

**МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ
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

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

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 Бабаян А.А., д-р техн. наук Березина В.А., канд. техн. наук Васильев Н.П., канд. техн. наук Биктов А.И., инженеры Мухамедов Ф.В., Шадров Р.М., Волочевский О.С., Воробей Б.Ф., Рафиков С.К., Ильян В.А., Тубальков Б.А., Васильева М.П., Реретянов А.Д., Галахова Н.В., Сахарова И.И., Пурдан В.А.

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

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

1. ОБЩИЕ ПОДСОЖЕНИЯ

1.1. Настоящее Руководство 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 насыщах на обводненных и заболоченных участках, с использованием укрепленного грунта в качестве балластного покрытия.

1.2. В качестве пригруза, как конструктивного элемента в виде балластных перемычек или в сочетании с железобетонными утяжелятелями, используют минеральные грунты, улучшенные путем добавок к ним вяжущих компонентов (газовые крошки-осатки, битумы и т.д.) и активаторов (цемент, известь и т.д.). Грунты с использованием технической мелiorации называются закрепленными.

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

1.4. Балластировку трубопроводов закрепленным грунтом можно применять в сочетании с утяжеляющими грузами, обрешетками, сплошным обетонированием и анкерными устройствами, в частности, на вертикальных возмущенных кривых, где необходима пригрузка для азгиба трубопроводов, и на выдухлых арках, где требуется пригрузка для предотвращения выдергивания труб из грунта.

1.5. При проведении изысканий трасс трубопроводов необ-

Разработано ВНИИСТОм, УНИ, МИНХАП, Глав-востоктрубопроводстроем	Утверждено ВНИИСТОм 12 октября 1981 г.	Срок введения 1 апреля 1982 г.
---	--	--------------------------------

ходимо определять основные физико-механические характеристики грунтов, подлежащих маломорозованию, а именно, плотность и объемную массу, влажность, гранулометрический состав, число и индекс пластичности, сжимаемость грунта, угол внутреннего трения и сцепления, 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 П-45-75, СНиП Ш-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 испытания грунтов, нормами и рекомендациями институтов СоюздорНИИ, Гидропроект, НИИОСП и ВСЕГИНГЕО определяются следующие основные физико-механические характеристики грунтов (табл. I). Некоторые нормативные и расчетные исходные характеристики обычных грунтов приведены в Приложении I.

2.3. Физико-механические показатели закрепляемых 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 измерение или методики монтажа	Основной прибор
1. Плотность и объемная масса	ГОСТ 6182-64	Пикнометр
2. Естественная гидроморфическая влажность	ГОСТ 5 170-64 ГОСТ 5 180-64	Сушильные шкафы
3. Гранулометрический состав	ГОСТ 12536-57	Прибор Сабанина
4. Число пластичности и индекс пластичности	ГОСТ 5-183-64 ГОСТ 5-184-64	Конус КОМ-I
5. Угол внутреннего трения и сцепления	ГОСТ 12248-66 Методика Гидропробота	ГТУ-30
6. Сжимаемость грунта	То же	И-Де, ИПр-I
7. Величина набухания	Методика Гидропробота	ИПГ
8. Время размолаемости	То же	ИПГ
9. Содержание органических остатков и гумусовых веществ	" "	"
10. pH грунта	" "	pH-метр
11. Оптимальная влажность и максимальная плотность	Методика Соподорна	Прибор стандартного уплотнения
12. Коэффициент проницаемости (для проницаемых грунтов)	СНП 11-15-75	"

Примечание. В большинстве случаев стандарты на испытание грунтов допускают пункты 1, 2, 4, 5, 6 и 12 могут быть определены только для образцов с ненарушенной структурой и сохраненной естественной влажностью, отобранных в соответствии с нормами.

2.4. Прочность образцов при сжатии в массиве или условиях, описанных в пунктах 1, 2 и 3 (рис. 1.2), определяется по стандартной методике Соподорна в соответствии с нормами СН 25-74.

2.5. Изотухание и капиллярное водопоглощение грунтов в пунктах 4 и 5 определяется методом водопоглощения и изотухания по СН 25-74. Допускается определение величин в лаборатории набухания по методике Гидропробота на приборе ИПГ.

Таблица 2

Показатель физико-механических свойств	Значение
1. Предел прочности при сжатии неводонасыщенных образцов при 20°C, МПа	Не менее 0,3-0,6
2. Предел прочности на растяжение при изгибе неводонасыщенных образцов при 20°C, МПа,	Не менее 0,1
3. Набухание, об.%	Не более 6
4. Коэффициент водонасыщения, об.%	Не более 6-8
5. Коэффициент морозостойкости	Не менее 0,6
6. Модуль деформации закрепленного грунта, МПа	20-50
7. Время размокания	не менее 7 сут.
8. Угол внутреннего трения, град.	не менее 25
9. Сцепление	0,05

Примечание 1. Показатель даны для образцов твердых 7 сут., за исключением морозостойкости, образцов в возрасте 28 сут.

2. Минимальное время размокания по пункту 7. не менее 7 сут., определяется временем, необходимым для набора прочности грунтов до 70% от проектной.

2.6. Время размокания грунта в пункте 6 определяется по методике Гидропробит на приборе ИТ

2.7. Угол внутреннего трения и сцепление определяются методом крутящего момента с помощью прибора ИТ-10. Для образцов в жесткой оболочке выдерживают в естественной влажности, после хранения при любой влажности (влажной или сухой), в возрасте не менее 7 сут. Испытание проводится по способу медленного сдвига в условиях условной стабилизации осадки образца (осадка не превышает 0,02 мм за 12 ч.).

2.8. Минимальные значения углов внутреннего трения и сцепления для сухих и увлажненных образцов ИТ-10 без жесткой оболочки, определяются для образцов выдержанных в возрасте 7 сут.

2.9. В качестве средств заграднения и стабилизации строительных свойств грунтов в условиях осадившей местности рекомендуются магнезиалиты по содержанию тяжелых фракций продукта МТ-10, представляющего собой смесь замкнутого и летнего газового компонента (содержит остаток термического кремниста и легкого газобойла в соотношении 1:1 или 3:1) с 10% строительного битума БН-80/10. При этом добавление битума увеличивает прочность и водоупорность заградненных грунтов (рис.1).

