошо просохнуть.

При изоляции трубопроводов полимерными липкими лентами применяют грунтовки клеевые и битумно-клеевые (табл. 125). Эмали и лаки. При надземной прокладке трубопроводов при-

Таблица 125. Клей и грунтовки для липких лент [2]

Клей и грунтовки	Вязкость, сек		Удельный вес, г/см ³	ТУ
	ВЗ-1	ВЗ-4		
Клей № 4010 в бензине Б-70	12,2	46,3	0,834	МХП 1510-49 » 1524-51 МРТУ 6-07-6010-63
Клей № 61 в бензине (1:3)	12,1	45,5	0,798	
Клей № 88	11	47	0,920	
Полиизобутиленовый клей (18—20%) П-20%	15	65	0,771	ОХК
Битумная грунтовка с добавлением 10% полиизобутилена П-20 или клея	4	15	0,850	—

Таблица 126. Грунтовки и растворители [2]

Марка грунтовок	Растворители	Вязкость по ВЗ-4, сек	
		для распылителя	для кисти
ФЛ-03 и ФЛ-013 (ГОСТ 9109-67) ХС-010 (ГОСТ 9355-60) ВЛ-08 (ВТУ УХП 107-59)	Сольвент каменноугольный (ГОСТ 1928-67) Р-4 (ГОСТ 7827-55)	20-22	25-35
	ОВЛ-08	17-19	25-35
Грунт-шпаклевки: ЭП-00-10+8,5% отвердителя № 1 (ГОСТ 10277-62 *) Э-4920+8,5% отвердителя № 1 (ВТУ КУ № 496-57)	Р-4	20-22	40-60
	Р-4	20-22	40-60

Таблица 127. Эмали и лаки [2]

Краски	Растворитель	Вязкость по ВЗ-4, сек	
		для распылителя	для кисти
Перхлорвиниловая эмаль: ХВ-125 (ГОСТ 10144-62 *) ХВ-124 (ГОСТ 10144-62 *) Лак ХСЛ (ГОСТ 7313-55) Пентафталевоый лак № 170 (ТУ МХП 1308-45)	Р-4 (ГОСТ 7827-55)	17-19	25-35
То же	То же	17-19	25-35
То же	Сольвент каменноугольный (ГОСТ 1928-67)	17-19 20-22	25-35 30-40

Примечание. При окраске эмалями и лаками следует добавлять алюминиевую пудру ПАК-3 или ПАК-4 (ГОСТ 5494-71) в количестве 10—15% по весу.

меняют лакокрасочные покрытия, состоящие из 2—3 слоев грунтовок (табл. 126) и 2 слоев эмали или лака (табл. 127).

Для усиления и защиты изоляционного покрытия применяют брызол, стеклохолст, крафт-бумагу.

Брызол — битумно-резиновый материал, состоящий из битума (или смеси его с рубриксом), наполнителей в виде резиновой крошки и асбеста с добавлением различных пластификаторов (табл. 128).

Брызол изготавливают трех сортов: БР-С (средней термостойкости) для производства работ при температурах воздуха от —5 до +30°С; БР-М (морозостойкий), применяемый в осенне-зимнее время при температурах от —10 до +20°С без подогре-

Таблица 128. Характеристика бризола [34]

Марка	Сопротивление растяжению, кг/см ²	Относительное удлинение, не менее, проц.	Среднее удлинение, проц.	Водопоглощение за 24 ч, не менее, проц.	Число изгибов на 180° при $T=25^{\circ}\text{C}$ до появления трещин	Температура, при которой выдерживается без трещин четыре двойных перегиба, град С
БР-С	10	70	15—35	0,6	10	-5
БР-М	8,5	90	20—45	0,5	10	-10
БР-Т	12	60	10—30	0,7	10	-10
БР-П	15	70	15—35	0,5	10	-15

Примечания: 1. Размеры рулонов: длина 50 ± 1 м, ширина 425 ± 25 мм, толщина бризола $1,6 \pm 0,1$ мм.

2. Слипимость бризола в рулонах не допускается.

ва, а с подогревом от -10 до -25°C и БР-Т (термостойкий), применяемый в южных и юго-восточных районах страны, с температурой от $+10$ до $+45^{\circ}\text{C}$.

Стеклохолст — стекловолоконный рулонный материал (стеклорогожа). При изоляции трубопроводов используют стекловолоконный холст марок ВВ-Г, ВВ-К, ВВ-ГУ (табл. 129) по МРТУ 6-11-3—64.

Таблица 129. Характеристика стеклохолста [по данным ВНИИСТ]

Марка	Толщина, мм	Ширина, мм	Разрывное усилие на полосу в 1 см, кг	Удельный вес, т/м ²	Плотность намотки рулона, т/м ²	Допускаемая температура эксплуатации, град С
ВВ-К	0,5	960	3	0,14	0,08	-60 ± 120
ВВ-Г	0,5	400	1,6	0,12	0,08	-60 ± 120
ВВ-ГУ	0,5	400	2,0	0,12	0,08	-60 ± 120

Мешочная бумага (крафт-бумага) ГОСТ 2228—62 применяется в качестве оберточного материала, фиксирующего наносимый слой мастики. Обертка мешочной бумагой предохраняет изоляцию от повреждений комьями земли во время опускания трубопровода и засыпки. Ширина ленты и длина ее в рулоне оговаривается при заказе.

Типы изоляции и конструкции покрытий даны в табл. 130.

Применение того или иного вида покрытия зависит от удельного электросопротивления грунта. Нормальное покрытие применяется при электросопротивлении грунта выше 10 ом/м , усиленное покрытие до 10 ом/м .

Изоляция усиленного типа выполняется также на участках трубопроводов, проходящих по болотам, заболоченным почвам,

Таблица 130. Типы изоляции, конструкции покрытий [2]

Номер и тип изоляции	Конструкция покрытия	Общая толщина, мм	Допуск, мм
<i>Битумно-резиновые</i>			
1. Нормальный	Мастика — 4 мм, стеклохолст — 1 слой	4	+0,3
2. То же	Мастика — 4 мм, бризол — 1 слой (1,5 мм)	5,5	+0,5
3. Усиленный	Мастика — 6 мм, стеклохолст — 1 слой	6	$\pm 0,5$
4. То же	Мастика — 6 мм, бризол — 1 слой (1,5 мм)	7,5	-0,5
5. >	Мастика — 3 мм, стеклохолст — 2 слоя, мастика — 3 мм, бризол — 1 слой (1,5 мм)	7,5	-0,5
6. >	Мастика — 3 мм, стеклохолст — 1 слой, мастика — 3 мм, стеклохолст — 1 ояой	6	$\pm 0,5$
<i>Полимерные липкие ленты</i>			
7. Нормальный	Полимерная липкая лента — 1 слой	—	—
8. То же	Полимерная липкая лента, бризол — 1 слой	—	—
9. Усиленный	Полимерная липкая лента — 2 слоя	—	—
10. То же	Полимерная липкая лента — 2 слоя, бризол — 1 или 2 слоя	—	—

на подводных переходах рек, на переходах дорог, на солончаковых и поливных почвах, на территории КС, НС, ГРС и т. д. Расход изоляционных материалов приведен в табл. 131 и 132.

Таблица 131. Расход материалов для изоляции катушек, захлестов и углов поворота трубопровода в траншее ручным способом на 1000 м^2 трубопровода [49]

Материалы	Единица измерения	Нормальная изоляция (типы 1 и 2)	Усиленная изоляция (типы 3 и 4)
Бензин	л	143	143
Битум	кг	57	57
Битумно-резиновая мастика	кг	5900	8400
Крафт-бумага	м ²	1075	1075
(для 1 и 3 типов)	кг	107	107
Бризол (для 2 и 4 типов)	м ²	1100	1100
Полимерная лента (для 7 и 9 типов)	м	1090	2175

Площадь поверхности изоляции, м², на 1 км длины трубопровода:

Диаметр, мм	325	426	530	720
Площадь, м ²	1020	1340	1660	2260
То же	320	1020	1220	1420
То же	2575	3205	3830	4455

Таблица 132. Расход материалов на 1 км изоляции трубопроводов различных диаметров для нормального и усиленного типов погребий [49]

Материал	Диаметры трубопроводов, м.к						
	325	426	530	720	830	1020	1220
Единица измерения							

А. Битумно-резиновая изоляция

1. Механизированный способ нанесения изоляции

	Нормальная изоляция (№ 1 и 2)						
	м	0,15	0,19	0,24	0,32	0,37	0,46
Бензин	*	0,06	0,08	0,10	0,13	0,15	0,18
Битум	*	5,48	7,16	8,88	12,06	13,72	17,05
Битумно-резиновая мастика	*	1170	1530	1890	2560	2910	3615
Стеклохолст	*	1170	1505	1865	2525	2875	3570
Бризол	*	1155	1505	1865	2525	2875	3570

Усиленная изоляция (№ 3 и 4)

	Усиленная изоляция (№ 3 и 4)						
	м	0,15	0,19	0,24	0,32	0,37	0,46
Бензин	*	0,06	0,08	0,10	0,13	0,15	0,18
Битум	*	7,71	10,05	12,46	16,91	19,24	23,90
Битумно-резиновая мастика	*	1185	1540	1903	2575	2930	3630
Стеклохолст	*	1170	1520	1880	2540	2890	3580
Бризол	*	1170	1520	1880	2540	2890	3580

2. Ручной способ нанесения изоляции

Нормальная изоляция (№ 1 и 2)

	Нормальная изоляция (№ 1 и 2)						
	м	0,15	0,19	0,24	0,32	0,37	0,46
Бензин	*	0,06	0,08	0,10	0,13	0,15	0,18
Битум	*	6,03	7,88	9,77	13,27	15,10	18,76
Битумно-резиновая мастика	*						

Стеклохолст
Бризол

м ²	1170	1530	1890	2580	2910	3615	4320
*	1150	1500	1860	2520	2865	3580	4250

Усиленная изоляция (№ 3 и 4)

	Усиленная изоляция (№ 3 и 4)						
	м	0,15	0,19	0,24	0,32	0,37	0,46
Бензин	*	0,06	0,08	0,10	0,13	0,15	0,18
Битум	*	8,54	11,15	13,80	18,73	21,31	26,47
Битумно-резиновая мастика	*	1185	1540	1900	2575	2930	3630
Стеклохолст	*	1170	1515	1870	2530	2880	3570
Бризол	*	1170	1515	1870	2530	2880	3570

Б. Изоляция полимерной липкой лентой

1. Механизированный способ нанесения изоляции

Нормальная изоляция (№ 7 и 8)

	Нормальная изоляция (№ 7 и 8)						
	м	0,15	0,19	0,24	0,32	0,37	0,46
Бензин	*	0,06	0,08	0,10	0,13	0,15	0,18
Битум	*	1110	1455	1840	2460	2800	3480
Лента полимерная 1 слой	к2	499	654	813	1106	1260	1674
Бризол	к2	1130	1480	1840	2500	2845	3540

Усиленная изоляция (№ 9 и 10)

	Усиленная изоляция (№ 9 и 10)						
	м	0,15	0,19	0,24	0,32	0,37	0,46
Бензин	*	0,06	0,08	0,10	0,13	0,15	0,18
Битум	*	2220	2910	3610	4915	5600	6965
Лента полимерная 2 слоя	к2	998	1309	1626	2212	2519	3134
Бризол (1 слой)	к2	1130	1480	1840	2500	2850	3540
Бризол (2 слоя)	*	2270	2970	3690	5010	5710	7085

Материал	Единица измерения		Диаметры трубопроводов, мм						
	325	426	530	720	820	1020	1220		
Грунтовки клеевые под полимерные ленты для всех типов изоляции									
Клей № 4010	к2	88	115	143	194	221	275	329	
Бензин	"	116	153	189	258	294	366	437	
Клей № 88	"	204	268	332	452	515	641	766	
Клей № 61	"	47	62	77	104	119	147	176	
Бензин	"	157	206	255	348	396	494	590	
Полиизобутиленовый клей	"	204	268	332	452	515	641	766	

В. Расход крафт-бумаги при механизированном и ручном способах нанесения (взамен стеклохолста)

Нормальная изоляция (№ 1)	м ²	1125	1465	1810	2455	2790	3470	4140
Усиленная изоляция (№ 3)	м ²	112	146	181	245	279	347	414
	м ²	1140	1480	1824	2470	2805	3480	4155
	м ²	114	148	183	247	281	348	415

Примечания: 1. В приведенных данных таблицы учтены потери и отходы в процессе производства работ при транспорте материалов, при приготовлении грунтовок, мастики на трассе, при нанесении изоляционного покрытия на трубопровод.
2. Расход битумно-резиновой мастики приведен для получения с заводской подготовкой на трубопроводе.
3. Удельный вес мастики в таблице принят 1,044 т/м³. При отклонении веса на 2% расход следует скорректировать на коэффициент $k = 1 + \frac{Y_1 - Y_0}{Y_0} \cdot 100\%$,

где Y_0 — вес мастики по сертификату;
 Y_1 — вес мастики, приготовленной на трассе.

производство изоляционно-укладочных работ в равнинной местности (в обычных условиях)

Разрешение (по установленной форме) на право производства очистных и изоляционных работ на трубопроводе выдает сварочно-монтажная организация (совместно с технадзором заказчика), подготовившая на трассе план трубопровода.

Для очистки наружной поверхности трубопровода под битумные и полимерные изоляционные покрытия, наносимые в стационарных, полустационарных или в трассовых условиях, технически совершенным и экономичным является механический способ, основанный на применении очистных машин с металлическими сребками и щетками.

Основные требования, предъявляемые к очистке трубопровода:

поверхность трубопровода должна быть очищена от земли, наледи, ржавчины и пыли;

на очищаемой механическим способом поверхности трубопровода может оставаться окалина, которая имеет прочное сцепление с металлом трубы;

очищенная поверхность должна иметь серый цвет с проблесками металла;

на очищенной поверхности не должно быть влаги в виде пузырьков или пленки.

Для очистки труб очистная машина насаживается при помощи трубоукладчика на трубопровод. Для предупреждения поломок рабочих органов машины при насадке применяют специальное приспособление — конус. В процессе установки конус раздвигает инструмент и плавно переводит его на окружность очищаемой трубы.

Очистные машины самоходные работают от своего двигателя. При движении по трубе машины выполняют две операции: очистку от ржавчины, окалины, загрязнений и сметание пыли; нанесение слоя изоляционной грунтовки.

В случаях, когда очистка трубопровода за один проход невозможна, применяют несколько проходов машины туда и обратно.

Очищенную поверхность трубы необходимо сразу же огрунтовать под битумные изоляционные покрытия — битумной грунтовкой, а под полимерные пленочные покрытия — клеевой. Грунтовку наносят на сухую поверхность трубопровода.

При наличии влаги на трубопроводе (от дождя или росы) грунтовку наносят только после предварительной просушки специальными машинами, исключаящими образования копоты и попадания масла на трубопровод.

Изоляционно-укладочные работы осуществляют несколькими способами по следующей технологии:

совместным, при котором очистку, изоляцию и укладку трубопроводов в траншею производят в едином технологическом

потоке, непосредственно на трассе, в полевых условиях; этот способ является наиболее распространенным;

раздельным, при котором работы по очистке, изоляции и укладке трубопровода технологически разделены между собой. Трубопровод после очистки и изоляции укладывают на бровку, а потом уже отдельно укладывают в траншею. Трубы или секции, заизолированные на производственных базах (или заводах), транспортируют на трассу, сваривают в «питку» и после изоляции стыков с бровки укладывают в траншею.

Для выполнения качественной изоляции рекомендуется не производить работы во время дождя, снегопада, тумана, сильного ветра и пылевых бурь. В этих случаях перед нанесением изоляционного покрытия необходима дополнительная очистка поверхности трубопровода и его осушка.

Во всех случаях при укладке трубопроводов должны быть обеспечены: сохранность труб и изоляции; плотное прилегание ко дну траншеи; проектное положение трубопровода.

Технология работ при совмещенном способе следующая: первый и второй (по ходу работ) трубоукладчики поднимают трубопровод с земли на высоту, обеспечивающую проходимость очистной машины, находящейся между ними, а также смещают трубопровод с бровки к оси траншеи; третий и четвертый трубоукладчики поддерживают трубопровод для работы изоляционной машины, а также смещают его на ось траншеи вместе с изоляционной машиной.

Расстановка машин и расстояния между машинами и трубоукладчиками определяются механическими расчетами. Непрерывный процесс изоляционно-укладочных работ осуществляется за счет передвижения трубоукладчиков вдоль оси траншеи и совместного перемещения с трубоукладчиками изоляционной и очистной машины.

Горизонтальное усилие, воспринимаемое последним трубоукладчиком, определяется по формуле

$$P_r = \frac{\sum_{i=2}^n P_{ri}(L - l_{ri}) - M_0}{L - l_{ri}} \quad (80)$$

где P_r — горизонтальное усилие на крюке последнего трубоукладчика, т; P_{ri} — горизонтальное усилие на крюке i -го трубоукладчика, производящего продвижение, т; M_0 — изгибающий момент в трубопроводе, в опорном сечении т. м; n — число трубоукладчиков в колонне, шт.; L — длина приподнятой части трубопровода, м; l_{ri} , l_{pi} — расстояние от точки касания трубопровода с дном траншеи до соответствующего трубоукладчика (i - или 1-го), м.

