

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДСВАТЕЛЬСКИЙ 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

УДК 621.643.002.2:624.138 (083.74)

Настоящее "Руководство по балластировке трубопроводов с использованием закрепленных грунтов" выполнено по программе совместных работ ВНИИГИСа, Удимского научного 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 слабо-несущих грунтах, выдвинутой XXII съездом КПСС в "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981 - 1985 годы и на период до 1990 года".

В разработке Руководства привлечены ученые:
д-р техн. наук Бабий А.Д., д-р техн. наук Верескин В.Д.,
канд. техн. наук Васильев В.Н., канд. техн. наук Быков А.И.,
инженеры Мухамедов Ф.И., Накаров Р.Н., Золотухин В.С.,
Бобрик Б.Ф., Рафиков С.К., Ильин В.А., Тебельков Б.А.,
Васильева М.П., Редетников А.Д., Гадалова Н.В., Сахар-
цева И.И., Чудаков В.И.

Предлагается для заочного рассмотрения по
адресу: 105058, Москва, Окружной проспект, 19, ВНИИГИС

(С) Всесоюзный научно-исследовательский институт по строительству магистральных трубопроводов (ВНИИГИС), 1982

Министерство строительства предприятий нефтяной и газовой про- мышленности	Руководство по балластировке трубопроводов с использовани- ем закрепленных грунтов	P 435-81
Разработано впервые		

I. ОБЩИЕ ПОДСКАЗКИ

I.1. Настоящее Руководство распространяется на прокладываемые, вновь строящиеся и реконструируемые трубопроводы и ответвления от них с условным диаметром до 1400 мм (включительно) и избыточным давлением не выше 10 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, используют минеральные грунты, улучшенные путем добавок к ним вяжущих компонентов (гравий, щебень, скрепки-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, полузааглубленном и наземном способах их прокладки как в летнее, так и в зимнее время.

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

I.5. При проведении изысканий трасс трубопроводов необ-

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

ходится определять основные физико-механические характеристики грунтов, подлежащих мелиорированию, а именно, плотность и объемную массу, влажность, гранулометрический состав, число и яйцеко плотности, сдвигаемость 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 II-45-75, СНиП III-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 Созздорний, Гидропроект, НИИОСП и ВСИГИИГБ 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 закрепленных грунтов разработаны с учетом опыта поверхностного и грунтового 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
1. Плотность и объемная масса	ГОСТ 6182-64	Пикнометр
2. Болестивенная гидрохимическая влажность	ГОСТ 5 110-64	Сушильный шкаф
3. Гранулометрический состав	ГОСТ 12535-57	Прибор Сабельник
4. Число пластичности и предел пластичности	ГОСТ 5-183-64 ГОСТ 5-184-64	Конус КОН-1
5. Угол внутреннего трения и сцепление	ГОСТ 12248-65 Методика Гидропроекта	ГГП-30
6. Сжимаемость грунта	Те же	К-Дн, КПр-1
7. Водопоглощаемость	Методика Гидропроекта	ИПР
8. Время размываемости	Те же	ИПР
9. Содержание органических остатков и гумусовых включений	и т	—
10. pH грунта	и т	pH-метр
11. Оптимальная влажность и наимимальная плотность	Методика Соловьордина	Прибор ставропольского упаковщика
12. Показатели просадочности (для просадочных грунтов)	СНиП II-15-75	—

П р и м е ч а н и е. В зависимости от гранулометрии испытание грунтов показателей пунктов 1, 2, 4, 5, 6 и 12 могут быть определены только для образцов с лекарственной структурой и сокращенной болестивенной влажностью, собранных в соответствии с нормами.

2.4. И прочность образцов при сдвиге в направлении уплотнения в пунктах 1, 2 и 3 (табл. 2), определяется по стандартной методике Соловьордина в соответствии с нормами ГБ 25-74.

2.5. Насухания и капиллярное водопоглощение грунтов в пунктах 4 и 5 определяются методом водопоглощения и сжимаемости по СН 25-74. Допускается определение влажности с помощью измерителя влажности из методики Гидропроекта на приборе ИПР.

Таблица 2

Показатель физико-механических свойств	Значение
1. Предел прочности при сжатии неводонасыщенных образцов при 20°, МПа	не менее 0,3-0,6
2. Предел прочности на растяжение при изгибе неводонасыщенных образцов при 20°, МПа,	не менее 0,1
3. Надувание, об.-%	не более 6
4. Капиллярное водонапыжение, 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

Приимечание. 1. Показатели для образцов из фердиновых 7 сут., за исключением толерантности, определяемых в возрасте 28 сут.

2. Минимальное время размокаемости не суммировать с временем, определяемым временем, необходимым для набора прочности грунтов до 70% от проектной.

2.6. Время размокаемости грунтов, определяемое по методике ГидроПрибора, не позднее 17

2.7. Углы внутреннего трения и коэффициент сцепления определяются на образцах из мокрой почвы с максимальной влажностью в условиях умеренных температур, после зажигания при любых режимах (зажигают мокрый сухой), в возрасте не менее 7 сут. Исследование проводят по способу неподвижного сдвиги в условиях стационарных осадок стекла (коэффициент не превышает 0,05 или за 12 с.).

2.8. Минимальные значения углов внутреннего трения и сцепления для грунтов из загущенных коллоидальных продуктов МТ-10 без добавки Олтуна, определены для образцов влажного состояния в возрасте 7 сут.

2.9. В качестве средоточия напропарки и стабилизации строительных свойств грунтов в условиях одновременной нестабильности рекомендуется модификация по содержанию твердых фракций продукта МТ-10, представляемого собой смесь земного и зернистого базового исходинента (смесь остатка термического крекинга и легкого газобоя в соотношении 1:1 или 3:1) с 10% строительного битума БН-80/10. При этом добавление битума увеличивает прочность и водонепроницаемость связанных грунтов (рис.1).