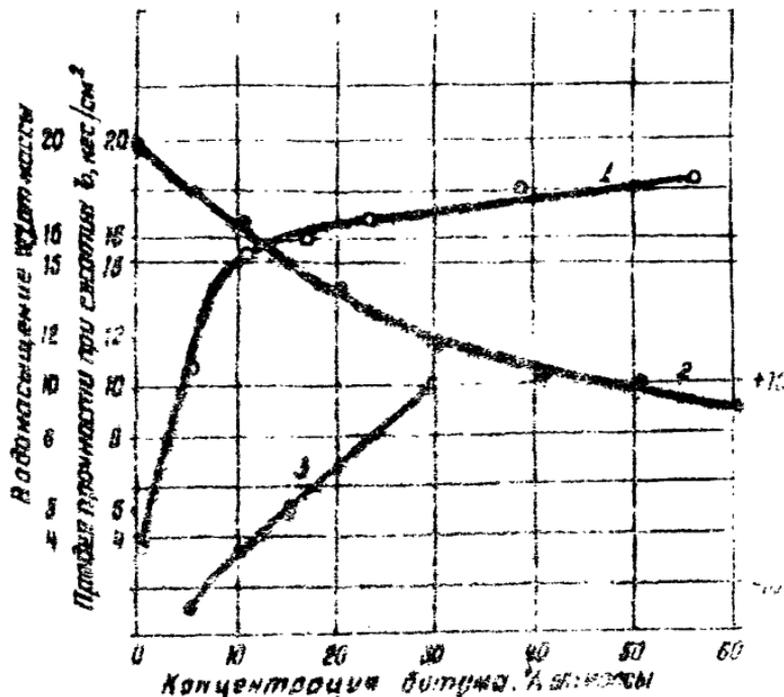


Рис.1. Зависимость прочности 1 и водоупорности 2 нефтегрунтов от концентрации битума БН-80/10 в смеси. Третье по массе краевой сыпучки в смеси. Газобойла магнезиалита (орех крошевая 20 см)

и.г. Углеродистый состав и физико-химические свойства остатка термического кремниста легкого газобойла и строительного битума БН-80/10 приведены в приложении 2.

2.11. Физико-химические свойства органического вяжущего МТ-10 в смеси с латекс модификация приведены в табл.3, а технологический регламент - в приложении 3.

Таблица 3

Физико-химические свойства	Модификация	
	латекс	эпихлор
Соотношение крекинг-остатка и летнего газойля	3:1	1:1
Содержание битума, % от массы закрепителя	10	10
Плотность, кг/м ³	941	925
Групповой углеводородный состав, % от массы:		
парафино-нафтеновые	29,5	34,5
монциклические ароматические	10,6	11,6
бициклические ароматические	18,1	17,1
полициклические ароматические	39,75	38,8
около	17,75	12,9
асфальтены	6,97	5,3
карбены + карбоды	0,18	0,1
Температура застывания, °С	-5	-22
Температура вспышки, °С	127	110
Вязкость удельная при 50°С, кг/50	15,7	4,08
Содержание воды, % от массы	Следы	Следы

2.12. Дезаэрация закрепленного состава зависит от вида, влажности и содержания в нем битума. Поэтому при назначении дозировки необходимо проводить для данных экспериментальные исследования (рис.2-8).

2.13. Модификация продукта МТ-10 (без добавки битума) может быть рекомендована только в сочетании с армирующей сеткой или в комбинации с другими или вертикальными сетками; при возможности удаления воды из трещин в момент балластировки, а также как инкубационное средство при повышенных температурах. На рис.2 показано изменение прочности на сжатие суженки, закрепленного этим продуктом. Из графика видно, что наибольшая прочность достигается при дозировке 5-6% по массе смеси

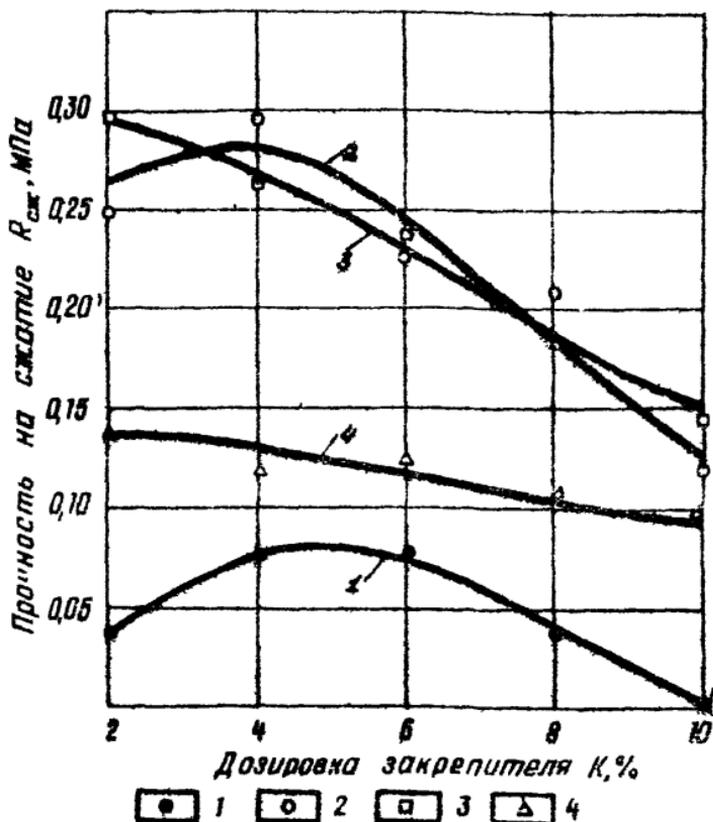


Рис. 2. Зависимость прочности на сжатие образцов-цилиндров грунта от дозировки 80/20 без добавки бегунца при исходной влажности:

1 - 10%; 2 - 20%; 3 - 35%; 4 - 30%

грунта. Характеристики сжатия образцов суглинков, закрепленных продуктом 80/20, приведены на рис. 3.

2.14. При выборе дозировки других модифицированных летного продукта МТ-10 (80/25 + 5% БН-90/10 или 75/25 + 10% БН-90/10) для закрепления суглинков критерий выбора дозировки в зависимости от исходной влажности в условиях перемещения составов в поле. Зависимость прочности на сжатие образцов суглинков от оптимальной влажности, полученной при дозировке 80/20, приведена

