МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ
·ВНИИСТ·

ИНСТРУКЦИЯ

ПО БАЛЛАСТИРОВКЕ ТРУБОПРОВОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ

ВСН 180-85

Миннефтегазстрой

Москва 1985

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

·ВНИИСТ·

ИНСТРУКЦИЯ

ПО БАЛЛАСТИРОВКЕ ТРУБОПРОВОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ

ВСН 180-85

Миннефтегазстрой

Москва 1985

УДК 621.643.002.2.2(204.1)

Настоящая Инструкция по балластировке трубопроводов с использованием закрепленных грунтов разработана на основе проведения экспериментальных и теоретических исследований, выполненных ВНИИСТом, Уфимским нефтяным институтом и МИНХ и ГП им. И.М.Губкина.

При составлении Инструкции был обобщен опыт балластировки газопроводов Уренгой – Петровск и Уренгой – Новопсков строительно-монтажными организациями Главвостоктрубопроводстроя.

Инструкцию разработали: Н.П.Васильев (ВНИИСТ), Л.А. Бабин, Л.И.Быков, С.К.Рафиков, В.А.Ильин (Уфимский нефтяной институт), В.Л.Березин (МИНХиГП им. И.М.Губкина), Ф.В.Мухамедов, Р.М.Шакиров, Б.Ф.Бобрик, А.И.Лазин (Главвостоктрубопроводстрой).

Предназначается для работников проектных институтов Мингазпрома и строительных организаций, осуществляющих балластировку магистральных газонефтепроводов.

© Всесоюзный научно-исследовательский институт по строительству магистральных трубопроводов (ВНИИСТ), 1985

Министерство строительства предприятий нефтяной и газовой промышленности	Ведомственные строительные нормы	ВСН 180-85 Миннефтегазстрой
	Инструкция по балластировке трубопроводов с использованием закрепленных грунтов	Впервые

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Настоящая Инструкция распространяется на проектируемые вновь строящиеся и реконструируемые трубопроводы и ответвления от них с условным диаметром до 1400 мм (включительно) и избыточным давлением среды не выше 10 МПа, укладываемых подземно и в насыпях на обводненных и заболоченных участках с использованием технической мелиорации грунта.

I.2. В качестве пригруза используются минеральные грунты, улучшенные добавками вяжущих компонентов (тяжелые крекинг-остатки битумы и т.д. и активаторов (цемент, известь и т.д.). Эти грунты называются закрепленными грунтами. Они могут использоваться в виде балластных перемычек или в сочетании с железобетонными утяжелителями.

I.3. Балластировку трубопроводов закрепленным грунтом применяют на обводненных прямолинейных и криволинейных участках (периодически затапливаемые поймы рек, обводненные заболоченные участки при мощности торфяной залежи до 2,5 м и несущей способности грунта $>0{,}015$ МПа) при подземном, полузаглубленном и наземном способах прокладки как в летнее, так и в зимнее время.

I.4. Балластировку трубопроводов закрепленным грунтом можно применять в сочетании с утяжеляющими грузами и анкерными устройствами, в частности, на вертикальных вогнутых кривых, где необходима пригрузка для изгиба трубопроводов, и на выпуклых кривых, где требуется пригрузка для предотвращения выпирания труб из грунта.

I.5. При проведении изысканий трасс трубопроводов необходимо определять основные физико-механические характеристики грунтов подлежащих мелиорированию (удельный вес, влажность, гранулометрический состав, число и индекс пластичности, сжимаемость грунта, угол внутреннего трения и сцепление, величины набухания и размокаемости).

Внесена ВНИИСТом (отдел экспериментальных исследований)	Утверждена Миннефтегазстроем 10 сентября 1984 г.	Срок введения 1 июня 1985 г.

Если при изысканиях трубопроводов получены характеристики грунтов ,необходимые для расчета, разрешается недостающие характеристики принимать согласно данным предшествующих изысканий (для аналогичных грунтов) в данном районе. В этом случае принимаются минимальные значения плотности и удельного веса, а также угла внутреннего трения и сцепления, которые могут быть у данного вида грунта.

I.6. При балластировке трубопроводов закрепленным грунтом следует руководствоваться требованиями работ [I, 2, 3 , 4].

2. ВЯЖУЩЕЕ ДЛЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ (ВМТ) И СВОЙСТВА ЗАКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ

2.I. В качестве средства закрепления и стабилизации строительных свойств обводняемых минеральных грунтов применяется вяжущее ВМТ-Л, выпускаемое производственным объединением Башнефтехимзаводы Миннефтехимпрома.

2.2. Вяжущее ВМТ-Л готовится компаундированием 70-80% тяжелых нефтяных остатков (гудрон, крекинг-остаток, вакуумированный крекинг-остаток) и 20-30% легкого газойля деструктивных процессов (замедленного коксования, термокрекинга). Оно должно соответствовать требованиям Технических условий (ТУ 3830III7-8I), указанных в табл.I.

Таблица I

Наименование показателя	Значение показателя	ГОСТ или метод испытания
Вязкость условная при 50°С (не ниже), градусы условные	I0	ГОСТ 6258-52
Температура застывания (не выше), °С	0	ГОСТ 20287-74 Метод Б
Температура вспышки в открытом тигле, °С (не ниже)	I00	ГОСТ 4333-48
Массовая доля воды (не более), %	I	ГОСТ 2477-65

Рекомендуемый групповой углеводородный состав и соответствующие физико-химические свойства ВМТ-Л приведены в приложении I.

2.3. Упаковку, маркировку и ранение вяжущего ВМТ-Л выполняют по ГОСТ 2517-80 аналогично нефтяным жидким дорожным битумам. Транспортировку вяжущего ВМТ-Л производят железнодорожным и автомобильным транспортом.

Отпуск и прием вяжущего ВМТ-Л производят партиями. Партией считается любое количество вяжущего, однородного по своим качественным показателям и сопровождаемого одним документом о качестве Качество поступающего вяжущего ВМТ-Л контролируют отбором проб в соответствии с ГОСТ 2517-80.

2.4. Для оценки возможности балластировки закреплением грунтов вяжущим ВМТ-Л, определения дозировки вяжущего, способа и параметров уплотнения устанавливаются физико-механические характеристики грунтов в соответствии с приложением 2.

Характеристики грунтов устанавливают по материалам инженерно-геологических изысканий, а в случае отсутствия или недостатка их - лабораторными испытаниями образцов, отобранных в соответствии с ГОСТ 12071-72.

2.5. Закреплению вяжущим ВМТ-Л подлежат (без специальных добавок) рыхлые минеральные грунты. Жирные глины, одноразмерные сыпучие барханные пески и пески средней крупности и крупные могут быть закреплены вяжущим ВМТ-Л в соответствии с указаниями СН 25-74 только при введении минеральных добавок (извести, цемента) или после улучшения гранулометрического состава.

2.6. Требования к физико-механическим показателям закрепленных минеральных грунтов при балластировке разработаны с учетом норм по закреплению грунтов в дорожном, аэродромном и промышленном строительстве и специфики трубопроводного строительства и приведены в табл.2.

2.7. Дозировка вяжущего ВМТ-Л для закрепления грунта при балластировке зависит от вида, влажности и состояния грунта.

