МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

ВНИИСТ

УФИМСКИЙ НЕФТЯНОЙ ИНСТИТУТ

МИНХ и ГП им. И.М. ГУБКИНА

ГЛАВВОСТОКТРУБОПРОВОДСТРОЯ

РУКОВОДСТВО

ПО БАЛЛАСТИРОВКЕ ТРУБОПРОВОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ

Р 435-81

Москва 1982

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.643.002.2:624.138 (083.74)

Настоящее "Руководство по балластировке трубопроводов с использованием закрепленных грунтов" выполнено по программе совместных работ ВНИИСТа, Уфимского нефтяного института и Главвостоктрубопроводстроя на основе экспериментальных и теоретических исследований, а также опытно-промышленных экспериментов, проведенных на объектах строительства Главвостоктрубопроводстроя.

Искусственное улучшение физико-механических свойств грунтов является одной из сторон решения сложной технической проблемы сооружения трубопроводов на слабонесущих грунтах, выдвинутой XXVI съездом КПСС в "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981 - 1985 годы и на период до 1990 года".

В разработке Руководства приняли участие:
д-р техн. наук Бабин Л.А., д-р техн. наук Березин В.Л., канд.техн. наук Васильев Н.П., канд. техн. наук Быков Л.И., инженеры Мухамедов Ф.В., Шакиров Р.М., Золочевский Ю.С., Бобрик Б.Ф., Рафиков С.К., Ильин В.А., Табаньков Б.А., Васильева М.П., Решетников А.Д., Галалова Н.В., Сахарцева И.К., Шумаев В.А.

Предложения и замечания просьба направлять по адресу: 105058, Москва, Окружной проезд, 19, ВНИИСТ

© Всесоюзный научно-исследовательский институт по строительству магистральных трубопроводов (ВНИИСТ), 1982

Министерство строительства предприятий нефтяной и газовой промышленности	Руководство по балластировке трубопроводов с использованием закрепленных грунтов	Р 435-81 Разработано впервые

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Настоящее Руководство распространяется на проектируемые, вновь строящиеся и реконструируемые трубопроводы и ответвления от них с условным диаметром до I400 мм (включительно) и избыточным давлением среды не выше I0 МПа, укладываемых подземно и в насыпях на обводненных и заболоченных участках, с использованием укрепленного грунта в качестве балластного покрытия.

I.2. В качестве пригруза, как конструктивного элемента в виде балластных перемычек или в сочетании с железобетонными утяжелителями, допускают минеральные грунты, улучшенные путем добавок к ним вяжущих компонентов (газовые кронштейн-остатки, битумы и т.д.) и активаторов (цемент, известь и т.д.). Грунты с использованием технической мелиорации называются закрепленными.

I.3. Балластировка трубопроводов закрепленным грунтом применяется на обводненных прямолинейных и криволинейных участках при подземном, полузаглубленном и наземном способах их прокладки как в летнее, так и в зимнее время.

I.4. Балластировку трубопроводов закрепленным грунтом можно применять в сочетании с утяжелительными грузами, седлами, сплошным обетонированием 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 необ-

Разработано ВНИИСТом, УНИ, МИНХиГП, Главвостоктрубопроводстроем	Утверждено ВНИИСТом I2 октября I98I г.	Срок введения I апреля I982 г.

ходимо определять основные физико-механические характеристики грунтов, подлежащих мелиорированию, а именно, плотность и объемную массу, влажность, гранулометрический состав, число и индекс пластичности, сжимаемость грунта, угол внутреннего трения и сцепление, величины набухания и размокаемости.

В тех случаях, когда при изысканиях трубопроводов не были получены все необходимые для расчета характеристики грунтов, разрешается недостающие характеристики принимать согласно данным предшествующих изысканий (для аналогичных грунтов) в данном районе.

В этом случае принимаются минимальные значения плотности и объемной массы, а также угла внутреннего трения и сцепления, которые могут быть у данного вида грунта.

1.6. При балластировке трубопроводов укрепленным грунтом следует руководствоваться требованиями существующих нормативных документов (СНиП II-45-75, СНиП II-42-80 и др.), а также настоящего Руководства.

2. ТРЕБОВАНИЯ К СВОЙСТВАМ ЗАКРЕПЛЯЕМЫХ ГРУНТОВ И К СРЕДСТВАМ ЗАКРЕПЛЕНИЯ

2.1. В зависимости от вида грунта, подлежащего закреплению, производится определение всех или некоторых исходных физико-механических свойств с целью оценки пригодности грунтов к закреплению крекинг-остатками переработки нефти, а также выбора закрепляющих материалов и проектирования состава компонентов.

2.2. В соответствии со стандартами на испытание грунтов, нормами и рекомендациями институтов Союздорнии, Гидропроект, НИИОСП и ВСЕГИНГЕО определяются следующие основные физико-механические характеристики грунтов (табл.1). Некоторые нормативные и расчетные исходные характеристики обычных грунтов приведены в приложении 1.

2.3. Физико-механические показатели закрепленных грунтов разработаны с учетом опыта поверхностного и глубинного закрепления грунтов органическими вяжущими в дорожном, аэродромном и промышленном строительстве и приводятся в табл.2.

Таблица I

Физико-механические свойства грунта	ГОСТ на испытание или методика испытания	Основной прибор
I. Плотность и объемная масса	ГОСТ 6182-64	Пикнометр
2. Естественная гидроскопическая влажность	ГОСТ 5 [illegible]-64 ГОСТ 5 180-64	Сушильный шкаф
3. Гранулометрический состав	ГОСТ I2536-67	Прибор Сабанина
4. Число пластичности и индекс пластичности	ГОСТ 5-183-64 ГОСТ 5-184-64	Конус КОН-I
5. Угол внутреннего трения и сцепление	ГОСТ I2248-66 Методика Гидропроекта	ГТП-30
6. Сжимаемость грунта	То же	К-Iм, КПр-I
7. Величина набухания	Методика Гидропроекта	ПНГ
8. Время размокаемости	То же	ПРГ
9. Содержание органических остатков и гумусовых включений	" "	-
I0. pH грунта	" "	pH-метр
II. Оптимальная влажность и максимальная плотность	Методика Союздорнии	Прибор стандартного уплотнения
I2. Показатель просадочности (для просадочных грунтов)	СНиП II-15-75	—

Примечание. В соответствии со стандартами на испытание грунтов показатели пунктов I, 2, 4, 5, 6 и I2 могут быть определены только для образцов с ненарушенной структурой и сохраненной естественной влажностью, отобранных в соответствии с нормами.

2.4. Прочность образцов при сжатии и изгибе или условий, описанных в пунктах I, 2 и 3 (табл.2), определяется по стандартной методике Союздорнии в соответствии с нормами СН 25-74.

2.5. Набухание и капиллярное водонасыщение грунтов в пунктах 4 и 5 определяются методом водонасыщения и взвешивания по СН 25-74. Допускается определение величины и влажности набухания по методике Гидропроекта на приборе ПНГ.

Таблица 2

Показатель физико-механических свойств	Значение
1. Предел прочности при сжатии неводонасыщенных образцов при 20°С, МПа	Не менее 0,3–0,6
2. Предел прочности на растяжение при изгибе неводонасыщенных образцов при 20°С, МПа,	Не менее 0,1
3. Набухание, об.%	Не более 6
4. Капиллярное водонасыщение, об.%	Не более 6–8
5. Коэффициент морозостойкости	Не менее 0,6
6. Модуль деформации закрепленного грунта, МПа	20–60
7. Время размокаемости	Не менее 7 сут
8. Угол внутреннего трения, град.	Не менее 25
9. Сцепление	0,05

Примечания. 1. Показатели даны для образцов, твердевших 7 сут., за исключением морозостойкости, определяемой в возрасте 20 сут.