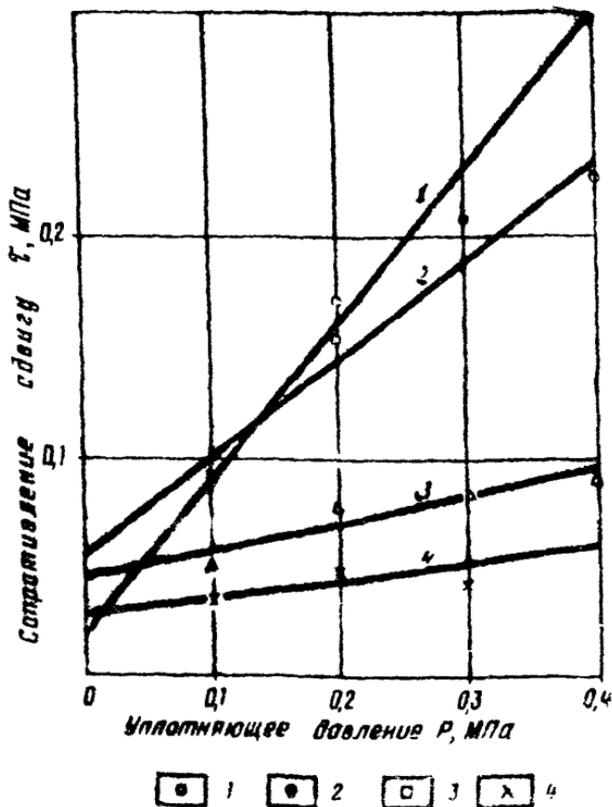


Рис.3. Сопротивление сдвигу грунта, закрепленного
 В: 30 массе продукта 80/20 при исходной влажности:
 1 - 10%; 2 - 20%; 3 - 30%; 4 - 40%

MT-10 80/20 + 5% ВН 90/10 от дозировки, сроков и режима хранения приведена на рис.4 и 5.

2.15. Для закрепления балластных грунтовых перемычек в условиях постоянного высокого горизонта подземных вод, на участках с высокой температурой рекомендуется применять легкую модифицированную продукцию MT-10 75/25 + 1,4% ВН. Прочность на сжатие галечного субгранита, закрепленного этим продуктом, для различных условий и сроков твердения приведена на рис.6.

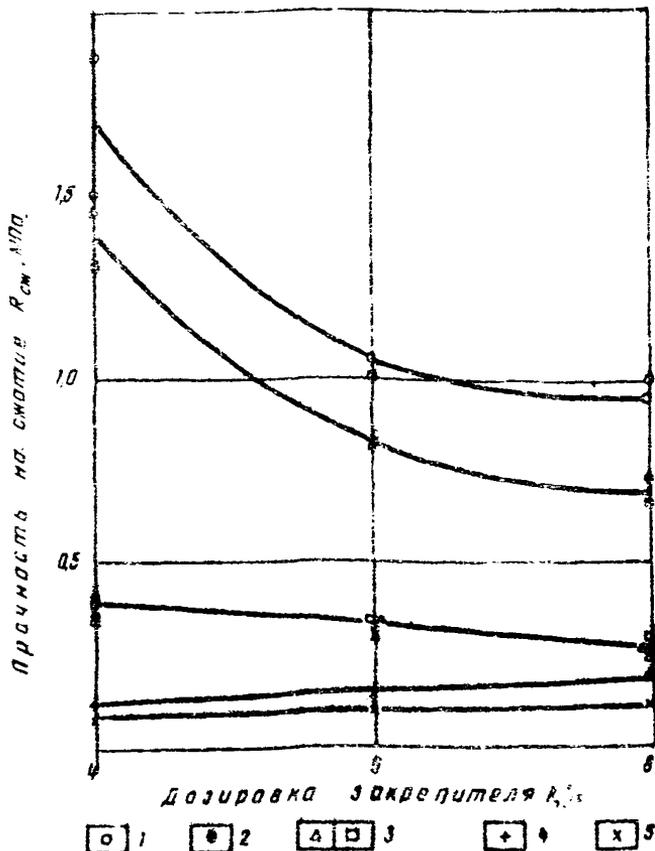


Рис.4. Зависимость прочности на сжатие от дозировки закрепителя (модификация МТ-10 80/20-50 БН-90/10):

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 тонкой мягкой суспензии с номинальной влажностью 1,2%, закреплённой латексной модифицированной продукцией МТ-10, приведена на рис.7. Для суспензии при указанных влаж-

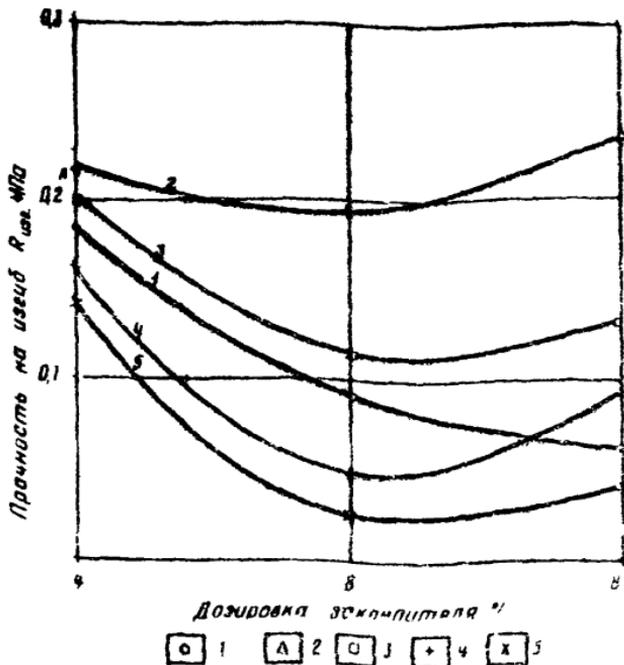


Рис. 5. Зависимость прочности на изгиб от дозировки вяжущего (модификация МГ-10-80(20 + 5% СН-90/10):
 1 - 7 сут. сухого хранения, 0,2 МПа; 2 - 28 сут. влажного хранения, 0,2 МПа; 3 - 7 сут. влажного хранения, 0,2 МПа; 4 - 28 сут. влажного хранения, 0,2 МПа; 5 - 7 сут. влажного хранения, 0,2 МПа

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 84% от верхней границы пластичности. В этом случае нижняя граница дозировки (4%) рекомендуется для суглинков, верхняя (7%) - для тяжелых суглинков.