2.8. Для суглинков дозировка вяжущего, определенная с учетом зависимости прочности на сжатие, водонасыщения и сопротивления по перечным перемещениям (коэффициента увеличения балластирующей способности) (рис. 1), составляет 6% по массе сухого грунта при исходных влажностях, близких к оптимальным. Значения оптимальных влажностей для различных грунтов приведены в приложении 3

Если исходные влажности отличаются от оптимальных в большую или меньшую сторону на 40% и более, допускается увеличение дозировки вяжущего до 8% (при достаточном технико-экономическом обосновании) для улучшения условий перемешивания и уплотнения смеси.

Таблица 2

Показатель	Значение	ГОСТ или метод испытания
Предел прочности при сжатии неводонасыщенных образцов ударного изготовления при 20°С, МПа	Не менее $\frac{0,3}{0,6}$ [x]	Стандартная методика СоюздорНИИ, СН 25-74
Предел прочности при изгибе неводонасыщенных образцов-балочек, полученных уплотнением при давлении 15-20 МПа и при 20°С, МПа	Не менее 0,1	То же
Набухание, %	Не более $\frac{2}{12}$ [x]	"
Капиллярное водонасыщение, %	Не более $\frac{4}{14}$ [x]	"
Коэффициент морозостойкости для образцов оптимального уплотнения	Не менее 0,6	"
Модуль деформации закрепленных грунтов:		
уплотненных катками 15-20 МПа, МПа	20-60	Методика Гидропроекта, ГОСТ 12248-66
уплотненных массой машин (до 0,09 МПа), МПа	1-5	
Угол внутреннего трения при исходной влажности не более оптимальной, град	Не менее 23	ГОСТ 12248-66
Сцепление при исходной влажности не менее оптимальной, МПа	Не менее 0,05	ГОСТ 12248-66
Время размокаемости, мин	Полное отсутствие размокаемости	Прибор ПРГ, методика Гидропроекта

Примечания: 1. Показатели приведены для образцов влажного хранения в возрасте 7 сут, за исключением морозостойкости, определяемой в возрасте 28 сут. 2. Минимальные значения прочности на сжатие определены для образцов тяжелых супесей и суглинков, закрепленных 6% Н.Т-Л по массе скелета грунта и испытанных после 7 сут гидроизолированного хранения. 3. Минимальные значения углов внутреннего трения и сцепления определены для образцов суглинков, закрепленных 6-8% по массе Н.Т-Л, испытанных по способу медленного одноплоскостного среза при условной стабилизации осадки штампа (не более 0,02 мм за 12 ч). 4. Допускается определение величины и влажности набухания по методике Гидропроекта на приборе ПНГ. 5. [x]) Нижние пределы приведены для супесей, верхние для суглинков.

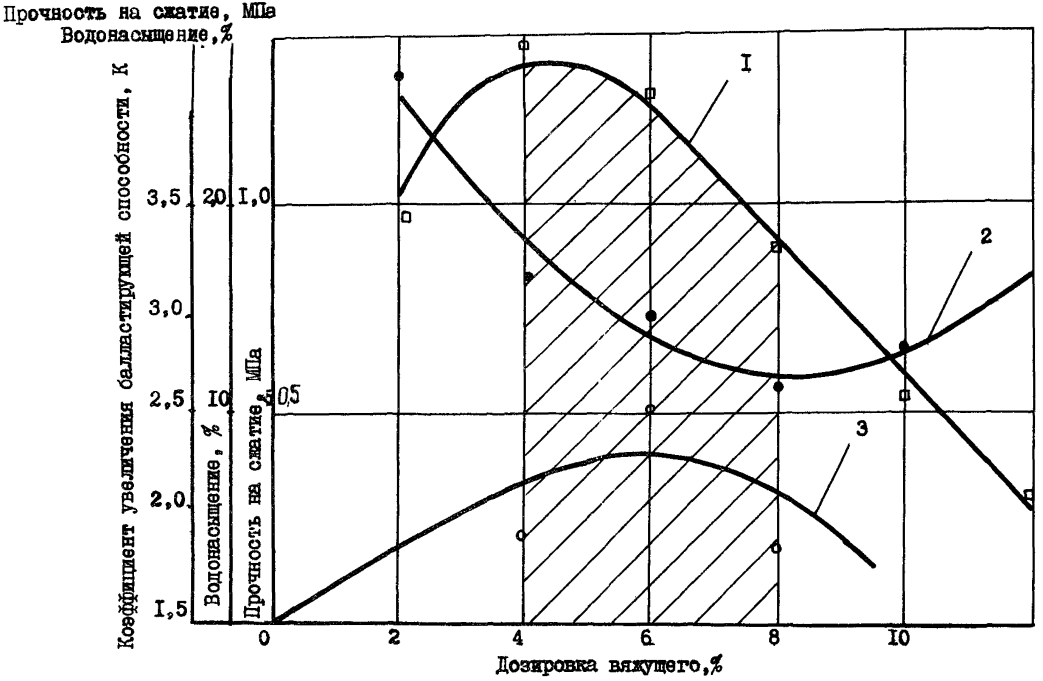

Рис.I. Выбор дозировки вяжущего ВМТ-Л:

I – прочность на сжатие; 2–водонасыщение; 3 – коэффициент усилия

2.9. Дозировка вяжущего ВМТ-Л для некоторых видов грунта и назначается и уточняется с учетом их свойств (табл.3 и 4).

2.10. Физико-механические характеристики для выполнения расчетов балластирующих перемычек из закрепленного грунта,, устойчивости трубопровода и строительного периода принимаются по табл.3 и 4.

3. КОНСТРУКЦИИ БАЛЛАСТНЫХ ПРИГРУЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ

3.1. Выбор конструкций балластных пригрузов с использованием закрепленных грунтов обусловливается:

схемой прокладки трубопровода;

мощностью торфяной залежи;

расположением участка трубопровода в плане и в профиле (наличием горизонтальных и вертикальных кривых);

методом и временем производства строительно-монтажных работ.

3.2. Выбор различных вариантов балластных пригрузов с использованием закрепленных грунтов (рис.2) зависит от вида и состояния грунта, а также от поперечного профиля и обводненности траншеи.

В зимнее время при проведении работ во избежание смешения ВМТ-Л с мерзлым грунтом необходимо предварительно разрыхлить минеральный грунт.

3.3. Конструкцию (рис.2,а) в виде расположенных с определенным шагом ℓ отдельных перемычек из закрепленного грунта следует применять для балластировки трубопровода во всех случаях, когда траншея во время производства работ свободна от воды (периодически заливаемые поймы рек (работа без водоотлива), короткие заболоченные участки с использованием водоотлива при мощности торфяной залежи, не превышающей глубины траншеи, протяженные заболоченные участки с торфяной залежью не превышающей глубины траншеи).

Длина участков определяется производительностью водотливной техники и прочностью трубы. Разделение на участки производится комбинированными балластными пригрузами, состоящими из группы утяжелителей типа УБО, засыпанных обычным минеральным грунтом.