2. Минимальное время размокаемости по пункту 6, равно 7 сут., определяется временем, необходимым для набора прочности грунтов до 70% от проектных.

2.6. Время размокаемости грунтов в пункте 6 определяется по методике Гидропроекта на приборе [illegible]

2.7. Углы внутреннего трения [illegible] определяются испытанием на одном и [illegible] для образцов с любой исходной влажностью и [illegible] условием, после хранения при любом режиме (влажном или сухом), в возрасте не менее 7 сут. Испытание проводится по способу медленного сдвига в условиях условной стабилизации осадки штампа (осадка не превышает 0,02 мм за 12 ч.).

2.8. Минимальные значения углов внутреннего трения и сцепления для суглинков, закрепленных модификацией продукта МТ-10 без добавки битума, определены для образцов влажного хранения в возрасте 7 сут.

2.9. В качестве средств закрепления и стабилизации строительных свойств грунтов в условиях обводненной местности рекомендуются модификации по содержанию тяжелых фракций продукта МТ-10, представляющего собой смесь зимнего и летнего базового компонента (смесь остатка термического крекинга и легкого газойля в соотношении 1:1 или 3:1) с 10% строительного битума БН-90/10. При этом добавление битума увеличивает прочность и водонасыщение закрепленных грунтов (рис.1).

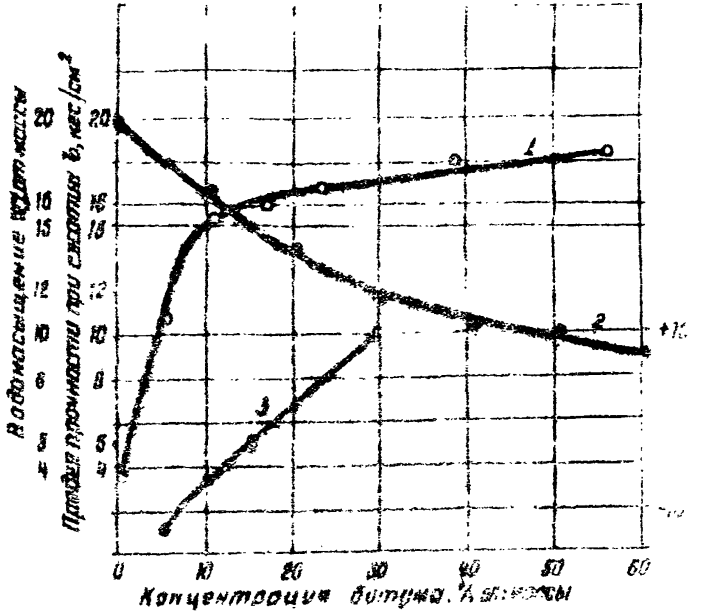

Рис.1. Зависимость прочности 1 и водонасыщения 2 нефтегрунтов от концентрации битума БН-90/10 в смеси 75% по массе крекинг-остатка в легком газойле компонента (срок хранения 20 сут)

2.10. Углеводородный состав и физико-химические свойства остатка термического крекинга легкого газойля и строительного битума БН-90/10 приведены в приложении 2.

2.II. Физико-химические свойства органического вяжущего МТ-10 в зимней и летней модификациях приведены в табл.3, а технологический регламент – в приложении 3.

Таблица 3

Физико-химические свойства	Модификация	
	летняя	зимняя
Соотношение крекинг-остатка и легкого газойля	3:I	I:I
Содержание битума, % от массы закрепителя	I0	I0
Плотность, кгс/м^3	94I	925
Групповой углеводородный состав, % от масс:		
парафино-нафтеновые	29,5	34,5
моноциклические ароматические	I0,6	II,6
бициклические ароматические	I6,3	I7,I
полициклические ароматические	I9,75	I8,9
смолы	I7,70	I2,[illegible]
асфальтены	6,97	5,3
карбены + карбоиды	0,I8	0,I
Температура застывания, °С	-6	-22
Температура вспышки, °С	I27	II0
Вязкость условная при 50°С, BY_{50}	I5,7	4,08
Содержание воды, % от массы	Следы	Следы

2.I2. Дозировка закрепленного состава зависит от вида, влажности и состояния [illegible] модификации [illegible]. Поэтому при назначении дозировки необходимо [illegible] данными экспериментальных исследований (рис.2-8).

2.I3. Модификация продукта МТ-10 (без добавки битума) может быть рекомендована только в сочетании с армирующей сеткой или в траншеях с крутыми или вертикальными стенками при возможности удаления воды из траншей в момент балластировки, а также как вынужденное средство при пониженных температурах. На рис.2 показана зависимость прочности на сжатие суглинка, закрепленного этим продуктом. Из графиков видно, что наибольшая прочность достигается при дозировке 5-6% по массе скелета

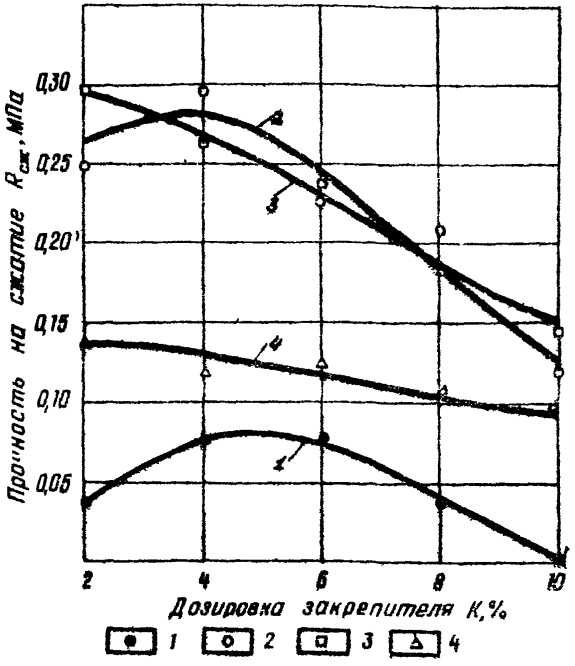

Рис.2. Зависимость прочности на сжатие образцов-цилиндров грунта от дозировки 80/20 без добавки битума при исходной влажности:

I - I0%; 2 - 20%; 3 - 25%; 4 - 30%

грунта. Характеристики сопротивления сдвигу суглинков, закрепленных продуктом 80/20, приведены на рис.3.

2.I4. При выборе дозировки других модификаций летнего продукта МТ-I0 (80/25 + 5% БН-90/I0 или 75/25 + I0% БН-90/I0), для закрепления суглинков критерий выбора дозировки в зависимости от исходной влажности и условия перемешивания остается в силе. Зависимость прочности [illegible] оптимальной влажности, [illegible] закрепления [illegible]

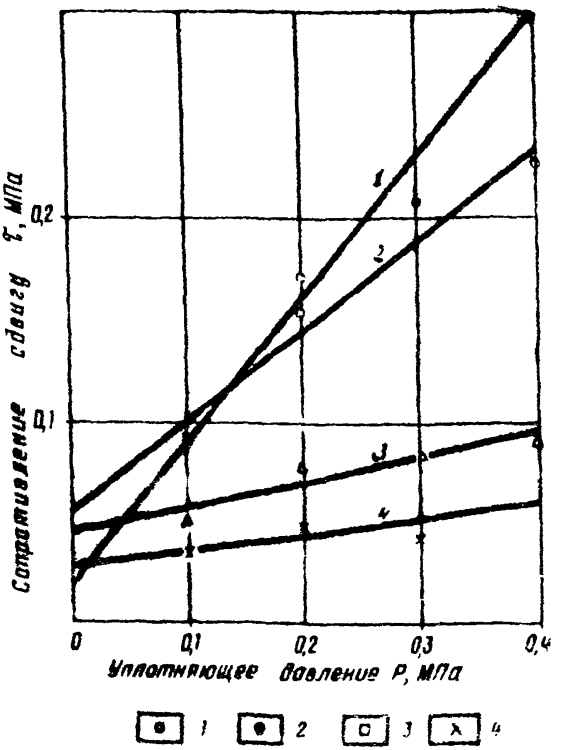

Рис.3. Сопротивление сдвигу грунта, закрепленного 8% по массе продукта МТ-10 80/20 при исходной влажности:
1 - 10%; 2 - 20%; 3 - 30%; 4 - 40%

МТ-10 80/20 + 5% БН 90/10 от дозировки, способ и режим хранения приведена на рис.4 и 5.