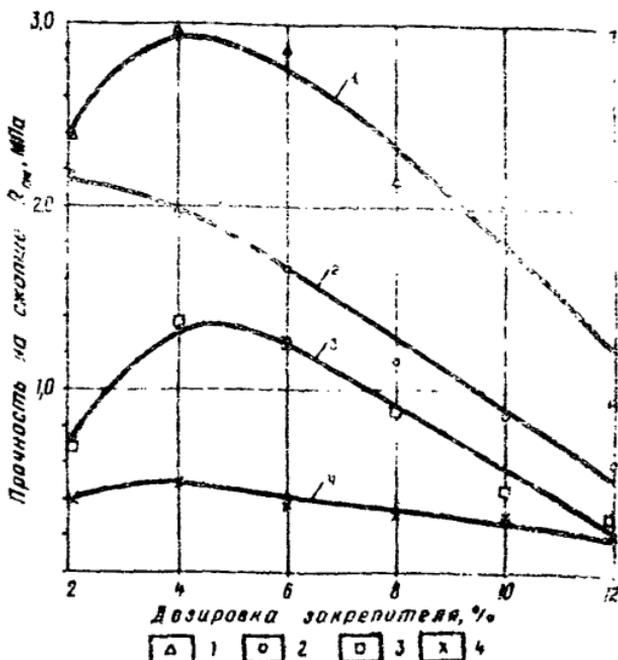


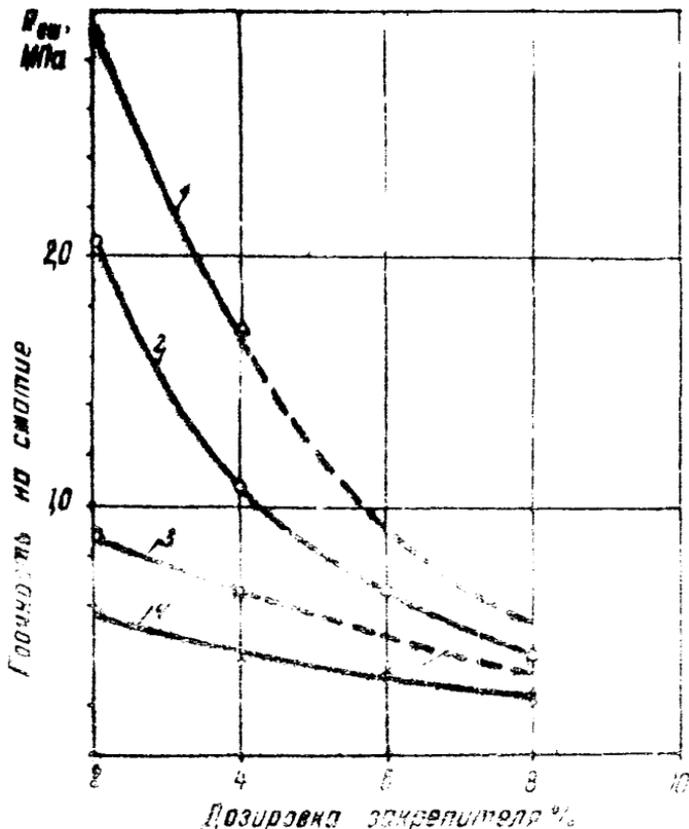
Рис.6. Прочность на сжатие тяжелого булзника средней влажности, закрепленного летней модифицирующей продукцией 75/10 + 10% БН-80/10 (MT-10):

1 - 28 сут. сухого твердения; 2 - 7 сут. сухого твердения; 3 - 28 сут. влажного твердения; 4 - 7 сут. влажного твердения

2.18. Водонасыщенные и набухающие глиняные и супесчаные грунты, закрепляемые продукцией MT-10, приведены на рис.8.

3. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ БАЛЛАСТИРОВКИ ТРУБОПРОВОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ

3.1. Проверку против всплывания трубопроводов, прокладываемых на обводненных участках, следует проводить согласно СНиП П-45-75 по расчетным нагрузкам и вододействием, в условиях



А 1 В 3 К 4

Рис. 7. Прочность на сжатие талочной бетонной смеси оптимальной влажности, выработанной продуктом ИТ-101

1 - 28 сут. сухого твердения; 2 - 7 сут. сухого твердения; 3 - 28 сут. влажного твердения; 4 - 7 сут. влажного твердения

$$B \geq K_M [K_M q_0 + B_{изг} + B_{пес} - q_{тр} - q_{доп}], \quad (1)$$

где B - необходимая величина пригрузки, приходящаяся на единицу длины трубопровода, кгс/м;

K_M - коэффициент безопасности по отношению при балластности грунтов: $K_M = 1,2$;

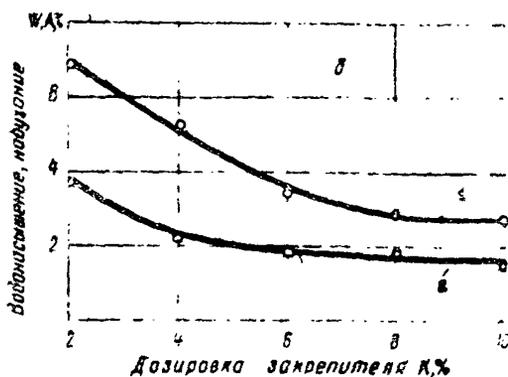
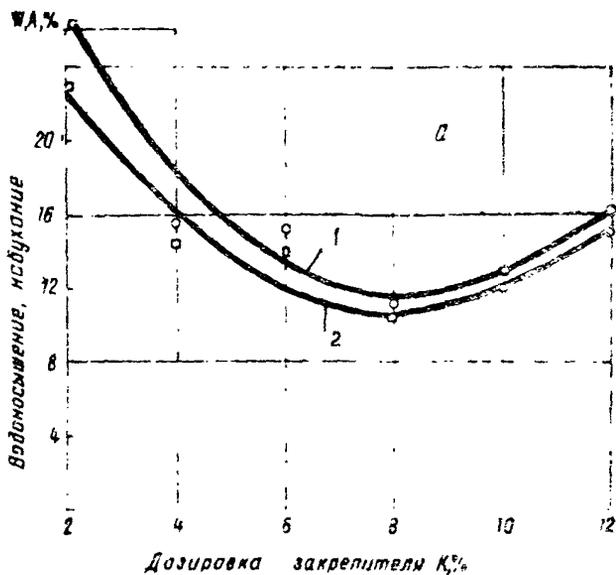


Рис. 8. Водонасыщение и набухание грунтов, закрепленных продуктом МТ-10:

а - суглинок тяжелый; б - смесь тяжелая глинистая; 1 - водонасыщение W ; 2 - набухание A

$K_{н.в}$ - коэффициент надежности при расчете устойчивости доломленного трубопровода против волнения, принимаемый для болот $K_{н.в} = 1,05$;

$q_{в}$ - расчетная выталкивающая сила воды, действующая на трубопровод (с учетом изоляции и футеровки), кгс/м:

$$q_{в} = q_{вд}^2 \gamma_{в}, \quad (2)$$

где $D_{н}$ - наружный диаметр трубы с учетом изоляционного покрытия и футеровки, м;

$\gamma_{в}$ - плотность воды с учетом растворенных в ней солей, кгс/м³;

$E_{изг}$ - расчетная величина пригрузки (вес балласта под ноной), необходимая для взгноса трубопровода по ланной кривой для траншеи, определяемая из условия прилегания трубопровода ко дну траншеи, кгс/м:

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

$$E_{изг} = \frac{32}{9} \frac{EJ}{\rho^2 r^2} \quad (\text{для вогнутых кривых}); \quad (4)$$

где J - момент инерции трубы на рассматриваемом участке;

β - угол поворота оси трубопровода, рад;

ρ - радиус упругого изгиба оси трубопровода, см;

$E_{нас}$ - расчетная величина пригрузки (масса балласта под водой), необходимая для придания подноям трубопровода на криволинейных участках в вертикальной плоскости под воздействием внутреннего давления и изменения температуры стенок труб, кгс/м:

$$E_{нас} = \frac{S}{\rho}, \quad (5)$$

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

$q_{дот}$ - расчетная масса продукта на воздухе, дополнительная обустроенность в воде, а также обследованная в воде при транспортировании продукта с отрицательной температурой, кгс/м;

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

$$q_{\text{тр}} = 0,002466 \delta (D_n - \delta) + q_{\text{из}} + q_{\text{фут}}, \quad (6)$$

где D_n - наружный диаметр трубопровода, м;
 δ - толщина стенки трубопровода, м;
 $q_{\text{из}}$ - вес изоляционного покрытия, кг/м;
 $q_{\text{фут}}$ - вес футеровочного покрытия, кг/м.

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

а) для газопроводов

$$q_{\text{газ}} = \pi P D_{\text{вн}}^2, \quad (7)$$

б) для нефтепроводов

$$q_n = \gamma_n \frac{\pi D_{\text{вн}}^2}{4}, \quad (8)$$

где π - коэффициент перегрузки, принимаемый по таблице СНиП П-45-75;
 P - нормативное давление газа, кг/см²;
 $D_{\text{вн}}$ - внутренний диаметр трубопровода, м;
 γ_n - объемный вес транспортируемой нефти или нефтепродуктов, кг/м³.

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

$$\text{I расчетная схема } H_n \leq D_n; \quad (9)$$

$$P = 8EJ\gamma_0\beta^2;$$

$$\text{II расчетная схема} \quad (10)$$

$$P = 2B \left[C - \frac{C^3\beta^3 - 3CB - J}{3\beta(C\beta + 1)^3} \right];$$

$$\text{III расчетная схема} - \text{трубопровод полусферы под водой} \quad (11)$$

$$P = \sqrt{384EJ} B^3 H_p.$$

здесь $\beta = \sqrt{\frac{B}{4\gamma_0 EJ}}$ - характеристика трубопровода; (12)

EJ - жесткость трубопровода;

$Ув$ - высота выступающей части плавящего трубопровода над поверхностью воды, м;

H_p - расчетная глубина, м;

H_B - глубина воды в траншее, м;

C - расчетная длина изогнутого трубопровода, м.

Расстояние между балластными перемычками

$$t = \frac{P - \gamma_a V}{B}, \quad (13)$$

где V - объем перемычки, находящейся под водой, м³.

4. БАЛЛАСТИРОВКА ТРУБОПРОВОДОВ ПЕРЕМЫЧКАМИ ИЗ ЗАКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ

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

перемычки из незакрепленного грунта без армирующей сетки;

перемычки из закрепленного грунта с армирующей сеткой.

При этом сварная армирующая сетка используется для обеспечения прочности перемычки на сжатие 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 дойменных участках и на болотах I и II типов (рис.10) приведены в табл.4.

Таблица 4

Диаметр трубопровода, мм	Параметры траншеи, м					
	Дойменные участки			Болота I и II типов		
	a	b	h	a	b	h
1000	1,5	2,0	2,5	1,6	1,3	5,1/8,0
1200	1,7	2,2	2,5	1,7	2,0	8,7/6,7
1400	1,8	2,4	2,3	1,8	2,2	6,3/7,4

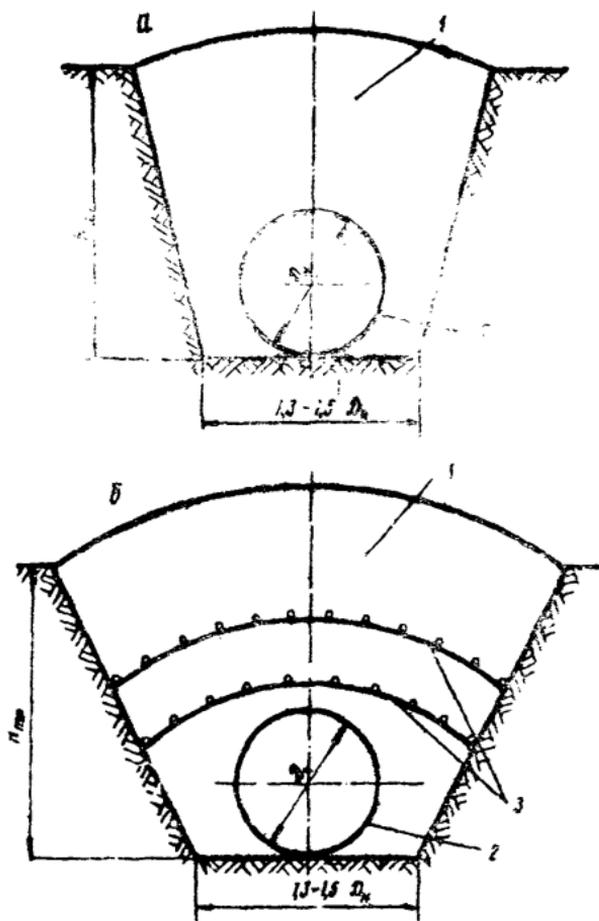


Рис. 9. Устройство балластных перемычек:

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

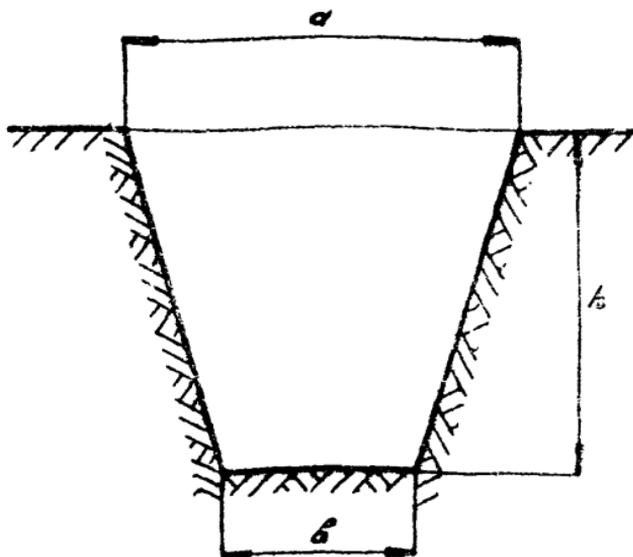


Рис. IQ. Расчетные параметры поперечного сечения траншеи

Длиной перемычки на грунте можно задаться, используя техническую характеристику бульдозера. с шириной гусениц 2,8 м, и с железнодорожно-элеваторными габаритами 3 м.