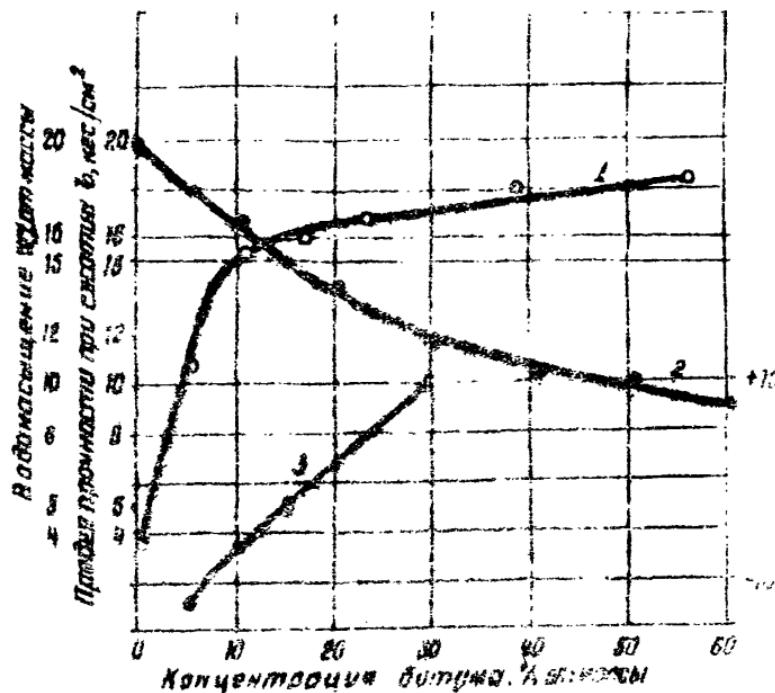


Рис. 1. Зависимость прочности и водонепроницаемости связанных грунтов от концентрации битума БН-80/10 в смеси 75% по массе краинки-составки в асфальтобетоне (состав смеси (ориентировочно 20 кг/м³))

2.10. Гравийодорожный бортик в базаль-битумобетоне облицован остатка термического крекинга легкого газобоя и строительного битума БН-80/10 приведены в приложении 2.

2.11. Физико-химические свойства органического пластифицирующего ИП-10 в зимней и летней модификациях приведены в табл.3, а технологический регионант - в приложении 3.

Таблица 3

Физико-химические свойства	Модификация	
	летняя	зимняя
Соотношение крекинг-остатка к легкого газоиль	3:1	1:1
Содержание битума, % от массы закрепителя	10	10
Щадность, кг/м ³	941	925
Групповой углеводородный состав, % от массы:		
парафино-нафтеновые	29,5	34,5
непредельные ароматические	10,6	11,8
бензиновые ароматические	18,3	17,1
полициклические ароматические	39,75	30,8
смолы	17,70	12,6
асфальтены	6,97	5,3
карбены + карбониды	0,18	0,1
Температура застывания, °С	-5	-32
Температура вспышки, °С	127	110
Вязкость у停留ки при 50°С, вт ₅₀	15,7	4,08
Содержание воды, % от массы	0,64	0,64

2.12. Декорировка закрепленного состава зависит от вязкости и содержания воды в ее структуре и температуры. Поэтому при выборе декорировки необходимо учитывать данные экспериментальных исследований (рис.2-8).

2.13. Модификация продукта ИП-10 (без добавки сургуча) может быть рекомендована только в сочетании с армированной сеткой или в тканях с прутами или вертикальными стеклами при условии отсутствия воды в тканях в момент баллонирования, а также при инкубационном бредозе при повышенных температурах. На рис.2 показана зависимость прочности на скатывание сургучника, закрепленного этим продуктом. На графике видно, что наибольшая прочность достигается при декорировании 5-6% по массе скелета

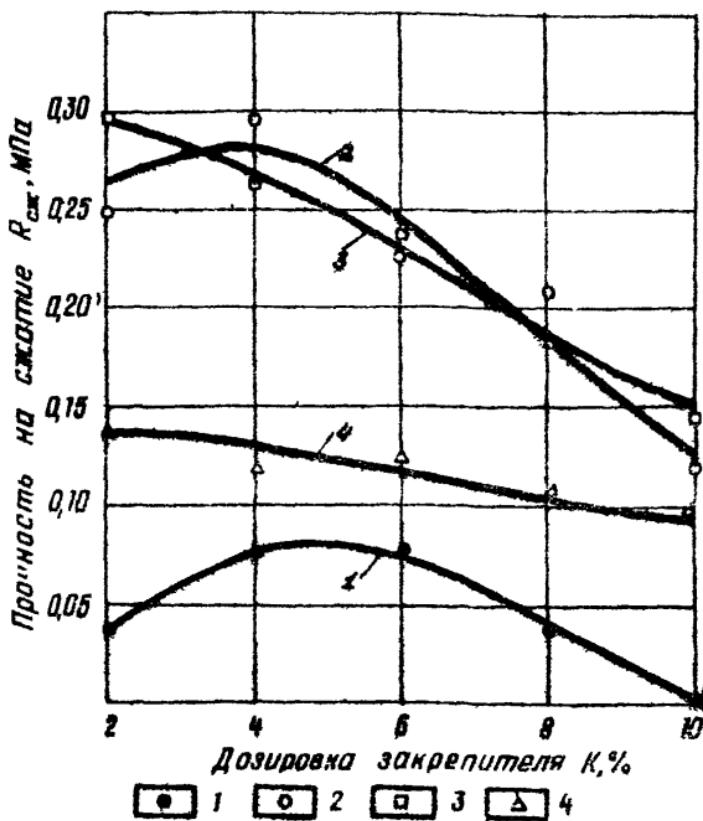


Рис.3. Зависимость прочности на сжатие образцов-цилиндров грунта от дозировки 80/20 без добавки битума при исходной влажности:

1 - 10%; 2 - 20%; 3 - 25%; 4 - 30%

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

2.14. При выборе дозировки других модификаций латного 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 к грунту является сопротивление сдвигу в сухом виде. Зависимость прочности на сжатие от дозы в продукте в оптимальной влажности, т.е. при 20% закреплении, показана на

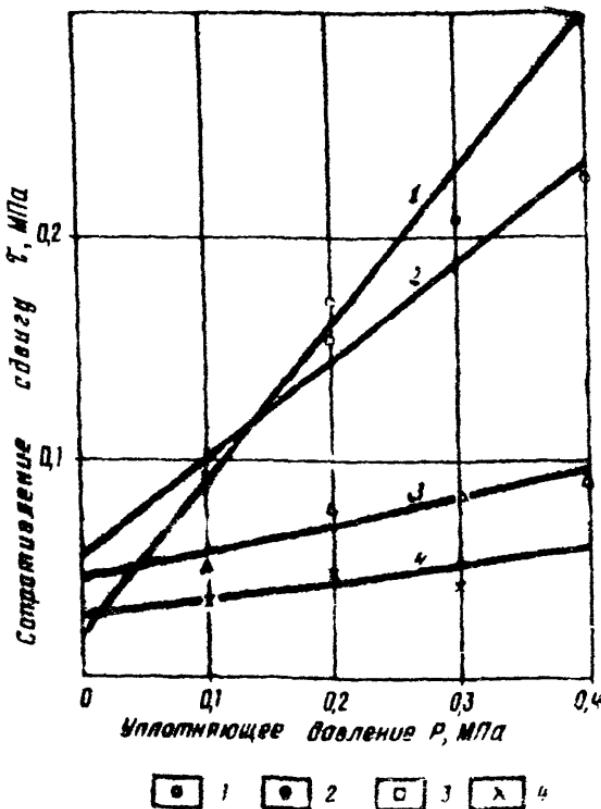


Рис.3. Сопротивление сдвигу грунта, закрепленного 8% во влаге продуктом ВГ/20 при исходной влажности:
1 - 10%; 2 - 20%; 3 - 30%; 4 - 40%

МТ-ИУ 80/20 + 5% ВН 90/10 от дозировки, способы и режимы хранения приведены на рис.4 и 5.