2.15. Для закрепления балластных грунтовых перемычек в условиях постоянного высокого горизонта почземных вод, на участках с высокой температурой рекомендуется применять летнюю модификацию продукта МТ-10 75/25 + 1% БН. Прочность на сжатие тяжелого суглинка, закрепленного этим продуктом, для различных условий и сроков твердения приведена на рис.6.

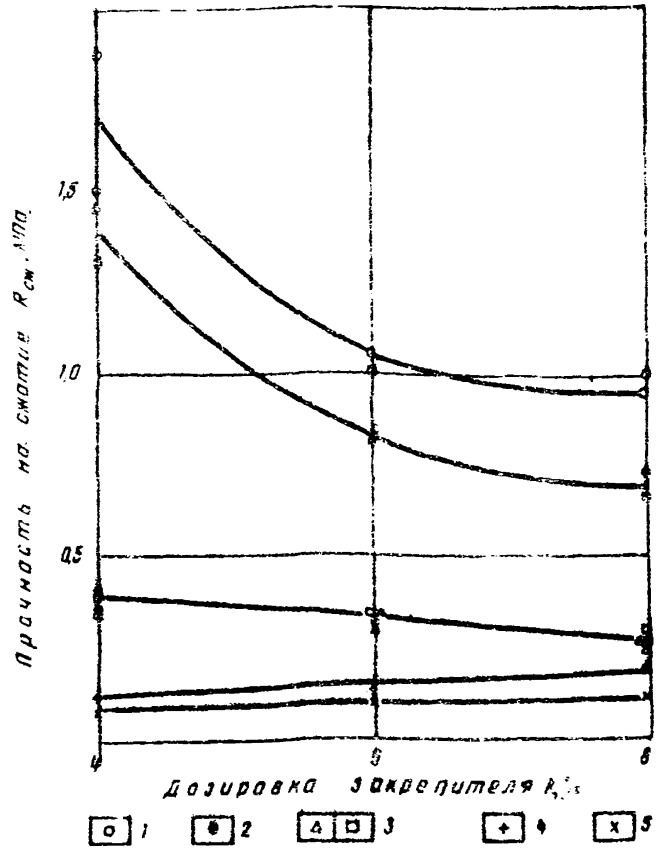

Рис.4. Зависимость прочности на сжатие от дозировки закрепителя (модификация МТ-10 80/20+5% БН-90/10):

1-28 сут сухого хранения, 15 МПа; 2- 7 сут сухого хранения, 15 МПа; 3- 28 сут влажного хранения, 15 МПа, 7 сут влажного хранения, 15 МПа; 4- 28 сут влажного хранения, 0,2 МПа; 5- 7 сут влажного хранения, 0,2 МПа

2.16. Прочность на сжатие тяжелой мелкой супеси с исходной влажностью 1,2%, закрепленной летней модификацией продукта МТ-10, приведена на рис.7. Для супесей при указанных влаж-

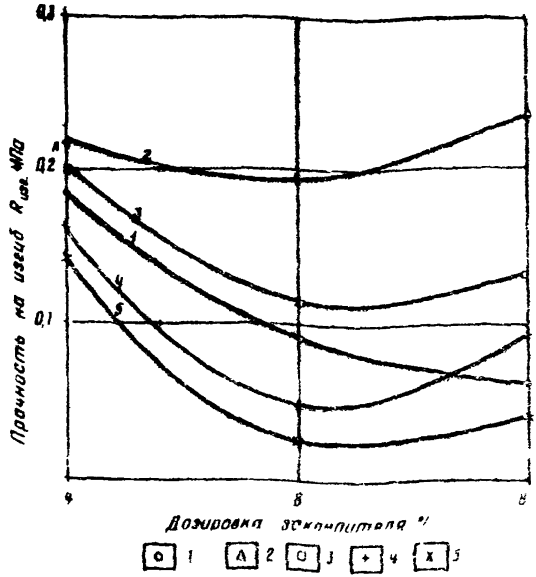

Рис.5. Зависимость прочности на изгиб от дозировки закрепителя (модификация МТ-10-80(20 + 5% ЕН-90/10):
1-7 сут сухого хранения, 15 МПа; 2 - 28 сут влажного хранения, 15 МПа; 3 - 7 сут влажного хранения, 15 МПа; 4 - 28 сут влажного хранения, 0,2 МПа; 5 - 7 сут влажного хранения, 0,2 МПа

ностях рекомендуется дозировка продукта не более 6-7% по массе скелета грунта.

2.17. Для экономии вяжущего и обеспечения большей прочности закрепленного грунта в условиях влажности, близкой к оптимальной, можно принимать дозировку вяжущего 4-7% по массе скелета грунта, при условии, что влажность в момент замешивания и уплотнения не менее 50% от верхней границы пластичности. В этом случае нижняя граница дозировки (4%) рекомендуется для супесей, верхняя (7%) - для тяжелых суглинков.

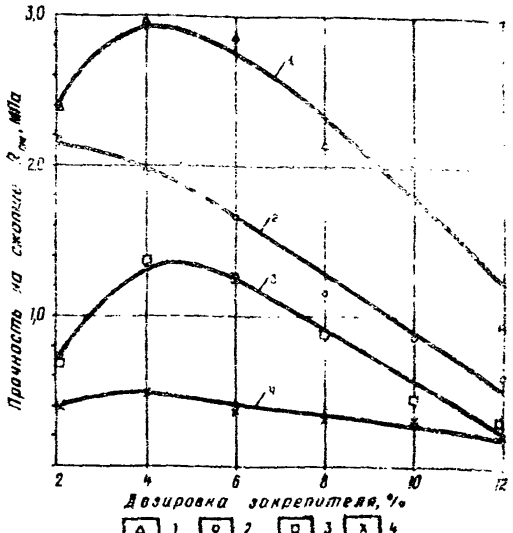

Рис.6. Прочность на сжатие тяжелого суглинка оптимальной влажности, закрепленного летней модификацией продукта 75/10 + 10% Бн-90/10 (МТ-10):

I – 28 сут сухого твердения; 2 – 7 сут сухого твердения; 3 – 28 сут влажного твердения; 4 – 7 сут влажного твердения

2.18. Водонасыщение и набухание суглинков и супесчаных грунтов, закрепленных продуктом МТ-10, приведены на рис.8.

3. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ БАЛЛАСТИРОВКИ ТРУБОПРОВОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ

3.1. Проверку против всплытия трубопроводов, прокладываемых на обводненных участках, следует проводить согласно СНиП П-45-75 по расчетным нагрузкам и воздействиям, из условия

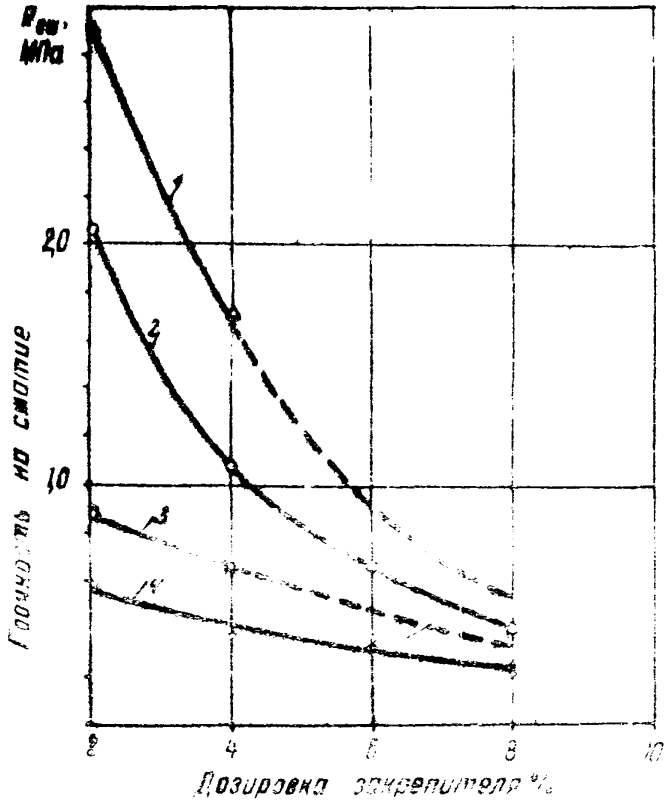

Рис.7. Прочность на сжатие тяжелой мелкой супеси оптимальной влажности, закрепленной продуктом ПТ-10:

I - 28 сут сухого твердения; 2 - 7 сут сухого твердения; 3 - 28 сут влажного твердения; 4 - 7 сут влажного твердения

$$Б \geq K_м \left[K_{н.в} \, q_в + Б_{изг} + Б_{пос} - q_{тр} - q_{доп} \right], \qquad (I)$$

где $Б$ - необходимая величина пригрузки, приходящаяся на единицу длины трубопровода, кгс/г;

$K_м$ - коэффициент безопасности по материалу при балластировке грунтом $K_м$ - I,2;

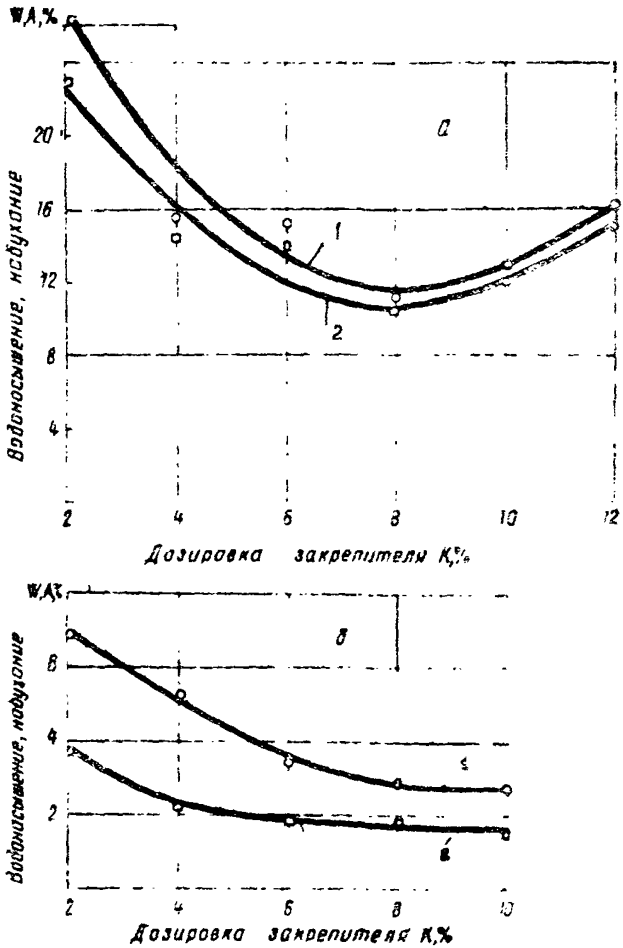

Рис.8. Водонасыщение и набухание грунтов, закрепленных продуктом МТ-10:

а - суглинок тяжелый; б - супесь тяжелая мелкая; I - водонасыщение W ; 2 - набухание А

$K_{н.в}$ – коэффициент влажности при расчете устойчивости положения трубопровода против всплытия, принимаемый для болот $K_{н.в} = 1,05$;

$q_в$ – расчетная выталкивающая сила воды, действующая на трубопровод (с учетом изоляции и футеровки), кгс/м:

$$q_в = Q_в Д_н^2 \gamma_в, \qquad (2)$$

где $Д_н$ – наружный диаметр трубы с учетом изоляционного покрытия и футеровки, м;

$\gamma_в$ – плотность воды с учетом растворенных в ней солей, кгс/м³;

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

$$Б_{изг} = \frac{8}{9} \frac{EJ}{\beta^2 \rho^2} \quad \text{(для выпуклых кривых)}; \qquad (3)$$

$$Б_{изг} = \frac{32}{9} \frac{EJ}{\beta^2 \rho^2} \quad \text{(для вогнутых кривых)} \qquad (4)$$

где J – момент инерции трубы на рассматриваемом участке;

β – угол поворота оси трубопровода, рад;

ρ – радиус упругого изгиба оси трубопровода, см;

$Б_{пас}$ – расчетная величина пригрузки (масса балласта под водой), необходимая для предотвращения подъема трубопровода на криволинейных участках в вертикальной плоскости под воздействием внутреннего давления и изменения температуры стенок труб, кгс/м:

$$Б_{пас} = \frac{S}{\rho}, \qquad (5)$$

где S – эквивалентное продольное осевое усилие, определяемое по формуле СНиП II-45-75;

$q_{доп}$ – расчетная масса продукта на воздухе, дополнительных обустройств в воде, а также оборудования в воде при транспортировании продукта с отрицательной температурой, кгс/м;

$q_{тр}$ – расчетная масса трубопровода (с учетом изоляции и футеровки) на воздухе, кгс/м;

$$q_{тр} = 0{,}0024666\,\delta(Д_н - \delta) + q_{из} + q_{фут}, \qquad (6)$$

где $Д_н$ – наружный диаметр трубопровода, м;

δ – толщина стенки трубопровода, м;

$q_{из}$ – вес изоляционного покрытия, кгс/м;

$q_{фут}$ – вес футеровочного покрытия, кгс/м.

Расчетный вес продукта на воздухе, кгс/м, определяют следующим образом:

а) для газопроводов

$$q_{газ} = n\,P\,Д^2_{вн}, \qquad (7)$$

б) для нефтепроводов

$$q_н = \gamma_н \frac{\pi Д^2_{вн}}{4}, \qquad (8)$$

где n – коэффициент перегрузки, принимаемый по таблице СНиП II-45-75;

P – нормативное давление газа, кгс/см^2;

$Д_{вн}$ – внутренний диаметр трубопровода, м;

$\gamma_н$ – объемный вес транспортируемой нефти или нефтепродуктов, кгс/м^3.

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

I расчетная схема $H_в \le Д_н$

$$P = 8EJy_0\beta^2; \qquad (9)$$

II расчетная схема

$$P = 2Б\left[C - \frac{C^3\beta^3 - 3C\beta - 3}{3\beta(C\beta+1)^3}\right]; \qquad (10)$$

II расчетная схема – трубопровод полностью под водой

$$P = \sqrt{384EJБ^3H_р}, \qquad (11)$$

здесь $\beta = \sqrt[4]{\frac{Б}{4y_0EJ}}$ – характеристика трубопровода; (12)

EJ – жесткость трубопровода;

$y_в$ – 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.