Последний трубоукладчик испытывает опрокидывающий момент от вертикальной нагрузки P_v на вылете a и момента силы P_t на высоте h

$$M_{\text{опр}} = P_v a \pm P_t h, \text{ т} \cdot \text{м}, \quad (81)$$

где P_v — вертикальная нагрузка на крюке трубоукладчика, т; P_t — горизонтальная нагрузка, т; a — вылет груза, м; h — высота подъема груза, м.

Изоляционно-укладочная колонна может выполнять работы по различным технологическим схемам в зависимости от диаметра трубопровода, наличия средств механизации, местных условий и др. Обычно совмещенный способ применяют, начиная с трубопроводов диаметром более 325 мм, при отсутствии остаточных деформаций стенок трубы от изгиба под действием изоляционной и очистной машин.

Схемы размещения механизмов при совмещенном и раздельном способах изоляционно-укладочных работ приведены в табл. 133, 134 и на рис. 28, 29.

Таблица 133. Расстояние между машинами в механизированной колонне при совмещенном способе изоляционно-укладочных работ [51]

Участки	Интервалы между машинами, м, при диаметре трубопровода, мм				
	530	720	1020	1220	1420
От опирания трубопровода на бровку траншеи до трубоукладчика № 1 — а	35	45	50	50	55
От трубоукладчика № 1 до трубоукладчика № 2 — б	25	28	33	35	40
От трубоукладчика № 2 — б до очистной машины — в	17	20	25	10	10
Между трубоукладчиками № 2 и 3 — г	25	23	33	35	40
Между трубоукладчиками № 3 и 4 — д	—	10	12	15	40
Между трубоукладчиками № 5 или 6 и 7 — е	—	—	—	—	40
От трубоукладчика № 3 или 4 или 5 или 6 — 7 до изоляционной машины — ж	6	3	8	5	6
От последнего трубоукладчика до опирания изолированного трубопровода на дно траншеи — з	41	58	70	85	70
Общая длина поднятого трубопровода	126	164	190	220	285

Выполнение изоляционно-укладочных работ с битумно-резиновой мастикой допускается: при совмещенном способе при температуре воздуха не ниже -30°C ; при раздельном способе, производство изоляции при температуре не ниже -30°C , а опускание изолированного трубопровода в траншею при температуре не

Таблица 13А. Расстояние между трубоукладчиками при укладке изолированного трубопровода в траншею раздельным способом [51]

Участки	Интервалы между трубоукладчиками, м, при диаметре трубопровода, мм				
	530	720	1020	1220	1420
От опирания трубопровода на бровку до трубоукладчика № 1 — а	36	48	65	Раздельный способ укладки трубопровода не рекомендуется	
Между трубоукладчиками № 1 и 2 — б	30	35	40		
Между трубоукладчиками № 2 и 3 — с	30	35	20		
От последнего трубоукладчика № 3 до опирания трубопровода на дно траншеи — з	41	58	80		
Общая длина поднятого трубопровода	137	176	205		

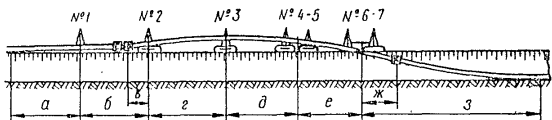


Рис. 28. Схема размещения механизмов при совмещенном способе изоляционно-укладочных работ:
а — расстояния между механизмами; № 1—7 — трубоукладчики.

ниже -20°C , при этом следует избегать длительного нахождения его открытым на бровке или неуложенным в траншею.

Очистку и изоляцию трубопровода выполняют тем же комплектом машин и оборудования и тем же составом обслуживающего персонала, что и при совмещенном способе производства работ, при этом количество трубоукладчиков при изоляции трубопровода уменьшается. Но при раздельном способе механизированная колонна должна иметь дополнительный комплект машин и бригаду рабочих, прокладывающих трубопровод.

При раздельном способе укладки трубопровода в траншею применяют схему работы трубоукладчиков с одним или двумя перехватами (рис. 29).

Изоляция трубопроводов липкими лентами аналогична вышеописанным работам с битумно-резиновой мастикой, отличаясь только температурным режимом процесса, а именно:

температура мастики в ванне изоляционной машины в зависимости от температуры окружающего воздуха должна соответствовать температуре в пределах, указанных ниже;

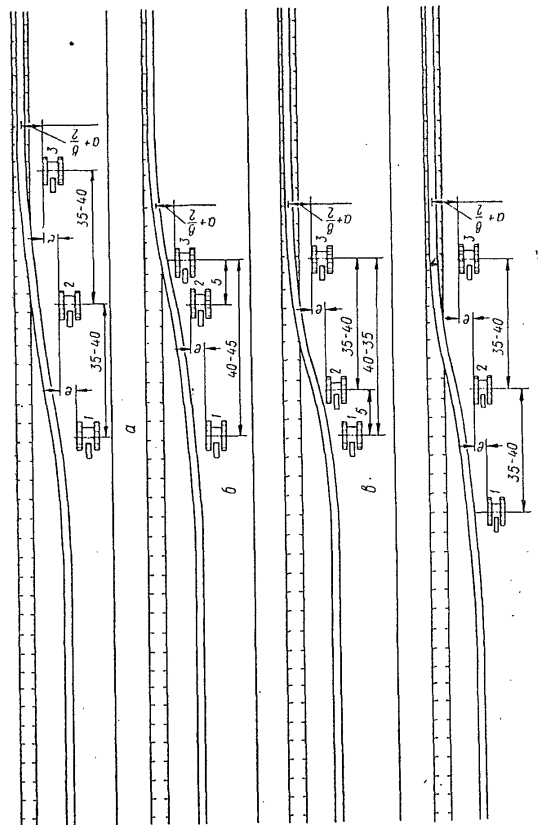


Рис. 29. Схема укладки трубопровода с двумя перехватами при раздельном способе изоляционно-укладочных работ (размеры в м):
а — перемещение трубопровода к оси и опускание тремя трубоукладчиками; б — перехват трубопровода подоплечком трубоукладчиком 3 и освобождение трубоукладчика 2; в — перехват трубопровода подоплечком трубоукладчика 4 и освобождение трубоукладчика 1; г — перемещение трубоукладчика 1 в новое положение, смещение трубопровода к оси и опускание тремя трубоукладчиками.

Температура воздуха, град С	Температура мастики, град С
Выше +30	145
От +30 до +10	145—155
» +10 » +0	155—160
» +0 » -5	160—165
» -5 » -15	165—175
» -15 » -25	175—185
» -25 » -35	185—190

поливинилхлоридные ленты наносят на трубопроводы при температуре окружающего воздуха не ниже +5°С, а при подогреве (в помещении или в специальных ящиках) до +15—20°С их можно наносить при температуре воздуха -5—10°С (ПХВ-ПИЛ и СЛ). Полиэтиленовые (ПЭЛ) и морозостойкие поливинилхлоридные (ПВХ-ЛМЛ) наносятся на трубопроводы при отрицательных температурах до -30—40°С без подогрева.

Ленты наносятся сразу же после грунтовки. При температуре воздуха ниже +5°С трубопровод необходимо подогревать до +15°С и до этой же температуры должна быть подогрета лента. Для плотного прилегания ленты к трубопроводу натяжение ее при намотке должно быть около 50 кг. Изоляционные ленты следует наносить на трубопровод без перекосов, гофр, отвисаний с нахлестом 2—2,5 см при однослойном покрытии и на 50% ширины ленты плюс 2—2,5 см при двухслойном покрытии. Рулоны полимерных лент следует хранить в вертикальном положении не более 3 рядов, защищенные от солнца и влаги, при температуре не ниже +10°С и не выше +45°С.

Изоляционные машины перед нанесением липких лент необходимо отрегулировать по диаметру изолируемого трубопровода, ширине рулона и величине пахлеста. У битумных изоляционных машин используются для лент цевочное колесо со шпулями и ходовая часть. Рабочие параметры машины: угол наклона шпуль, скорость движения и число оборотов цевочного обода, определяют по формулам:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{B-H}{\pi D \sqrt{1 - \left(\frac{B-H}{\pi D}\right)^2}}; \quad W_m = sn = \pi D \operatorname{tg} \gamma H; \quad (82)$$

$$n = \frac{W}{\pi D},$$

где γ — угол наклона шпуль к оси трубы, град; D — наружный диаметр изолируемого трубопровода, см; B — ширина ленты, см; H — величина пахлеста витков ленты, см; W_m — скорость движения изоляционной машины по трубе, см/мин; s — шаг намотки ленты, см; n — число оборотов цевочного обода со шпулями в 1 мин; $\pi = 3,14$; W — линейная скорость намотки ленты (принимается не более 50 мин).

Шпину ленты рекомендуется брать равной 0,5—0,7 D трубопровода, но не менее 100 мм.

Рулоны ленты должны быть хорошо отторцованы во избежание отрывов при нанесении на трубу.

При нанесении липких лент на трубу необходимо строго соблюдать нахлест витков и не допускать складок, морщины и воздушных мешков. Небольшие воздушные прослойки допускаются только в зоне сварных швов.

Изоляция сварных стыков и ремонт поврежденной изоляции выполняют в следующей последовательности: при битумно-резиновой мастике:

ржавчину и землю удаляют проволочными щетками, а пыль — ветошью, смоченной бензином; прилегающие края ранее нанесенной изоляции на 15—20 см очищаются (удаляются) и срезаются на конус; на очищенную поверхность наносят кистью грунтовку, после ее высыхания наносят 2—3 слоя мастики, трубу поливают сверху, а с боков и снизу растирают полотном и обертывают стеклохолстом;

при пленочной изоляции:

подготовка изолируемых мест аналогична вышеописанной; по грунтовке наносят один слой липкой ленты, перекрывая имеющуюся изоляцию на 10—15 см, а затем наносят два слоя ленты с соответствующим натяжением и обжатием.

При изоляции стыков и ремонте изоляции трубопровод приподнимают над траншеей трубоукладчиками (соблюдая правила техники безопасности) или под изолируемым участком отрываю приемом, необходимый для удобного выполнения работы.

производство изоляционно-укладочных работ в горных условиях

Изоляционно-укладочные работы в горных условиях при уклонах трассы менее 8° и на полках с достаточной шириной проезда, при продольных уклонах до 10° производят теми же методами, что и в обычных условиях.

При продольных уклонах от 8 до 25° изоляционно-укладочная колонна должна работать с дополнительным трубоукладчиком.

Замыкающий колонну трубоукладчик должен двигаться прерывисто, держа плеть на весу. По мере продвижения колонны вперед (в зависимости от рельефа местности) трубоукладчик опускает плеть в траншею или ложки, продвигается вперед и в нужном месте вновь поднимает плеть.

При продольных уклонах более 15° очистная машина должна двигаться по трубопроводу на сепе (при помощи троса) с трубоукладчиком. Изоляционная машина должна быть снабжена специальным приспособлением — штангой для обеспечения устойчивости на спусках и подъемах и тормозом-планировщиком (для предотвращения скольжения), а также должна быть оборудована обрешеченными ходовыми колесами. Зазоры обечайки изоляционной машины должны быть несколько увеличены

для того, чтобы мастика при возможных поворотах обечайки равномерно распределялась по поверхности оллирусного трубопровода.

Битумная ванна изоляционной машины должна быть качающейся, а борта ванны — парашены. На машине устанавливаются двухрожковые всасывающие патрубки выносных битумных насосов.

При продольных уклонах более 20° все машины изоляционно-укладочной колонны должны соединяться тросом как между собой, так и с подвижным якорем (бульдозером, трактором или лебедкой).

При продольных уклонах более 25° изоляционно-укладочные работы производят совместно со сварочно-монтажными работами. В этом случае отдельные трубы или секции завозят к месту производства работ на подготовленные площадки, где их очищают, изолируют (в отдельных случаях очистка и изоляция может производиться на трубосварочных базах) и футеруют.

Затем готовую плеть поднимают или опускают по склону в траншею трубоукладчиками, размещенными на вершине горы. Конец плети крепят к тросу тракторной лебедкой. Трубоукладчики соединяются тросом с тягачами (подвижные якоря), а затем плеть постепенно подают на спуск. Тракторная лебедка предотвращает самопроизвольное оползание плети вниз. Конец плети опирается на специальные подсанки. Для выполнения сложных работ изоляционно-укладочной колонне выделяют дополнительную технику.

В горных условиях целесообразно применять двухслойное покрытие из полимерных липких лент с защитной оберткой из брнзола или сплошной футеровкой деревянными рейками.

При надземной прокладке трубопроводов противокоррозийную защиту выполняют из четырех слоев лакокрасочного материала, наносимого распылителями. Перед нанесением покрытия трубопровод очищается от грязи, ржавчины, пыли, снега, льда.

Очистку и изоляцию трубопровода до укладки производят тем же комплектом механизмов, что и при совмещенном способе изоляционно-укладочных работ, с добавлением якорных устройств.

производство изоляционно-укладочных работ в условиях болот

При прокладке трубопроводов в условиях болот, как правило, применяют отдельный способ изоляционно-укладочных работ,

Укладку трубопровода на болотах в зимнее время производят обычными методами с бермы траншеи. В летних условиях укладку трубопроводов осуществляют следующими способами:

укладка трубопровода с лежневой дороги, проложенной вдоль траншеи;

сплав трубопровода по заполненной водой траншее;

протаскивание трубопровода по дну.

Погружение трубопровода на дно траншеи может быть достигнуто за счет откачки или спуска воды из траншеи или его балластировки путем:

- установки на трубу в необходимом количестве одиночных утяжеляющих грузов различных конструкций;
- сплошного обетонирования трубопровода;
- закрепления винтовыми анкерными устройствами;
- засыпки трубопровода минеральными грунтами;
- заливки внутренней полости трубы водой, нефтью или нефтепродуктами.

При установке утяжеляющих железобетонных грузов на трубопровод накладывают предохранительный коврик из трех-пяти слоев брнзола для предохранения изоляции трубопровода от повреждений.

Предохранительные коврики накладывают на трассе перед установкой грузов на трубопровод. Для лучшего предохранения изоляции от повреждений в местах закрепления грузов используют заранее заготовленные маты из деревянных реек; к трубе маты крепят проволокой.

При температуре выше 20° С под рейки следует подкладывать два-три слоя брнзола для предохранения покрытия от продавливания. Крепление грузов должно удерживать их от сдвига.

Армобетонные грузы к месту укладки доставляют тракторами Т-100 МБГП на пеносаях или автотранспортом. Разгружают их и устанавливают при помощи гусеничного крана Э-652 или трубоукладчика Т1224В.

На строительстве широкого распространение получил способ закрепления трубопроводов в траншеях при помощи винтовых анкерных устройств.

Процесс закрепления трубопровода на дне обводненной траншеи состоит из четырех этапов:

- доставки анкеров на трассу; изоляции стержней; подготовки футеровочных матов и хомутов; выполнения контрольных выдерживаний, позволяющих уточнить расстояние между анкерными устройствами и необходимую глубину их завинчивания в грунт;

- завинчивания анкеров в грунт;
- погружения трубопроводов на проектные отметки; непосредственного закрепления трубопровода, включающего укладку на него нескольких слоев брнзола, установку футеровочных матов и соединение хомута со стержнями анкеров.

Завинчивание анкеров в грунт может осуществляться при помощи средств малой механизации (в случае применения винтовых анкеров с диаметром лопастей до 250 мм) или с применением специальных машин ВАГ-101 или ВАГ-201 (при завинчивании анкеров с диаметром лопасти 300 мм и выше).

При заглублении винтовых анкеров в зимнее время для работки (предварительного рыхления) мерзлых грунтов следует

размораживать мерзлый грунт путем парооттаивания или механического рыхления при помощи специальных бз.

При закреплении трубопроводов больших диаметров (1220 и 1420 мм) применяют кустовой способ установки винтовых анкеров. В этом случае по обе стороны от закрепляемого трубопровода устанавливают по два анкера, расстояние между которыми принимают равным 1,5 или 4 диаметра лопасти соответственно в суглинках и песчаных грунтах. Это дает возможность использовать анкеры с диаметром лопастей 250 и 300 мм.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И ПРИЕМКА ИЗОЛЯЦИИ

Для надежной защиты трубопроводов от коррозии битумные покрытия должны обладать высокими качествами, т. е. должно быть обеспечено хорошее сцепление с металлом, надежное формирование слоя мастики. Большое влияние на формирование слоя мастики оказывает ее состав, температура мастики, трубы и окружающего воздуха, скорость отвода тепла от мастики, скорость передвижения машины и натяжение обмоточного материала.

Контроль качества изоляционных покрытий осуществляют по-операционно в процессе производства работ.

При проверке качества битумной мастики определяют: правильность процесса разогрева и введения в состав мастики наполнителей и пластификаторов; правильность дозировки составляющих; физико-механические свойства.

Определение температуры размягчения производится по КИШ (кольцо и шар) от каждой варки (котла).

Определение растяжимости и пенетрации мастики производится периодически, для каждой партии материалов и по требованию заказчика.

Качество битумного изоляционного покрытия, нанесенного на трубопровод, проверяют по мере его нанесения, а также перед опусканием и после укладки в траншею. При проверке определяют: наличие дефектов наружным осмотром; толщину покрытия через каждые 100 м и при остановке машины, не менее чем в четырех точках по окружности при помощи индукционного толщиномера без повреждения изоляции; сплошность покрытия проверяют выборочно искровым дефектоскопом с напряжением: для изоляции нормального типа (толщиной до 4 мм) — 16000 в; для усиленной изоляции (толщиной более 4 мм) — 24000 в; для полимерных лент — 6000 в; степень прилипаемости покрытия к металлу — при помощи прибора или посредством надреза в покрытии треугольника под углом 45°—60° и отдираанием изоляции от вершины угла надреза.