2.15. Для закрепления балластных грунтовых перемычек в условиях постбианного высокого горизонта подземных вод, на участках с высокой температурой рекомендуется применять легкую модификацию продукта МТ-ИУ 75/25 + 14% ВН. Прочность на сжатие такого суглинка, закрепленного этим продуктом, при различных условий и сроках твердения приведена на рис.6.

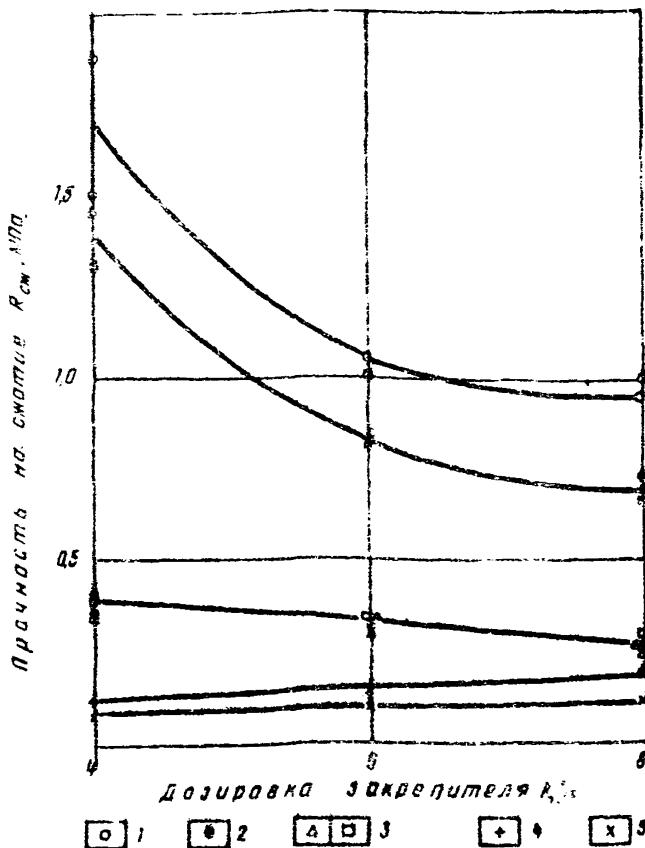


Рис.4. Зависимость прочности на сжатие от дозировки закрепителя (модификация МТ-10 30/2040% ВИ-50/10):

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 гравии с начальной влажностью 1,2%, закрепленной язвицей модификации бетонного МТ-10, приведена на рис.7. Для сухой при указанных влаж-

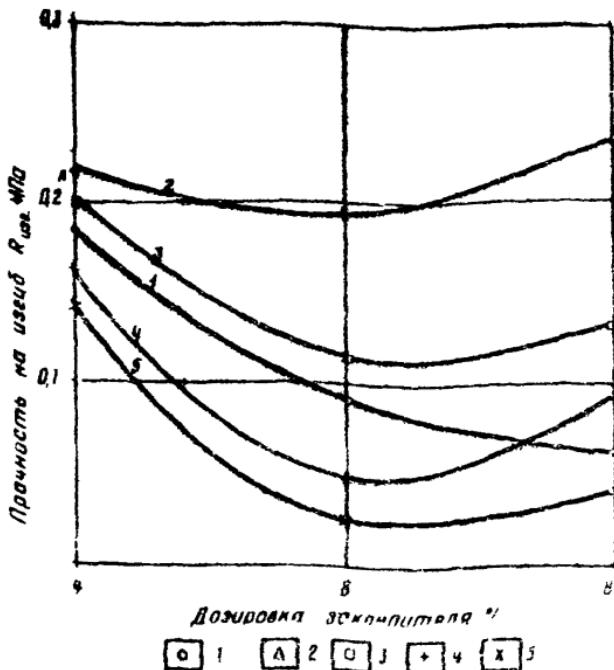


Рис.5. Зависимость прочности на изгиб от дозировки закрепленного грунта (модификация М1-10-80(20 + 5% КН-50/Ю) : 1-7 сут сухое хранение, 2 - 7 сут влаги, 3 - 7 сут влажного хранения, 4 - 28 сут влажного хранения, 5 - 7 сут влажного хранения, 0,2 МПа;

1-7 сут сухое хранение, 2 - 7 сут влаги, 3 - 7 сут влажного хранения, 4 - 28 сут влажного хранения, 5 - 7 сут влажного хранения, 0,2 МПа;

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

2. Г%. Для экономии влагущего и обеспечения большей прочности закрепленного грунта в условиях влажности, близкой к оптимальной, можно применять дозировку влагущего 4-7% по массе скелета грунта, при условии, что влажность в момент замешивания и уплотнения не менее 5% от верхней границы пластичности. В этом случае нижняя граница дозировки (4%) рекомендуется для сухих, влажных (7%) - для тяжелых суглинков.