Расстояние между балластными перемычками

$$t = \frac{P - \gamma_в V}{B}, \qquad (13)$$

где V – объем перемычки, находящейся под водой, м^3.

4. БАЛЛАСТИРОВКА ТРУБОПРОВОДОВ ПЕРЕМЫЧКАМИ ИЗ ЗАКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ

4.1. В зависимости от вида и состояния грунта можно применять два варианта балластировки с использованием закрепленных грунтов (рис.6):

перемычки из закрепленного грунта без армирующей сетки;

перемычки из закрепленного грунта с армирующей сеткой.

При этом сварная арматурная сетка используется для обеспечения прочности перемычки на сдвиг в условиях водонасыщенных грунтов при больших откосах траншей с целью максимального использования несущей способности закрепленного грунта.

4.2. В зависимости от глубины заложения трубопровода армирование может выполняться с одним рядом сварной сетки или несколькими рядами.

4.3. Параметры траншей при строительстве трубопроводов различных диаметров на пойменных участках и на болотах I и II типов (рис.10) приведены в табл.4.

Таблица 4

Диаметр трубопровода, мм	Параметры траншеи, м					
	Пойменные участки			Болота I и II типов		
	a	b	h	a	b	h
1020	1,6	2,0	3,5	1,6	1,3	5,1/6,0
1220	1,7	2,1	3,8	1,7	2,0	5,7/6,7
1420	1,6	2,4	4,3	1,9	2,2	6,3/7,4

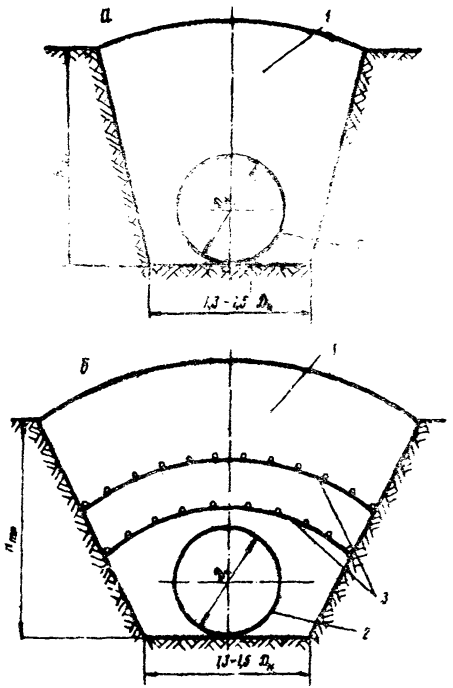

Рис.9. Устройство балластных перемычек:

а - без арматурной сетки; б - армированная при больших откосах; 1 - закрепленный грунт; 2 - трубопровод; 3 - сетка сварная

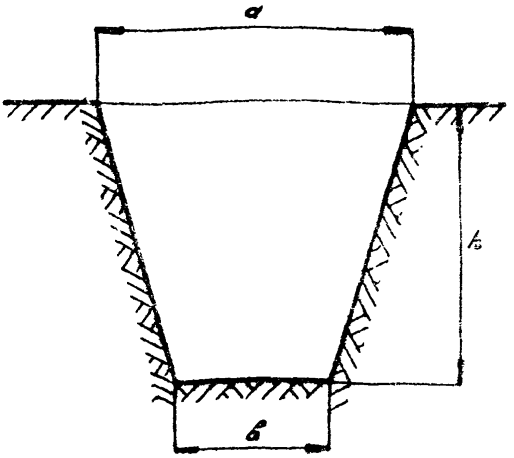

Рис.10. Расчетные параметры поперечного сечения траншеи

Длиной перемычки на грунте можно задаться, используя техническую характеристику бульдозера, с шириной гусеницы 0,8 м, и с железнодорожно-транспортным габаритом 3 м.

4.4. Графическим построением (рис.11) с учетом перекрытия отдельных проходов бульдозера длина перемычки по верху составит 4,4

Для вычисления объема мехгрунта, идущего на устройство перемычки, имеем:

$$S_1 = (a+b)h/2,$$

где S_1 – площадь поперечного сечения траншеи;

$$S_2 = \pi D^2/4,$$

где S_2 – площадь поперечного сечения трубопровода.

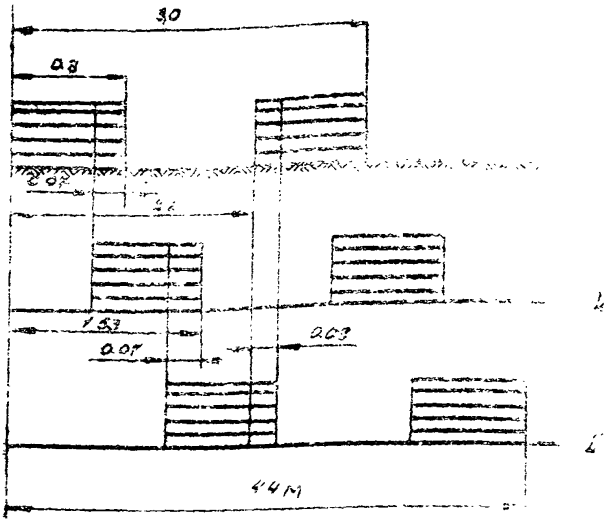

Рис.11. Схема определения длины перемычки из нефтегрунта
I – ш – проходы бульдозера

Тогда объем нефтегрунта будет

$$V = (S_1 - S_2)\,\ell,$$

где ℓ – длина нефтегрунтовой перемычки

Вычисленные данные приведены в таблице.

4.5. До начала балластировки трубопровода перемычками из нефтегрунта необходимо:

балластируемый трубопровод уложить в траншею, а изоляционное покрытие проверить и в случае необходимости отремонтировать; провести работы по предохранению изоляционного покрытия от механического повреждения (если они предусмотрены проектом);

Таблица 5

Диаметр трубопровода, мм	S_1, м²			S_2, м²	V, м³		
	Пойменные участки	Болота			Пойменные участки	Болота	
		I типа	II типа			I типа	II типа
1020	5,0	5,94	6,75	0,817	18,4	22,54	26,1
1220	6,16	7,4	8,4	1,169	21,96	27,42	31,82
1420	7,44	9,02	10,23	1,584	25,77	33,72	38,04

завезти нефтегрунт для ведения работ;
проверить и подготовить бульдозер.

в зоне работ звена подготовить инвентарь, приспособления и средства для безопасного производства работ, получить письменное разрешение от заказчика на балластировку уложенного трубопровода.

4.6. Нефтегрунт, завезенный на трассу автосамосвалами, должен быть высыпан на бровке траншеи, в местах устройства перемычек. Схема организации балластировки малогрунтовых трубопроводов с использованием закрепленных грунтов приведена на рис.12.

4.7. Работы по организации и технологии балластировки трубопроводов перемычками из закрепленных грунтов состоят из следующих операций:

приготовления грунтовой смеси;
укладки грунтовой смеси;
уплотнения грунтовой смеси.

4.8. Бригада по приготовлению грунтовой смеси карьерным способом состоит из 5 человек:

машиниста бульдозера	- 1
машиниста дорожной фрезы Д-530	- 1
водителя автобитумовоза	- 2
машиниста одноковшового погрузчика Т-157	- 1

4.9. Бригада (см. п.4.8) оснащается следующими машинами и механизмами (табл.6).