Таблица 3

Показатель	Дозировка вяжущего по массе сухого грунта, %								
	4	6	8	4	6	8	4	6	8
	Суглинок тяжелый темно-бурый			Суглинок красный			Супесь тяжелая мелкая		
Предел прочности при сжатии неводонасыщенных образцов при 20°С и режимах хранения, МПа									
сухое хранение 28 сут	2,94	2,75	2,35	2,36	2,I4	I,95	I,70	0,93	0,55
7 сут.	2,05	I,69	I,32	I,20	I,00	0,50	I,09	0,67	0,44
влажное хранение 28 сут	I,32	I,28	0,90	0,86	0,79	0,73	0,68	0,50	0,36
7 сут.	0,50	0,42	0,35	0,32	0,25	0,20	0,42	0,35	0,28
Набухание, %	I6	I2	I0,2	I0,4	8,2	6,5	2,3	2,0	I,6
Капиллярное водонасыщение, %	I8	I4	I2	I2,2	I0,4	8,3	5,0	3,5	3,0
Плотность закрепленного грунта при уплотняющем давлении I5-20 МПа, г/см^3	I,93	I,94	I,90	2,08	2,06	2,02	2,I4	2,I0	2,08

Примечания: I. Исходные влажности при данных исследованиях приняты: суглинок тяжелый темно-бурый - 23%; суглинок красный - I6%; супесь тяжелая - I2%.

2. Морозостойкость суглинков обеспечивается в пределах 4-5 циклов замораживания-оттаивания при коэффициенте морозостойкости 0,6.

Таблица 4

Условия закрепления и хранения	Угол внутреннего трения, град	Сцепление, МПа	Модуль деформации, МПа	Плотность, г/см³	Изгибная прочность[x] (МПа) при дозировке ВМТ, %		
					4	6	8
Уплотняющее давление 0,09 МПа, дозировка продукта 6% по массе сухого грунта, 7 сут влажного хранения при исходных влажностях,%:							
I7	30	0,026	2,8	I,65	–	–	–
33	I3	0,036	I,9	I,83	–	–	–
Уплотняющее давление 0,20 МПа, дозировка продукта 8%, 7 сут влажного хранения при исходных влажностях грунта, %:							
I0	33	0,025	I,6	I,55	–	–	–
20	24	0,056	I,9	I,65	–	–	–
30	7	0,043	I,5	I,78			
40	5	0,028	I,0	I,85			
Уплотняющее давление I5 МПа, исходная влажность 23%, влажное хранение в течение:							
28 сут	–	–	–	I,93	0,22	0,I9	0,23
7 сут	23	0,065	–	I,93	0,20	0,II	0,I3
Уплотняющее давление 0,20 МПа, исходная влажность 23%, влажное хранение в течение:							
28 сут	–	–	–	I,68	0,I6	0,05	0,09
7 сут	–	–	–	I,68	0,I4	0,03	0,04

x) Регламентируется при уплотняющих давлениях 0,20 МПа и оптимальной влажности.

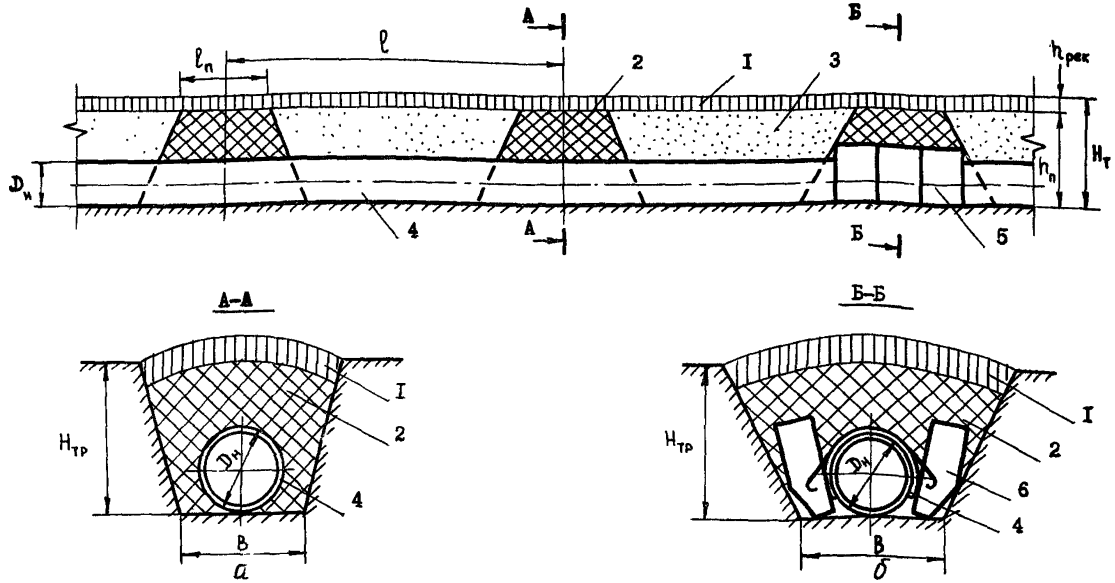

Рис.2. Конструкции балластных перемычек:

а-балластный пригруз из закрепленного грунта; б-комбинированный групповой метод балластировки; I-рекультивационный слой; 2-закрепленный грунт; 3-минеральный грунт; 4-трубопровод; 5-групповой пригруз УБО; 6-блок бетонный

3.4. Комбинированный балластный пригруз (рис.2,б), состоящий из грушы утяжелителей типа УБО и закрепленного грунта, следует применять с водоотливом при глубине воды в траншее, исключающей контакт укладываемой вяжущегрунтовой смеси с водой в процессе работы.

3.5. Параметры траншей при строительстве трубопроводов на пойменных и заболоченных участках определяется согласно СНиП III-8-76.

4. ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

4.I. Определение необходимой величины пригрузки на прямолинейных участках.

4.I.I. Согласно нормам [I] проверку против всплытия подводных трубопроводов на переходах через водные преграды и на обводненных участках производят по расчетным нагрузкам и воздействиям из условия

$$Б \geq K_м (K_{нв} \cdot q_в - q_{тр} - q_{доп}), \qquad (I)$$

где $Б$ – необходимая величина пригрузки (вес балласта под водой), приходящаяся на трубопровод длиной I м, Н/м;

$K_м$ – коэффициент безопасности по материалу, равный (для случая балластировки закрепленным грунтом) I,2;

$K_{нв}$ – коэффициент надежности при расчете устойчивости положения трубопровода против всплытия, равный (для пойм рек и периодически заливаемых участков I%-ной обеспеченности) I,05.

4.I.2. Расчетные нагрузки и воздействия определяются по формулам:

расчетная выталкивающая сила воды, действующая на трубопровод

$$q_в = \frac{\pi D_н^2}{4} \gamma_в ; \qquad (2)$$

расчетная масса заизолированного трубопровода в воздухе

$$q_{тр} = q_{св} + q_{из}, \qquad (3)$$

(дополнительная нагрузка на трубопровод $q_{усл}$ принимается равной нулю),

где $D_н$ – наружный диаметр заизолированного трубопровода;

$\gamma_в$ – удельный вес воды, равный 11.10^3 Н/м^3;

$q_{св}$ – собственный вес трубопровода;

$q_{из}$ – собственный вес изоляции.

4.2. Определение необходимой величины пригрузки на криволинейных участках.