4.4. Грифцесили остроугольным (рис. II) с учетом перекрытия отдельных проходов бульдозера длина перемычки по верху составит 4,6

Для вычисления объема неустойчива, идущего на устройство перемычки, имеют:

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

где S_1 - площадь поперечного сечения траншеи;

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

где S_2 - площадь поперечного сечения трубопровода.

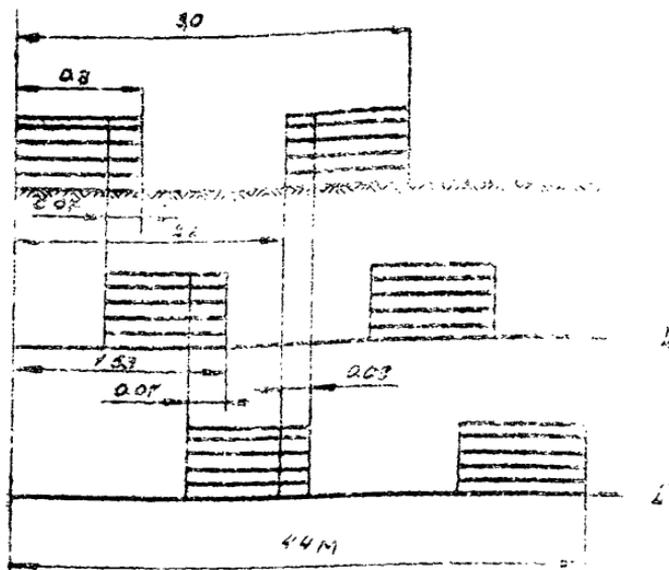


Рис. II. Схема определения длины перемычки из нефтегрунта.
I - II - проходы бульдозера

Тогда объем нефтегрунта будет:

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

где ℓ - длина нефтегрунтовой перемычки

Вычисления длины приводятся в таблице.

4.5. До начала укладки гребенчатых грубопродов на нефтегрунт необходимо:

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

Таблица 5

Диаметр трубо- провода, мм	S, м ²		S _г , м ²	V, м ³			
	Повышен- ные уча- стки	Бюджета		Повышен- ные уча- стки	Бюджета		
		I ти- па			II ти- па	I ти- па	II типа
1020	5,0	5,94	5,75	0,817	18,4	22,54	26,1
1220	6,16	7,4	6,4	1,169	21,96	27,42	31,82
1420	7,44	9,02	10,23	1,584	25,77	32,72	38,04

завезти нефтегрунт для ведения работ;
проверить и подготовить Бульдозер,

в зоне работ звена подготовить инвентарь, приспособле-
ния и средства для безопасного производства работ, получить
письменное разрешение от заказчика на балластировку уложенно-
го трубопровода.

4.6. Нефтегрунт, завезенный на трассу автомобилями,
должен быть выложен на бровке траншеи, в местах устроения ла-
ремчиков. Схеме организации балластировки магистральных трубо-
проводов с использованием закрепленных данных прилагается на
рис.12.

4.7. Работы по организации и ведению балластировки тру-
бопровода перемычками из закрепленных грунтов состоит 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:

машинист бульдозера	- 1
машинист дорожной фрезы Д-530	- 1
водитель автобуксировки	- 2
машинист однокорпусного погрузчика Т-157	- 1

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

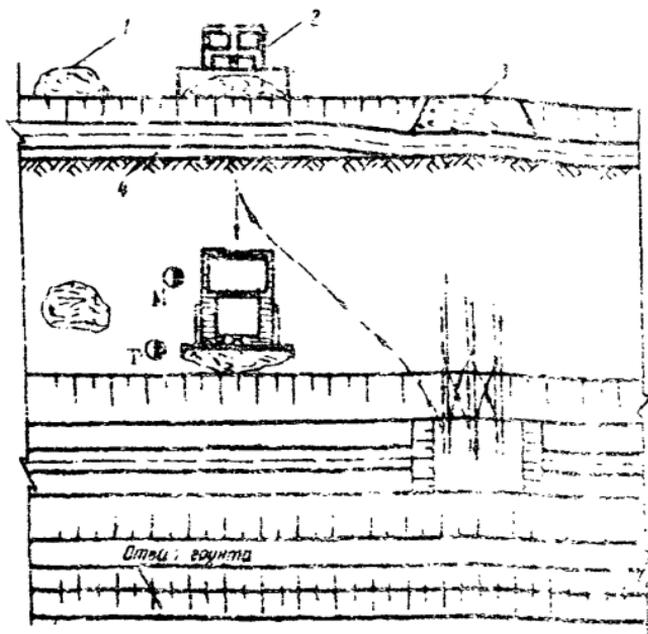


Рис. 12. Схема организации работ по балластировке трубопровода диаметрами 1020, 1220 и 1420 мм перекачки из нефтепродукта:

1 - подготовленный грунт; 2 - бульдозер; 3 - крановый;
из нефтепродукта; 4 - вода. И - машина бульдозер;
Т - трубукладчик 3-го разряда

Таблица 6

Машины и механизмы	Марка	Технологические процессы
Бульдозер	ДВ-18	Разработка грунта
Дорожная фреза	Д-530	Измельчение и смешивание грунта с нефтебитумом
Автобитумовоз	ЗМ-131	Перевозка и введение нефтебитума в распределительную систему дорожной фрезы
Одноковшовый погрузчик	Т-157	Перемещение и погрузка готового нефтегрунта

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

машиниста роторного траншеезаспателя	-	I
машиниста бульдозера	-	I
машиниста гидруплотнительной машины	-	I
водителя-механика поливальной установки	-	I
Всего		4 чел.

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

Таблица 7

Машины и механизмы	Марка	Технологический процесс
Роторный траншеезаспатель	TR-2A (TR.35I)	Разработка отвала, перемешивания грунта с нефтепродуктом, отсыпка перемычки из нефтегрунта
Бульдозер	ДБ-1С	Разравнивание и уплотнение перемычки
Поливальная установка	СВ-118	Подлив грунта нефтепродуктом
Гидротрамбовочная машина	Г-1Г (ГТ-2)	Уплотнение нефтегрунта в пазухах между трубой и стеной траншеи

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

Вариант I.