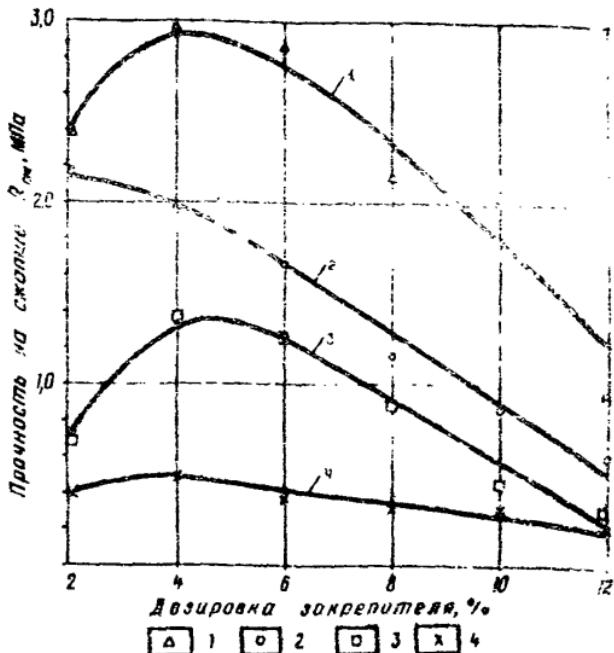


Рис.6. Прочность на сжатие сухого буровинка оптимальной влажности, закрепленного латексной полифлоксилевой продукта 75/IU + 10% Би-80/10 (МТ-10):

1 - 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. РАЧУТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ БАЛЛОТИРОВКИ ТРУБОПРОВОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАКРПЛЕННЫХ ГРУНТОВ

3.1. Проверку против выплытия трубопроводов, прокладываемых на обводненных участках, следует проводить согласно СНиП II-45-75 по расчетным нагрузкам и воздействиям, из условий

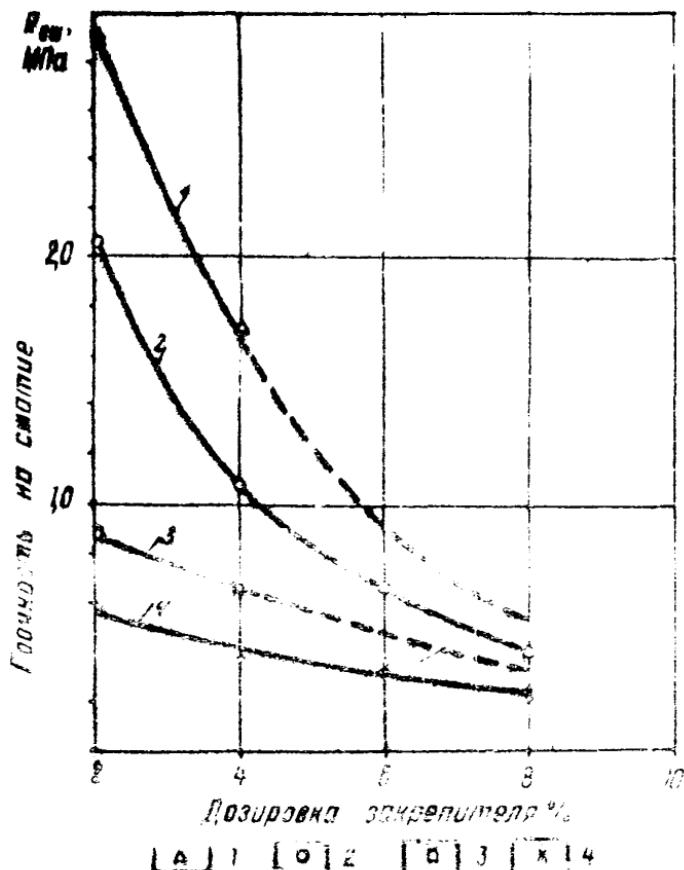


Рис. 7. Прочность на сжатие сухой кальциевой супеси
в зависимости от влажности, задержанной продуктом
МГ-1С1:

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

$$B \geq K_m [K_{nq} q_0 + B_{nq} + B_{nq} - q_{tr} - q_{dop}], \quad (1)$$

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

K_m - коэффициент безопасности по напряжению при балла-
стовании грунтом $K_m = 1,2$;

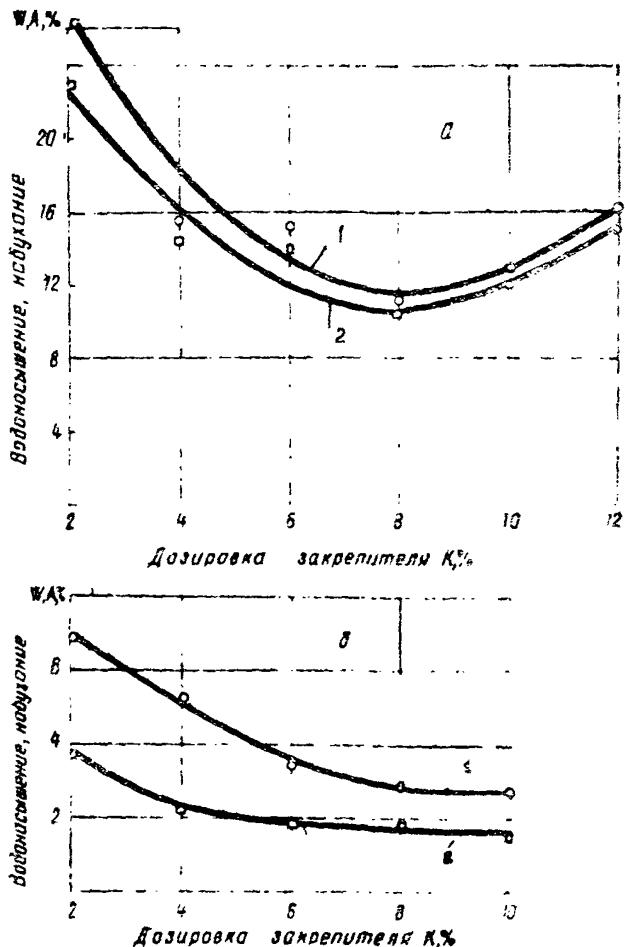


Рис. 8. Водонасыщение и набухание грунтов, закрепленных продуктом МТ-10:
 а - суглинок тяжелый; б - супесь тяжелая мелкая; 1 - водонасыщение W ; 2 - набухание A

$K_{н.б}$ - коэффициент вязкости при расчете устойчивости колебания трубопровода против волнистости, принимаемый для болот $K_{н.б} = 1,05$;

q_8 - расчетная видалинивальная сила воды, действующая на трубопровод (с учетом изоляции в футеровки), кгс/м:

$$q_8 = 0,8 D_n^2 f_8, \quad (2)$$

где D_n - наружный диаметр трубы с учетом изолированного покрытия и футеровки, м;

f_8 - плотность воды с учетом растворенных в ней соединений, кгс/м³;

$B_{изг}$ - расчетная величина пригрузки (вес сальника под водой), необходимая для изгиба трубопровода на линейной кривой дна траншеи, определяемая из условия прилегания трубопровода к дну траншеи, кгс/м:

$$B_{изг} = \frac{g}{g} \frac{EJ}{\rho^2 \rho^2} \quad (\text{для выпуклых кривых}), \quad (3)$$

$$B_{изг} = \frac{J2}{g} \frac{EJ}{\rho^2 \rho^2} \quad (\text{для вогнутых кривых}) \quad (4)$$