4.2.1. Проверку против всплытия трубопроводов, прокладываемых криволинейных (в вертикальной плоскости) участках трассы, производят из условия

$$Б \geq K_м (K_{нв} \cdot q_в - q_{тр} - q_{доп} + Б_{изг} + Б_{пр.с}), \quad (4)$$

где $K_м$, $K_{н.в.}$, $q_в$, $q_{тр}$ и $q_{доп}$ имеют те же значения, что и в п.4.1.1, п.4.1.2;

$Б_{изг}$ – расчетная величина пригрузки (вес балласта под водой), необходимая для изгиба трубопровода по данной кривой дна траншеи, определяемая из условия прилегания трубопровода ко дну траншеи:

$$Б_{изг} = \frac{8}{g} \frac{EJ}{\beta^2 \rho^3}; \quad (5)$$

на вогнутых кривых

$$Б_{изг} = \frac{32}{g} \cdot \frac{EJ}{\beta^2 \rho^3}; \quad (6)$$

$Б_{пр.с}$ – расчетная величина пригрузки, необходимая для предотвращения подъема трубопровода на выпуклых в вертикальной плоскости криволинейных участках под воздействием продольных усилий, вызванных внутренним давлением и перепадом температур:

$$Б_{пр.с} = S/\rho. \quad (7)$$

В формулах (5), (6), (7) J – момент инерции поперечного сечения трубы; β – угол поворота трубопровода, рад; ρ – радиус упругого изгиба оси трубопровода; S – продольное усилие, равное

$$S = F(0{,}2 б_{кц} + \alpha_t E \Delta t), \quad (8)$$

где F – площадь поперечного сечения металла трубы;

α_t – коэффициент линейного расширения, равный для стали $1{,}2.10^{-5}$ 1/град;

Δt – перепад температур, принимаемый для подземных трубопроводов, равный $\pm 40^{\circ}$;

$\sigma_{кц}$ – кольцевые напряжения в трубе от действия внутреннего давления

$$\sigma_{кц} = \frac{p D_{вн}}{2\delta}. \qquad (9)$$

Здесь p – внутреннее давление в трубопроводе;
$D_{вн}$ – внутренний диаметр трубы;
δ – толщина стенки трубы.

4.2.2. Длина волны изгиба трубопровода на выпуклом участке определяется по формуле

$$L_1 = 3\beta\rho; \qquad (10)$$

на вогнутом участке

$$L_2 = \frac{3}{2}\beta\rho. \qquad (11)$$

4.3. Расчет удерживающей способности балластировочной перемычки

4.3.1. В качестве удерживающей способности одного погонного метра перемычки $P_{уд}$ принимается величина ее сопротивления поперечным вертикальным перемещениям трубопровода единичной длины P_c за вычетом архимедовой силы А:

$$P_{уд} = P_c - A. \qquad (12)$$

4.3.2. Сопротивление перемещениям P_c определяется в соответствии с расчетной схемой, представленной на рис.3. Оно состоит из двух слагаемых: массы грунта непосредственно над трубой $P_{гр}$ и результирующей силы сопротивления грунта сдвигу $P_{сдв}$ по двум плоскостям среза, проекции которых представлены на схеме отрезками АВ и СД:

$$P_c = P_{гр} + P_{сдв}. \qquad (13)$$

4.3.3. Массу грунта над трубой $P_{гр}$ определяют как произведение объема грунта в пределах фигуры АВ СД над трубопроводом единичной длины на удельный вес закрепленного грунта:

$$P_{гр} = \left(D_н h_0 - \frac{\pi D_н^2}{8}\right)\gamma_{з\,гр}, \qquad (14)$$

$\gamma_{з\,гр}$ – удельный вес закрепленного грунта.

4.3.4. Величину $P_{сдв}$ находят из выражения

$$P_{сдв} = 2\tau_{ср} F_б, \qquad (15)$$

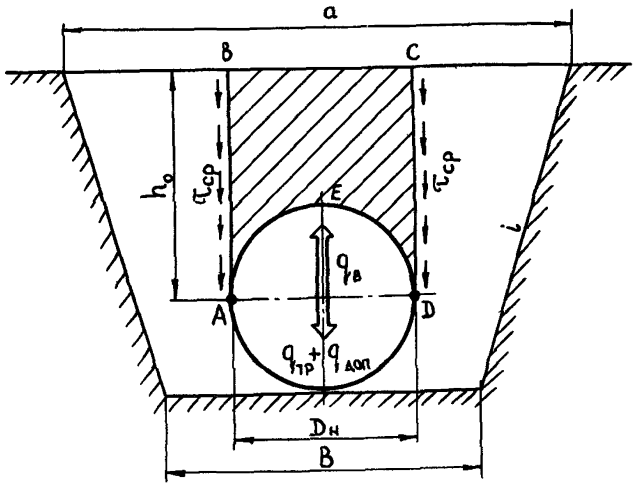

Рис.3. Расчетная схема для определения $P_{уд}$

где $\tau_{ср}$ - средние касательные напряжения по плоскостям среза:

$$\tau_{ср} = e_{акт} \, tg \varphi_{з\,гр} + C_{з\,гр}. \qquad (16)$$

(здесь $e_{акт}$ - активное давление грунта на уровне середины высоты h_0 ; $\varphi_{з\,гр}$ - угол внутреннего трения закрепленного грунта. $C_{з\,гр}$ - сцепление закрепленного грунта; F_δ - площадь плоскости среза перемычки единичной длины, численно равная h_0).

4.3.5. Значение $e_{акт}$ в начальной стадии закрепления, когда сцепление закрепленного грунта наименьшее, определяют по формуле

$$e_{акт} = \frac{\gamma_{з\,гр} h_0}{2} \, tg^2 \left(45° - \frac{\varphi_{з\,гр}}{2}\right). \qquad (17)$$

После завершения процесса закрепления, когда сцепление приобретает максимальное значение, $e_{акт}$ следует принимать равным нулю.

4.3.6. Архимедова сила находится как произведение объема гру

та в пределах АВСДЕ над трубопроводом единичной длины на удельный вес воды с учетом взвешенных минеральных частиц грунта:

$$A=\left(D_н h_0-\frac{\pi D_н^2}{8}\right)\gamma_в. \qquad (18)$$

4.3.7. Полная удерживающая способность перемычки равна произведению $P_{уд}$ на длину перемычки $\ell_п$.

4.4. Определение конструктивных размеров перемычек.

4.4.1. Высоту перемычки $h_п$ определяют глубиной траншеи $H_{тр}$ и высотой рекультивируемого слоя грунта $h_{рек}$ по формуле

$$h_п = H_{тр} - h_{рек}, \qquad (19)$$

4.4.2. Откосы перемычек $z_п$ назначаются равными I:I–I:I,25.

4.4.3. Длина перемычек должна удовлетворять технологическим требованиям, в соответствии с которыми желательно, чтобы вяжущее вещество, доставленное на трассу одним битумовозом, было использовано для приготовления грунтовой массы на одну перемычку. В этом случае отпадает необходимость в жестком контроле за расходом вяжущего и даже при неравномерном (по длине перемычки) поливе удается в конечном счете добиться нужной дозировки продукта по массе за счет более тщательного перемешивания грунта.

Исходя из этого масса сухого грунта в перемычке Q_c, подлежащая закреплению, будет равна при дозировке продукта

$$Q_c = \frac{M}{d}, \qquad (20)$$

где M – масса вяжущего в одном битумовозе.

Отсюда объем грунта V в перемычке, подлежащей закреплению, равен

$$V = \frac{Q_c}{\rho_c},$$

где ρ_c – плотность сухого грунта.

4.4.4. В соответствии с принятой конструкцией перемычки (см. рис.2) объем грунта V в ней определяется по формуле

$$V = F_{ср}\,\ell_п + 2V_з, \qquad (21)$$

где $F_{ср}$ – площадь поперечного сечения средней части перемычки, ограниченной длиной $\ell_п$ за вычетом поперечного сечения трубы;

V_{β} – объем грунта в откосе перемычки.