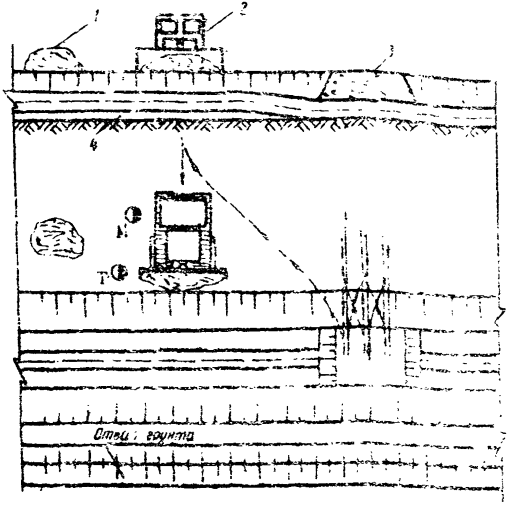

Рис.12. Схема организации работ по балластировке трубопроводов диаметрами 1020, 1220 и 1420 мм перемычками из нефтепродукта:

1–приготовленный грунт; 2–бульдозер; 3 – перемычка; из нефтегрунта; 4 - вода. М – механизм бульдозера; Т – трубоукладчик 3-го разряда

Таблица 6

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	Перемешивание и погрузка готового нефтегрунта

4.10. Работы по балластировке трубопровода перемычками, приготавливаемыми из закрепленного грунта на бровке траншеи, выполняет специализированная бригада в составе:

машиниста роторного траншеезасыпателя	– I
машиниста бульдозера	– I
машиниста гидроуплотнительной машины	– I
водителя-механика поливальной установки	– I
Всего	4 чел.

4.11. Перечень машин и механизмов, используемых для балластировки трубопровода, приведен в табл.7.

Таблица 7

Машины и механизмы	Марка	Технологический процесс
Роторный траншеезасыпатель	ТР-2А (ТР.351)	Разработка отвала, перемешивания грунта с нефтепродуктом, отсыпка перемычки из нефтегрунта
Бульдозер	Д5-I8	Разравнивание и уплотнение перемычки
Поливальная установка	СО-II8	Полив грунта нефтепродуктом
Гидротрамбовочная машина	Т-I8 (ГТ-2)	Уплотнение нефтегрунта в пазухах между трубой и стенкой траншеи

4.12. Бригада, указанная в п.4.8, выполняет работы в следующей последовательности.

Вариант I.

Поливальная установка СО-II8 поливает отвал грунта нефтепродуктом непосредственно перед ротором траншеезасыпателя;

роторный траншеезасыпатель разрабатывает политый отвал грунта, перемешивает грунт с нефтепродуктом и насыпает над трубопроводом перемычку из нефтегрунта;

при достижении толщины слоя нефтегрунта более 600 мм над верхней образующей трубы производится уплотнение нефтегрунта перемычки;

бульдозер засыпает на перемычку, разравнивает и уплотняет ее. После этого нефтегрунт в пазухах между трубой и стенкой траншеи дополнительно уплотняет гидротрамбовочной машиной;

уплотнение перемычки производится бульдозером, оборудованным плитой, навешанной вместо клинка-рыхлителя.

Вариант II

Роторный траншеезасыпатель разрабатывает отвал грунта, разрыхляет его и отсыпает над трубопроводом перемычку;

подвальная установка передвигается параллельно траншеезасыпателю по свободной бровке траншеи и подсыпает грунт, разрыхляемый непосредственно в траншее в процессе отсыпки перемычки.

5. БАЛЛАСТИРОВКА ТРУБОПРОВОДОВ УТЯЖЕЛЯЮЩИМИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМИ ГРУЗАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ

5.1. Для балластировки магистральных трубопроводов с использованием нефтегрунта рекомендуется применять конструкцию утяжеляющего груза типа УБО (рис.13), представляющего собой два железобетонных блока со скосами, соединенных между собой. Скосы на блоках выполнены с целью охвата трубопровода грузами,

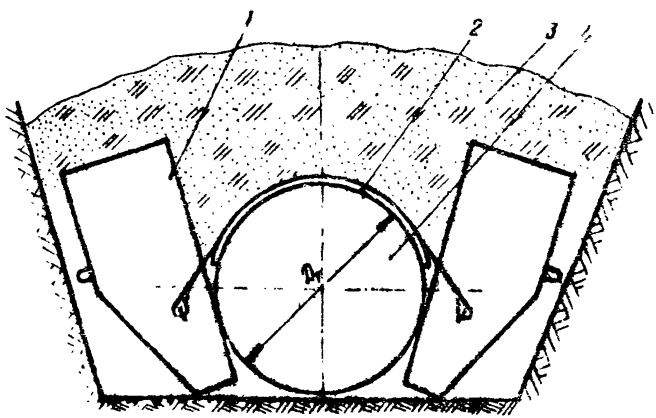

Рис.13. Конструкция железобетонного груза типа УБО:
1-блок бетонный; 2-пояс соединительный; 3-закрепленный грунт; 4-трубопровод

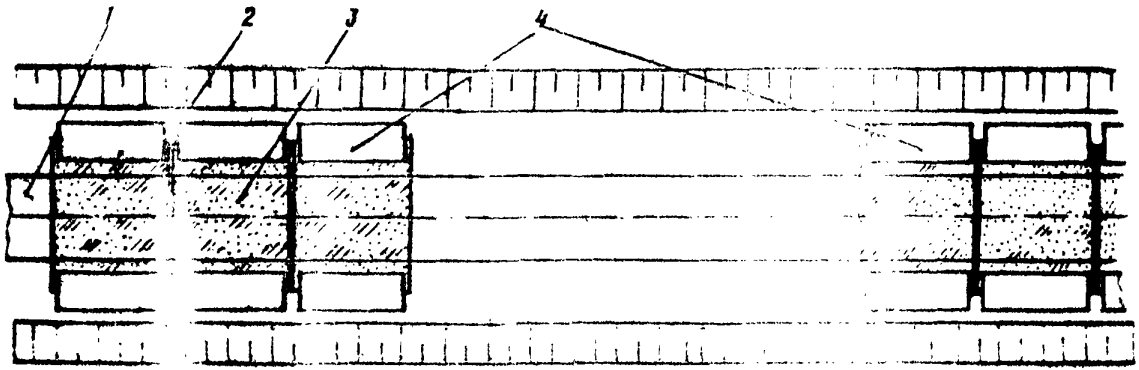

Рис.14. Гру ной метод балластировки трубопроводов с применением нефтегрунта:
1 – трубопр ц; 2 – траншея; 3 – нефтегрунт; 4 – группы грузов

что позволяет в большей степени использовать грунт засыпки траншеи с целью повышения величины балласта. При этом грузы типа УБО устанавливаются групповым методом (рис.I4).

5.2. При групповой установке грузы укладывают вплотную друг к другу, а их общее количество на I км трубопровода должно соответствовать расчетному (требованиям проекта).

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

5.4. Для определения максимального количества грузов в группе необходимо задаться допустимым прогибом трубопровода.

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

5.5. Предельную длину группы грузов определяют из уравнения (I4), ограничивая прогиб трубопровода I0 см.

$$\ell = \sqrt[4]{\frac{768EJ_y}{2q_2(K^4+4K^3+6K^2)+q_1(6K+2)}}, \qquad (I4)$$

где E – модуль упругости материала трубопровода, кгс/см^2 ($E = 2{,}1 \cdot 10^6$ кгс/см^2);

J – момент инерции трубопровода, см^4;

y – прогиб трубопровода, см;

q_2 – распределенная пригрузка, кгс/см.

$$q_2 = \gamma_в V_{тр} - q_{тр}, \qquad (I5)$$

где $\gamma_в$ – плотность воды, кгс/см^3;

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

$$q_1 = \frac{p}{\ell_{гр}} - q_2, \qquad (I6)$$

где q_1 – нагрузка от балласта, кгс/см;

p – вес груза + вес грунта засыпки в воде, кг;

$\ell_{гр}$ – длина груза, см.

