

**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 балластировке 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 Бабия А.А., д-р техн. наук Березина В.А., канд. техн. наук Васильев Н.П., канд. техн. наук Вихов А.И., инженеры Мухамедов Ф.В., Пикаров Р.М., Золотчиков О.С., Вобрих Б.Ф., Рафиков С.К., Илья В.А., Тобальков Б.А., Васильева М.П., Реретяников А.Д., Галахова Н.В., Сахарова И.П., Цурганов Н.А.

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

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

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

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 утяжелителями, используют минеральные грунты, улучшенные путем добавок к ним вяжущих компонентов (гашеная известь-состатки, битумы и т.д.) и активаторов (цемент, известь и т.д.). Грунты с использованием технической мелиорации 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 утяжелителями грузами, оградками, сплошным обетонированием и анкерными устройствами, в частности, на вертикальных возмущенных кривых, где необходима пригрузка для изгиба трубопроводов, и на выдувных кривых, где требуется пригрузка для предотвращения выпирания труб из грунта.

1.5. При проведении изысканий трасс трубопроводов необ-

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

ходимо определять основные физико-механические характеристики грунтов, подлежащих механизированию, 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 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 испытания грунтов, нормами и рекомендациями институтов Союздормин, 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 испытание или методики методики	Основной прибор
1. Плотность и объемная масса	ГОСТ 6182-64	Пикнометр
2. Естественная гидроскопическая влажность	ГОСТ 5180-64 ГОСТ 5180-64	Сухильный шкаф
3. Гранулометрический состав	ГОСТ 12536-57	Прибор Сабанина
4. Число пластичности и индекс пластичности	ГОСТ 5183-64 ГОСТ 5184-64	Конус КОН-I
5. Угол внутреннего трения и сцепления	ГОСТ 12248-66 Методика Гидропробанта	ГТУ-30
6. Сжимаемость грунта	То же	Н-Де, КПр-I
7. Величина набухания	Методика Гидропробанта	ИПГ
8. Время распадаемости	То же	ИПГ
9. Содержание органических остатков и гумусовых веществ	" "	"
10. pH грунта	" "	pH-метр
11. Оптимальная влажность и максимальная плотность	Методика Соммер-аля	Прибор стандартного уплотнения
12. Коэффициент просадочности (для просадочных грунтов)	СНИП II-15-75	"

Примечание. В соответствии со стандартами на испытание грунтов показатели пунктов 1, 2, 4, 5, 6 и 12 могут быть определены только для образцов с непористой структурой и сохраненной естественной влажностью, отобранных в соответствии с нормами.

2.4. Прочность образца при сжатии в штиб- или угольнике, описанных в пунктах 1, 2 и 3 (рис. 1.2), определяется по стандартной методике Соммерна в соответствии с нормами СН 25-74.

2.5. Изотухание и капиллярное водопоглощение грунтов в пунктах 4 и 5 определяется методом водопоглощения и извешивания по СН 25-74. Допускается определение значения набухания по методике Гидропробанта на приборе ИПГ.

Таблица 2

Показатель физико-механических свойств	Значения
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. Показатели даны для образцов, твердевших 7 сут., за исключением морозостойкости, образцовая в возрасте 28 сут.

2. Минимальное время размокания по пунту 6, около 7 сут., определяется временем, необходимым для набора прочности грунтов до 70% от проектной.

2.6. Время размокания грунтов в пункте 6 определяется по методике Гидропроект, по пунту 67.

2.7. Угол внутреннего трения и сцепление определяются методом испытания на сдвиг с образцами цилиндрической формы для образца в жесткой оболочке (вазелиновое масло) и в естественном состоянии, после хранения при любой влажности (вазелиновое масло), 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 глина, закрепленных модифицирующей продукцией ИТ-10 без дозирования, определяются для образцов вазелинового хранения в возрасте 7 сут.