4.4.5. Площадь $F_{ср}$ определяют по формуле

$$F_{ср} = F_{п} - F_{тр}, \tag{22}$$

где $F_{п}$ – полная площадь поперечного сечения перемычки в траншее

$$F_{п} = \frac{a+b}{2} \cdot h_{п}, \tag{23}$$

$F_{тр}$ – площадь поперечного сечения трубы

$$F_{тр} = \frac{\pi D_{н}^{2}}{4}. \tag{24}$$

В формуле (23) a, b – ширина перемычки по верху и по низу соответственно

$$a = b + 2h_{п} i. \tag{25}$$

Величина b и откос траншеи i принимаются в соответствии со СНиП II-45-75 и СНиП III-42-80.

4.4.6. Объем V_{β} определяется как

$$V_{\beta} = \frac{1}{8 tg\alpha_{п}} \left(2h_{п}^{2} B - \pi D_{н}^{2}\right)\left(2h_{п} - D_{н}\right) + \frac{tg\alpha_{п}}{tg\alpha} h_{п}^{3}. \tag{26}$$

4.4.7. Из выражения (21) длина перемычки $l_{п}$ равна

$$l_{п} = \frac{V - 2V_{\beta}}{F_{ср}}. \tag{27}$$

4.4.8. Расстояние между перемычками l определяют для каждого прямолинейного и криволинейного участков отдельно из условия устойчивости трубопровода против всплытия по соответствующей необходимой величине пригрузки;

отсюда $$l Б = l_{п} P_{уд},$$

$$l = \frac{l_{п} P_{уд}}{Б}. \tag{28}$$

4.4.9. Трубопровод, балластируемый перемычками из закрепленного грунта с шагом l, следует проверить на прочность.

4.5. Расчет числа перемычек

4.5.1. Число перемычек на балластируемом отрезке трубопровода определяют как сумму частных от деления длин прямолинейных, криволинейных выпуклых и криволинейных вогнутых участков на

соответствующие им величины $\ell_{тр}$ плюс одна перемычка (в начале отрезка).

4.5.2. Если на прямолинейном участке последняя перемычка не попадает на границу с последующим криволинейным участком, число перемычек округляется в меньшую сторону до ближайшего целого, и очередная перемычка устраивается на расстоянии шага, определенного для данного криволинейного участка.

При переходе с криволинейного на прямолинейный участок число перемычек на криволинейном участке округляется в большую сторону.

4.5.3. Когда при расчете на всем балластируемом отрезке число перемычек получается дробным, его округляют в большую сторону до ближайшего целого.

4.6. Расчет потребности в вяжущем БМТ-Л.

Общую потребность в вяжущем Q определяют произведением числа перемычек на массу вещества, перевозимого за один рейс битумовоза М:

$$Q = Mn \tag{30}$$

4.7. Масса одной балластной перемычки в зависимости от степени обводненности траншеи может быть определена для наиболее часто встречающихся вариантов в следующем виде:

I расчетная схема $D_н - y_0 < H_в \leq D_н$,

$$P = 8EJy_0\beta^2, \tag{31}$$

II расчетная схема $H_в > D_н$

$$P = 2Б\left[C - \frac{C^3\beta^3 - 3C\beta - 3}{3\beta(C\beta+1)^3}\right], \tag{32}$$

III расчетная схема – трубопровод полностью вод водой

$$P = \sqrt[4]{384EJБ^3H_р} \tag{33}$$

Здесь $\beta = \sqrt[4]{\frac{Б}{4y_0EJ}}$ – характеристика трубопровода; (34)

EJ – жесткость трубопровода;

y_0 – высота выступающей части плавающего трубопровода над поверхностью воды, м;

$H_р$ – расчетная глубина, м;

$H_в$ – глубина воды в траншее, м;

C – расчетная длина изогнутого трубопровода, м.

4.8. При групповой установке грузы укладывают вплотную друг к другу, а их общее число на I км трубопровода должно соответствовать расчетному (требованиям проекта) с учетом массы грунта.

4.9. Основным фактором, ограничивающим число грузов в группе при балластировке трубопроводов, является прогиб трубопроводов.

4.I0. Для определения максимального числа грузов в группе необходимо задаться допустимым прогибом трубопровода.

Максимальный прогиб пригруженного трубопровода будет в середине свободного от грузов участка.

4.II. Предельную длину группы грузов определяют из уравнения (35)(при этом прогиб трубопровода ограничивается до I0 см)

$$\ell = \sqrt[4]{\frac{768EJy}{2q_2(K^4+4K^3+6K^2)+q_1(6K+2)}}, \qquad (35)$$

где E – модуль упругости материала трубопровода;

J – момент инерции трубопровода;

y – прогиб трубопровода;

q_2 – распределенная пригрузка, определяемая по формуле

$$q_2 = \gamma_в V_{тр} - q_{тр}, \qquad (36)$$

где $\gamma_в$ – плотность воды;

$V_{тр}$ – объем I м трубопровода в воздухе

$$q_1 = \frac{P}{b_{гр}} - q_2, \qquad (37)$$

где q_1 – пригрузка от балласта;

P – вес груза плюс вес грунта засыпки в воде;

$b_{гр}$ – ширина груза.

4.I2. Пример расчета конструктивных и технологических параметров балластировки пойменного участка газопровода приведен в приложении 4.

5. ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ РАБОТ

5.I. В основу технологии положена идея искусственного улучшения инженерно-геологических свойств слабонесущих минеральных

грунтов путем химического связывания их органическими веществами на основе недефектных продуктов углубленной нефтепереработки. Именно таким воздействием удается обеспечить требование СНиП П-45-75.

5.2. До начала балластировки трубопровода перемычками из закрепленного грунта:

балластируемый трубопровод должен быть уложен в траншею на проектные отметки, изоляционное покрытие проверено и в случае необходимости отремонтировано; должны быть проведены работы по предохранению изоляционного покрытия от механического повреждения (если они предусмотрены проектом); завезен вяжущий состав ВМТ; произведена разбивка и закрепление размеров перемычек на местности, проверена и подготовлена техника; в зоне работы звена подготовлен инвентарь, приспособления и средства для безопасного производства работ; получено письменное разрешение от заказчика на балластировку уложенного трубопровода.

5.3. Технология балластировки трубопроводов перемычками из закрепленного грунта в зависимости от сельскохозяйственного назначения земель включает следующие основные операции:

приготовление грунтовой смеси;

послойная укладка смеси;

послойное уплотнение смеси;

обратная рекультивация.

5.4. В зависимости от климатических, гидрогеологических условий и оснащенности подразделений строительной и специальной техникой используются несколько технологических схем балластировки трубопровода.

5.5. Если нет грунта, пригодного для закрепления, следует применять карьерный способ приготовления вяжущегрунтовой смеси (рис.4). Подготовленная смесь доставляется на трассу автосамосвалами и отсыпается в необходимом количестве на бровке траншеи с расчетным шагом в местах устройства перемычек.

5.6. Бригада по приготовлению грунтовой смеси карьерным способом состоит из 5 чел.: машиниста бульдозера (I), машиниста дорожной фрезы Д-530 (I), водителя автобитумовоза (2), машиниста одноковшового погрузчика Т-I57 (I).