Проверка прилипаемости производится через каждые 500 м. Изоляция считается хорошей, если покрытие отрывается от металла отдельными кусочками. Сопротивление покрытия отры-

ву, определяемое адгезиметром, должно быть не менее 5 кг/см² при температуре до +25° С.

При приемке изоляционных покрытий законченных строителями участков трубопровода, кроме указанных способов контроля, производят проверку ее сплошности способом катодной поляризации.

Согласно инструкции ВСН 2-28—71 [52]: не испытанные катодной поляризацией участки трубопроводов не подлежат приемке от строителей и вводу в эксплуатацию; подводные и подземные переходы без проверки состояния их изоляции катодной поляризацией не допускаются к сварке в общую нитку трубопровода; отводы от магистральных трубопроводов могут быть к ним подключены только после испытания их изоляции катодной поляризацией.

Контроль осуществляют следующим образом: на одном конце участка трубопровода устанавливают источник постоянного тока (АСДП-500), «минус» которого соединяют с трубопроводом, а «плюс» с анодным заземлением, расположенным на расстоянии 300—500 м от трубопровода. До включения источника тока измеряют прибором М231 естественную разность потенциалов в начале и в конце испытываемого участка, затем включают и поддерживают постоянный ток, величину которого определяют по номограмме (рис. 30) или по формуле

$$I = f \pi D l, \quad (83)$$

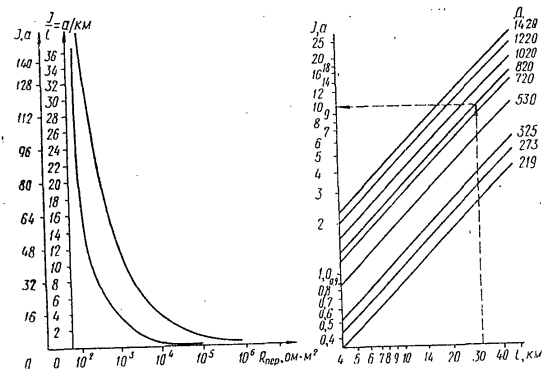


Рис. 30. Номограммы силы тока I при контроле сплошности изоляции способом катодной поляризации.

где j — плотность тока катодной поляризации, $мА/м^2$; D — диаметр трубопровода, $м$; l — длина контролируемого участка трубопровода, $м$ (усредненное значений допустимой плотности тока $j=0,13 мА/м^2$, что соответствует переходному сопротивлению $10^4 ом \cdot м^2$).

Измеряют разность потенциалов труба—земля в конце участка и определяют смещенные разности, вызванные поляризацией.

Разность потенциалов труба—земля в начале участка не должна превышать (по абсолютной величине) $2,1 в$ при битумной изоляции и $1,5в$ при полимерной пленочной изоляции.

Смещение разности потенциалов труба—земля в конце испытываемого участка может быть больше или равно $0,4в$, а сила тока меньше или равна величине, определенной по номограмме или по формуле, в этом случае состояние изоляционного покрытия считают удовлетворительным, и трубопровод может быть принят в эксплуатацию.

В случае, если сила тока будет больше величины, регламентированной номограммой, то состояние изоляционного покрытия на данном участке неудовлетворительное.

Оценка изоляционных покрытий коротких участков трубопровода, до $4 км$ (переходы, отводы) считается удовлетворительной если смещенные разности потенциалов будет не менее $0,7 в$ независимо от типа покрытия.

При обнаружении на изоляции отдельных точечных дефектов, пузырей и неровностей последние ремонту не подлежат.

Дефекты, часто повторяемые видимые, а также с обнаружением металла, с недостаточной толщиной покрытия и плохой прилипаемостью ремонтируют на весу, при остановке машины, если производство ремонта не противоречит правилам техники безопасности (табл. 135).

Дефектные участки подмазывают мастикой. При этом крафт-бумагу отрывают, если же покрытие имеет стеклохолст или бризол, промазку и отлив мастикой производят без снятия их.

Таблица 135. Дефекты изоляции, причины их появления и способы устранения

Вид дефекта	Причина дефекта	Способ устранения дефекта
Неприлипаемость покрытия к трубе	Плохая подготовка поверхности металла: остатки ржавчины	Отрегулировать очистную машину и очистной инструмент на трубе, уменьшить скорость передвижения машины
	Подтеки, сгустки, пузыри и пропуски грунтовок	Отрегулировать подачу грунтовок, натяжение ковриков и установку щеток для втирания грунтовок
	Пыль и влага на загрунтованной поверхности	Пыль и влагу удалить перед нанесением слоя изоляции

Продолжение табл. 135

Вид дефекта	Причина дефекта	Способ устранения дефекта
	Низкая температура трубы	Повысить температуру мастики перед нанесением ее на трубу
	Жировые пятна на поверхности металла	Жировые пятна снять бензином перед очисткой трубы
Несплошность покрытия	Пропуски грунтовок	Отрегулировать очистную машину и очистной инструмент на трубе
	Недостаточное количество мастики в обечайке Засорение мастики	Уменьшить скорость передвижения машины Отрегулировать зазоры между трубой и обечайкой, при нормальном зазоре увеличить подачу мастики до обеспечения затопляемости трубы в обечайке выше радиуса трубы. Удалить крафт-бумагу из обечайки, мастику забирать из котла через сетчатые фильтры
Заниженная толщины слоя сверху трубы	Состав мастики не соответствует типу покрытия	Заменить мастику или снизить температуру ее нанесения, если это допускается проектом
	Высокая температура мастики Высокая температура трубы	Снизить температуру мастики Снизить температуру трубы, приурочить работы к температурным условиям в течение суток
	Низкая скорость передвижения машины	Увеличить скорость передвижения машины
Заниженная толщина слоя снизу трубы	Состав мастики не соответствует типу изоляции	Заменить мастику. Повысить температуру нанесения мастики в соответствии с инструкцией
	Низкая температура мастики Низкая температура трубы и окружающего воздуха Интенсивное охлаждение мастики на трубе от скорости холодного ветра	Прекратить работу, если нельзя создать теплые условия для заполнения шпательной зоны подвижной мастики Подобрать вязкость мастики опытным путем для достижения наименьшей неравномерности

Продолжение табл. 135

Вид дефекта	Причина дефекта	Способ устранения дефекта
Неравномерная толщина слоя по периметру трубы	Текучесть мастики не соответствует кривизне поверхности трубы Низкая температура мастики Слабое натяжение обмоточного материала. Непрочность и нестойкость обмоточного материала при технологических температурах мастики	Повысить температуру мастики Отрегулировать тормоз шпули Обмоточный материал заменить более прочным
Рыхлость покрытия	Попадание влаги (снега, дождя, воды) в ванну	Принять меры, предотвращающие попадание влаги в мастику в любом виде
Опилы	Состав мастики не соответствует погодным условиям производства изоляционных работ	Заменить мастику, изолированную трубу обмыть водой на расстоянии не менее 10 м от изоляционной машины, изолированную трубу посыпать мягким грунтом, заменить обмоточный материал
Трещины и морщинки	Изменение погодных условий Нахлесты обмоточного материала на проклеенные мастикой	Не допускать длительного нахождения изолированной трубы на поверхности без засыпки. Снизить скорость изоляционной машины, снизить температуру мастики
Вмятины, задиры, трещины и проколы	Механические повреждения	Изолированный трубопровод укладывать на мягкую постель, не укладывать трубопровод при низких температурах воздуха, засыпать трубопровод мягким грунтом, не допуская ударов по покрытию

Дефекты покрытия, ремонт которых на весу затруднителен, или представляет опасность для рабочих, необходимо устранять в траншее на опущенном трубопроводе.

Таким же образом ремонтируют повреждения покрытия, полученные при опускании.

В случае обнаружения непривязанности покрытия к металлу, недопустимой толщины покрытия с обмоткой крафт-бумагой и дефектов, которые нельзя отремонтировать обычным путем, дефектное покрытие удаляют на всей дефектной площади трубопровода и наносят вновь.

производство очистных и изоляционных работ в осенне-зимний период

Производство работ по очистке трубопроводов, нанесение на них грунтовки и изоляционного покрытия на открытом воздухе во время дождя, тумана, снегопада, ветра с поземкой, метели и других условий, вызывающих появление влаги, запрещается.

При температуре воздуха ниже -5°C без снегопада, если относительная влажность воздуха не превышает 75%, изоляционные работы разрешается выполнять без предварительного подогрева трубопровода. При наличии на трубопроводе влаги в виде инея или росы, а также при температуре воздуха в интервалах от $+5^{\circ}$ до -5°C изоляционные работы разрешается производить только после предварительной просушки или подогрева трубопровода специальными подогревательными установками.

Грунтовку для нанесения на неподогретую поверхность трубопровода следует готовить из битума БНИ-IV и авиационного бензина в соотношении 1 : 2 по весу. При отрицательных температурах следует применять морозостойкие изоляционные материалы; пластифицированную битумную мастику, проверенную на хрупкость; морозостойкий бризол и стеклохолст.

При многослойной изоляции отдельные слои наносят без перерыва.

Применение сырой крафт-бумаги для защиты изоляционного покрытия запрещается, так как сырая бумага при высыхании на горячем покрытии садится и стягивает его, а под нахлестом образует в покрытии канавку, расположенную спирально по всему участку, на котором она применялась.

Для начала изоляционных работ в зимний период изоляционная машина должна быть полностью подготовленной: необходимо прогреть битумопроводы и битумные насосы, чтобы они свободно вращались.

При работе изоляционной машины в зимний период необходимо сокращать по количеству и по времени остановки, так как это будет приводить к охлаждению битумной мастики и намерзанию битума на обечайке.

**исполнительная документация
на выполненные работы**

После окончания изоляционно-укладочных работ должна быть предоставлена следующая исполнительная документация:
 комплект рабочих чертежей с внесенными в них изменениями, если последние имели место в процессе строительства;
 перечень допущенных отступлений от проекта с указанием причин и документов, разрешающих эти отступления;
 сертификаты или паспорта на изоляционные материалы;
 журнал изоляционных работ с приложением разрешений на право их производства;
 акты на очистку, изоляцию и проверку сплошности изоляционных покрытий;
 журнал испытаний битума, битумной мастики и других изоляционных материалов.
 В процессе работы выдается разрешение на право производства изоляции с указанием конкретного участка.

**техническая характеристика
изоляционно-укладочной техники
и комплектование механизированных колонн**

Технические характеристики изоляционно-укладочной техники приведены в табл. 136—141 и приложении 7.

Вспомогательное оборудование для изоляционных работ

Приспособление РМ-451 для резки пакетирующей битумной мастики (при температуре выше +10° С):

Электродвигатель	АО-52-6
Тяговое усилие на барабане, тс	4,5
Количество одновременно разрезаемых мешков, шт.	6
Вес разрезанных долей мешка, кг	10
Время резки, сек	35
Вес, т	0,75
Размеры, мм	2800×1180×865

Грунтовочный смеситель ГС для механического приготовления праймера и заправки им очистных машин (смонтирован на пневмоколесной тележке):

Емкость, л	1400
Мощность электродвигателя, квт	1,7
Производительность насоса БКФ-2, л/мин	10—15
Вес, т	0,79
Размеры, мм	2940×1250×1445

Станок СРК для рыхления резиновой крошки перед загрузкой в котел:

Электродвигатель А-32-4, квт	1,0
Производительность, т/ч	0,57
Вес, т	0,32
Размеры, мм	1400×750×1360

Таблица 136. Технические характеристики очистных машин [21]

Наименование показателей	ОМ-1-6М	ОМ-321	ОМ-2-4	ОМ-Л-12	ОМ-Л-121	ОМ-1422	ПОМ-161	ПСМ-31	ПОМ-51
Наружный диаметр трубопровода, мм	159—325	325—530	631—820	1020	1020, 1220	1420	114—168	219—325	377—530
Скорость передвижения вперед, км/ч	0,085—0,544	0,15—0,40	0,109—0,690	0,090—0,605	0,078—0,495	0,10—0,30	—	—	—
Скорость вращения ротора, об/мин	124	100, 130	100	80	65	—	260	166	20
Емкость грузового (топливного) бака, л	115	175	160	160	250	500	12	15	10
Двигатель:	ГАЗ-321	СМД-14	ЯАЗ-204	ЯАЗ-206.Б	ЯАЗ-206.Б	А-01.М	УД-25	УД-25С	УД-2
тип	40	75	110	200	200	130	8	8	8
мощность, л. с.									
Размеры, мм:									
длина	2760	4300	3300	4120	4120	8100	1450	1594	1350
ширина	2635	1800	3870	4030	4030	3250	620	850	1070
высота	2274	2800	3200	3390	3600	3970	1110	1616	1800
Вес (сухой), т	1,66	4,10	4,02	5,86	6,27	12,86	0,32	0,40	0,45

Таблица 137. Технические характеристики изоляционных машин [21]

Наименование показателей	ИМ-2А	ИМ-501	ИМ-47	ИМД-7М	ИМ-211	ИМ-1422	ИЗ-1422 *
Наружный диаметр трубопровода, мм	150—219	325—530	630—820	1020	1020, 1220	1420	1020—1420
Скорость передвижения, км/ч	0,25—0,50	0,20—1,80	0,26—1,70	0,12—0,75	0,21—1,50	0,20—1,40	0,10—0,80
Двигатель:	УД-2	ЭМЗ-321.Б	—	ЭМЗ-321Б	—	СМД-14	ЭМЗ-321Б
Тип	8	30	30	30	40	73	40
Мощность, л.с.	22	70	70	70	70	105	70
Емкость топливного бака, л	200	950	980	1200	1150	—	350
Емкость битумной ванны, л	—	3,10	2,80	3,00	3,30	3,46	(граблейный бак)
Вес, т	0,77	—	—	—	—	—	5,20
Размеры, мм:							
длина	1770	3360	3300	3250	3500	5370	8700
ширина	770	1600	1600	1830	2100	2300	2100
высота	1983	3270	3100	3113	3350	4740	3900

Примечания: 1. Битумные насосы: ИМ2А-39, 50 — машин на ИМ-2А; Д17 540 машин на ИМ-501, ИМД-7М, ИМ-121; Д251, 750 — машин на ИМ-1422. 2. Машина ИЗ-1422 предназначена для нанесения 1 или 2 слоев полимерной ленты всех типов. 3. Машина ИМ-6П предназначена для нанесения полимерных лент на трубопроводы 720—820 мм и обертки крафт-бумагой. 4. Для очистки изоляции в базовых условиях (в закрытом помещении) применяется подстанционная установка ИУ-141 для очистки трубопровода диаметром до 24 мм и секции длиной до 1020—1420 мм. Производительность в смену при обработке трубопровода диаметром 70 мм (при очистке и нормальной изоляции). Установленная мощность 57 квт. Размеры установки 3835×1333 мм, вес 6,35 т.

Таблица 138. Битумоплавильные котлы и установка [21]

Наименование показателя	УБК-161	УБК-81	БК-1	ИСТ-3Б
Полезная емкость, м ³	16	8	4×2	0,55
Производительность, т/ч	2,4	1,2	0,8	0,15
Единовременная выдача мастики из 1 котла, т	7,0	3,5	3,0	0,35
Топливо	Дизельное или тракторное		30	Керосин
Расход топлива, кг/ч	60	30	—	8 (при разогреве)
Общая мощность электродвигателя, квт	14,5	15,8	—	—
Вес (сухой), т	16,3	8,6	7,4	1,4

Транспортер ТЛ-61 для УБК-161 и УБК-81

Производительность, т/ч	60
Высота загрузки, м	2,13
Установленная мощность, квт	1,4
Угол наклона транспортера, град	14
Вес, т	1,4
Размеры, мм	16400×2200×4225

Таблица 139. Машины для завинчивания металлических анкеров [21]

Наименование показателей	ВАГ-101	ВАГ-201
Крутящий момент, кгм	До 1000	До 2000
Скорость вращения анкера, об/мин	До 8	До 7,5
Вылет стрелы (максимальный), м	5,5	5—7
Поворот стрелы, град	До 90	360
Производительность, анкеров в смену	—	25
Глубина завинчивания (от дна траншеи), м	1,5	4
Вес, т	(без трактора Т-100Б)	13,1 (с экскаватором Э-304Б)

Примечание. ВАГ-101 навесное оборудование к трактору Т-100Б; ВАГ-201 смонтирован на болотном гусеничном экскаваторе Э-304Б.