5.6. Перечень машин и механизмов, используемых для балластировки трубопроводов, приведен в табл.8.

Таблица 8

Машины и механизмы		Технологический процесс
Наименование	Количество	
Кран	I	Навеска грузов
Болотоснегоход	2	Доставка грузов
Понтон или пена	I	Установка крана
Бульдозер	I	Перемещение крана

5.7. Технология и организация производства работ по групповой установке железобетонных грузов выполняются в соответствии с "Руководством по групповой установке утяжеляющих железобетонных грузов при балластировке магистральных трубопроводов" Р 239-76 .

6. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

6.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";

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

"Положением о службе техники безопасности в системе Миннефтегазстроя".

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

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

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

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

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

6.7. 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.

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

6.9. Поливальная машина и другие механизмы, используемые при приготовлении грунтовой смеси и ее засыпке в траншею, должны быть оборудованы отвлетвителями.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение I

Таблица I

Физико-механические свойства песчаных грунтов

Коэффициент пористости	Удельное сцепление (с), кгс/см^2	Угол внутреннего трения, град	Модуль деформации (E), кгс/см^2
	Гравелистые и крупные		
0,4I-0,50	0,02	43/4I	500
0,5I-0,60	0,0I	40/38	400
0,6I-0,70	-	38/36	300
0,7I-0,80	-	-	-
	Средней крупности		
0,4I-0,50	0,03	40/38	500
0,5I-0,60	0,02	38/36	400
0,6I-0,70	0,0I	35/33	300
0,7I-0,80	-	-	-
	Мелкие		
0,4I-0,50	0,06/0,0I	38/36	480
0,5I-0,60	0,04	36/34	380
0,6I-0,70	0,02	32/30	280
0,7I-0,80	-	28/26	I80
	Пылеватые		
0,4I-0,50	0,03/0,02	36/34	390
0,5I-0,60	0,02/0,0I	34/32	280
0,6I-0,70	0,0I	30/28	I80
0,7I-0,80	0,02	26/24	II0

Примечание: в числителе приведены нормативные значения, в знаменателе - расчетные.

Удельное сцепление (с), кгс/см^2 и угол внутреннего трения для глинистых грунтов (при коэффициенте 0–0,75)

Влажность грунтов на границе раскатывания, %	Коэффициент пористости					
	0,41–0,50	0,51–0,60	0,61–0,70	0,71–0,80	0,81–0,95	0,96–1,10
9,5–12,4	0,12/0,03 25°/23°	0,08/0,01 24°/22°	0,06 23°/21°	– –	– –	– –
12,5–15,4	0,42/0,14 24°/22°	0,21/0,07 23°/21°	0,14/0,04 22°/20°	0,07/0,02 21°/19°	– –	– –
15,5–18,4	– –	0,10/0,19 22°/20°	0,25/0,11 21°/19°	0,19/0,08 20°/18°	0,11–0,04 19°/17°	0,08–0,02 18°/16°
18,5–22,4	– –	– –	0,59/0,23 20°/18°	0,34/0,19 19°/17°	0,28/0,10 18°/16°	0,19/0,06 17°/15°
22,5–26,4	– –	– –	– –	0,82/0,36 18°/16°	0,41/0,25 17°/15°	0,36/0,12 16°/14°
26,5–30,4	–	–	–	–	0,54/0,40 16°/14°	0,47/0,22 15°/13°

Примечание: в числителе приведены нормативные значения, в знаменателе – расчетные.

Таблица 3

Модуль деформации (нормативный) глинистых грунтов, кгс/см²

Наименование грунта и консистенция	Коэффициент пористости										
	0,31–0,40	0,41–0,50	0,51–0,60	0,61–0,70	0,71–0,80	0,81–0,90	0,91–1,00	1,01–1,10	1,11–1,30	1,31–1,50	1,51–1,70
Аллювиальные, делювиальные, озерные и озерно-аллювиальные четвертичные отложения											
Супеси											
0 В 0,75	–	320	240	160	100	70	–	–	–	–	–
Суглинки											
0 В 0,25	–	340	270	220	170	140	110	–	–	–	–
0,25 В 0,5	–	320	250	190	140	110	80	–	–	–	–
0,5 В 0,75	–	–	–	170	120	80	60	50	–	–	–
Глины											
0 В 0,25	–	–	280	240	210	180	150	120	–	–	–
0,25 В 0,5	–	–	–	210	180	150	120	90	–	–	–
0,5 В 0,75	–	–	–	–	150	120	90	70	–	–	–
Флювиогляциальные четвертичные отложения											
Супеси											
0 В 0,75	–	330	240	170	110	70	–	–	–	–	–
Суглинки											
0 В 0,25	–	440	330	270	210	–	–	–	–	–	–
0,25 В 0,5	–	350	260	220	170	140	–	–	–	–	–
0,5 В 0,75	–	–	–	170	130	100	70	–	–	–	–
Моренные четвертичные отложения											
Супеси В 0,5	750	550	450	–	–	–	–	–	–	–	–
Юрские отложения оксфордского яруса											
Глины											
0,25 В 0	–	–	–	–	–	–	270	250	240	–	–
0 В 0,25	–	–	–	–	–	–	240	220	190	180	–
0,25 В 0,5	–	–	–	–	–	–	–	200	170	120	100

Продолжение приложения I

Таблица 4

Коэффициенты трения трубопровода о грунт

Грунт	Коэффициент трения
Пески	
Гравелистые и крупные, плотные и средней плотности	0,70/0,65
Средней крупности, плотные	0,72/0,60
Средней крупности, средней плотности	0,65/0,60
Мелкие, плотные	0,65/0,55
Мелкие, средней плотности	0,57/0,50
Пылеватые, плотные	0,62/0,50
Пылеватые, средней плотности	0,53/0,40
Суглинки	
Плотные	0,55/0,35
Пластичные	0,47/0,25
Глины	
Плотные	0,60/0,40
Пластичные	0,50/0,25

Примечание. В числителе приведены данные для сухого грунта, в знаменателе – для водонасыщенного.

Таблица 5

Средняя плотность грунта естественной влажности в рыхло-насыпном состоянии

Грунт	Средняя плотность, кгс/м³
Пески, пески с примесью гальки, щебня или гравия (до 10% об.)	1600
Пески с примесью гальки, щебня или гравия (более 10% об.)	1700
Супеси, супеси с примесью гравия, гальки или щебня (до 10% об.)	1600
Супеси с примесью гравия, гальки или щебня (более 10% об.)	1700
Суглинки легкие и лёссовидные с примесью гальки, щебня или гравия (до 10% об.)	1600
Суглинки тяжелые, суглинки легкие и лёссовидные с примесью гальки, щебня или гравия (более 10% об.)	1750
Глины жирные мягкие без примесей	1800
Глины жирные мягкие с примесью гравия, гальки или щебня (до 10% об.)	1750
Глины жирные мягкие с примесью гравия, гальки или щебня (более 10% об.)	1900
Гравий и галька	1750
Моренные глины с валунами (до 10% об.)	1850
Моренные глины с валунами (от 10 до 30% об.)	2100
Моренные пески, супеси и суглинки с гравием, галькой и валунами (до 10% об.)	1750
Моренные пески, супеси и суглинки с гравием, галькой и валунами (до 30% об.)	1950
Торф	—