5.7. Бригада оснащается следующими машинами и механизмами (табл.5).

5.8. Укладку закрепленной смеси, послойное уплотнение перемычки, засыпку трубопровода минеральным грунтом и рекультивацию производят бульдозером ДЗ-I9.

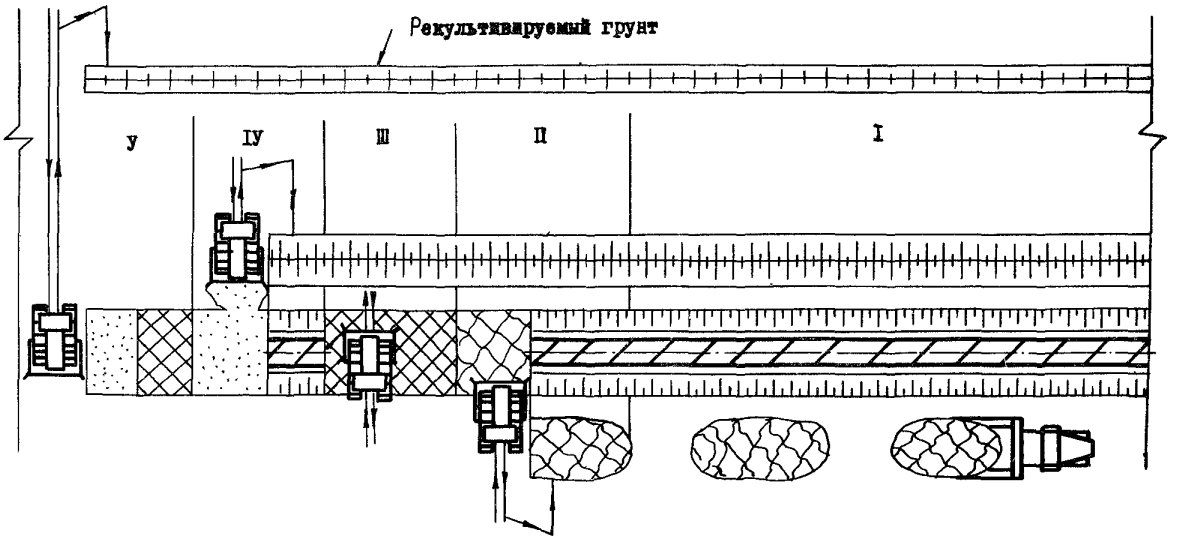

Рис.4. Технология балластировки закрепленным грунтом (схема I):

I–подвоз автосамосвалом закрепленного грунта из карьера: П–изготовление перемычки из закрепленного грунта; Ш–уплотнение перемычки из закрепленного грунта; IУ–засыпка траншеи минеральным грунтом; У–обратная рекультивация

Таблица 5

Машины и механизмы	Марка	Технологический процесс
Бульдозер	ДЗ-19	Разработка грунта
Дорожная фреза	Д-530	Измельчение и смешивание грунта с нефтебитумом
Автобитумовоз	ЗИЛ-131	Перевозка и введение нефтебитума в распределительную систему дорожной фрезы
Одноковшовый погрузчик	Т-157	Перемещение и погрузка готового нефтегрунта

5.9. При использовании отвала грунта из разработанной траншеи в зависимости от грунтовых условий и имеющейся техники рекомендуются технологические схемы согласно рис.5, 6 и 7. Отличием их от вышерассмотренной схемы является в основном процесс приготовления вяжущегрунтовой смеси (см. схемы I, II, III, IУ).

5.10. Наиболее перспективной, обеспечивающей высокую производительность, следует считать схему IУ (рис.7), согласно которой грунтовяжущая смесь подготавливается и укладывается в траншею с использованием траншеезасыпателя ТР-351 со специальным навесным оборудованием и битумовоза; остатки минерального грунта зачищают бульдозером, после чего производят его уплотнение машиной ДУ-12 и рекультивацию.

5.11. Для балластировки магистральных трубопроводов с использованием закрепленного грунта рекомендуется применять конструкцию утяжеляющего груза типа УБО (см.рис.2), представляющего собой два железобетонных блока со скосами, соединенных между собой. Скосы на блоках выполнены для охвата трубопровода грузами, что позволяет в большей степени использовать грунт засыпки траншеи с целью повышения величины балласта. При этом грузы типа УБО устанавливают групповым методом вплотную друг к другу, а их общее число на 1 км трубопровода должно соответствовать расчетному (требованиям проекта). Перечень машин и механизмов приведен в табл.6.

5.12. Технологию и организацию производства работ по групповой установке железобетонных грузов выполняют в соответствии с "Руководством по групповой установке утяжеляющих железобетонных

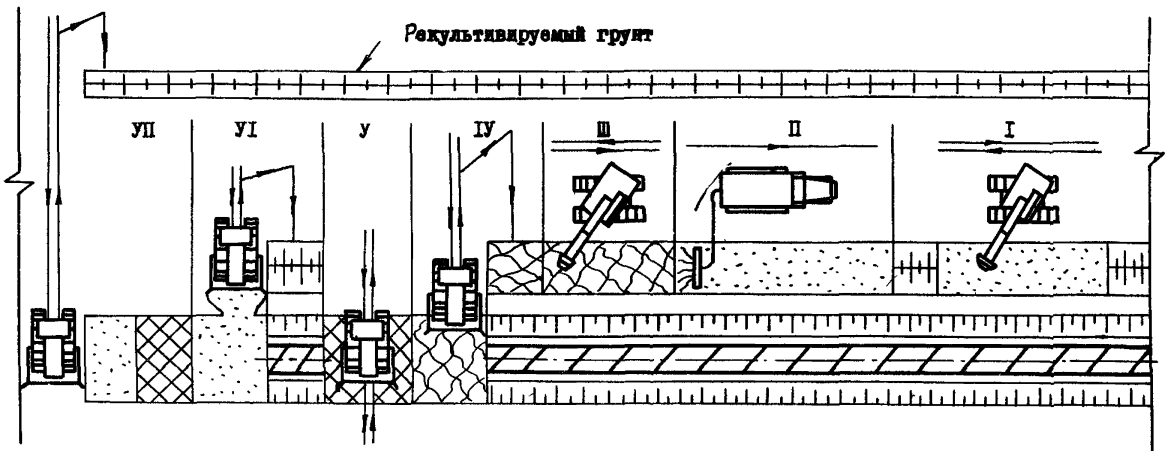

Рис.5. Технология балластировки закрепленным грунтом (схема П):

I-подготовка грунтового лотка; П-проливание минерального грунта вяжущим ВМТ; Ш-перемешивание минерального грунта с вяжущим ВМТ; IУ-изготовление перемычки из закрепленного грунта; У-уплотнение перемычки из закрепленного грунта; УI-засыпка траншеи минеральным грунтом; УП-обратная рекультивация