Таблица 140. Троллейные подвески [21]

Тип подвески	Диаметр трубопровода, мм	Максимальная грузоподъемность, т	Количество катков, шт.	Вес, кг
Т-6	88—377	6,3	4	82
Т-12А	377—529	12,5	6	212
ТП-6	630—820	20,0	6	513
Т-35	1020	35,0	8	742
Т-50	1220	50,0	8	1344
ТБ-20А	720: 820	20,0	4	650
ТП-1222С	1220	50,0	6	700
ТП-1424С	1420	60,0	12	1190

Таблица 141. Технические характеристики сушильных установок [21]

Параметры	СТ-521	СТ-1023	СТ-1222	СТ-1422
Диаметр трубы, мм	530	1020	1220	1420
Скорость сушки, м/ч	130	100—120	80—120	80—100
Температура труб после сушки	До 60°C			
Топливо	Керосин тракторный или дизтопливо			

Обогревательная камера ОК-2 для сушки и подогрева в зимнее время бризола, гидроизола, крафт-бумаги, полимерных пленок:

Емкость камеры, рулоны	24
Температура в камере, град С	+50
Время обогрева и сушки, ч	8—10
Топливо	Керосин тракторный
Расход топлива, кг/ч	13,4
Вес, т	4,5
Размеры, мм	3980×2203×2683

Станок СРБ для резки рулонных материалов (бризола, крафт-бумага и др.) на полосы необходимой ширины и для намотки в рулоны диаметром до 600 мм:

Диаметр разматываемых рулонов, мм	До 1000
Вес рулонов, кг	До 500
Электродвигатель АО-32-4, квт	1,0
Производительность, м ² /ч, при:	
крафт-бумаге	1500
бризоле и др.	120
Вес, т	0,5
Размеры, мм	1710×2160×1420

Траверса ТРВ-60

Грузоподъемность, т	60
Вес, т	1,6
Размеры, мм:	
высота	700
длина	8660
толщина	400

Агрегат водоотливной АБ-701. Предназначен для откачки воды из траншей на строительстве трубопроводов; смонтирован на тракторе ДТ-75 и имеет самовсасывающий насос ВСА-200 производительностью 700 м³/ч, напор — 12 м:

Потребляемая мощность насоса, л.с.	65
Время на всасывание, мин	3—4
Размеры шлангов, мм:	
диаметр	200

длина	4000
Вес, т	7,9
Размеры, мм	5200×2150×2830
Удельное давление на грунт, кг/см ²	0,37

Комплектование изоляционно-укладочных колонн для различных диаметров трубопроводов и темпов работ приведено в таблицах 142—144, состав обслуживающего персонала в таблицах 145—147.

Таблица 142. Дополнительный комплект машин, применяемых при раздельном способе изоляции и укладки трубопровода [51]

Машины	Количество машин при диаметре трубопровода, мм, и темпе работ, км в смену					Операция технологического процесса
	530	720	1020	1220	1420	
	2,0	1,5	1,0			
Краны-трубоукладчики:						
Т-1224В	3	—	—	—	4	Укладка трубопровода с бровки в траншее
Т-1530В	—	3	—	—	—	
Т-3560М	—	—	3	4	—	
Катерпиллер-594						
Передвижной битумный котел ИСТ-3В	1	1	1	1	1	Разогрев мастики для ремонтных работ
Тросовые полотна:	3	—	—	—	—	
ТП-720	—	3	—	—	—	
ТП-1020	—	—	3	—	—	
ТП-1220	—	—	—	4	—	
ТП-1420	—	—	—	—	4	

Таблица 143. Перечень машин и оборудования для изоляционно-укладочных работ совмещенным способом [51]

Машины и оборудование	Количество машин при диаметре трубопровода, мм и темпе работ, км в смену				Операция технологического процесса
	530	720	1020	1420	
	2,0	1,5	1,0		
Трубоукладчики:					
Т-1224В	3	—	—	—	Сопровождение очистных и изоляционных машин
Т-1530В	—	3	2	5	
Т-35-60 М	—	—	—	—	
Т-3560 А	—	—	—	8	
Троллей:					
Т-12А	3	—	—	—	Подвижная подвеска трубопровода в процессе движения колонны
Т-Б20А	—	3	—	—	
Т-35	—	—	4	—	
Т-50 или ТП-1222С	—	—	—	5	
ТП-1424С	—	—	—	8	
Очистные машины:					
ОМЛ-521	1	—	—	—	Очистка и грунтовка трубопроводов
ОМЛ-4	—	1	—	—	

Продолжение табл. 143

Машины и оборудование	Количество машин при диаметре трубопровода, мм, и темпе работ, км в смену					Операция технологического процесса
	530	720	1020	1220	1420	
	2,0	1,5	1,0			
ОМЛ-12	—	—	1	—	—	
ОМЛ-121	—	—	—	1	—	
ОМ-1422	—	—	—	—	1	
Изоляционные машины:						
ИМ-521	1	—	—	—	—	Нанесение изоляционного покрытия
ИМ-17	—	1	—	—	—	
ИМЛ-7М	—	—	1	—	—	
ИМ-121	—	—	—	1	—	
ИМ-1422	—	—	—	—	1	
ИЛ-1422 *	—	—	—	—	1	
Грунтосмеситель ГС	1	1	1	1	1	Приготовление грунтовок
Сушильные установки:						
СТ-1023	1	1	1	—	—	Сушка трубопровода в зависимости от условий погоды
СТ-1222	—	—	—	1	—	
СТ-1422	—	—	—	—	1	
Бульдозер Д-687 С	1	1	1	1	1	
Машина для завинчивания анкерov						
ВАГ-101 или ВАГ-201	2	2	2	2	2	
Кран гусеничный экскаваторный Э-652БС	1	1	1	1	1	Для навески грузов
Автомолвозаправщик на базе ЗИЛ-131	2	2	2	2	2	
Автомобиль-водовоз ГАЗ-66	1	1	1	1	1	
Передвижная механизированная мастерская ПАРМ	1	1	1	1	1	
Передвижная заправочная станция на 3500—4500 л	4	4	5	6	6	Для ГСМ
Передвижной вагон-склад-сушилка	1	1	1	1	1	
Передвижной вагон-склад для изоляционных материалов	2	2	2	2	2	
Передвижная лаборатория ЛИП-1	1	1	1	1	1	
Установка для тепловой предпусковой подготовки автомобилей ПСВ-1	1	1	1	1	1	Для зимнего времени
Передвижной вагон-домик КУНГ-2М	2	2	2	2	2	Укрытие людей и материалов
Траверса ТРВ-60С	—	—	—	—	4	
Автомашины:						Транспортировка людей и материалов
ЗИЛ-131	1	1	2	2	2	
ГАЗ-66	1	1	1	2	2	

Таблица 144. Комплексирование битумоплавильных баз [51]

Машины	Количество машин при диаметре трубопровода, мм, и темпе работ, км в смену					Операция технологического процесса
	530	720	1020	1220	1420	
	2,0	1,5	1,0			
Битумоплавильные установки:						
УБК-81	2	2	2	3	4	Плавление битума и смешивание его с резиновой крошкой
УБК-161 (вместо 81)	—	—	—	2	2	
Транспортер ТЛ-16-1	1	1	1	2	2	Подача битума в котел
Автомобиль-самосвал КрАЗ-256Б	2	3	3	4	4	Для подвоза битума
Передвижная электростанция:						
ДЭС-50	1	1	1	—	—	Электрическое питание битумоплавильных установок
ДЭС-100	—	—	—	1	1	
Кран автомобильный К-75-500	1	1	1	1	1	Погрузка битума
Станок СРК	1	1	1	1	1	
Приспособление РМ-451	1	1	1	1	1	Рыхление резиновой крошки
Битумовозы:						
БВ-2А; БВ-4А; БВ-42; БВ-43	3	3	3	4	5	Перевозка битумо-резиновой мастики к изоляционной колонне

Таблица 145. Состав бригады, обслуживающей комплект оборудования для приготовления битумной мастики [51]

Профессия	Разряд	Количество работающих при диаметре трубопровода, мм, и темпе работ, км в смену				
		530	720	1020	1220	1420
		2,0	1,5	1,0		
Машинист битумоплавильной установки	6	2	2	2	2	2
Машинист электростанции	5	1	1	1	1	1
Изолировщик	3	1	1	1	1	1
»	2	3	3	5	6	8
Шофер	2 кл.	6	7	7	9	10
Итого	—	13	14	16	19	22

VI. СТРОИТЕЛЬСТВО ПЕРЕХОДОВ ЧЕРЕЗ ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ИСКУССТВЕННЫЕ ПРЕПЯТСТВИЯ

Магистральные трубопроводы, имеющие большую протяженность, на своем пути пересекают целый ряд естественных (балки, овраги, обводненные территории, болота, мелкие и крупные реки, водоемы) и искусственных преград (каналы, арыки, дамбы, насыпи, шоссейные и железные дороги). Наличие преград вызывает необходимость сооружения переходов.

Конструкции переходов и способы их сооружения определяются в основном характером пересекаемой преграды.

Все строительные и монтажные работы по сооружению надземных и подземных переходов в зависимости от объема работ целесообразно выполнять специализированным комплексным участком или бригадой, а при малых объемах работ — линейной колонной, оснащенной необходимыми дополнительными механизмами и оборудованием. Сооружение переходов производится отдельными колоннами или бригадами впереди общего потока строительства, с таким расчетом, чтобы переход был закончен к подходу основных колонн к преградам.

Надземные и подземные переходы, как правило, сооружают по типовым проектам производства работ, с учетом местных условий; сложные переходы выполняют по индивидуальным проектам.

1. Переходы через водные препятствия

Переходы через мелкие реки и ручьи сооружаются в основном подземного типа в период мелководья. Имеется несколько способов сооружения подземных переходов:

- временное перекрытие русла дамбой;
- проход экскаватора по дну водного пространства;
- отвод водного потока на время работ в другое русло;
- устройство дамбы для прокладки трубопровода с пропуском воды через водопропускную трубу;
- работа экскаватора с берега.

Временное перекрытие русла дамбой производится после подготовки плети. Ширина дамбы должна обеспечить проходимость строительных машин и механизмов.

Через ручьи и неглубокие реки в устойчивых грунтах траншеи роют однокопными экскаваторами, которые проходят по дну водного препятствия.

При наличии двух (или нескольких) русел трубопровод сооружают с временным отводом водного потока через одно из них.

В небольших долинах устраивают постоянную дамбу, в которой прокладывают трубопровод, а воду пропускают через вододопускные трубы, уложенные в дамбе.

На небольших реках с быстрым течением траншеи разрабатывают экскаваторами с берегов. В подготовленную траншею немедленно укладывают сваренный заизолированный с навешенными балластными грузами трубопровод.

Производство работ на мелких реках и ручьях выполняют механизированные изоляционно-укладочные колонны совместно с землеройной группой при наличии своевременно заготовленных сварщиками плетей переходов.

Подземные переходы типа дюкер через большие водные препятствия (реки, пруды, озера, заливы и другие преграды), как правило, сооружаются комплексными специализированными субподрядными подводно-техническими организациями Миннефтегазстроя или специализированными экспедиционными отрядами министерств речного или морского флота.

Конструкции подводных переходов и способы их сооружения определяются в проекте в соответствии с характером водной преграды.

Для предупреждения обнажения дюкера при размыве дна, а также от повреждения якорями судов, глубина заложения трубопровода на судоходных озерах, реках и каналах принимается не менее 1 м, на несудоходных — 0,5 м. На береговых участках дюкеров устанавливаются краны или задвижки для выключения их в случае аварий.

Количество ниток (дюкеров) трубопровода на переходе определяется проектом и зависит в основном от характеристики водной преграды. Минимально допустимые расстояния между дюкерами в зависимости от диаметра труб:

Диаметр, мм	Расстояние, м
До 530 включительно	30
630—920	40
1020 и более	50

Производство подготовительных и основных работ по сооружению дюкеров выполняется в полном комплексе соответственно изложенному в разделах IV и V, но только с отличиями по земляным и укладочным работам.

Земляные работы на берегах состоят из разработки подходов и траншей к водному препятствию, что выполняется бульдозерами и одноковшовыми экскаваторами, а на одном из берегов —

планировка площадки для сварочных и изоляционных работ и устройство спусковой дорожки для монтажа джокера. Ширина дорожки назначается от 3 до 5 м в зависимости от диаметра труб. На низких берегах можно устраивать водную спусковую дорожку в виде траншеи, заполненной водой. В зимнее время целесообразно устраивать ледовую дорожку шириной до 2 м.

Выполнению траншей под водой предшествует водолазное обследование дна по створу перехода шириной на 5—10 м более ширины будущей траншеи по верху и очистки дна от валунов, «топляков» и другого, что может вызвать поломки механизмов при рытье траншеи.

Разработка подводных траншей производится механическим или гидравлическим способами с применением плавающих земснарядов (ТЗР-12, ТЗР-251, УПГЭУ-3А, ЗМ-1) или скреперных лебедок (ЛС-201), а при наличии скальных грунтов применяется взрывной способ накладными, шпуровыми или скважинными зарядами с последующей уборкой разрыхленного грунта гидромониторами или грейфером эскаватора с плавсредств. При весьма твердых скальных породах в проектах предусматривается укладка джокера на поверхность дна перехода, выровненного накладными зарядами и пневмониструментом.

Для предохранения джокера от механических повреждений он покрывается железобетонными блоками-скорлупами или камешной обсыпкой.

Ширина подводной траншеи определяется в зависимости от вида грунта, способа его разработки, скорости течения воды и перемещения донных наносов. Во всех случаях ширина траншеи по низу должна быть больше диаметра джокера не менее чем на 1 м. Заложение откосов береговых и подводных траншей должно быть не менее приведенных в табл. 172.

К основным способам укладки джокеров в траншею или на дно перехода относятся: протаскивание плети джокера по берегу, на котором произведен его монтаж, и далее по дну водоема; свободное погружение плавающей плети джокера на дно путем отключения поддерживающих понтонов; укладка с плавсредств методом наращивания.

При укладке джокера способом протаскивания необходимо осуществить: монтаж плети с балластировкой; укладку плети на спусковую дорожку; проверку подводной траншеи; установку и закрепление тяговых средств; приварку оголовка к джокеру и укладку тяговых тросов; протаскивание плети через водоем и проверку водолазом уложенного джокера в соответствии с проектом.

В качестве тяговых средств применяют однотипные тракторы или специальные тяговые лебедки (ЛП-1, ЛП-301).

При протаскивании трубопровода по грунту или по дну траншеи тяговое усилие определяется по предельному сопротивлению на сдвиг по грунту с учетом неоднородности и состояния грунта

308

Таблица 172. Крутизна откосов береговых и подводных траншей [48]

Грунты	Крутизна откосов, м		
	береговых траншей	подводных траншей глубиной	
		до 2,5	более 2,5
Пески:			
пылеватые и мелкие	1:2,0	1:2,5	1:3,0
среднезернистые	1:1,5	1:2,0	1:2,5
разнозернистые	1:1,5	1:1,8	1:2,3
крупнозернистые	1:1,5	1:1,5	1:1,8
Гравелистые и галечниковые (гравий и галька более 40%)	1:1,0	1:1,0	1:1,5
Супеси	1:1,5	1:1,5	1:2,0
Суглинки	1:1,25	1:1,0	1:1,5
Глины	1:0,75	1:0,5	1:1,0
Взрыхленный скальный грунт	1:0,25	1:0,5	1:0,75

$$P_{гр} = kQf, \text{ кгс}, \quad (93)$$

где k — коэффициент трогания с места ($k=2$); Q — вес трубопровода в соответствующей среде (на воздухе или в воде), кг; f — коэффициент трения скольжения (табл. 173).

Таблица 173. Коэффициенты трения джокера по грунту [48]

Грунты	Состояние грунта	Угол внутреннего трения ϕ	Коэффициент трения f	Коэффициент трения f при смещении грунтов f'	Сцепление грунта, т/м ²
Песок:	гравелистый и крупный	36	0,70	0,65	0
	Плотный	36	0,70	0,65	0
	Средней плотности	33	0,65	0,60	0
	Плотный	36	0,72	0,60	0
мелкий	Средней плотности	30	0,57	0,50	0
	Плотный	34	0,62	0,55	0,1
пылеватый	Средней плотности	28	0,53	0,40	0,1
	Плотный	32	0,67	0,50	0,2
Суглинки	Пластичные	25	0,47	—	0,15—0,60
	Плотные	—	0,55	—	0,60—1,4
Глины	Пластичные	30	0,50	0,25	0,4—1,5
	Плотные	—	0,60	—	1,6—2,4
Торф:	Ненарушенный	14	0,25	—	—
	травянисто-деревянистый	25	0,47	—	—
	древесноосоковый	17	0,31	—	—
	тростниковый	25	0,47	—	—
	Нарушенный	15	0,27	—	—

Тяговое усилие при протаскивании трубопровода на тележках по рельсам

$$P_{y.k} = k(T_1 + T_2 + T_3) + T_4, \text{ кгс}, \quad (94)$$

где T_1 — сила трения качения колес тележки по рельсам, кгс; T_2 — сила трения в подшипниках осей тележки, кгс; T_3 — усилие, необходимое на преодоление сопротивления реборд колес при движении их по рельсам, кгс; T_4 — сила трения тягового троса о грунт, кгс.

Формулы для определения сил:

$$T_1 = \frac{(Q - q_r) f_1}{R_r}; \quad T_2 = \frac{(Q + q_r) f_2 r}{R_r}; \quad (95)$$

$$T_3 = 0,5(T_1 + T_2); \quad T_4 = q_{тр} f_3,$$

где Q — вес 1 м длины протаскиваемого трубопровода, кг; q_r — вес тележки на 1 м длины трубопровода; R_r — радиус колеса тележки, см; r — радиус оси колеса тележки, см; $q_{тр}$ — вес троса на 1 м длины трубопровода, кг; f_1 — коэффициент трения качения колес тележки по рельсам ($f_1 = 0,12$); f_2 — коэффициент трения скольжения осей в подшипниках ($f_2 = 0,20$); f_3 — коэффициент трения скольжения троса о грунт ($f_3 = 1,0$).

Выбор троса производят по разрывному усилию

$$R_n = \frac{Pnm}{kl}, \quad (96)$$

где R_n — разрывное усилие троса в целом, кгс; P — расчетное тяговое усилие, кгс; m — коэффициент перегрузки (при протаскивании по грунту $m=2$, по дорожкам $m=1,3$); n — коэффициент условной работы ($n=1,1$); k — коэффициент однородности для троса (для новых тросов $k=1$, для имеющих обрывы $k=0,8$); l — коэффициент тросового соединения.