2.9. В качестве средств заармирование и стабилизации строительных свойств грунтов в условиях освоения местности рекомендуются модификаторы по содержанию тяжелых фракций продукта МТ-10, представляющего собой смесь замкнутого и открытого газового компонента (содержит остаток термического крекинга и легкого газобойла в соотношении 1:1 или 3:1) и 10% отстоенного битума БН-80/10. При этом добавление битума увеличивает прочность и водоупорность заармированных грунтов (рис.1).

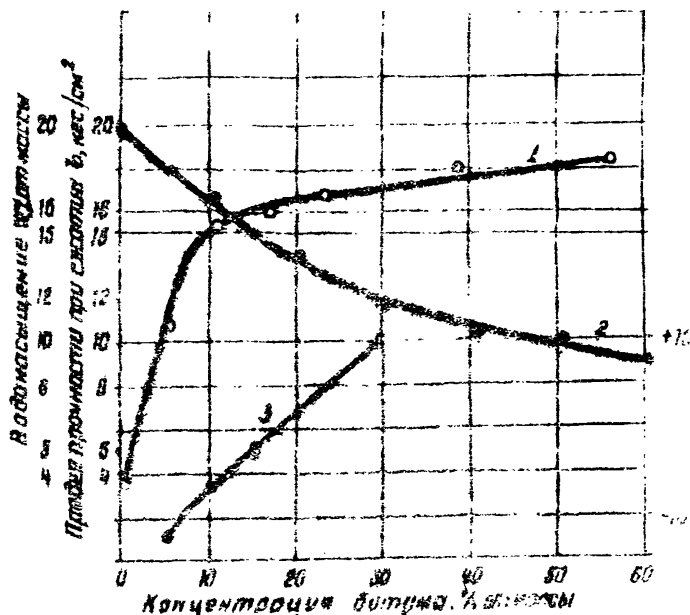


Рис.1. Зависимость прочности 1 и водоупорности 2 нефтегрунтов от концентрации битума БН-80/10 в смеси 7% по массе крекинг-остатка и легкого газобойла мод. «Линия» (при температуре 20 °С)

и.т.д. Углеродистый остаток и газобойл-продукты сгорания остатка термического крекинга легкого газобойла и отстоенного битума БН-80/10 приведены в приложении 2.

2.11. Физико-химические свойства органического вяжущего МТ-10 в жидкой и сухой модификациях приведены в табл.3, а технологический регламент - в приложении 3.

Таблица 3

Физико-химические свойства	Модификация	
	жидкая	сухая
Соотношение крекинг-остатка и летучего газойля	3:1	1:1
Содержание битума, % от массы закрепителя	10	10
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	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	19,75	10,8
сколы	17,75	12,5
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°C, кг/с	15,7	4,08
Содержание воды, % от массы	Олеи	Олеи

2.12. Дозировка закрепленного состава зависит от вида, влажности и пористости грунта. Избыток вяжущего не требуется. Поэтому при назначении дозировки достаточно воспользоваться данными экспериментальных исследований (рис.2-8).

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



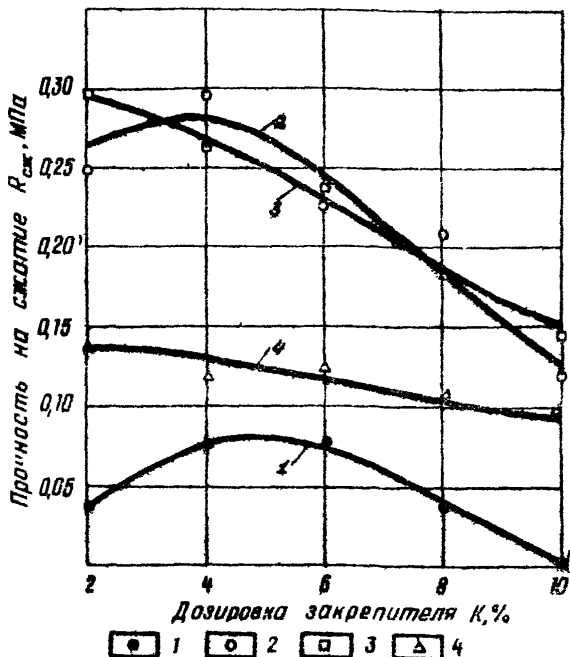


Рис. 2. Зависимость прочности на сжатие образцов-цилиндров грунта от дозировки 80/20 без добавки битула при различной влажности:

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

грунта. Характеристики сепарирования скелету суглинков, закрепленных продуктом 80/20, приведены на рис. 3.

2.14. При выборе дозировки других модификаций летнего 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 и условий перемещения составов в виде. Зависимость прочности на сжатие от дозировки при оптимальной влажности, при которой достигается максимальная прочность

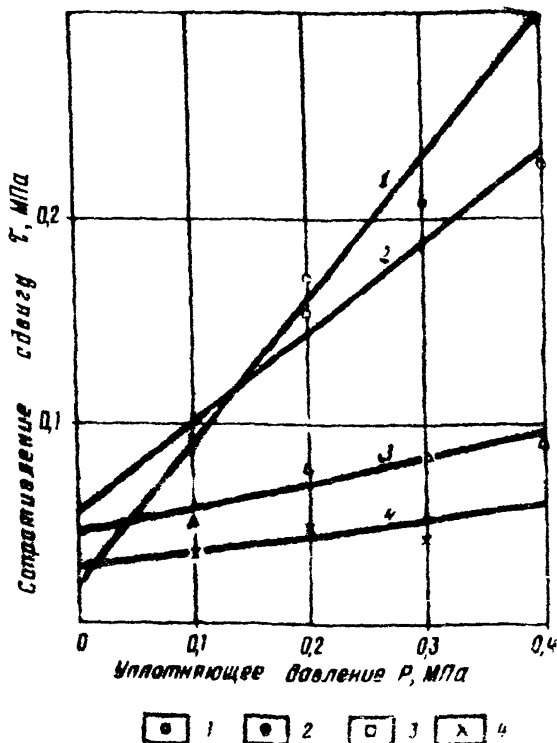


Рис.3. Сопротивление сдвигу грунта, закрепленного  
В: 30 мг/кг продукта 80/20 при исходной влажности:  
1 - 10%; 2 - 20%; 3 - 30%; 4 - 40%

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 летнюю модификацию продукта MT-10 75/25 + 1% ВН. Прочность на сжатие тяжелого суглинка, закрепленного этим продуктом, при различных условиях и сроках твердения приведена на рис.6.