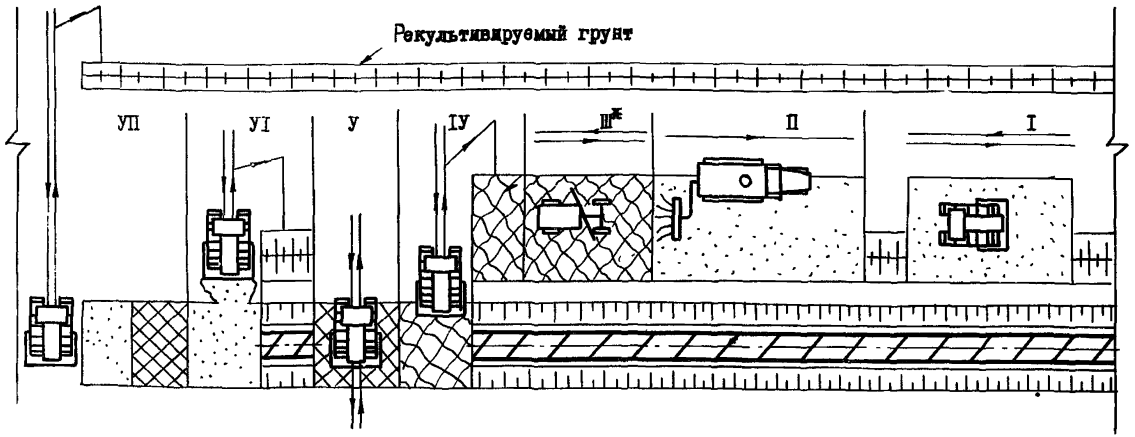

Рис.6. Технология балластировки закрепленным грунтом (схема Ш):

I-планировка отвала грунта в месте изготовления перемычки; П-проливание минерального грунта вяжущим ВМТ; Ш-перемешивание грейдером минерального грунта с вяжущим ВМТ; IУ-изготовление перемычки из закрепленного грунта; У-уплотнение перемычки из закрепленного грунта; УI-засыпка траншеи минеральным грунтом; УП-обратная рекультивация

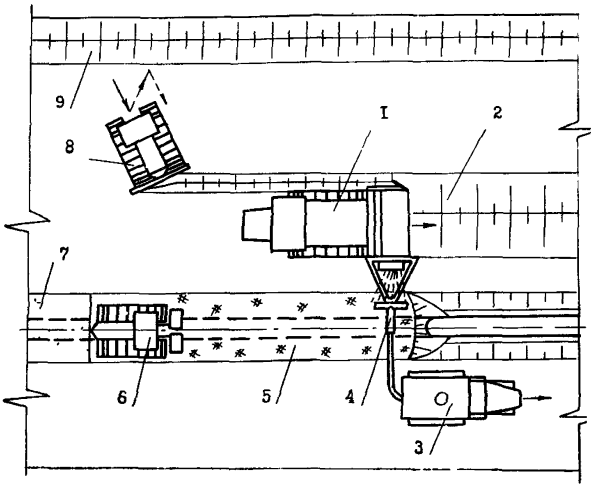

Рис.7. Технология балластировки трубопроводов минеральным грунтом в смеси с закрепителем БМТ-Л (схема IУ):
I-роторный траншеезасыпатель; 2-валик грунта; 3-автобитумовоз; 4-навесное устройство к траншеезасыпателю для внесения БМТ-Л в грунт; 5-перемычка из закрепленного грунта; 6-грунтоуплотняющая машина; 7-часть трубопровода, засыпанная обычным грунтом; 8-бульдозер; 9-валик из растительного слоя грунта

Таблица 6

Наименование	Число	Технологический процесс
Кран	I	*Навеска грузов*
Болотоснегоход	2	Доставка грузов
Понтон или пена	I	Установка крана
Бульдозер	I	*Перемещение крана*

грузов при балластировке магистральных трубопроводов"(Р 239-76).

5.I3. *Технико-экономическую эффективность балластировки* трубопроводов с использованием закрепленных грунтов можно проследить на примере газопровода Уренгой-Новопсков диаметром I220xI5,4 мм (*пойма реки* Белой) в расчете *на* I км (табл.7).

Таблица 7

Наименование показателей	Варианты	
	Проектный	Внедренный
Себестоимость строительно-монтажных работ, руб.	31489-38	7117-33
Трудозатраты, чел.-дн.	69,49	8,00
Затраты эксплуатации машин, маш/смена	23,10	16,92
Производительность, маш/смена	50	250

Общий фактический экономический эффект от внедрения предложенного метода балластировки составил на 1981-1982 гг. 1,08 млн. руб., или в расчете на 1 км трубопровода 40,9 тыс.руб.

6. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАБОТ

6.1. Контроль качества балластировки трубопровода закрепленными грунтами заключается в систематическом наблюдении и проверке соответствия выполняемых работ проектной документации и требованиям СНиП П-45-75 и СНиП Ш-42-80.

6.2. Контроль качества работ должен производиться силами самой выполняющей работы строительной организации и включать текущее наблюдение за соблюдением технологии и качества балластировки трубопровода закрепленными грунтами.

6.3. В процессе приготовления вяжущегрунтовой смеси следует контролировать качество разрыхления грунта и его перемешивания с вяжущим продуктом, дозировку вяжущего ВМТ.

6.4. В процессе производства работ по балластировке трубопровода контролируются геометрические размеры перемычек в плане, продольном и поперечном профилях, степень уплотнения, расстояние между перемычками, а визуальным осмотром - тщательность уплотнения уложенной вяжущегрунтовой смеси.

7. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

7.I. При балластировке трубопроводов с использованием закрепленных грунтов следует руководствоваться требованиями техники безопасности и санитарии, изложенными в следующих документах:

СНиП Ш-4-80 "Техника безопасности в строительстве" (М.,Стройиздат, I980);

"Правилами техники безопасности при строительстве магистральных трубопроводов" (М., Недра, I982);

"Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов" (М., Недра, I970).

7.2. К выполнению работ по балластировке трубопровода нефтегрунтом могут быть допущены рабочие, достигшие I8 лет, прошедшие медицинское освидетельствование и инструктаж по технике безопасности и санитарии.

7.3. До начала работ необходимо обучить рабочих, занятых на балластировке, безопасным методам и приемам работ. По окончании обучения рабочим выдается удостоверение на право производства работ.

7.4. В звене, занятом на балластировке трубопровода, назначается старший, распоряжения которого обязательны для остальных членов звена.

7.5. Во время работы по балластировке трубопровода нефтегрунтом машинист бульдозера должен следить за состоянием бермы траншеи и прекратить работу даже при незначительном ее обрушении.

7.6. Нефтепродукты, применяемые для приготовления грунтовой смеси, не содержит вредных токсических веществ, влияющих на здоровье обслуживающего персонала.

7.7. При работе с закрепителем грунтов необходимо применять индивидуальные средства защиты (спецодежда, спецобувь) согласно типовым отраслевым нормам, утвержденным Госкомитетом Совета Министров СССР по труду и социальным вопросам и Президиумом ВЦСПС.

7.8. Хранить закрепитель грунтов необходимо в закрытых емкостях. При вскрытии тары нельзя пользоваться инструментом, дающим при ударе искру.

7.9. Машины и механизмы, используемые при приготовлении грунтовой смеси и ее засыпке в траншею, должны быть оборудованы огнетушителями.

7.10. Требования техники безопасности при установке грузов типа УБО изложены в "Типовой технологической карте на балластировку магистральных трубопроводов диаметром 1420 мм утяжелителями УБО-1". М., НИПИЭСУнефтегазстрой, 1978.