Коэффициенты тросового соединения

При изгибе троса вокруг подвижного блока	0,43
То же, вокруг коуша	0,67
« продетого в отверстие в планке	0,35
» через крюк простой петлей	0,20
» через крюк закидной петлей	0,70
При наличии на тросе расправленных узлов	0,50
То же, оплетки	0,75
При сжатии троса специальными сжимами	0,70
При наличии простого и двойного, а также задвижного пятачков	0,50
При штыковых и полштыковых узлах при установке между двух сжимов	0,70
При наличии прямого узла для одной восьмерки на металле	0,40
То же, для двойной восьмерки на металле	0,70

Укладка трубопровода способом свободного погружения рекомендуется при следующих условиях:

пересекаемая водная преграда не судоходна или в месте перехода можно остановить судоходство на время установки трубопровода в створе перехода и погружении его на дно; поверхностная скорость течения невелика и не требует сложных устройств для удержания плавающей шпунт трубопровода в створе перехода; трассировка перехода на берегах предусматривает прокладку трубопровода с кривыми вставками.

При данном способе укладки трубопровода выполняют следующие расчеты, чтобы определить: вес трубопровода в различном положении в воде и на суше; силу воздействия потока воды на трубопровод, необходимость закрепляющих устройств (боковых оттяжек) и их расчет; допустимую глубину погружения трубопровода при заполнении его водой (нефтепровод) или заполнении водой понтонов; напряженное, возникающее в трубопроводе от воздействия всех нагрузок;

количество и мощность буксирных средств.

Укладка трубопровода с поверхности воды осуществляется с помощью понтонов. Трубопровод, полностью подготовленный к укладке, удерживается на плаву понтонами до момента его погружения.

Погружение осуществляется либо затоплением понтонов либо последовательным отсоединением их. Для удержания трубопровода в створе перехода применяют тросовые оттяжки. Точки закрепления оттяжек определяют в зависимости от интенсивности гидродинамического воздействия потока и характеристики трубопровода.

При укладке трубопровода с плавсредств способом наращивания по трассе перемещается судно, на котором находится головная часть трубопровода. Затем к этой части приваривают очередную трубу (секцию), изолируют стык и опускают в воду при перемещении судна.

Трубы (секции), заранее заизолированные, с балластом доставляются на судно вспомогательной баржей. Судно оборудовано устройством для приема и перемещения труб (секций), сварки и изоляции стыков. Для уменьшения напряжений в трубопроводе можно использовать разгружающие понтоны.

Подготовка плети дюкера к укладке состоит из футеровки, балластирования, укладки на спусковую дорожку или на плавсредства (понтон).

Из футеровочной деревянной рейки (толщина 2,5 см), стальной проволоки и катанки (диаметр 6 мм) изготавливают ковры, которыми затем обворачивают плеть дюкера.

Расход материалов в зависимости от диаметра труб:

Диаметр трубы, мм	325	426	530	720	820	1020
Расход рейки, м ³	2,8	4,3	4,9	6,5	7,5	9,5
Расход проволоки и катанки, кг	45	72	81	110	112	150

Балластировка дюкера производится утяжелением кольцевыми грузами из чугуна или железобетона, а береговые участки — седловидными армобетонными грузами (табл. 174).

Потребное количество грузов определяется по расчету для погашения сил, действующих на дюкер: вертикальный (P_n) — равной весу вытесненной им воды; лобового сопротивления потока воды, зависящего от скорости течения (горизонтальная — P_x , вертикальная — P_y) и упругого изгиба трубопровода в соответствии с профилем дна траншеи ($P_{из}$).

Таблица 174. Размеры утяжеляющих грузов

Наружный диаметр трубопровода, мм	Внутренний радиус груза, мм	Объем груза, м ³
Чугунные кольцевые		
273	175	0,029
325	205	0,036
377	230	0,036
426	255	0,050
530	305	0,107
720	400	0,214
820	450	0,214
1020	550	0,286
1220	650	0,428
Железобетонные кольцевые		
273	175	0,142
325	205	0,178
377	230	0,178
426	255	0,250
530	305	0,536
720	400	1,070
Армобетонные седловидные		
273	220	0,14
325	220	0,14
377	280	0,23
426	280	0,26
530	330	0,69
720	480	1,37
820	480	1,37
1020	590	1,82
1220	680	2,30
1420	780	2,30

Примечание. Грузы изготавливаются: чугунные из серого мягкого чугуна марки СЧ-00 с объемным весом 6,8—7,0 т/м³; железобетонные и армобетонные из плотного гидротехнического бетона по ГОСТ 4795—59, с объемным весом 2,5—3,0 т/м³ и применением цемента марки не ниже 300.

Устойчивость дюкера будет обеспечена при условии, если балластировка (Б) будет больше на 10—15% усилий, действующих на него, по формуле

$$B > P_n + P_x + P_y + P_{из} - G, \text{ кгс}, \quad (97)$$

где

$$P_n = \gamma_v V, \text{ кгс};$$

$$P_x = C_x D_n \gamma_w \frac{W^2}{2g}, \text{ кгс};$$

$$P_y = C_y D_n \gamma_w \frac{W^2}{2g}, \text{ кгс};$$

$$P_{из} = 76,8 \frac{fEI}{l}, \text{ кгс};$$

G — вес 1 м дюкера в воздухе, кгс; γ_v — вес воды с учетом взвешенных в ней частиц грунта, кг/м³ ($\gamma_v = 1100-1150$); V — объем воды, вытесненной 1 м длины дюкера, м³; C_x и C_y — соответственно коэффициенты лобового сопротивления воды ($C_x = 1,1$; $C_y = 0,5$); D_n — наружный диаметр дюкера с изоляцией и футеровкой, м; W — скорость течения воды, м/сек; g — ускорение силы тяжести, м/сек² ($g = 9,81$); f — стрела прогиба дюкера на вертикальной кривой, см; l — длина криволинейного участка траншеи, см; E — модуль упругости стали трубы дюкера, кг/см² ($E = 2,15 \cdot 10^6$); I — момент инерции поперечного сечения трубы, см⁴.

Расстояние между грузами ($l_{гр}$) определяется по формуле

$$l_{гр} = \frac{M - \gamma_v Q}{B}, \text{ м}, \quad (98)$$

Таблица 175. Расход материалов при балластировке, на 10 грузов [49]

Материал	Единица измерения	Диаметр трубопровода, мм							
		325	426	530	720	820	1020	1220	1420
Чугунные грузы (из 2 половинок)	т	2,5	3,5	7,5	15,0	15,0	20,0	30,0	—
Болты с гайками и шайбами	кг	17	22	33	56	56	90	135	—
Армобетонные грузы	т	3	5	15	30	30	30	40	50
Бризол для установки грузов	м ³	20	30	60	95	110	120	140	170
Битумо-резиновая мастика	кг	80	110	220	370	375	385	530	730
Битум	"	6	9	17	24	30	35	40	50
Грунтовка	"	5	6	12	18	20	23	32	40

где M — вес одного груза с воздуха, кг; Q — объем груза, м³; γ_w — вес воды с учетом загрязнения грунтом, кг ($\gamma_w = 1100 - 1150$); B — вес потребной балластировки для 1 м дюкера, кг.

Расход материалов для установки балластных грузов в зависимости от диаметра трубопровода приведен в табл. 175.

2. Переходы через обводненные территории

При прокладке трубопровода через болота и обводненные участки применяются обычные или болотные машины, при необходимости устраиваются временные или постоянные дороги.

Тип дороги и ширина проезжей части устанавливаются проектом. Подземная и надземная прокладки трубопровода в зависимости от местных условий осуществляются несколькими способами:

обычным — с бермы траншей или с лежневой дороги; сплавом; протаскиванием по дну траншеи; в специально создаваемых насыпях; на сваях (песчаных и др.).

Прокладка трубопровода с бермы траншеи. Этот способ применяется:

на осушенных болотах любой протяженности и мощности торфяных залежей;

на несильно обводненных болотах с несущей способностью более 0,2 кг/см² при мощности торфяных залежей до 2 м, подстилаемых дренирующим минеральным грунтом с устройством временной дороги;

на болотах с несущей способностью до 0,1 кг/см² протяженностью до 50 м независимо от мощности торфяных залежей, без прохода трубокладчиков через болота;

в зимний период после достаточного промерзания покрова независимо от степени обводнения, протяженности болот и мощности торфяного слоя, с устройством зимней дороги и без нее.

Способ сплава. В теплый период года на болотах с несущей способностью грунта менее 0,2 кг/см² и сильно обводненных при укладке трубопровода применяют способ сплава. Занозлированная плеть перехода подается по обводненной траншее сплавом. При этом строительные-монтажные работы выполняются на одном берегу. После подготовки плети ее сплав осуществляют: на переходах через большие болота (более 500 м) — отдельными секциями длиной до 200 м с приваркой на берегу к концу сплавляемой секции следующих секций; при переходе через небольшие болота сплавляют всю плеть перехода. При сплаве секций до 200 м с целью уменьшения количества тяговых машин на берегу используют катки или ролики.

Навеску утяжеляющих грузов осуществляют либо на берегу либо после вывода всего трубопровода в траншею. Если трубопровод имеет отрицательную плавучесть, для его поддержки применяют поптоны. Грузоподъемность поптона

$$P_n = \gamma_n V_n, \text{ кгс,}$$

где γ_n — вес воды, кг ($\gamma_n = 1000 - 1050$); V_n — объем погруженной в воду части поптона.

Прокладка трубопровода протаскиванием по дну траншеи. Осуществляется на болотах с несущей способностью менее 0,2 кг/см² при длине перехода до 1000 м. При небольшой длине перехода протаскивают всю плеть с навешенными грузами или обетонированную по периметру; при больших переходах производят последовательное наращивание трубопровода. При протаскивании необходимо применять спусковые дорожки, конструкция которых выбирается в зависимости от местных условий.

При укладке трубопровода необходимо проверить устойчивость его против всплытия.

Методика расчета устойчивости трубопровода и потребность в его балластировке изложены в главе I настоящего раздела. Там же приведены формулы определения необходимого тягового усилия для протаскивания трубопровода и описан способ производства работ.

В настоящее время широкое применение получило анкерное закрепление газопроводов взамен использования балластных бетонных грузов. Вес конструкций, применяемых при закреплении анкерными устройствами в 100—130 раз меньше, чем при балластировке железобетонными грузами (табл. 176).

Таблица 176. Расход материала на 1 км газопровода (по данным ВНИИСТ)

Вид пригрузки	Диаметр газопровода, мм	
	720	1020
	Расход материалов на 1 км, т	
Закрепление анкерными устройствами	2,4	4,4
Балластировка железобетонными грузами	273	525

Для ввинчивания анкеров в грунт применяются вращатели ВАГ-101, ВАГ-201, ВАГ-301.

В настоящее время выпускаются анкеры с лопастями диаметром 100, 150, 200, 250, 300 и 400 мм, проектируется выпуск диаметром 500, 600 и 750 мм. В зависимости от диаметра анкеры обладают различной несущей способностью*:

Диаметр лопасти анкера, мм	Несущая способность анкерного устройства из двух анкеров, т
100	0,68
150	1,50
200	2,70

* Данные для средних грунтовых условий.

Диаметр лопасти анкера, мм	Песчаная способность анкерного устройства м ² на 1 т анкеров, т
250	4,20
300	6,00
400	10,7
500	16,7
600	24,0
750	36,5

Для повышения плавучести любого трубопровода можно применить анкеры различных типоразмеров, при этом будет изменяться расстояние между анкерами и их количество.

При применении анкеров с лопастями большого диаметра сокращается их количество на единицу длины газопровода.

Для определения наиболее эффективного применения разных анкеров для газопроводов различных диаметров необходимо руководствоваться следующим:

Диаметр газопровода, мм	325	530	720	1020	1220	1420
Диаметр лопасти анкера, мм	150	250	400	600	750	750
	(100)	(200)	(300)	(500, 400, 300)	(600, 500, 400)	(600, 400)

Применение анкеров с лопастью повышенного диаметра более эффективно, чем анкеров с лопастью малого диаметра.

Согласно расчетам, учитывающим несущую способность анкеров, напряженное состояние газопровода и деформирование, — расстояние между анкерными устройствами не должно превышать:

Диаметр газопровода, мм	325	529	720	1020	1220	1420
Расстояние между анкерными устройствами, мм	37,5	39,0	43,0	40,0	52,0	58,0

Прокладка трубопровода в насыпях. Осуществляется в основном на болотах I и II типов. На болотах III типа сооружение трубопровода в насыпи иррационально, так как это технически сложно, а также возможна осадка насыпи с трубопроводом, что может привести к его разрушению.

Торфяные насыпи устраивают на болотах I и II типов, а песчаные — на болотах I типа. При отсыпке насыпи необходимо следить, чтобы не был нарушен верхний покров болота, содержащий остатки растительности.

Для устройства насыпи делают хворостяную подстилку толщиной 15—25 см. Для увеличения несущей способности подсыпки и хорошей связи каждый слой хвороста необходимо укладывать в противоположных направлениях.

После устройства хворостяной подготовки на нее отсыпают слой торфа. Для прохождения строительной техники вдоль трассы устраивают лежневую дорогу. У лежневой дороги сваривают трубопровод, изолируют его и укладывают на основание насыпи.

После укладки трубопровода отсыпают насыпь торфом, который берут из канав-дернов.

На болотах I типа можно применить полуподземную прокладку трубопровода. С помощью экскаватора роют канаву глубиной 0,5—1,0 диаметра трубы, куда укладывают изолированный трубопровод и обсыпают его торфом.

Укладка трубопровода в насыпях имеет ряд преимуществ: возможность наблюдения и ремонта при эксплуатации; простота технологии строительства; удешевление стоимости работ.

Для усиления несущей способности слабых грунтов производят удаление торфа с одновременной отсыпкой насыпи или заменяют его песком. Возможно уплотнение слабых грунтов песчаными сваями.

Замена торфа песчаным грунтом возможна при мощности торфа 1,5—2 м, располагающегося на плотном минеральном грунте. Порядок работ при этом следующий:

устройство траншей в слое торфа до минерального грунта; укладка трубопровода в траншею сплавом или протаскиванием. В качестве пригрузки при наличии мощных водоотливных средств можно использовать песчаный грунт либо применить анкерные устройства. После укладки трубопровода траншею засыпают песчаным грунтом.

Прокладка трубопровода на песчаных сваях. При уплотнении слабых грунтов песчаными сваями последние можно располагать в шахматном порядке или по углам квадратов. Расстояние между сваями зависит от вида грунта и степени его уплотнения. При шахматном расположении песчаных свай расстояние определяют по формуле

$$L = 0,95d_c \sqrt{\frac{\gamma_{упл}}{\gamma_{упл} - \gamma}}, \quad (100)$$

где d_c — диаметр свай, м; $\gamma_{упл}$ — объемный вес уплотненного грунта, т/м³; γ — объемный вес торфа до уплотнения, т/м³ ($\gamma = 0,6—1,02$ т/м³).

Песчаные сваи выполняют с помощью стальной трубы, которая погружается в торф вибратором. После погружения в трубу засыпают песок до проектной отметки. Затем при работающем вибраторе вытаскивают трубу.

Насыпи на болотах отсыпаются с запасом на осадку, которая зависит от вида грунта, высоты и способа возведения насыпи. Ориентировочно осадка применяется для минеральных грунтов — 15%, для торфяных 25—30% проектной высоты насыпи.

3. Переходы через овраги, балки, рвы

Овраги, балки и рвы, имеющие крутые склоны, необходимо сделать отлогими для удобства прокладки трубопровода. Обычно эту работу выполняют бульдозеры. Один бульдозер сталкивает грунт на дно оврага или балки, другой равномерно распределяет его. Для нормальной работы экскаватора уклон откоса не должен превышать 20—25°. Обычно разработку траншей ведут экскаватором, оборудованным драглайном.

Части перехода заготавливают заранее соответственно профилю траншей. При небольших преградах переход изготовляют из двух элементов. Один элемент имеет две кривых, нижнюю и верхнюю, другой — только верхнюю. Готовые элементы перехода изолируют и футеруют, а затем при помощи трубоукладчиков опускают в балку, где производят их стыковку и сварку.

При значительной ширине дна балки переход выполняют из нескольких элементов. Элементы, располагающиеся на откосах, готовят с двумя кривыми вставками, изолируют их и футеруют. После опускания двух элементов по откосам производят стыковку третьего, сварку и изоляцию. Нижний элемент перехода не футеруется.

После контроля качества сварки и изоляции трубопровод опускают в траншею и засыпают.

4. Переходы через шоссе и железные дороги

С целью безопасности движения по железным и шоссе дорогам, а также облегчения ремонтных работ трубопроводы под дорогами прокладывают в кожухах (патронах). Диаметр кожуха должен быть на 100—200 мм больше диаметра трубопровода, толщина стенок и длина кожуха определяются проектом. Концы кожуха выводятся не менее чем на 25 м по нормали от осей крайних магистральных путей железных дорог и не менее 15 м от осей крайних путей промышленных железных дорог. При пересечении автомобильных дорог кожух выводится не менее чем на 10 м по нормали от бровки земляного полотна дороги.