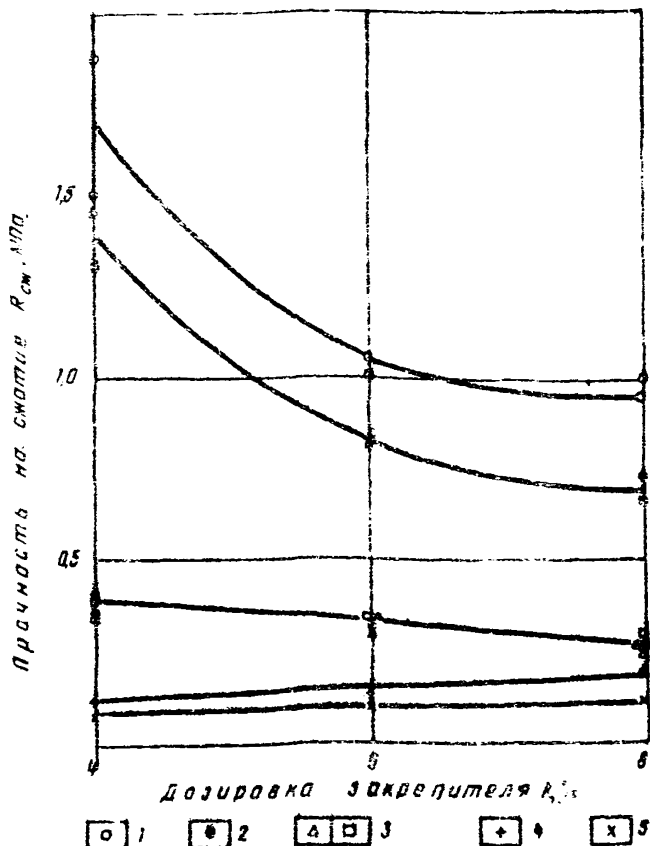


Рис.4. Зависимость прочности на сжатие от дозировки закрепителя (модификация МТ-10 80/20-55 БН-90/10):

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 такой же мягкой суспензии с относительной влажностью 1,2%, закрепленной латексной модифицированной пропиткой МТ-10, приведена на рис.7. Для суспензий при указанных влаж-

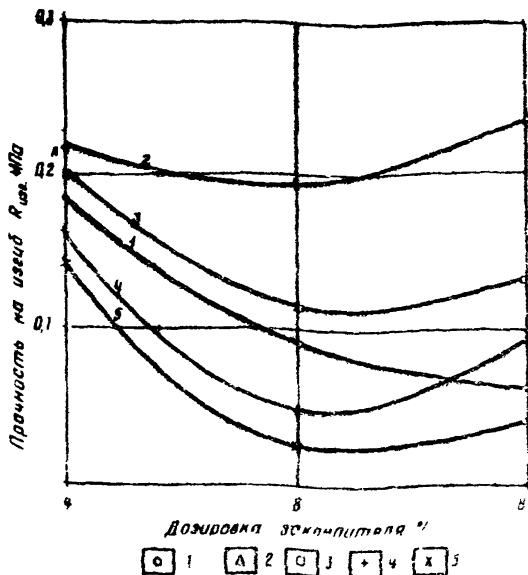


Рис. 5. Зависимость прочности на изгиб от дозировки вяжущего (модификация МТ-10-80(20 + 5% СН-90/10): 1 - 7 сут. сухого хранения, 15 МПа; 2 - 7 сут. влажного хранения, 15 МПа; 3 - 7 сут. влажного хранения, 15 МПа; 4 - 28 сут. влажного хранения, 0,2 МПа; 5 - 7 сут. влажного хранения, 0,2 МПа

ностями 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 34% от верхней границы пластичности. В этом случае нижняя граница дозировки (4%) рекомендуется для супесей, верхняя (7%) - для тяжелых суглинков.

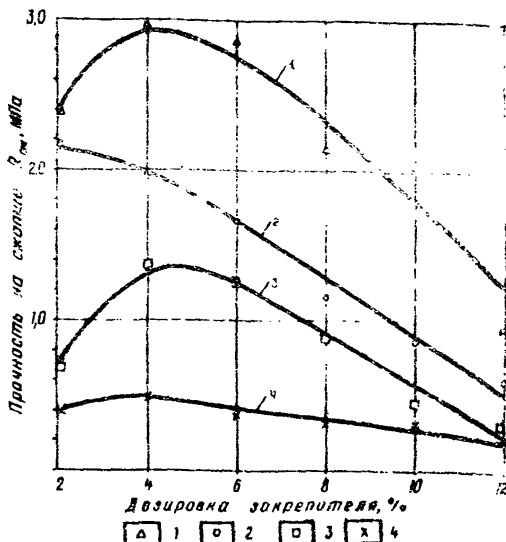


Рис.6. Прочность на сжатие тяжелого буллыника оптим. малой влажности, закрепленного летней модифицирующей продукцией 75/10 + 10% БН-80/10 (МТ-10):

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

2.18. Водонасыщенные и набухающие супылики и супестьные грунты, закрепляемые продукцией МТ-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