П Р И Л О Ж Е Н И Я

Приложение I
Рекомендуемое

РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ГРУППОВОЙ УГЛЕВОДОРОДНЫЙ СОСТАВ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЯЖУЩЕГО ВМТ-Л

Показатель	Значения
Групповой углеводородный состав:	
парафино-нафтеновые, мас.%	I9,84
олефиновые, мас.%	3,28
ароматические, %	5I,40
смолы %	I7,60
асфальтены %	7,88
Плотность, кг/м^3	98I,6
Температура застывания, ^{o}C	-6
Вязкость условная, усл.град	
при 50°C, $ВУ_{50}$	I5,7
при I00^{o}C, $ВУ_{I00}$	2,6

Приложение 2
Рекомендуемое

ПЕРЕЧЕНЬ ИСХОДНЫХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ И СТАНДАРТОВ НА ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Показатель	ГОСТ или методика испытания	Основной прибор
Плотность и удельный вес в естественном состоянии	ГОСТ 5182-78	Режущие кольца, стандартная воронка
Естественная и гигроскопическая влажность	ГОСТ 5180-75	Сушильный шкаф
Гранулометрический состав	ГОСТ 12536-79	Набор сит, прибор Сабанина
Число пластичности и индекс пластичности	ГОСТ 5183-77	Конус КОН-1
Угол внутреннего трения и сцепление	ГОСТ 12248-78 Методика Гидропроекта	ГТП-30
Сжимаемость грунта	То же	К-III, КПр-I
Величина набухания	Методика Гидропроекта	ПНГ
Время размокаемости	То же	ПРГ
Содержание органических остатков и гумусовых включений	"	-
Определение pH грунта	ГОСТ 9.015-74	pH-метр
Оптимальная влажность и максимальная плотность	Методика СоюздорНИИ	Прибор стандартного уплотнения
Показатель просадочности (для просадочных грунтов)	СНиП II-15-75	-

Приложение 3
Рекомендуемое

ЗНАЧЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ВЛАЖНОСТЕЙ ГРУНТОВ

Вид грунта	Оптимальная влажность, %
Крупнообломочные грунты:	
щебенистые	3-5
дресвяные	5-7
Пески:	
гравелистые	4-6
крупные	6-8
средней крупности	7-9
Пески мелкие, разноразмерные и пылеватые, мелкие одномерные	8-10
Супеси	8-14
Суглинки легкие	12-16
Суглинки тяжелые	16-22
Глины	18-26

Приложение 4
Рекомендуемое

ПРИМЕР РАСЧЕТА КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БАЛЛАСТИРОВКИ ПОЛИМЕННОГО УЧАСТКА ГАЗОПРОВОДА ДИАМЕТРОМ 1220 х 14,5 мм

Исходные данные к расчету: $D_{вн}$ = 1,191 м, δ =14,5·10^{-3}м, F = 0,549 м^2, J = 6,631.10^{-3} м^4, p = 6,4 МПа, E=2,1.10^5 МПа, $\gamma_в$ = 11.10^3 Н/м^3, $\gamma_{з.гр}$= 18,3.10^3 Н/м^3, $\varphi_{з.гр}$= 13°14, $C_{з.гр}$ =0,026 МПа, $K_п$ = 0,2.

Величина необходимой пригрузки Б при $K_{н.в}$=1,05, $q_в$ =13128 Н/м, $q_{тр}$= 4357 Н/м и $q_{доп}$= 0 определяется по формуле (1) (Б ≥ 11313Н/м).

На выпуклом участке с $\rho_{вып}$= 2500 м $\beta_{вып}$ = 1°20' и вогнутом участке с $\rho_{вогн}$= 2000 м, $\beta_{вогн}$= 2°20' расчетные величины пригрузки, необходимой для изгиба трубопровода, равны 146 и 370 Н/м, а длины волн изгиба составили 175 и 122 м соответственно.

Расчетную величину пригрузки для компенсации продольных усилий S = 8,42.10^6 Н на выпуклых участках трассы определяют из выражения (7) - Б$_{пр.с}$=3,368.10^3 Н/м. Окончательно имеем на выпуклых участках трассы Б ≥ 15530 Н/м, на вогнутых - Б ≥11757 Н/м.

Расчет удерживающей способности балластировочной перемычки произведем при $H_{тр}$ = 2,7 м и откосах стенок i = 1:0,5, $P_{гр}$ = 26,9.10^3 Н/м, $\ell_{акт}$= 8,97.10^3 Н/м^2, $\tau_{ср}$ = 7,31.10^3 Н/м^2, $P_{сдв}$ = 24,71.10^3 Н/м, P_c = 51,61.10^3 Н/м, A = 16,17.10^3 Н/м. Таким образом, в соответствии с зависимостью (12), $P_{уд}$=35,44.10^3 Н/м.

Длину одной перемычки $\ell_п$ рассчитывают из условия, что количество вяжущего БМТ, завезенного на трассу двумя битумовозами вместимостью по 4 т каждый, расходуется на изготовление одной перемычки с дозировкой 6% по массе грунта. Тогда Q_c по формуле (20) равно 133,33 т, V = 88,89 м^3. Учитывая принятые откосы перемычек, $i_п$ = 1:0,5, $F_п$ = 6,6 м^2, $F_{ср}$ = 5,43 м^2; объем $V_б$ по формуле (26) равен 5,39 м^3, откуда $\ell_п$ = 14,4 м.

Расстояние между перемычками ℓ по формуле (29) 45 м. Общее число перемычек на балластируемом прямолинейном участке протяженностью, например, 100 м , будет равно 22,2 шт. Округляя число перемычек в большую сторону до 23 и добавляя одну перемычку в начале балластируемого участка, окончательно имеем 24 перемычки. При этом потребность в вяжущем составит 192 т.

ЛИТЕРАТУРА

I. СНиП II-45-75 "Магистральные трубопроводы. Нормы проектирования".. М., Стройиздат, 1975.

2. СНиП III-42-80 "Магистральные трубопроводы. Правила производства и приемки работ". М., Стройиздат, 1980.

3. Указания по балластировке грунтом стальных трубопроводов, прокладываемых на обводненных участках. ВСН I-3I-7I Мингазпром . М.,ВНИИСТ, 1971.

4. СНиП III-4-80 "Техника безопасности в строительстве. Правила производства и приемки работ". М., Стройиздат, 1980.

5. СНиП III-8-76 "Земляные сооружения. Правила производства и приемки работ". М., Стройиздат, 1976.

6. Правила техники безопасности при строительстве магистральных стальных трубопроводов. М., Недра , 1982.

7. Руководство по балластировке трубопроводов с использованием закрепленных грунтов Р 435-8I. М., ВНИИСТ, 1982.

СОДЕРЖАНИЕ

I. Общие положения 3
2. Вяжущее для магистральных трубопроводов (ВМТ) и свойства закрепленных грунтов 4
3. Конструкции балластных пригрузов с использованием закрепленных грунтов 8
4. Основные расчетные положения I2
5. Организация и технология работ I9
6. Контроль качества работ 26
7. Техника безопасности 27
Приложения 29
Литература 35

Инструкция
по балластировке трубопроводов
с использованием закрепленных грунтов

ВСН I80-85
Миннефтегазстрой

Издание ВНИИСТа

Редактор Ф.Д.Остаева
Корректор Г.Ф.Меликова
Технический редактор Т.В.Берешева

Подписано в печать I7/У I985г. Формат 60x84/I6
Печ.л. 2,25 Уч.-изд.л. I,8 Бум.л. I,I25
Тираж 800 экз. Цена I8 коп. Заказ 47

Ротапринт ВНИИСТа

gost.e-ecolog.ru