Поливальная установка СВ-118 подклевывает отвал грунта нефтепродуктом непосредственно перед ротором траншеезаспателя; роторный траншеезаспатель разрабатывает подбитый отвал грунта, перемешивает грунт с нефтепродуктом и насыпает над трубопроводом перемычку из нефтегрунта;

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

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

уплотнение перемычки производится бульдозером, оборудованным плахой, навешанной вместо кличка-рыхлателя.

ВАРИАНТ II

Роторный траншеезаспатель разрыхляет слой грунта, разрыхляет его и отбрасывает над трубопроводом перемычку;

подвижная установка передвигается параллельно траншеезаспателью по свободной бровке траншеи и подбрасывает грунт, разрыхляемый непосредственно в траншею в процессе отбрасывания перемычки.

5. БАЛЛАСТИРОВКА ТРУБОПРОВОДОВ УТИЛИЗАЦИОННОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМИ ГРУЗАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ

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

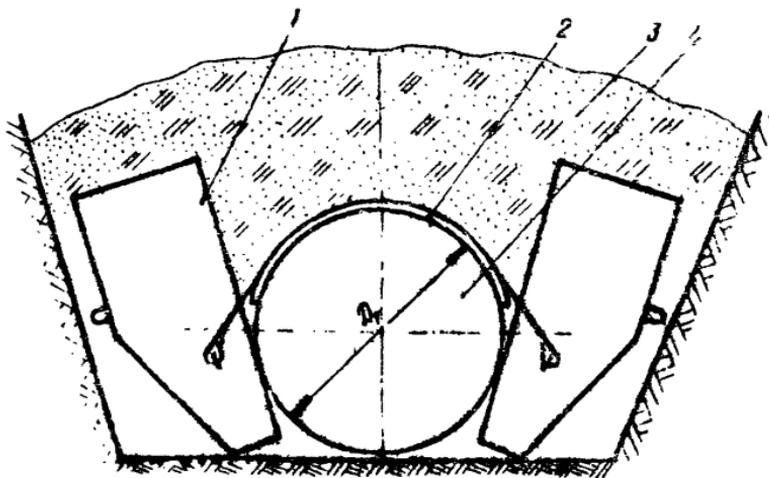


Рис.13. Конструкция железобетонного груза типа УГО:
1-блок бетонный; 2-плита соединительная; 3-закрепленный грунт; 4-трубопровод

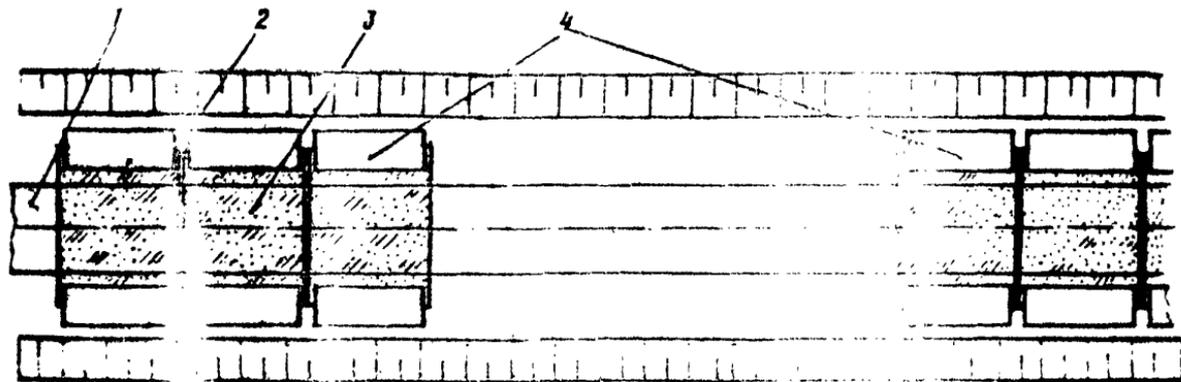


Рис.14. Грунтово-цементный метод стабилизации трубопроводов с применением цементного раствора:
 1 - трубопровод; 2 - кирпич; 3 - цементный раствор; 4 - группа грунтово-цементного раствора

что позволяет в большей степени использовать грунт засыпки траншеи с целью повышения величины балласта. При этом грузы типа УБО устанавливаются групповым методом (рис. 14).

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 (14), ограничивая прогиб трубопровода 10 см.

$$l = \sqrt[4]{\frac{768EJ\psi}{2q_2(k^4 + 4k^3 + 6k^2) + q_1(6k + 2)}}, \quad (14)$$

где E - модуль упругости материала трубопровода, кгс/см²
 ($E = 2,1 \cdot 10^6$ кгс/см²);
 J - момент инерции трубопровода, см⁴;
 ψ - прогиб трубопровода, см;
 q_2 - распределенная пригрузка, кгс/см.

$$q_2 = \gamma_B V_{TP} - q_{TP}, \quad (15)$$

где γ_B - плотность воды, кгс/см³;
 V_{TP} - объем I км трубопровода в воздухе, кг;

$$q_1 = \frac{\rho}{\sigma_{TP}} - q_2, \quad (16)$$

где q_1 - нагрузка от балласта, кгс/см;
 ρ - вес груза + вес грунта засыпки в воде, кг;
 σ_{TP} - ширина 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
Понтоны или пана	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 утяжеленных железобетонных грузов при балластировке магистральных трубопроводов" Р 239-76 .

6. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

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

СНиП III-4-80 "Техника безопасности в строительстве". (М., Стройиздат, 1980);

"Правилами техники безопасности при строительстве магистральных трубопроводов";

"Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов", (М., Недра, 1970);

"Положением о службе техники безопасности в системе Миннефтегазострой".

6.2. К выполнению работ по балластировке трубопровода нефтегрунтом могут быть допущены рабочие, достигшие 18 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 балансовой трубе, должен находиться старший, распоряжения которого обязательны для остальных членов звена.

6.5. Во время работы по балансовой трубе бульдозерист 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 закрывателем грунтов необходимо применять индивидуальные средства защиты (одежда, обувь) согласно типовым отраслевым нормам, утвержденным Госкомитетом Совета Министров СССР по труду и социальным вопросам и Президиумом ВЦСПС.

6.8. Хранить закрыватель грунтов необходимо в закрытых емкостях. При вскрытии тары нельзя пользоваться инструментом, лежащим при ударе молоту.