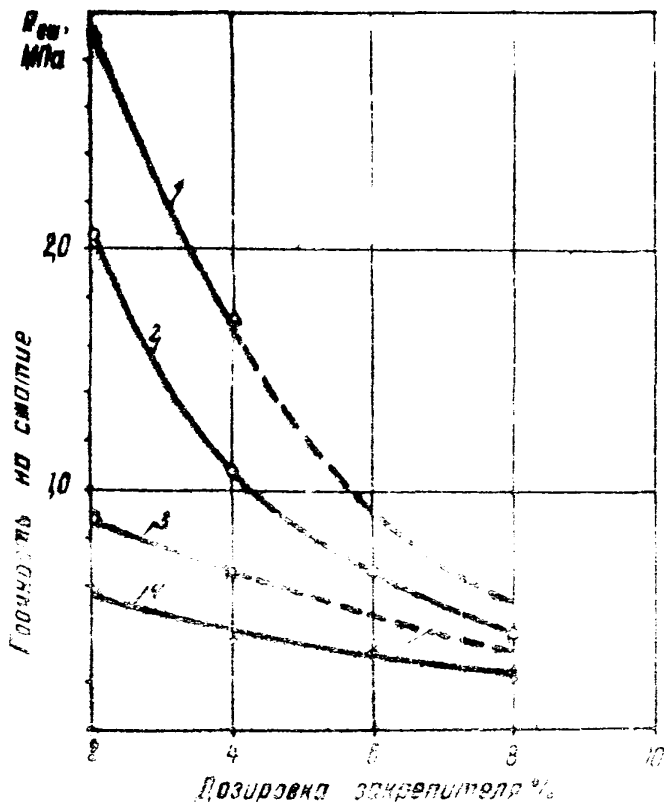


Рис. 7. Прочность на сжатие бетонной смеси с оптимальной влажностью, выработанной продуктом ИТ-101

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

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

где  $B$  - расчетная величина нагрузки, приходящаяся на единицу длины трубопровода, кгс/м;

$K_M$  - коэффициент безопасности по отношению при балластном грунте:  $K_M = 1,2$ ;

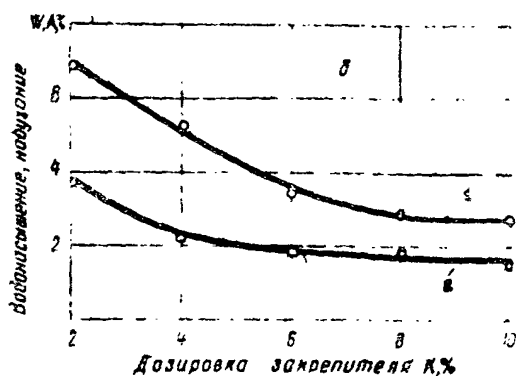
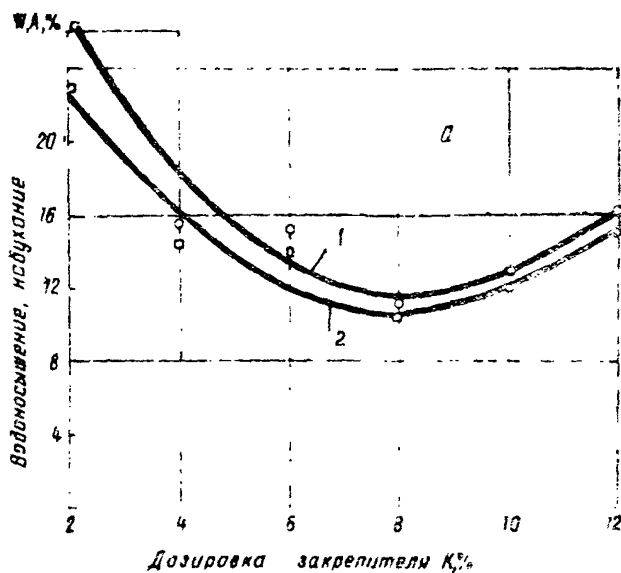