Концы кожуха запечатывают пенькой с битумом, обвертывают брезолом и покрывают битумом или устанавливают металлические сальники. Таким образом, в случае просачивания газ или жидкий продукт не смогут выйти из межтрубного пространства. Для удаления газа из межтрубного пространства устанавливают вытяжные свечи. От осей крайних магистральных путей железной дороги вытяжная свеча устанавливается на расстоянии не менее 40 м; от осей крайних путей промышленных железных дорог — не менее 25 м, от подошвы земляного полотна автомобильных дорог — не менее 20 м.

Переходы трубопроводов через железные и шоссе дороги покрываются усиленной изоляцией и футеруются деревянными

рейками во избежание повреждения изоляции при протаскивании плетни через патрон и электрического контакта между патроном и трубопроводом.

Прокладка кожуха (патрона) производится бестраншейно или открытым способом. Выбор способа прокладки зависит от вида и категории дорог.

Под железными и автомобильными дорогами с интенсивным движением транспорта кожух прокладывают бестраншейно способом прокалывания, продавливания или горизонтального бурения, а также открытым способом: на шоссе дорогах — с устройством временных мостов или поочередной отрывкой траншей на половине дорожного полотна и переключением движения транспорта по другой половине дороги, а затем, после укладки первой половины длины кожуха и его засыпки аналогичный процесс повторяется на другой половине; на железных дорогах — укладкой рельсовых пакетов для усиления пролета пути над отрытой траншеей.

На автодорогах III—V категорий укладку кожуха выполняют открытым способом с устройством объезда или без него, при временном прекращении движения транспорта. Как правило, такие переходы выполняют в ночное время, предварительно произведя все заготовки элементов кожуха.

В практике строительства бывают случаи, когда железную или шоссе дорожку сооружают над действующим трубопроводом, остановка которого невозможна по эксплуатационно-техническим условиям. Однако трубопровод необходимо защитить от действия транспортных нагрузок и согласно строительным нормам.

В этом случае прокладку кожуха выполняют по одному из двух способов: прокладывают параллельно действующей вторую нитку трубопровода одновременно с кожухом, на расстоянии согласно СН 452—73 [52], а после ее врезки в действующую демонтируют участок без кожуха или действующий трубопровод отрывают вручную и укладывают на него составной разъемный кожух из двух половинок, которые затем сваривают продольными швами. Второй способ экономичнее первого, но при производстве его требуется большая осторожность по правилам техники безопасности и обязательное присутствие представителя от организации, эксплуатирующей трубопровод.

При всех способах прокладки трубопровода необходимо обеспечить соблюдение проектного положения патрона и укладываемого трубопровода с отклонением не более 0,5%; защиту сооружения, под которым осуществляется проходка, от просадки и предохранение его от размыва.

Прокалывание. Этот способ заключается в прокалывании патроном грунта при помощи специальных инструментов и пажимных механизмов без удаления грунта.

Режущие инструменты закрепляются на передней части патрона. Диаметр наконечника выполняется на 30—40 мм больше диа-

метра патрона с целью уменьшения трения патрона о грунт. Усилие от механизма на патрон при прокалывании может передаваться через специальный хомут или через задний торец трубы.

Продавливание. Этот способ заключается во вдавливании открытого патрона в грунт с последующим соединением секций труб патрона сваркой, разработкой забоя внутри трубы и удалением грунта. Для продавливания патрона применяют установки из гидравлических домкратов. Давление домкратов на трубу передается при помощи нажимных патрубков длиной, равной ходу штока домкрата. Практика показала, что при продавливании патрон значительно реже отклоняется от проектной оси, нежели при прокалывании.

Горизонтальное бурение. Широко применяется с помощью установок типа УГБ (табл. 177).

Таблица 177. Техническая характеристика установки типа УГБ [21]

Наименование показателей	Марка				
	УГБ-4	УГБ-5	УГБ-2	ГБ-1421	ГБ-1621
Диаметр патрона, мм	325 426 529 630	630 720 820 1020	1220	1220 1420	1620
Длина проходки, м	60	40—60	40	40	40
Мощность двигателя, л. с.	40	55—60	55—60	75	55—60
Скорость вращения вала, об/мин	1500	1500	1500	1700	1500
Скорость проходки, м/ч	15	10	8	6	2
Вес установки с оборудованием, т	12,78	18,5	12,2	11,5	—
Двигатель	ГАЗ-51	ЗИЛ-157К	—	СМД-14	—

Конструктивная характеристика патрона

Длина патрона, уложенного под железной дорогой, определяется по формуле

$$l_n = 2l_1 + C, \quad (101)$$

где l_n — длина патрона, м; l_1 — расстояние от оси крайнего пути до конца уложенного патрона; C — расстояние между осями путей (для двухколейного пути $C=4$ м, для одноколейного $C=0$).

Длина патрона при пересечении трубопроводом железной дороги под углом $\alpha=90^\circ$, м:

Железная дорога магистральная:	
одноколейная	50
двухколейная	54
Железная дорога промышленная:	
одноколейная	30
двухколейная	34

Минимальное расстояние от края основания железнодорожной насыпи до конца уложенного патрона (при уклоне насыпи 1:1,5) определяется по формуле

$$l_2 = l_1 - \left(\frac{B-C}{2} \right) - \frac{3H}{2} \geq 2m, \quad (102)$$

где B — ширина полотна дороги, м; H — высота насыпи или глубина полувыемки, м.

Длина патрона, уложенного под автомобильной дорогой, определяется по формуле

$$l_n = 2l_1 + B, \quad (103)$$

где l_n — длина патрона, м; l_1 — расстояние от бровки полотна дороги до конца уложенного патрона, м.

Толщина стенки патрона определяется по формуле

$$\delta = \frac{0,5N + \sqrt{0,25N^2 + 26MR_2^2}}{R_2^2}, \quad (104)$$

где M , N — соответственно расчетный изгибающий момент и нормальная сила в наиболее напряженном сечении патрона от действия давления грунта и давления, вызываемого весом подвижного железнодорожного состава, определяемые с учетом упругого отпора грунта; R_2^2 — нормативное сопротивление, равное наименьшему значению предела текучести материала патрона.

Значение расчетного изгибающего момента:

$$M = 0,25\xi r^2 \left[\gamma_{гр} \eta_{гр} \left(H_{экс} - H_{экс}^0 \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \right) + q_p \eta_p \right], \quad (105)$$

Величина нормальной силы:

$$N = r (\gamma_{гр} H_{экс} \eta_{гр} + q_p \eta_p), \quad (106)$$

где ξ — коэффициент, учитывающий влияние упругого отпора грунта; r — паружный радиус защитного кожуха, см; $H_{экс}$ — эквивалентная высота грунта, см; $\gamma_{гр}$ — объемный вес основного грунта, кг/м³; φ — угол внутреннего трения грунта, град.

Угол внутреннего трения характеризует устойчивость грунта в земляных сооружениях и определяется лабораторным испытанием образцов грунта; q_p — давление, вызываемое весом подвижного железнодорожного состава, кг/см² (рис. 33); $q_p = kP$, где P — нагрузка от подвижного состава; η_p — коэффициент перегрузки веса подвижного состава ($\eta_p = 1,2$); $\eta_{гр}$ — коэффициент перегрузки веса подвижного состава ($\eta_{гр} = 1,2$).

Коэффициент, учитывающий влияние упругого отпора грунта, определяется по формуле

$$\xi = \frac{1}{1 + \frac{(4k - k_1)r}{3E} \left(\frac{r}{\delta} \right)^3}, \quad (107)$$

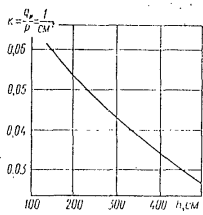


Рис. 33. График определения величины давления k от подвижной железнодорожной нагрузки.

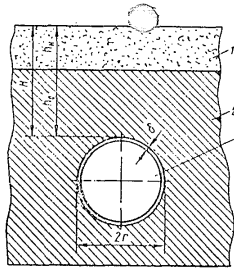


Рис. 34. Расположение патрона в грунте:
1 — железнодорожная насыпь; 2 — основной грунт; 3 — патрон.

где k , k_1 — коэффициент сопротивления грунта радиальному и тангенциальному перемещениям, $кг/см^2$; $0 \leq k_1 < k \tan \varphi$; φ — угол внутреннего трения; E — модуль упругости материала патрона, $кг/см^2$; δ — толщина стенки кожуха, $см$.

Эквивалентные высоты грунта определяются:

$$H_{экив} = h_0 + \frac{\gamma_{нас}}{\gamma_{гр}} h_n; \quad (108)$$

$$H_{экив}^0 = h_0 + r + \frac{\gamma_{нас}}{\gamma_{гр}} h_n; \quad (109)$$

где $\gamma_{нас}$ — объемный вес грунта насыпи, $кг/см^3$; h_n , h_0 — соответственно высота насыпи и высота основного грунта, $см$ (рис. 34).

5. Надземные переходы через естественные и искусственные препятствия

В зависимости от конструктивной схемы перекрытия пролетов переходы могут быть балочные, висячие, вантовые, арочные и в виде провисающей нити.

Составными элементами надземных переходов являются: опоры, пилоны (для висячих и вантовых конструкций), пролетные строения, трубные плечи.

Балочные переходы сооружаются при пересечении балок, оврагов, каналов, горных рек и т. п.

Висячие переходы сооружают через большие реки с обрывистыми берегами; ущельями, через пропасти, селевые потоки.

Арочные переходы сооружают при пересечении каналов, арыков, узких ущелий, сплавных и судоходных малых рек.

При сооружении трубопроводов необходимо учитывать степень переходов.

Они бывают:
доступные для прохода наземных средств механизации;
доступные для прохода плавучих средств;
недоступные ни для наземных, ни для плавучих средств.
Проект производства работ по сооружению подземного перехода предусматривает:

календарные сроки выполнения работ;
мероприятия подготовительного периода;
потребность и сроки получения материальных, технических и энергетических ресурсов;
сроки поступления на площадку рабочих и технических кадров;
методы производства работ.

Строительство переходов должно осуществляться в наиболее благоприятное время года:

переходы в горах — в межпаводковый период до наступления сильных дождей;
переходы через водные и обводненные территории — при межнем горизонте воды или зимой;
переходы через болота — в зимнее время;
переходы через брошаемые массивы и оросительные каналы — в период между полнами или наименьшей интенсивности полна.

При надземной прокладке трубопровода испытывают ряд нагрузок.

Нагрузка от собственного веса:

$$q_{тр} = \frac{\pi}{4} (D_n^2 - D_v^2) \gamma_{ст} \cdot 100, \quad кг/м, \quad (110)$$

где D_n , D_v — наружный и внутренний диаметры трубопровода, $см$; $\gamma_{ст}$ — удельный вес стали ($\gamma_{ст} = 0,00785 \text{ кг/см}^3$).

Нагрузка от веса находящегося в трубопроводе газа или нефтепродукта:

$$q_r = \gamma_r \frac{\pi T_0}{4zT} P_0 D_n^2 = 215 \gamma_r \frac{P_0 D_n}{zT}, \quad кг/м, \quad (111)$$

где γ_r — удельный вес газа (при $T_0 = 273^\circ$ и $P = 1 \text{ ат}$), $кг/м^3$; P_0 — расчетное давление газа, $кг/см^2$; z — коэффициент сжимаемости газа; T — абсолютная температура газа в газопроводе ($T = 273 + t$). Для нефтепродуктов $q_n = \frac{\pi D_n^2}{4} \gamma_n$, $кг/м$.

Нагрузка от обледенения:

$$q_{лед} = k_{лед} D_n, \quad кг/м, \quad (112)$$

где D_n — наружный диаметр трубы, м; $k_{лед}$ — коэффициент, зависящий от района гололедности.

Район гололедности принимается в соответствии с картой климатических районов.

Район гололедности $k_{лед}$	Значение коэффициента $k_{лед}$			
	I	II	III	IV
	25	35	50	65

Снеговая нагрузка принимается как горизонтальная проекция конструкции на $1 м^2$. Вес устанавливается в зависимости от района строительства, коэффициент перегрузки принимается $\eta_c = 1,4$.

Для одиночного трубопровода

$$q_c = \alpha D_n, \text{ кг/м}, \quad (113)$$

где α — коэффициент, принимаемый для районов I $\alpha=25$; II — $\alpha=35$; III и IV — $\alpha=50$ и 65.

Расчетная нагрузка от воздействия ветра в горизонтальной плоскости для одиночной трубы перпендикулярно к ее оси определяется по формуле

$$q_n = 1,3 \cdot 0,6 Q D_n, \text{ кг/м}, \quad (114)$$

где Q — скоростной напор ветра, $кг/м^2$.

Нагрузка от веса изоляции:

$$q_{из} = 0,1 q_{тр}, \text{ кг/м}. \quad (115)$$

Нагрузку от веса настила и других элементов конструкции определяем на основании приближенных расчетов.

Самонесущие переходы эстакадного типа. В надземных балочных и арочных переходах пролетным строением является трубопровод. Поэтому монтаж перехода сводится к монтажу и укладке трубопровода.

Балочные переходы (рис. 35) конструкции бывают: прямолинейной прокладки с компенсацией продольных деформаций;

прямолинейной прокладки без компенсаций продольных деформаций;

зигзагообразной прокладки трубопровода в виде «змейки».

Строительство простейших однопролетных балочных переходов, не имеющих искусственных опор и компенсаторов, осуществляется по ходу трассовых работ. В этом случае плеть трубопровода сваривают с учетом перекрытия пролета и укладывают при помощи трубоукладчика путем надвигки плети с одного берега на другой.

При сооружении однопролетных балочных переходов из одной секции или плети при доступном проходе для строительных машин, сборку, сварку и гидравлическое испытание плети трубопровода ведут на дне препятствия.

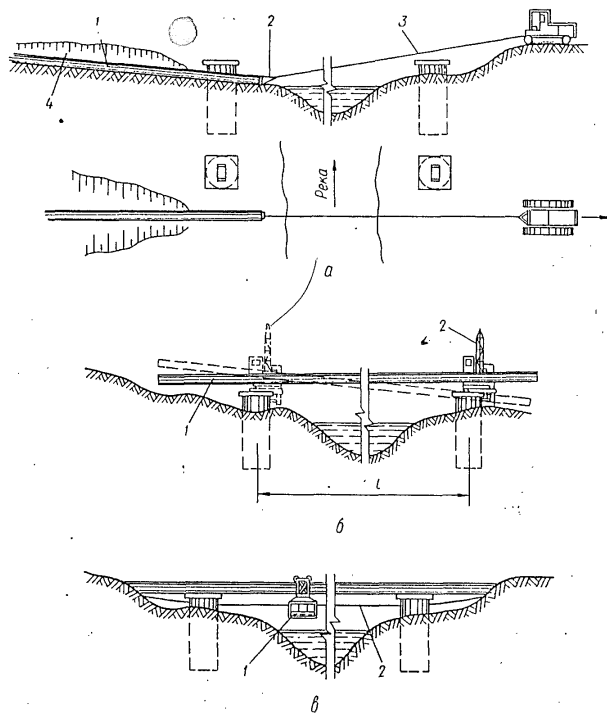


Рис. 35. Самонесущий балочный переход. Монтаж секции трубопровода: а — протаскивание секции трубопровода; 1 — протаскиваемая секция трубопровода; 2 — заглушка со скобой; 3 — трос к трактору или лебедке; б — укладка секции трубопровода на опоры; 1 — укладываемая секция трубопровода; 2 — анкер или трубоукладчик; а — ремонт окраски трубопровода; 1 — подымаемая плеть для ремонта окраски трубопровода; 2 — временный трос для закрепления и продвижения плетки.

На переходах, недоступных для наземных и плавучих средств, плеть трубопровода подготавливают на одном берегу препятствия с учетом удобства расположения монтажной площадки и наличия подъездов к ней.

При наличии опор готовые плети трубопровода укладывают на последние при помощи трубоукладчиков следующим методом:

на однопролетных переходах с доступным подходом для механизмов плетель укладывают подъемом снизу вверх. Для продольным перемещением плетни от одного берега к другому (см. рис. 35).

На переходах длиной до 40 м, недоступных для наземных и плавучих средств, плетель укладывают протаскиванием от монтажной площадки в сторону противоположного берега и поднимают на береговые опоры.

На переходах длиной более 40 м, недоступных для наземных плавучих средств, применяют метод протаскивания плетни в пролет с головной частью, подвешенной к временному канату посредством троллейной подвески, роликов или канатного узла. В этих случаях хвостовую часть плетни поддерживают и сопровождают до опоры трубоукладчики (в зависимости от веса плетни).

При сооружении многопролетных балочных переходов, доступных для трубоукладчиков, подготовку секций трубопровода осуществляют параллельно оси перехода, рядом с опорами.

Укладку плетни трубопровода на опоры (при отсутствии компенсаторов) осуществляют трубоукладчики. Количество их зависит от веса плетни.

При сооружении многопролетных переходов с компенсаторами трубопровод монтируют из нескольких секций, длина которых зависит от расстояния между компенсаторами.

На переходах, доступных для трубоукладчиков, сварку и испытание секций и компенсаторов выполняют в пролете рядом с опорами, затем при помощи трубоукладчиков укладывают на опоры.

На переходах с недоступными пролетами сварку и испытание секций трубопровода и компенсаторов ведут на монтажной площадке.

Укладку секции трубопровода и компенсаторов на опоры в зависимости от местных условий осуществляют:

на заболоченных или заплесневших труднопроходимых участках — трубоукладчиками по временной ложневой дороге;

на водных преградах с неустойчивым дном — протаскиванием секций трубопровода и компенсаторов при помощи временных монтажных канатов или протаскиванием на временных плавучих опорах.

Стыковку секций трубопровода с компенсаторами и сварку стыков выполняют с переносных инвентарных подмостей или с временных плавучих опор.