где J - момент инерции трубы на рассматриваемом участке;

β - угол поворота оси трубопровода, рад;

ρ - радиус упругого изгиба оси трубопровода, см;

$B_{изг}$ - расчетная величина пригрузки (веса сальника под водой), необходимая для предотвращения подъема трубопровода на криволинейных участках в вертикальной плоскости под воздействием внутреннего давления и изменения температуры стенок труб, кгс/м:

$$B_{изг} = \frac{S}{\rho}, \quad (5)$$

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

$Q_{изг}$ - расчетная масса продукта на воздухе, дополнительный обустроенный в воде, а также обесцвечивание воде при транспортировке и пропускания продукта с отрицательной температурой, кгс/м;

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

$$q_{tr} = 0,002466 \delta (D_n - \delta) + q_{iz} + q_{out}, \quad (6)$$

где D_n - наружный диаметр трубопровода, м;

δ - толщина стенки трубопровода, м;

q_{iz} - вес изоляционного покрытия, кгс/м;

q_{out} - вес футеровочного покрытия, кгс/м.

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

а) для газопроводов

$$q_{gas} = \pi R D_{vn}^2; \quad (7)$$

б) для нефтепроводов

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

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

R - нормативное давление газа, кгс/см²;

D_{vn} - внутренний диаметр трубопровода, м;

γ_n - объемный вес транспортируемой нефти или нефтепродуктов, кгс/м³.

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

$$\begin{aligned} \text{I расчетная схема } H_3 &\leq D_n \\ R = 8EJy_0\beta^2 \end{aligned}; \quad (9)$$

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

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

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

$$R = \sqrt{384EJB^3H_p}.$$

здесь $\beta = \sqrt{\frac{B}{4y_0EJ}}$ - характеристика трубопровода; (12)

EJ - жесткость трубопровода;

Y_s - высота выступающей части плавающего 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

$$t = \frac{p - Y_s V}{B}, \quad (13)$$

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 вида балластировки с использованием закрепленных грунтов (рис.6):

перемычки из закрепленного грунта без армированной сетки;

перемычки из закрепленного грунта с армированной сеткой.

При этом сварная арматурная 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 пойменных участках и на болотах I и II типов (рис.10) приведены в табл.4.

Таблица 4

Диаметр трубопровода, м	Параметры траншей, м					
	Пойменные участки			болота I и II типов		
	a	b	h	a	b	h
1000	1,5	2,0	3,5	1,8	1,3	5,1/6,0
1200	1,7	2,2	3,8	1,7	1,4	6,7/6,7
1400	1,9	2,4	4,3	1,9	2,4	6,3/7,4

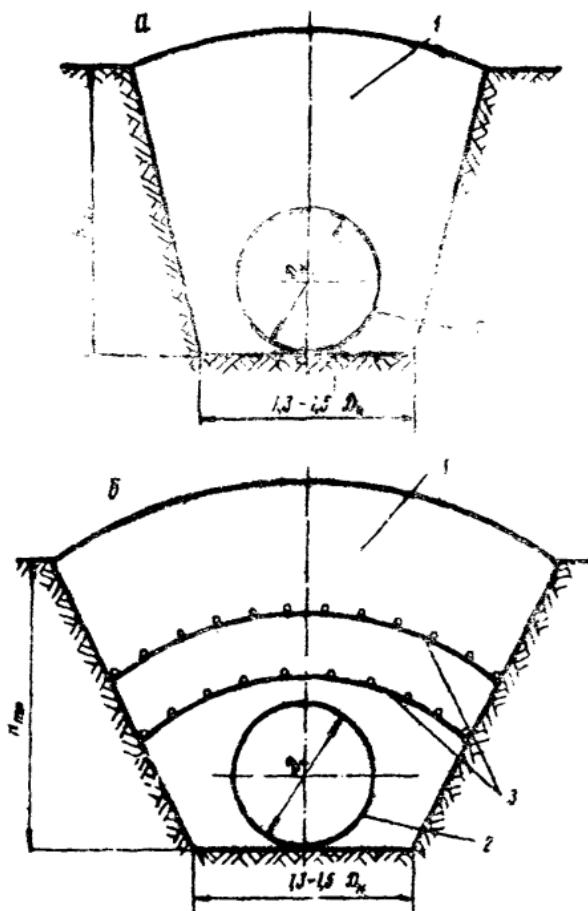


Рис.9. Устройство балластных периметров:
 а - без арматурной сетки; б - армированная при больших
 откосах; 1 - закрепленный грунт; 2 - трубопровод; 3 -
 штраба сварки

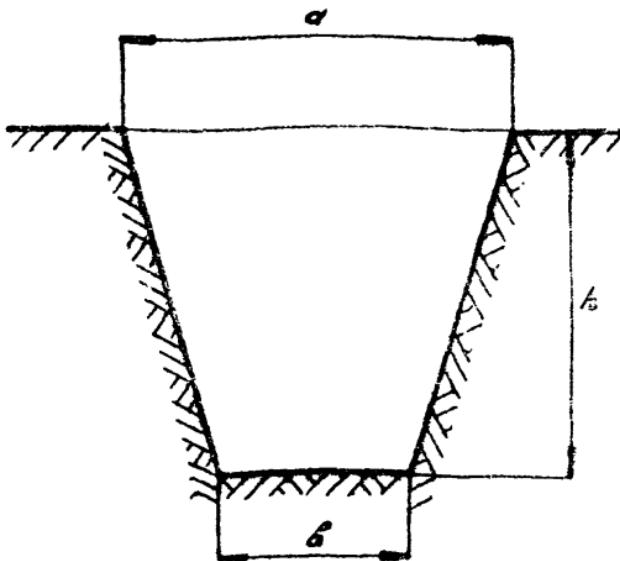


Рис. I.0. Расчетные параметры поперечного сечения трапеции

Длиной перемычки из гидрата можно задаться, используя техническую характеристику будильсера, с шириной гусениц 0,8 м, и с колесодорожно-тракторным рабочим зоной 3 м.

4.4. Графически построенным (рис. II) с учетом перекрытия отдельных продольных будильсера длины перемычки по верху составляет 4,6

Для вычисления объема нефтегруза, лежащего на устройстве перемычек, имеем:

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

где S_1 – площадь поперечного сечения перемычек;

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

где S_2 – площадь поперечного сечения трубопровода.