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

ПРИЛОЖЕНИЕ

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	43/41	500
0,5I-0,60	0,01	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	0,03	38/36	400
0,6I-0,70	0,01	35/33	300
0,7I-0,80	-	-	-
Мелкие			
0,4I-0,50	0,06/0,01	38/36	480
0,5I-0,60	0,04	36/34	380
0,6I-0,70	0,03	32/30	280
0,7I-0,80	-	28/26	180
Пылеватые			
0,4I-0,50	0,03/0,02	36/34	360
0,5I-0,60	0,03/0,01	34/32	280
0,6I-0,70	0,02	30/28	180
0,7I-0,80	0,02	26/24	110

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

Удельное сцепление (c), кг/см² и угол внутреннего трения для глинистых грунтов
(при коэффициенте 0-0,75)

Влажность грунта на границе расчетного слоя, %	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°	0,09/0,01 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	- -	- -	- -	- -	0,94/0,40 16°/14°	0,47/0,22 15°/13°

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

Продолжение приложения I

Таблица 3

Модуль деформации (нормативный) глинистых грунтов,
кгс/см²

Наименование грунта и кон- систенция	Коэффициент пористости										
	0,41-0,44	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 озеро-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	-	-	-	-	180	120	90	70	-	-	-
Силувогляциальные 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	-	380	280	220	170	140	-	-	-	-	-
0,5 В 0,75	-	-	-	170	130	100	70	-	-	-	-
Моренные четвертичные отложения											
Супеси В 0,5	750	550	450	-	-	-	-	-	-	-	-
Древние отложения оксфордского яруса											
Глины											
0,25 В 0	-	-	-	-	-	-	270	250	220	-	-
0 В 0,25	-	-	-	-	-	-	240	220	190	160	-
0,25 В 0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	160	120	100

Коэффициенты трения трубопровода о грунт

Грунт	Коэффициент трения
<u>Пески</u>	
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
<u>Суглинки</u>	
Плотные	0,55/0,35
Пластичные	0,47/0,25
<u>Глины</u>	
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 разрыхленном состоянии**

Грунт	Средняя плотность, кгс/м ³
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.)	1800
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	1000

Окончание приложения I

Таблица 6

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

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

Таблица I

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

№ п/п	Физико-химические свойства	Показатели
1.	Плотность, кгс/м ³	1044,0
2.	Групповой углеводородный состав, % от массы:	
	парафино-нафтеновые	40,4
	моноциклические ароматические	10,6
	бициклические ароматические	17,9
	полициклические ароматические смоль	16,5
	асфальтены	5,4
	карбены + карбоды	0,2
3.	Температура застывания, °С	2,0
4.	Температура вспышки, °С	130,0
5.	Вязкость удельная при 100°С, °ВУ ₁₀₀	3,07
6.	Подстилка воды, % от массы	0,000

Именно-химические свойства легкого газойля коксования

№ п/п	Показатели качества	Легкий газойль
1.	Плотность, кг/м ³	905
2.	Вязкость условная при 50°С, °ВГ ₅₀	1,22
3.	Температура вспышки, °С	84
4.	Температура застывания, °С	-18
5.	Радиционный состав, %	
	Н.К.	102
	Ю.	146
	80.	230
	50.	321
	Н.К.	338
6.	Групповой углеводородный состав в % от массы:	
	парафино-нафтеновые	69,5
	моноциклические ароматические	19,5
	бипциклические ароматические	10,0
	полициклические ароматические	10,4
	смолы	4,0

Продолжение приложения 2
Таблица 3

Физико-химические свойства нефтяного битумного
битума марки БН-80/10

№ п/п	Физико-химические свойства	Показатели
I.	Групповой углеводородный состав, % от массы:	
	парафино-нафтеновые	15,0
	моноклические ароматические	3,5
	бимиклические ароматические	6,0
	полициклические ароматические	18,8
	смола	25,0
	асфальтены	32,0
2.	Температура размягчения по КМБ, °С	43
3.	Температура восплаемл, °С	264
4.	Вязкость условная при 80°C, °з/см	31,0
5.	Содержание воды, % от массы	Отсутствует
6.	Глубина проникания иглы при 25°C, 0,1 мм	6,8
7.	Расклевываемость при 25°C, см	1,4
8.	Растворимость в бензоле, % от массы	99,8
9.	Неомылимаемость после прогрева, % от массы	0,5
10.	Содержание водорододефицитных соединений, % от массы	0,28

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ НА ОПЫТНУЮ ПАРТИЮ ЗАКРЕПИТЕЛЯ ГРУНТОВ НЕФТЯНОГО МАРКИ МТ-10

Настоящий технологический регламент распространяется на закрепитель грунтов нефтяной марки МТ-10, предназначенный для укрепления грунтов и насыпей при прокладке магистральных трубопроводов в летний период.

Закрепитель грунтов МТ-10 получается компаундированием легкого газойля деструктивных процессов (замедленного доксования, каталитического крекинга), тяжелых нефтяных остатков (гудрона, крекинг-остатка) и битума.

1. Технические требования

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

Показатели	Норма	Методы испытаний
Вязкость $^{\circ}\text{ЗУ}$ при 50°C ,	Не ниже 10	По ГОСТ 8258-52
Температура застывания, $^{\circ}\text{C}$	Не выше 0	По ГОСТ 20287-74
Температура вспышки в открытом тигле, $^{\circ}\text{C}$	Не ниже 90	
Содержание воды, %	Не более 1,0	По ГОСТ 24104-65
Содержание механической %	Не более 0,5	По ГОСТ 6371-68

Давления

Испаряемость

2. Требования техники безопасности

2.1. Закрепитель грунтов марки МТ-10 является горючим веществом с температурой вспышки не ниже 90°C , температурой воспламенения 194°C и температурой самовоспламенения 340°C .

Температурные пределы взрываемости паров закрепителя :
нижний предел - 131°C, верхний - 169°C.

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

2.3. При разливке закрепителя грунтов необходимо облить 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/м³. Содержание углеводорода 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 ВНИИО.

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 выборки 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 кг продукта.

5. Упаковка, маркировка, транспортировка и хранение

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

6. Гарантия 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

1. Общие положения	3
2. Требования к свойствам закрепляемых грунтов и к средствам закрепления	4
3. Расчет основных параметров балластн- ровки трубопроводов с использованием закрепленных грунтов	13
4. Балластнровка трубопроводов перемычками на закрепленных грунтах	18
5. Балластнровка трубопроводов утяжеля- ющими железобетонными грузами с исполь- зованием закрепленных грунтов	25
6. Техника безопасности	28
Приложения	31

Руководство
по балластнровке трубопроводов
с использованием закрепленных грунтов
Р 436-81

Издание ВНИИСТА

Редактор А.М. Зарваева Корректор Г.Ф. Маликова
Технический редактор Т.В. Барышева

А-76767 Подписано в печать 2/11 1982г. формат 60x84/16
Печ.л. 2,75 Уч.-изд.л. 2,3 Бум.л. 1,375
Тираж 600 экз. Цена 23 коп. Заказ 21

Госаппарат ВНИИСТА