Многопролетные переходы типа «змейка» с зигзагообразной укладкой сооружают из отдельных секций труб, подготовленных на монтажной площадке или в пролетах рядом с опорами.

Длина секций труб определяется расстоянием между углами поворота змейки.

Прокладка трубопровода в виде «змейки» позволяет осуществить компенсацию продольных деформаций за счет самого тру-

бопровода. При укладке трубопровода «змейкой» посередине каждого прямолинейного участка располагают мертвые опоры, между которыми размещают промежуточные. Более удобная укладка отдельными участками с колесами в вершинах волн.

Компенсация происходит за счет поперечного смещения «змейки». Величина смещения зависит от расстояния между неподвижными опорами и от отношения стрелы прогиба к расстоянию между неподвижными опорами.

Длина трубопровода между неподвижными опорами определяется

$$L_{\text{тр}} = 2 \sqrt{\frac{L^2}{4} + f^2}. \quad (116)$$

Оптимальной величиной начальной стрелы прогиба принимаем значение $f = 0,075 L$, тогда увеличение начальной стрелы прогиба при увеличении трубопровода на $\Delta l_{\text{тр},1}$ будет

$$\Delta f_1 = \sqrt{\left(\frac{L - \Delta l_{\text{тр},1}}{2}\right)^2 + (0,5L)^2} - f; \quad (117)$$

при сокращении трубопровода на величину $\Delta l_{\text{тр},2}$

$$\Delta f_2 = f - \sqrt{\left(\frac{L - \Delta l_{\text{тр},2}}{2}\right)^2 + (0,5L)^2}. \quad (118)$$

В настоящее время широкое применение получают наземные переходы с буронабивными сваями.

Диаметр и глубина заложения буронабивных свай определяются расчетом.

Основные работы по устройству свайных опор: подготовка площадки под буровой станок, раскладка буровых штанг и обсадных труб, бурение скважины; установка арматурного каркаса внутри обсадной трубы, бетонирование свай.

Для бурения скважины целесообразно применять передвижной комплексный станок УКС-22М.

Бетонную смесь в обсадную трубу подают через бункер, установленный на оголовке трубы либо применяется установка по цементации буровых скважин.

Каждая пара свай соединяется железобетонным или стальным ригелем, который приваривается к оголовкам обсадных труб на заданной отметке.

На ригеле монтируется катковая опора и ложемент под трубопровод.

Применение буронабивных свай сокращает объемы работ и снижает стоимость строительства.

Параметры и конструкции буронабивных свай, вид перехода определяются проектом.

Арочные переходы по виду опор бывают:

с передачей распора на трубопровод и вертикального давления непосредственно на грунт;

бетонированием с уплотненным бетонной смесью;
засыпка пазух котлованов.

Пилоны доставляют к месту работ в собранном виде или укрупненными секциями. Пилоны в зависимости от их веса и высоты поднимают и устанавливают при помощи стреловых кранов, падающей стрелы и др.

При сооружении переходов промежуточной приемке подлежат:

- сооружение опор;
- монтаж пролетного строения;
- сварка труб в секции;
- испытание и укладка трубной плети;
- очистка полости.

VII. ОЧИСТКА ПОЛОСТИ И ИСПЫТАНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ

Магистральные трубопроводы работают при высоких давлениях ($55-75 \text{ кг/см}^2$), поэтому для обеспечения надежной эксплуатации они должны удовлетворять установленным требованиям по прочности, герметичности и чистоте полости труб.

С этой целью законченные строительством трубопроводы испытывают на прочность и герметичность, а предшествующей операцией является освобождение трубопровода от случайно оставшихся в нем предметов, земли, воды, ржавчины, окалины и т. п.

Учитывая сложность очистки трубопроводов и особенно из труб большого диаметра, рекомендуется обязательно принимать меры по предотвращению загрязнения труб в процессе их хранения, транспортирования и монтажа трубопровода, применяя для концов труб, секций и плетей инвентарные заглушки, а также организовывать постоянный пооперационный контроль за состоянием чистоты полости в процессе сварки и изоляции трубопроводов. Во избежание несчастных случаев при производстве очистки и испытании трубопроводов необходимо заблаговременно проводить организационно-технические и противопожарные мероприятия, обеспечивающие безопасность людей.

Очистка и испытание трубопроводов производятся генподрядчиком совместно с организациями, участвующими в строительстве, в присутствии технадзора заказчика и представителя местного отделения Госгазнадзора или Госгортехнадзора в соответствии с утвержденной инструкцией, предусматривающей метод и технологию производства работ, меры по технике безопасности и противопожарные мероприятия при продувке и испытании природным газом. Инструкция утверждается генподрядчиком по согласованию с заказчиком и инспекцией, контролирующей строительство трубопровода.

Для руководства работами по очистке и испытанию трубопровода вышестоящей организацией генподрядчика (трест, объединение), письменным приказом, назначается специальная комиссия, председатель которой является ответственным за весь комплекс работ и технику безопасности. Указания и распоряжения председателя комиссии на производстве являются обязательными для всех организаций, участвующих в работе.

1. Способы очистки полости трубопровода

Очистка полости трубопроводов в зависимости от способа укладки или монтажа производится: подземных трубопроводов — после укладки и засыпки их; наземных — после укладки и обвалования; надземных — после укладки и крепления их на опорах (СНиП III-Д. 10—72).

Очистка полости трубопровода выполняется следующими способами:

- продувкой с пропуском очистных поршней под давлением сжатого воздуха или природного газа;

- продувкой скоростным потоком воздуха или газа без применения поршней;

- промывкой водой с пропуском эластичных поршней — разделителей.

Работы по продувке производятся специальной комиссией (состав указан выше) в соответствии с утвержденной инструкцией, которая предусматривает:

- разделение трубопровода на участки для продувки, границы которых привязываются к километровым или пикетным знакам;

- источники воздуха или газа, схему и конструкцию узлов подключения;

- способы продувки отдельных участков;

- места установки очистных поршней и выпуска их, конструкцию продувочных патрубков, углы подъема, поворота и способы анкеровки;

- порядок вытеснения воздуха при продувке газом и методику определения содержания кислорода в газозооной смеси с назначением ответственного за эту операцию;

- порядок проведения этапов продувки по участкам с указанием давления, длины ресиверов и продувочных плеч;

- методику одоризации воздуха или газа;

- число обходчиков, их расстановку по трассе и в зоне выпуска поршня;

- вид связи и ее схему с расположенным пунктом связи;

- местонахождение комиссии, ответственных членов комиссии за открытие и закрытие кранов (задвижек), руководителей групп по охране зоны выпуска поршней, газа, воздуха.

Продувка производится при давлении не менее $4-8 \text{ кг/см}^2$, а на сложных участках трассы — не более $10-12 \text{ кг/см}^2$.

Продувку, как правило, рекомендуется производить сразу же после укладки трубопровода в траншею, засыпки или обвалования его отдельными участками в границах линейной арматуры с применением эластичных поршней-разделителей на участках протяженностью не более 10 км со скоростью до 10 км/ч .

Трубопроводы диаметром до 219 мм разрешается продувать без пропуска очистных поршней. В этом случае загрязнение удаляется увеличением скорости потока и объема воздуха или

газа. Протяженность участков трубопровода, продуваемого без поршня, не должна превышать 5 км .

На болотах и обводненных участках после пропуска очистных поршней дополнительно следует пропустить эластичные разделители.

Продувка сжатым воздухом или газом делится на три этапа: подготовка участка к продувке, заполнение ресивера с предварительной проверкой его герметичности и пропуск очистного поршня или потока воздуха (газа).

При продувке природным газом расходуется большое его количество, что экономически нецелесообразно и создаются опасные условия при выполнении работ, ввиду его взрыво- и пожароопасных свойств, требующих специальных мер предосторожности. Поэтому рекомендуемым способом является продувка воздухом с применением поршней.

Схемы продувки воздухом и газом различны.

При продувке воздухом применяются две схемы:

- последовательная продувка в одном направлении от передвижных компрессоров с использованием ранее продутого участка, являющегося ресивером, от смонтированного на трубопроводе узла задвижки или крана;

- продувка из одного узла подключения компрессора к трубопроводу в обе стороны от задвижки или крана с поочередным использованием соседних участков — ресиверов трубопровода.

При продувке природным газом применяется последовательная продувка в одном направлении от коллектора газового промысла или от действующей соседней газовой магистрали с использованием ранее продутого участка трубопровода в качестве ресивера от очередного смонтированного крана на трубопроводе.

При продувке воздухом или газом трубопровод делится линейной запорной арматурой на два участка — ресивер ($I_{\text{рес}}$) и продувочное плечо (I_p). Ресивер соединяется с источником воздуха или газа временным монтажным узлом. В месте врезки узла, в тупик продувочного плеча трубопровода помещается поршень, а к выходному отверстию плеча с противоположного конца приваривается продувочный патрубок, который надежно анкерится против его вращения при продувке.

После заполнения ресивера воздухом до необходимого давления быстро открывают полностью кран (задвижку) и сжатый воздух, устремившись в продувочное плечо, увлекает с собой поршень. После выхода поршня из продувочного патрубка воздух продолжает пропускать до тех пор, пока выходящая струя станет чистой.

Объем запаса воздуха в ресивере для обеспечения качественной продувки рекомендуется в $6-12$ раз больше объема продувочного плеча.

При соотношении объемов продувочного плеча и ресивера $1:1$ надлежит руководствоваться следующим:

Условный диаметр трубопровода, мм
 Давление в ресивере, кг/см²: 200—400 500—800 1000—1400
 12—10 10—8 8—6

При продувке природным газом ввиду того, что газозвушная смесь обладает способностью взрываться при достижении пределов взрываемости (см. раздел I, гл. 1), необходимо перед продувкой освободить трубопровод от имеющегося в нем воздуха. Поэтому для вытеснения воздуха монтируется обводная линия, по которой газ поступает в продувочное плечо с давлением 0,5—1,0 кг/см². Вытеснение воздуха производится до тех пор, пока в газозвушной смеси содержание кислорода будет не более 2%.

Последующая продувка осуществляется по той же схеме, что и воздухом.

В закачиваемый в ресивер воздух или газ рекомендуется добавлять одорант. Для этого на узлах подключения монтируются установки для дозирования одоранта. Рекомендуемая норма одоризации этилмеркаптаном 50—80 г на 100 м³ воздуха или газа.

Продувку воздухом рекомендуется производить в двух направлениях от узла подключения, расположенного на стыке двух плечей трубопровода.

Для сокращения сроков строительства рекомендуется продувать одновременно несколько плечей (участков) по мере их готовности и наличия необходимого оборудования или источника получения газа.

При заполнении ресиверов воздухом компрессорные станции можно использовать, объединяя в группы, работающие на один коллектор, подключенный к ресиверу-трубопроводу.

Время заполнения ресивера $t_{рес}$, ч, длиной $L_{рес}$, км, до давления P , кг/см², определяется по формуле

$$t_{рес} = PL_{рес} t_{т} \quad (119)$$

где $t_{т}$ — время заполнения 1 км трубопровода до давления 1 кг/см², ч (табл. 178).

В случаях, когда из выпускного патрубка при выходе второго или третьего очистного поршня выносится вода из продуваемого участка, рекомендуется дополнительно пропустить метанольную пробку, перемещаемую перед поршнем ДЗК-РЭМ. Количество метанола в одной пробке принимается (в кг) 13—20% объема полости трубопровода. Например, для трубопровода диаметром 1020 мм протяженностью 10 км (объем 47,1 тыс. м³) потребуется метанола при норме 15% — 7,1 т (47100 × 0,15).

Природный газ для продувки используется из параллельного действующего газопровода подачей по временному шлейфу или из коллекторов газового месторождения при последовательной продувке плеч трубопровода по мере их готовности.

Таблица 178. Техническая характеристика компрессорных станций, используемых при продувке и испытании трубопроводов

Марка	База	Проектируемая емкость, м ³ /мин	Давление, кг/см ²	Пес., т	Время наполнения 1 км трубопровода до давления 1 кг/см ² , ч, для различных диаметров трубопроводов*									
					1400	1200	1000	800	700	500	400	300	250	200
ЗНФ-55	Тележка на пневмоколесном ходу	5,0	7	2,75	5,14	3,76	2,82	1,67	1,28	0,65	0,42	0,24	0,165	0,105
	То же	3,5	6	5,75	7,33	5,38	3,74	2,39	1,83	0,94	0,60	0,34	0,23	0,148
	→	10,0	6	5,6	2,57	1,88	1,31	0,84	0,64	0,33	0,21	0,12	0,082	0,052
	→	10,5	7	5,1	2,44	1,79	1,25	0,80	0,61	0,31	0,20	0,11	0,078	0,049
4НО/2а	Двухосный прицеп типа RSC	40,0	12		0,64	0,47	0,33	0,21	0,16	0,08	0,05	—	—	
АКС-8*	Тележка на пневмоходу	2,0	230	3,95	12,8	9,42	6,56	4,17	3,21	1,63	1,05	0,59	0,41	0,26
КС-100	Автоприцеп на базе ЧМЗ АП-55246	16,0	100	23,0	1,54	1,18	0,82	0,52	0,40	0,20	0,13	0,074	0,051	0,032
4НО/4	Двухосный прицеп типа RSC	18,0	80		1,40	1,05	0,73	0,47	0,36	0,18	0,12	0,066	0,045	0,029

* Применяется только для испытания коротких участков трубопровода.
 ** При продувке сжатым воздухом применяются передвижные компрессорные станции низкого давления.
 *** Цифры графа «Время наполнения», приведенные в таблице, resultat деления объема полости 1 км трубопровода, м³, на производительность компрессора, м³/ч.

Промывку трубопровода водой обычно совмещают с гидравлическим испытанием, которое преимущественно применяется на строительстве нефтепродуктопроводов. В этом случае эластичный разделитель перемещается по трубопроводу под давлением воды, закачиваемой для гидравлического испытания. Количество залитой воды впереди разделителя должно быть не менее 15% объема полости очищаемого участка трубопровода. Протяженность промываемых участков не должна быть более 30 км.

При продувке используют поршни типа ДЗК, эластичный манжетный разделитель РЭМ, поршень — разделитель ОПП с эластичными надувными герметическими элементами и продувочные поршни ОП (табл. 179).

Таблица 179. Техническая характеристика поршней ОП [22]

Условный диаметр трубопровода D_y , мм	Марка поршня	Размеры поршня, мм		Вес, кг
		диаметр	длина	
200	ОП-211	205	350	20
250	ОП-271	260	425	60
300	ОП-321	306	660	70
400	ОП-421	407	740	120
500	ОП-521	518	825	165
700	ОП-721	705	1090	250
800	СП-821	808	1190	450
1000	ОП-1021	1010	1150	600
1200	ОП-1221	1200	1300	810
1400	ОП-1421	1400	1500	1020
1400	ОП-1422	1436	2100	2170

Техническая характеристика разделителей ДЗК [22]

Условный диаметр трубопровода D_y , мм	Диаметр разделителя, мм	Вес сухого разделителя при длине, равной $2D_y$, кг
250	300	1,4
200	240	1,4
300	330	2,0
400	430	4,6
500	530	8,7
700	730	23,2
800	820	32,8
1000	1020	65,2

Специфические особенности техники безопасности при очистке полости трубопроводов:

очистка не должна производиться воздухом или газом при давлении более 12 кг/см^2 ;

зона оцепления по трассе должна быть в обе стороны от оси трубопровода не менее: по 50 м при продувке воздухом и по 100 м — при газе;

конец выходного патрубка должен располагаться в направлении, исключающем повреждение существующих вблизи зданий и сооружений, с учетом возможного вылета поршня на расстояние до 1000 м в секторе 60° , в зависимости от плотности его заправки, давления при продувке и чистоты полости трубопровода;

продувка запрещается в темное время суток;

при очистке полости трубопровода водой опасная зона в направлении продувочного патрубка устанавливается на расстоянии 100 м;

при продувке газом запрещается выпуск его вблизи населенных пунктов, промышленных предприятий, транспортных коммуникаций, отдельных строений и в лесной местности, а также необходимо учитывать при этом направление ветра при продувке во избежание загазованности данных объектов и территорий.

2. Способы испытания трубопроводов

Испытание на прочность и герметичность производится воздухом, газом или водой.

Работы по испытанию производятся специальной комиссией (состав указан выше) в соответствии с утвержденной инструкцией, в которой предусматривается:

распределение обязанностей между членами комиссии и места нахождения в период испытания;

схема расстановки постов охраны опасной зоны и места расположения телефонных аппаратов или радиостанций по трассе;

комплектование групп охраны, аварийных бригад и их оснащение инвентарными знаками сигналов предупреждения, оборудованием, механизмами и транспортными средствами;

методология проведения испытания с указанием источников получения необходимых ресурсов и количественной их потребности;

календарный почасовой график проведения испытаний и многое другое, что должно обеспечить качественное проведение испытания трубопровода (места отдыха и обогрева смен, вопросы питания, перемещения по трассе и т. п.).

Важными вопросами в период подготовки к испытаниям также являются:

своевременное оповещение местных организаций о сроках проведения испытаний и мерах предосторожности в зоне трассы трубопровода с просьбой широкого оповещения населения, через радиотрансляционные узлы в городах, районах, селах, колхозах; связь с местными органами ГАИ, ГО и пожарных депо в части их участия (в случае необходимости) в проводимых испытаниях;

привлечение актива из местного населения в помощь комиссии для успешного проведения предупредительных мероприятий по безопасному проведению испытания.