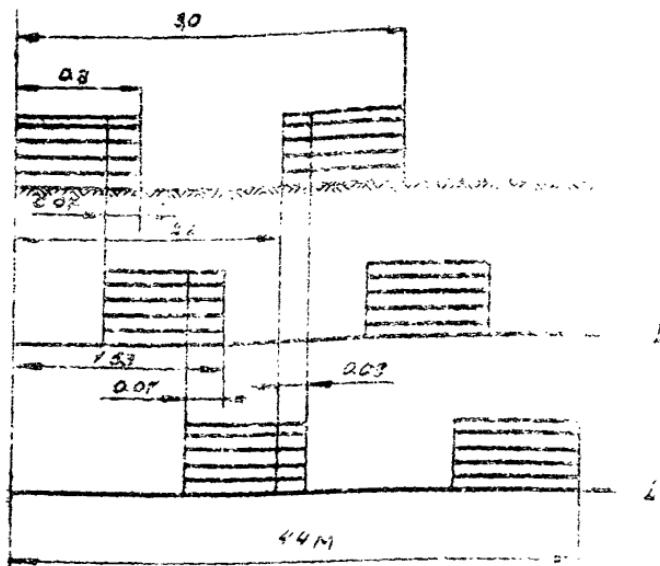


Рис.11. Схема определения длины перемычки из асфальтогрунта.
1 - 2 - проходи бульдозер.

Тогда объем нефтегрунта будет

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

где ℓ - длина нефтегрунтовой перемычки

Вычисление можно представить в таком:

6.5. До начала самолетовождения трубопровода изолировать нефтегрунта необходимо:

балластируемый трубопровод уложить в траншею, а изолированное 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	Δ , м ²				δ_p , м ²	∇ , м ²				
	Повышен- ные уча- стки		Болота			Повышен- ные уча- стки		Болота		
	I тип	II тип	I тип	II тип		I тип	II тип	I тип	II тип	
I020	5,0	5,94	6,76	0,817	18,4	22,54	26,1			
I220	6,16	7,4	8,4	1,169	21,96	27,42	31,82			
I420	7,46	9,08	10,23	1,584	25,77	32,72	38,08			

развести нефтегрунт для ведения работ;
проверить и подготовить бульдозер,

в зоне работ земля подготовить инвентарь, приспособления и средства для безопасного производства работ, позуметь поглощением разрешение от заместителя начальника по балластировке уложенного трубопровода.

4.6. Нефтегрунт, завезенный на трассу автосамосвалами, должен быть высыпан на бровки траншей, в местах употребления перемычек. Схема организации балластировки межтрубных трубопроводов с использованием закрепленных грунтов приведена на рис. I.2.

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

- приготовление грунтовой смеси;
- укладка грунтовой смеси;
- уширение грунтовой смеси.

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

манипулятор бульдозера	- 1
манипулятор дорожной фрезы А-530	- 1
водитель автобетумазова	- 2
манипулятор цементного погрузчика Т-157	- 1

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

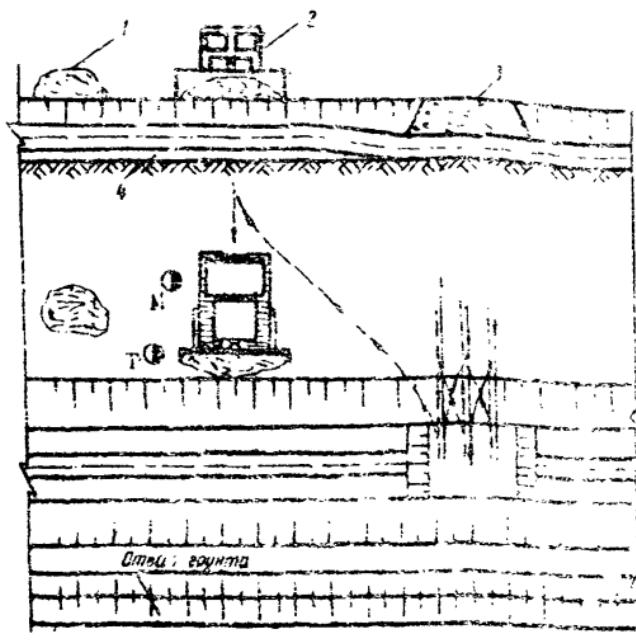


Рис. 12. Схема организаций работ по балластированию трубопроводов диаметром 1220, 1220 и 1420 мм перевозкой из нефтепродукта:

1 - подготовленный грунт; 2 - бульдозер; 3 - перевозка из нефтегрунта; 4 - вода; 5 - конвейер бульдозера; Г - трубоскладка 3-го разряда

Таблица 6

Машины и механизмы	Марка	Технологические процессы
Бульдозер	ДВ-15	Разработка грунта
Дорожная фреза	Д-530	Измельчение и съемка грунта с нефтебитумом
Автобитумовоз	ЭМ-131	Веревка и введение нефтебитума в распределительную систему дорожной фрезы
Одноковшовый погрузчик	Т-157	Перемещение и погрузка горячего нефтегрунта

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

машиниста роторного траншееасыпщика	-	I
машиниста бульдозера	-	I
машиниста гидроуплотнительной машины	-	I
водителя-механика поливальной установки	-	I

Всего: 1 174 ч.

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

Таблица 7

Машины и механизмы	Марка	Технологический процесс
Роторный траншееасыпщик	ТР-2А (TP.351)	Разработка отвала, перемешивание грунта с нефтепродуктом, отсыпка перемычки из нефтегрунта
Бульдозер	Д8-15	Разравнивание и уплотнение перемычки
Поливальная установка	СО-116	Полив грунта нефтепродуктом
Гидротрамбующая машина	ГТ-2	Уплотнение нефтегрунта в пазухах между трубой и стекой траншеи

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

Вариант I.

Поливальная установка СО-116 поджимает отвал грунта нефтепродуктом непосредственно перед ротором траншееасыпщика; роторный траншееасыпщик разрабатывает поднятый отвал грунта, перемешивает грунт с нефтепродуктом и насыпает над трубопроводом перемычку из нефтегрунта;

при достижении толщиной слоя нефтегрунта более 600 мм над верхней обрезуемой трубой производится уплотнение нефтегрунта перемычки;

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

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

Башмак II

Роторный траншеевоздыльатель разрабатывает отвал грунта, разыгрывает его и отсыпает над трубопроводом перемычку;

подвижная установка передвигается параллельно траншеевоздыльателю по свободной бровке траншеи и подымет грунт, разрыхленный непосредственно в траншее в процессе отсыпки перемычки.