Таблица 6

Значения коэффициента снижения модуля деформации грунтов $K_{гр}$

Грунты	$K_{гр}$
Ненарушенной структуры	1,0
Насыпной	0,6
Обводненный	0,3

Приложение 2

Таблица I

Физико-химические свойства остатка термического крекинга гудрона ромашкинской нефти (крекинг-остатка)

№ п/п	Физико-химические свойства	Показатели
I.	Плотность, кгс/м^3	I045,0
2.	Групповой углеводородный состав, % от массы:	
	парафино-нафтеновые	60,4
	моноциклические ароматические	I0,6
	бициклические ароматические	I7,8
	полициклические ароматические смолы	I5,5
	асфальтены	5,5
	карбены + карбоиды	0,2
3.	Температура застывания, °С	2,0
4.	Температура вспышки, °С	I30
5.	Вязкость условная при 100°С, °ВУ$_{100}$	3,37
6.	Содержание воды, % от массы	Следы

Продолжение приложения 2

Таблица 2

Физико-химические свойства легкого газойля коксования

№ п/п	Показатели качества	Легкий газойль
1.	Плотность, кг/м^3	905
2.	Вязкость условная при 50°С, °ВУ$_{50}$	1,22
3.	Температура вспышки, °С	84
4.	Температура застывания, °С	-18
5.	Фракционный состав, °С	
	н.к.	202
	10%	246
	50%	350
	90%	344
	к.к.	358
6.	Групповой углеводородный состав, % от массы:	
	парафино-нафтеновые	54,5
	моноциклические ароматические	14,5
	бициклические ароматические	28,8
	полициклические ароматические	12,4
	смолы	4,0

Продолжение приложения 2

Таблица 3

Физико-химические свойства нефтяного строительного битума марки БН-90/10

№ п/п	Физико-химические свойства	Показатели
I.	Групповой углеводородный состав, % от массы:	
	парафино-нафтеновые	I5,0
	моноциклические ароматические	3,5
	бициклические ароматические	6,0
	полициклические ароматические	I8,8
	смолы	45,0
	асфальтены	32,0
2.	Температура размягчения по КИШ, °С	95
3.	Температура вспышки, °С	264
4.	Вязкость условная при 60°С, $^{o}ВУ_{60}$	31.0
5.	Содержание воды, % от массы	Отсутствует
6.	Глубина проникания иглы при 25°С, 0,1 мм	6,8
7.	Растяжимость при 25°С, см	I,4
8.	Растворимость в бензоле, % от массы	99,8
9.	Изменение массы после прогрева, % от массы	0,5
I0.	Содержание водорастворимых соединений, % от массы	0,38

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ НА ОПЫТНУЮ ПАРТИЮ ЗАКРЕПИТЕЛЯ ГРУНТОВ НЕФТЯНОГО МАРКИ МТ-IO

Настоящий технологический регламент распространяется на закрепитель грунтов нефтяной марки МТ-IO, предназначенный для укрепления грунтов и насыпей при прокладке магистральных трубопроводов в летний период.

Закрепитель грунтов МТ-IO получается компаундированием легкого газойля деструктивных процессов (замедленного коксования, каталитического крекинга), тяжелых нефтяных остатков (гудрона, крекинг-остатка) и битума.

I. Технические требования

I.I По физико-химическим показателям закрепитель грунтов должен соответствовать требованиям и нормам, указанным в таблице.

Показатели	Норма	Методы испытаний
Вязкость ^{0}ВУ при 50^{0}С,	Не ниже I[illegible]	По ГОСТ 6258-52
Температура застывания, ^{0}С	Не выше 0	По ГОСТ 20287-74
Температура вспышки в открытом тигле, ^{0}С	Не ниже 5[illegible]	
Содержание воды, %	Не более I,0	По ГОСТ 2477-65
Содержание механических примесей, %	Не более 0,5	По ГОСТ 6370-59
Зольность		
Испаряемость		

2. Требования техники безопасности

2.I. Закрепитель грунтов марки МТ-Л является горючим веществом с температурой вспышки не ниже 90^{0}С, температурой воспламенения I94^{0}С и температурой самовоспламенения 340^{0}С.

Температурные пределы взрываемости паров закрепителя : нижний предел – 131°С, верхний – 169°С.

2.2. При хранении и применении закрепителя грунтов запрещается пользоваться открытым огнем; искусственное освещение должно быть во взрывоопасном исполнении.

2.3. При разливе закрепителя грунтов необходимо собрать его в отдельную тару, а остатки засыпать песком и убрать.

2.4. Хранить закрепитель грунтов необходимо в закрытых емкостях или резервуарах. Слив и перекачку закрепителя грунтов производят насосами.

2.5. При вскрытии тары запрещается использовать инструмент, дающий при ударе искру.

2.6. В случае загорания закрепителя грунтов применяют средства пожаротушения: распыленную воду, пену; при объемном тушении – углекислый газ, состав СЖБ, состав "3,5" и перегретый пар.

2.7. Закрепитель грунтов не содержит вредных токсических веществ, влияющих на здоровье обслуживающего персонала. Предельно допустимая концентрация паров жидкого закрепителя в воздушной среде 300 мг/м^3. Содержание углеводородов определяют прибором УГ-2.

2.8. При работе с закрепителем необходимо применять индивидуальные средства защиты согласно типовым отраслевым нормам, утвержденным Госкомитетом Совета Министров СССР по труду и социальным вопросам и Президиумом ВЦСПС.

3. Правила приемки

3.1. Прием продукции осуществляется партиями. Партией считается любое количество закрепителя грунтов, однородного по своим качественным показателям и сопровождаемого одним документом о качестве.

3.2. Объем выборок определяется по ГОСТ 2517-69.

3.3. При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному показателю производят повторные испытания вновь отобранной пробы по тому же показателю, по которому были получены неудовлетворительные результаты. Результаты

повторных испытаний являются окончательными и распространяются на всю партию.

4. Методы испытаний

4.1. Пробу закрепителя грунтов отбирают по ГОСТ 2517-69. Для контроля пробы требуется 1,5 л продукта.

5. Упаковка, маркировка, транспортировка и хранение

5.1. Упаковку, маркировку, транспортировку и хранение закрепителя грунта производят по ГОСТ 1510-76.

6. Гарантии поставщика

6.1. Закрепитель грунтов должен быть принят техническим контролем предприятия-поставщика. Поставщик гарантирует соответствие закрепителя грунтов требованиям настоящих технических условий при соблюдении потребителем условий хранения, установленных данными техническими условиями.

6.2. Гарантийный срок хранения закрепителя грунтов устанавливается 1 год со дня изготовления.

6.3. По истечении гарантийного срока хранения закрепитель грунтов может быть использован по назначению только после предварительной проверки его качества на соответствие требованиям технических условий.

СОДЕРЖАНИЕ

I. Общие положения 3

2. Требования к свойствам закрепляемых грунтов и к средствам закрепления 4

3. Расчет основных параметров балластировки трубопроводов с использованием закреплённых грунтов I3

4. Балластировка трубопроводов перемычками из закрепленных грунтов I8

5. Балластировка трубопроводов утяжеляющими железобетонными грузами с использованием закрепленных грунтов 25

6. Техника безопасности 28

Приложения 3I

Руководство
по балластировке трубопроводов
с использованием закрепленных грунтов
Р 435-8I

Издание ВНИИСТа
Редактор А.И.Зарецкая Корректор Г.Ф. Меликова
Технический редактор Т.В.Горелова

А-76767 Подписано в печать 2/IУ 1982г. Формат 60х84/I6
Печ.л. 2,75 Уч.-изд.л. 2,3 Бум.л. I,375
Тираж ххх экз. Цена 23 коп. Заказ 2I

gost.e-ecolog.ru

Ротапринт ВНИИСТа