Способ испытания трубопроводов газом является весьма желательным ввиду взрывоопасности газа, которая усугубляется еще возможностью возникновения пожаров на трассе, а также в близлежащих населенных пунктах, лесах и т. д.

Гидравлический способ является наиболее безопасным, поэтому при положительной температуре паружного воздуха и наличии источников воды, его следует рекомендовать как обеспечивающий большую безопасность работ.

Испытания проводятся в две стадии: испытание на прочность под давлением, равным $P_{исп} = 1,1P_{раб}$. Во всех случаях испытательное давление должно быть не менее 10 кг/см^2 и превышать рабочее давление не менее чем на 5 кг/см^2 . Участки трубопроводов I категории подвергаются предварительному испытательному давлению $P_{исп} = 1,25P_{раб}$.

Испытание на герметичность производится после снижения давления с испытательного до рабочего — $P_{раб}$.

Подвергаемый испытанию участок трубопровода надежно и герметично отключается от смежных участков.

Испытание на прочность воздухом или природным газом производится в несколько приемов с осмотром трассы при давлениях, равных 0,3 и 0,6 от испытательного, а затем осуществляется подъем давления до $P_{исп}$. При осмотре трассы трубопровода подъем давления должен прекращаться.

При пневматическом испытании на герметичность давление в трубопроводе плавно снижается (не более $3 \text{ кг/см}^2/\text{ч}$) с испытательного до рабочего и выдерживается в течение 24 ч, для выравнивания температуры воздуха или газа с температурой грунта. После этого начинается испытание, которое длится не менее 24 ч.

Результаты испытаний участков II, III и IV категорий приведены в табл. 180.

Результаты испытаний на герметичность определяются с учетом изменения температуры газа и барометрического давления в начале и в конце испытания. Потеря давления в трубопроводе за время испытания определяется по формуле

$$\Delta P = 100 \left(1 - \frac{T_{нач} P_{кон}}{T_{кон} P_{нач}} \right), \quad (120)$$

где ΔP — величина падения давления, проц.; $T_{нач}$ — абсолютная температура газа или воздуха в начале испытания, °К; $T_{кон}$ — абсолютная температура газа или воздуха в конце испытания, °К;

$$P_{нач} = P_{нач}^6 + P_{нач}^м; \quad P_{кон} = P_{кон}^6 + P_{кон}^м, \quad (121)$$

Таблица 180. Результаты испытаний участков трубопроводов II, III и IV категории [2]

Наименование показателей	Способ испытания			
	гидравлический		пневматический	
	на прочность	на герметичность	на прочность	на герметичность
Давление	$P_{исп} = 1,1P_{раб}$	$P_{раб}$	$P_{исп} = 1,1P_{раб}$	$P_{раб}$
Продолжительность	Не менее 6 ч	В течение времени контрольного осмотра испытательного участка	Не менее 6 ч	Не менее 24 ч после снижения давления от $P_{исп}$ до $P_{раб}$ и выдержки в течение 24 ч
Допустимая величина падения давления (утечки)	Давление на манометрах (не менее двух) должно быть неизменяемым		$\Delta P < \frac{750}{D_y}$	$\Delta P < \frac{500}{D_y}$

где $P_{нач}^6$ — барометрическое давление в начале испытания, кг/см^2 ; $P_{кон}^6$ — то же, в конце испытания, кг/см^2 ; $P_{нач}^м$ — давление газа или воздуха по манометру в начале испытания, кг/см^2 ; $P_{кон}^м$ — то же, в конце испытания, кг/см^2 .

Герметичность трубопровода считается достаточной, когда падение давления в нем за 24 ч не превышает величины, рассчитанной по формуле

$$\Delta P < \frac{500}{D_y}. \quad (122)$$

Технология пневматического испытания воздухом или газом одинакова, за исключением при продувке газом, когда необходимо вытеснить воздух во избежание образования газовой смеси. Воздух вытесняется через свечу на конце участка.

Пневматическое испытание можно выполнять по двум схемам: в одну или в обе стороны от источника газа.

При гидравлическом испытании трубопровод также разделяют на участки и при помощи наполнительных агрегатов заполняют водой. Воздух из трубопровода удаляется через воздуховыпускные краны, которые устанавливают в наиболее высоких точках профиля.

Весь процесс гидравлического испытания подразделяется на 4 этапа: подготовка участка к испытанию; заполнение трубопровода водой; опрессовка трубопровода; удаление воды из трубопровода.

Испытание может производиться в одну сторону или в обе стороны от источника воды.

Удаление воды из трубопровода с применением поршня — разрезателей ДЗК или через спускные патрубки, врезанные в пониженных местах профиля трассы.

Перемещение поршня производится под давлением сжатого воздуха или природного газа со скоростью не более 15 км/ч.

Гидравлическое испытание трубопроводов, на которых неравнопроходная линейная арматура, разрешается производить до ее монтажа. В этом случае узлы арматуры испытываются отдельно и после удаления воды из трубопровода врезаются в него гарантийными стыками сварщиков.

Испытание надземных газопроводов гидравлическим способом запрещено ввиду излишних нагрузок на несущие конструкции опор трубопровода.

Объем воды и газа, потребный для заполнения трубопроводов при испытании, приведены в табл. 181.

Таблица 181. Объем воды и газа для заполнения 1 км трубопровода

Исходный диаметр трубопровода, мм	Объем полости 1 км трубопровода (вода), м³	Объем воздуха или газа (м³), необходимый для заполнения трубопровода при давлении, кг/см²				
		6	13	28	61	70
200	31	188	408	879	1915	2198
250	49	295	638	1375	2995	3437
300	71	424	919	1979	4313	4949
400	126	754	1633	3519	7662	8792
500	196	1178	2552	5496	11974	13741
700	385	2309	5001	10772	23467	26929
800	502	3014	6531	14067	30646	35168
1000	786	4710	10205	21980	47885	54950
1200	1130	6782	14695	31651	68954	79128
1400	1530	9232	20002	43081	93855	107702

В зависимости от вида испытания зоны оцепления назначают [2]:

Пневматическое воздухом или газом при диаметрах труб, мм	Расстояние от оси трубы, м
1200—1400	350
800—1000	250
500—700	200
Гидравлическое водой, для всех диаметров труб	50

Зона оцепления для незащищенного или уложенного на опоры трубопровода должна быть увеличена в 1,5 раза. Оцепление снижается только по указанию председателя рабочей комиссии.

Специфические особенности техники безопасности при испытании трубопроводов:

поднимать давление в трубопроводе при испытании на прочность рекомендуется плавно не более 3 кг/см²/ч по этапам 0,3 P_{исп}, затем 0,6 P_{исп} и до 1,0 P_{исп} с промежутками времени, потребного для обследования трассы трубопровода;

в период обхода трассы подъем давления в трубопроводе запрещается;

инвентарные узлы, подключенный к источникам воздуха, газа и воды должны быть испытаны на давление P_{исп} = 1,25 P_{раб};

сварку торцовых заглушек, патрубков, линейной арматуры и инвентарных узлов можно поручать только высококвалифицированным сварщикам, имеющим право на сварку магистральных трубопроводов;

для обнаружения дефектов при пневматическом испытании к воздуху или газу добавляется одоранд (в количестве 50—80 г на 100 м³ объема трубопровода);

при подъеме давления в трубопроводе обход трассы категорически запрещен.

3. Механизмы и приборы, применяемые при продувке и испытании трубопроводов

Для пневматического испытания воздухом применяются компрессорные станции высокого давления (см. табл. 178).

Для гидравлического испытания применяются наполнительные и опрессовочные агрегаты, техническая характеристика которых приведена в приложении 14.

Контрольно-измерительные приборы, применяемые при продувке и испытании, предназначены для замера давления, температуры и определения состава газовой смеси. Манометры измеряют давление воздуха, газа и воды; барометрами — атмосферное давление. Для измерения давления при испытании трубопроводов применяют приборы класса точности не ниже 0,2, а при продувке — не ниже 1,5.

Пружинные манометры с диаметром корпуса не менее 150 мм и шкалой на давление 1/3 испытательного применяют следующих типов: технические (МТ), контрольные (МК) и образцовые (МО).

Жидкостные манометры необходимы для замера низких давлений и применяются при аварийных работах. Барометры МД-49-2, МД-49-а используют при проведении испытаний пневматическим способом.

Температура воздуха или газа в трубопроводе при его испытании измеряется ртутным термометром типа ТЛ-4-1 с ценой де-

ления не более 0,1°C. Состав газовой смеси определяется переносными химическими газоанализаторами ГХ-3, ГХП-2 и ВТИ-2. Все применяемые приборы должны быть предварительно проверены и опломбированы.

Потребное количество основных механизмов и оборудования на одну комплексную колонну для продувки и испытания трубопровода:

Компрессорные станции низкого, среднего и высокого давления	3—6
Трубоукладчик	2—3
Очистные поршни и поршни-разделители	5+5
Сварочные агрегаты	2
Центраторы наружные	2
Машина для резки фасок	1
Инвентарные узлы подключений	3—5
Ацетиленовый генератор (в комплекте)	1
Наполнительный и опрессовочный агрегаты	2+2
Топливозаправщик	1
Трактор-тягач	1

Приведенное количество механизмов относится к трубопроводам диаметром 200—1400 мм. Марки механизмов и оборудования подбираются в зависимости от диаметра трубопровода и способа испытания.

VIII. ПРИЕМКА МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Общий порядок приемки в эксплуатацию законченных строительством объектов установлен СНиП III-A. 10—70 [32] и осуществляется в две стадии:

рабочими комиссиями заказчика — от генподрядчика; государственными приемочными комиссиями — от заказчика.

1. Порядок приемки объектов заказчиком от генподрядчика

Рабочие комиссии (РК) создаются заказчиком не более чем в недельный срок после получения письменного извещения генподрядчика о технической готовности строящегося объекта, подготовки его к комплексному опробованию и приемке в эксплуатацию.

Рабочие комиссии организуются в составе представителей заказчика (председатель комиссии), генподрядчика, субподрядных организаций, проектной организации, госгазтехинспекции, санитарного, пожарного и энергетического надзоров, а также представителей технической инспекции областного совета профсоюзов и от профсоюзной организации заказчика. При необходимости в состав РК дополнительно вводятся представители других заинтересованных организаций.

В составе РК могут быть созданы специализированные подкомиссии, например по сооружениям надземных и подводных переходов (мосты, дюкеры), радио и телефонной связи и др.

Рабочие комиссии имеют право и обязаны:

проверить готовность предъявленных к приемке законченных строительством объектов, а также соответствие проекту выполненных строительно-монтажных работ и их качество;

требовать проведения контрольных проверок и испытаний в случаях неуверенности в качестве примененных материалов, конструкций и выполненных работ.

Генподрядчик обязан своевременно подготовить и представить РК следующую документацию:

список организаций, участвовавших в строительстве с указанием выполненных работ;

комплект рабочих чертежей объекта, предъявленного к сдаче, с внесенными в них изменениями в процессе строительства;

акты промежуточной приемки ответственных инструкций и на все скрытые работы, журналы производства сварочных и изоляционных работ, паспорта и сертификаты на конструкции и материалы, протоколы лабораторных испытаний и заключения по физическим методам контроля сварных соединений;

акты на приемку траншей, оплетку и изоляцию труб, проверку сплошности изоляционных покрытий, укладку и засыпку трубопровода;

акты пооперационной проверки всех видов работ по сооружению дорожных, мостовых и дюкерных переходов;

акты на монтаж кабелей и воздушных линий связи, а также на монтаж электрозащиты и электродренаж трубопровода;

акты на очистку полости трубопровода и испытания на прочность и герметичность;

справки и другую необходимую техническую документацию по строительству трубопровода.

После рассмотрения и проверки всей предъявленной проектной и технической документации РК детально осматривает объект в натуре и устанавливает:

правильность осуществления проекта, соблюдение технических условий и норм на выполненные работы;

эффективность действия смонтированного оборудования, арматуры, приборов и установок;

наличие гарантированных источников энергии;

пригодность и готовность сооружений к нормальной эксплуатации.

Выявленные в процессе осмотра отступления от проекта и дефекты заносят в ведомость, которая прилагается к акту комиссии. В этой же ведомости указываются сроки устранения выявленных недостатков и ответственные исполнители.

На основе проверки с учетом недостатков и дефектов РК оценивает качество выполненных работ по видам и конструктивным элементам (отлично, хорошо, удовлетворительно), а также дает общую оценку качества строительства объекта в целом. Оценку качества скрытых работ и конструкций РК дает на основании заключений в актах промежуточных приемок и испытаний. Частичное наличие недостатков и дефектов в сооружениях объекта не дает права РК оценивать выполненные работы на «хорошо».

При наличии отдельных неудовлетворительных оценок объект не подлежит приемке и генподрядчик в установленные РК сроки обязан устранить дефекты и недостатки.

Если РК найдет возможным допустить объект к приемке в эксплуатацию, то в завершение ее работы составляются и оформляются подписями членов комиссии следующие документы:

акты готовности к приемке в эксплуатацию законченных строительством отдельных сооружений основного производственного назначения;

акты готовности установленного оборудования к комплексному опробыванию;

акты приемки в эксплуатацию отдельных вспомогательных зданий и сооружений, входящих в состав объекта, пускового комплекса или отдельной очереди;

сводное заключение и акт о готовности к приемке в эксплуатацию Государственной приемочной комиссией объекта в целом; к сводному акту заказчик прилагает справку об исполнении сводной сметы принимаемого в эксплуатацию объекта;

совместное письменное сообщение заказчика и генподрядчика, в вышестоящую инстанцию заказчика, о готовности объекта к эксплуатации и просьбу назначить Государственную приемочную комиссию. Составленные РК акты с приложением всей технической документации являются одновременно актами передачи объекта или его отдельных сооружений от генподрядчика заказчику.

Сводный акт РК составляется в трех экземплярах: для заказчика, генподрядчика и эксплуатирующей организации.

2. Порядок приемки объектов государственными приемочными комиссиями

Государственные приемочные комиссии (ГПК) назначают в зависимости от сметной стоимости и принадлежности объекта соответствующими советами министров союзных республик, министерствами и ведомствами СССР.

В состав ГПК включаются представители: ведомства, назначившего комиссию (председатель комиссии), заказчика, генподрядчика, генпроектировщика (главный инженер проекта), госгазтехинспекции, госпожнадзора, госсанинспекции, финансирующего банка, технической инспекции совета профсоюза и профсоюзной организации заказчика.

К участию в работе ГПК могут привлекаться эксперты по отдельным специальным вопросам, а также представители заинтересованных организаций, в том числе субподрядных и эксплуатационных организаций.

Заказчик представляет ГПК следующие документы:

акты рабочих комиссий на приемку основных производственных и вспомогательных сооружений;

утвержденную проектно-сметную документацию и справку об основных технико-экономических показателях принимаемого в эксплуатацию объекта, пускового комплекса или отдельной очереди;

перечень проектных и строительно-монтажных организаций участвовавших в проектировании и строительстве;

документы об отводе земельных участков;

акты геодезической разбивки и привязки трассы трубопровода к опорной триангуляционной сети;

данные о геологии и гидрогеологии, а также электротермические измерения и заключение о коррозионных свойствах грунтов; полный комплект исполнительных рабочих чертежей и всей технической документации по испытаниям, контролю качества и акты на скрытые работы;

справку об обеспеченности объекта эксплуатационными кадрами;

справку об обеспеченности объекта энергоресурсами; справку о произведенных затратах на строительство и подготовку к вводу объекта в эксплуатацию в сопоставлении с утвержденной сметной документацией;

справку заказчика и генподрядчика о фактической продолжительности строительства в сопоставлении с нормативной продолжительностью;

акты органов государственной газовой инспекции, пожарного, санитарного и энерготехнадзора о наличии специальных устройств и принадлежностей;

заключение технического инспектора совета профсоюза о возможности ввода объекта в эксплуатацию.

Государственная приемочная комиссия рассматривает и проверяет:

заключение рабочей комиссии о готовности объекта к приемке в эксплуатацию;

наличие и содержание актов на приемку отдельных сооружений, а также комплектность и достоверность представленной заказчиком документации;

соответствие предъявленного к приемке объекта утвержденному проекту и исполнительной документации;

качество работ и дает им соответствующие оценки; обеспечение необходимых эксплуатационных удобств, техники безопасности, производственной санитарии и противопожарных мероприятий.

Если ГПК пришла к выводу, что объект не подготовлен к вводу в эксплуатацию, составляется мотивированное заключение, которое направляется в ведомство, назначившее комиссию, и в копии передается заказчику и генподрядчику.

Если ГПК сочла возможным принять объект в эксплуатацию, то в завершение работы оформляется акт приемки, который должен содержать:

данные о выполнении постановления правительства или решения по принимаемому объекту и его установленной мощности;

краткую техническую характеристику сооружений объекта и технико-экономические показатели, соответствие их утвержденному проекту и допущенные отступления;

показатели об исполнении утвержденной сметы на строительство и фактических затрат заказчика на объект;

сведения о выполнении санитарных и противопожарных мероприятий, а также по охране труда и технике безопасности; оценку качества выполненных работ, установленного оборудования и объекта в целом;

заключение о готовности объекта и решение комиссии о приеме его в эксплуатацию.

Детализация сдачи-приемки законченного строительства и обязательные формы актов, составляемые при этом, приведены в СНиП III-A. 10—70 [32].

Акт ГПК по приемке промышленного объекта утверждается инстанцией, назначившей комиссию, в месячный срок со дня его подписания.