5. БАЛЛАСТИРОВКА ТРУБОПРОВОДОВ УЧАСТКАМИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМИ ГРУЗАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАКРЫТИИХ ГРУНТОВ

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

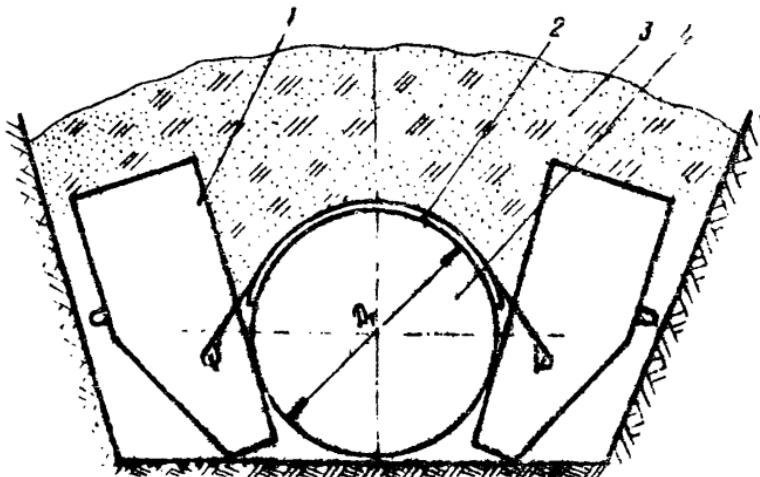


Рис.13. Конструкция железобетонного груза типа УБО:
1-блок бетонный; 2-поло склонительный; 3-закреплен-
ный грунт; 4-трубопровод

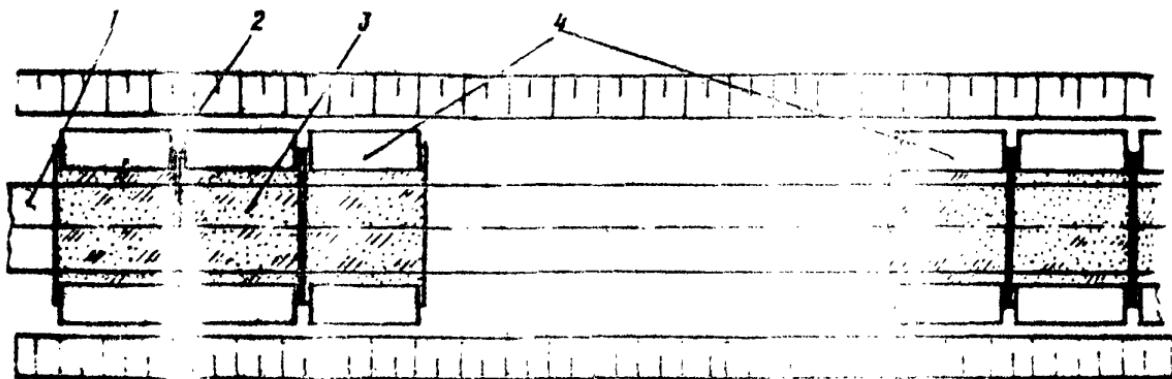


Рис.14. Грунтовый метод армирования трубопроводов с применением инструмента:
1 - трубопровод; 2 - тренаж; 3 - настил-турнит; 4- группы грузов

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

5.2. При групповой установке грунты укладывают вплотную друг к другу, а их общее количество на 1 км трубопровода должно соответствовать расчетному (требованиям проекта).

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

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

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

5.5. Предельную длину группы грунтов определяют из уравнения (14), ограничивая прогиб трубопровода 10 см.

$$\ell = \sqrt{\frac{768EJ_y}{2g_2(K^4 + 4K^3 + 6K^2) + g_1(6K + 2)}}, \quad (14)$$

где E — модуль упругости материала трубопровода, кгс/см² ($E = 2,1 \cdot 10^5$ кгс/см²);

J — момент инерции трубопровода, см⁴;

y — прогиб трубопровода, см;

g_2 — распределенная нагрузка, кгс/см.

$$g_2 = \rho_a V_{tr} - q_{tr}, \quad (15)$$

где ρ_a — плотность воды, кгс/см³;

V_{tr} — объем 1 м трубопровода в воздухе, кг;

$$q_{tr} = \frac{\rho}{\theta_{tr}} - g_2, \quad (16)$$

где q_{tr} — нагрузка от балласта, кгс/см;

ρ — вес груза + вес грунта засыпки в воде, кг;

θ_{tr} — кирпич груза, см.

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

Таблица 8

Миниатюры и механизмы		Технологический процесс
Наименование	Количество	
Кран	1	Навеска грузов
Болотоснегоход	2	Доставка грузов
Понтик или пена	1	Установка крана
Бульдозер	1	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

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

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

"Правилами техники безопасности при строительстве магистральных газопроводов",

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

"Положением о службе техники безопасности в системе Миннефтегазстроя".

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 аварии, залитом из баллонов трубы проводки, значается старый, распоражения которого обязаны для со-тальных членов аварии.

6.5. Во время работы по баллонированию трубопровода неф-ть грунтом машинист будьдозера должен следить за состоянием бровки траншеи и прекратить работу даже при незначительном ее обрушении.

6.6. Нефтепродукты, применяемые для приготовления грун-товой смеси, не содержат вредных токсических веществ, вини-ших на здоровье ободушивающего персонала.

6.7. При работе с закрепителем грунтов необходимо приме-нить индивидуальные средства защиты (спецодежда, спецобувь) согласно типовым отраслевым нормам, утвержденным Госкомитетом Совета Министров СССР по труду и социальным вопросам и Прези-дентом НПСЮ.

6.8. Хранить закрепитель грунтов необходимо в закрытых емкостях. При вскрытии тары нельзя пользоваться кистью, давящим при ударе мокру.

6.9. Чемическая масса и другие машины, используемые при приготовлении грунтовой смеси и ее засыпке в траншею, дол-жны быть оборудованы отстойниками.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение I

Таблица I

Физико-механические свойства песчаных грунтов

Коэффициент пористости	Удельное сцепление (c), кгс/см ²	Угол внутреннего трения, град	Модуль деформации (E), кгс/см ²
Гравийистые 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	0,02	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
Шлебистые			
0,4I-0,50	0,08/0,02	36/34	390
0,5I-0,60	0,06/0,01	34/32	280
0,6I-0,70	0,04	30/28	180
0,7I-0,80	0,03	26/24	110

П р и м е ч а н и я: в числителе приведены нормативные значения, в знаменателе - расчетные.

Продолжение приложения I
Таблица 2

Удельное сопротивление (c), кгс/см² к углу внутреннего трения для глинистых грунтов
(при коэффициенте 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°	0,03/0,01 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 32°/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°

П р и м е ч а н и е: в числителе приведены нормативные значения, в знаменателе - пределы.

Продолжение приложения I

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
Аллювиальные, делювиальные, озерные и озерно-аллювиальные четвертичные отложения										
Супеси										
0 В 0,75	-	320 240	160	100	70	-	-	-	-	-
Суглинки										
0 В 0,45	-	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	-	640 330	270	210	-	-	-	-	-	-
0,25 В 0,5	-	380 260	220	170	140	-	-	-	-	-
0,5 В 0,75	-	-	-	170	130	100	70	-	-	-
Моренные четвертичные отложения										
Супеси В 0,5										
750 560 460	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Прочие отложения склонческого яруса										
Глины										
0,25 В 0	-	-	-	-	-	-	270	250	220	-
0,25 В 0,25	-	-	-	-	-	-	240	220	190	160
0,25 В 0,5	-	-	-	-	-	-	-	160	120	100

Продолжение приложения I

Таблица 4

Коэффициенты трения трубопровода о грунт

Грунт	Коэффициент трения
Пески	
Гравийистые 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	0,56/0,35
Пластичные	0,47/0,25
Глины	
Плотные	0,60/0,40
Пластичные	0,50/0,25

З а м е ч а н и е. В числителе приведены данные для сухого грунта, в знаменателе - для водонасыщенного.

Таблица 5

**Средняя плотность грунта естественной влажности
в рыхло-насыщенном 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
Суспеси, суспеси с примесью гравия, гальки или щебня (до 10% об.)	1600
Суспеси 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, суспеси и суспеси с гравием, галькой и валунами (до 10% об.)	1750
Моренные пески, суспеси и суспеси с гравием, галькой и валунами (от 10 до 30% об.)	1950
Торф	

Окончание приложения I
 Таблица 6
 Значения коэффициента снижения модуля деформации грунтов K_{pr} .

Грунты	K_{pr}
Некарбонатной структуры	1,0
Насыпной	0,6
Обводненный	0,3

Приложение 2

Таблица I

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

№/п	Физико-химические свойства	Воказатели
1.	Щадность, кгс/м ²	1045,0
2.	Групповой углеводородный состав, % от массы:	
	парафиново-нафтеновые	40,4
	моноциклические ароматические	10,6
	бензилические ароматические	17,8
	полициклические ароматические смоль	18,5
	воздушные	5,4
	карбены + карбониль	0,2
3.	Температура застывания, °С	4,9
4.	Температура вспышки, °С	199,5
5.	Влажность уходящая при 100°С, °ВУ ₁₀₀	3,37
6.	Содержание воды, % от массы	Сдан

Продолжение приложения 2
Таблица 2

Химико-химические обороты легкого газоилья коксования

№/п	Показатели качества	Значки показатель
1.	Плотность, кг/м ³	805
2.	Вязкость упругая при 50°, °ВТ ₅₀	1,22
3.	Температура вспышки, °C	84
4.	Температура застывания, °C	-18
5.	Гранулометрический состав, % от массы:	
	Н.К.	2,2
	IO.	46
	BO.	250
	УФ.	332
	Н.Р.	236
6.	Групповой углеводородный состав, % от массы:	
	парaffино-нафтеновые	54,6
	моноциклические ароматические	34,5
	бисициклические ароматические	18,0
	полициклические ароматические	10,4
	смолы	4,3

Продолжение приложения 2
Таблица 3

Физико-химические свойства нестабильного строительного
битума марки БН-80/10

№ п/п	Физико-химические свойства	Числовые значения
1.	Групповой углеводородный состав, % от массы:	
	парафино-нафтеновые	15,0
	моноциклические ароматические	3,5
	бисициклические ароматические	6,0
	полициклические ароматические	18,8
	смолы	26,0
	асфальтены	22,0
2.	Температура размягчения по КИБ, °С	93
3.	Температура вспышки, °С	264
4.	Вязкость условная при 60°С, $\eta_{37/60}$	31,0
5.	Содержание воды, % от массы	Отсутствует
6.	Гаубчая проницаемость при 85°С, 0,1 мм	6,8
7.	Растекаемость при 25°С, см	1,4
8.	Растекаемость в бензине, й от массы	93,5
9.	Изменение массы образца при нагреве, % от массы	0,5
10.	Содержание водородо-насыщенных соединений, % от массы	0,36

**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 газоилья деструктивных процессов (замедленного доксования, катализитического крекинга), тяжелых нефтяных остатков (гудрона, крекинг-остатка) и битума.

I. Технические требования

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

Показатели	Норма	Метод испытаний
Вязкость η_{30} при 50°C ,	Не выше 10	По ГОСТ 5358-52
Температура застывания, $^{\circ}\text{C}$	Не выше 0	По ГОСТ 20287-74
Температура вспышки в открытом тигле, $^{\circ}\text{C}$	Не ниже 50	
Содержание влаги, %	Не более 1,2	По ГОСТ 24114-65
Содержание механических примесей, %	Не более 0,5	По ГОСТ 6371-59
Лакомый		
Испаряемость		

2. Требования технике 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 взрывобезопасном исполнении.

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

2.4. Хранить закрепитель грунтов необходимо в закрытых ёмкостях или резервуарах. Слив и чеканку закрепителя грунтов производят насосами.

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

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

2.7. Закрепитель грунтов не содержит вредных токсических веществ, влияющих на здоровье обслуживающего персонала. Единично допустимая концентрация паров жидкого закрепителя в воздушной среде 300 мг/м³. Содержание углеводородов определяют прибором УГ-2.

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

3. Правила приемки

3.1. Прием продукции осуществляется партиями. Партией считается любое количество закрепителя грунтов, однородного по всем качественным признакам и производимого 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 отобранный 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 настоящими 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 балластировки трубопроводов с использованием закрепленных грунтов	13
4. Балластировка трубопроводов перемычками из закрепленных грунтов	18
5. Балластировка трубопроводов утяжелителями из железобетонными грузами с использованием закрепленных грунтов	25
6. Техника безопасности	28
Приложения	31

Руководство
по балластировке трубопроводов
с использованием закрепленных грунтов
Р 435-81

Издание ВНИИСта

Редактор А.Н.Зарецкая

Корректор Г.Ф. Маликова

Технический редактор Т.В.Баранова

Л-7676? Подписано в печать 2/IV 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

Редакция ВНИИСта