Рис. 8. Водонасыщение и набухание грунтов, закрепленных продуктом МТ-10:

а - суглинок тяжелый; б - супесь тяжелая мелкая; 1 - водонасыщение  $W$ ; 2 - набухание  $A$

$K_{н.в}$  - коэффициент надежности при расчете устойчивости доломления трубопровода против волнения, принимаемый для болот  $K_{н.в} = 1,06$ ;

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

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

где  $A_n$  - наружный диаметр трубы с учетом изоляционного покрытия и футеровки, м;

$\gamma_{в}$  - плотность воды с учетом растворенных в ней солей, кгс/м<sup>3</sup>;

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

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

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

где  $J$  - момент инерции трубы на рассматриваемом участке;

$\beta$  - угол поворота оси трубопровода, рад;

$\rho$  - радиус упругого изгиба оси трубопровода, см;

$B_{нат}$  - расчетная величина пригрузки (масса балласта под ношей), необходимая для предотвращения подвоя трубопровода на криволинейных участках в вертикальной плоскости под воздействием внутреннего давления и изменения температуры стенок труб, кгс/м:

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

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

$q_{нат}$  - расчетная масса продукта на воздухе, дополнительно оборудован 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;  
 $\delta$  - толщина стенки трубопровода, м;  
 $q_{\text{из}}$  - вес изоляционного покрытия, кгс/м;  
 $q_{\text{фут}}$  - вес футеровочного покрытия, кгс/м.

Расчетный вес продукта на воздухе, кгс/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  $\pi$  - коэффициент перегрузки, принимаемый по таблице СНиП II-45-75;

$P$  - нормативное давление газа, кгс/см<sup>2</sup>;

$D_{\text{вн}}$  - внутренний диаметр трубопровода, м;

$\gamma_n$  - объемный вес транспортируемой нефти или нефтепродуктов, кгс/м<sup>3</sup>.

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

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

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

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

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

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

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

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

$EJ$  - жесткость трубопровода;

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

$H_p$  - расчетная глубина, м;

$H_a$  - 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, м<sup>3</sup>.

#### 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 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, мм	Ширина траншеи, м					
	Пойменные участки			Болота I и II типов		
	$a$	$b$	$H$	$a$	$b$	$H$
1000	1,6	2,0	2,5	1,6	1,3	5,1/8,0
1200	1,7	2,1	2,6	1,7	2,0	8,7/6,7
1400	1,8	2,2	2,7	1,8	2,2	6,3/7,4

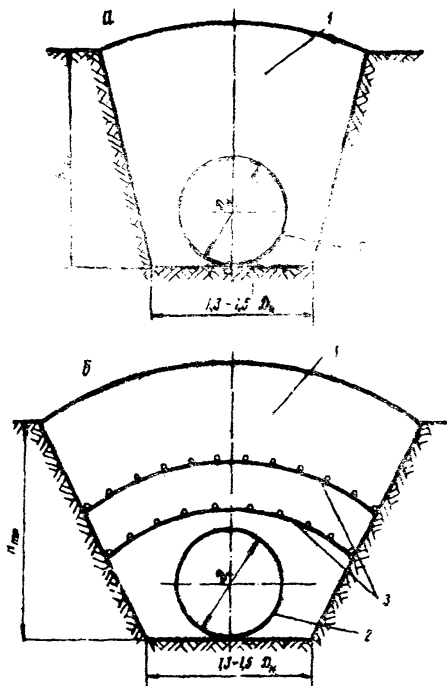


Рис. 9. Устройство балластных перемычек:

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

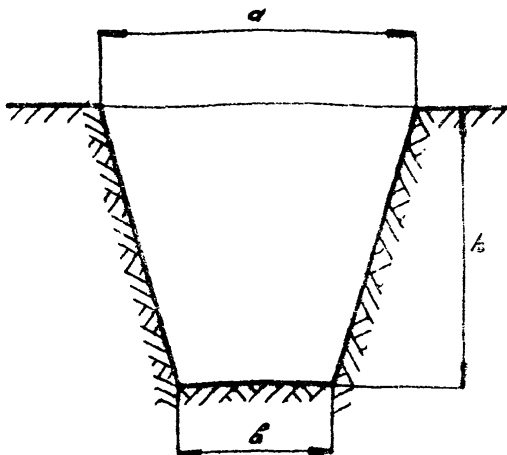


Рис.10. Расчетные параметры поперечного сечения траншеи

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

4.4. Грифетосили построением (рис.11) с учетом перекрытия отдельных проходов бульдозера длина перемычки по верху составит 4,6

Для вычисления объема насыщенной, 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.



Таблица 5

Диаметр трубо- провода, мм	S, м <sup>2</sup>		S, м <sup>2</sup>	V, м <sup>3</sup>			
	Полное уча- стие	Бюдж.		Полное уча- стие	Бюдж.		
		I ти- па			II ти- па	I ти- па	II типа
1020	5,0	5,94	6,76	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	32,72	38,04

завезти нефтьгрунт 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 баллотировку усложнен-  
ного трубопровода.

4.6. Нефтьгрунт, завезенный на трассу автосамосвалами,  
должен быть выгружен на бровку траншеи, в местах устроения пе-  
ремычек. Схеме организации баллотирования выгруженных трубо-  
проводов с использованием закрепленных грунтов прилагается на  
рис.12.

4.7. Работы по организации и ведению баллотирования тру-  
бопроводов 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:

машинист бульдозера	- 1
машинист дорожной фрезы Д-530	- 1
водитель автобуксировщика	- 2
машинист одноподъемного погрузчика Т-157	- 1

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

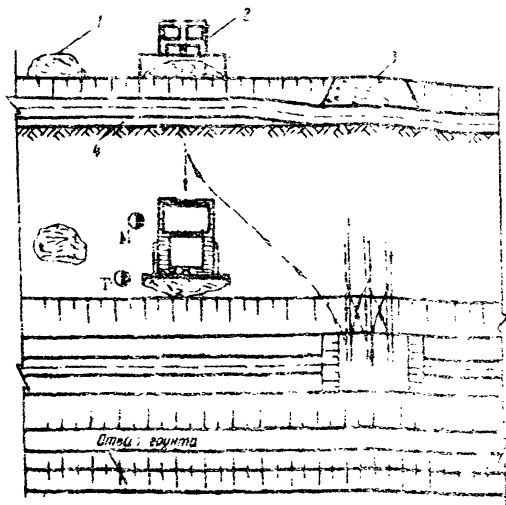


Рис. 12. Схема организации работ по балансовке трубопроводов диаметрами 1020, 1220 и 1420 мм перемещением из нефтепродукта:

1 - подготовленный грунт; 2 - бульдозер; 3 - перемычка;  
из нефтегрунта; 4 - вода. М - машина бульдозера;  
Т - трубоукладчик 3-го разряда

Таблица 6

Машины и механизмы	Марка	Технологические процессы
Бульдозер	ДБ-18	Разработка грунта
Дорожная фреза	Д-530	Измельчение и смешивание грунта с нефтепродуктом
Автобетоновоз	ЗМ-131	Перевозка и введение нефтепродукта в распределительную систему дорожной фрезы
Одноосевый погрузчик	Т-157	Перемещение и погрузка готового нефтегрунта

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

машиниста роторного траншееваспалателя	-	I
машиниста бульдозера	-	I
машиниста гидрoutilнительной машины	-	I
водителя-механика поливальной установки	-	I
Всего: 1 чел.		

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

Таблица 7

Машины и механизмы	Марка	Технологический процесс
Роторный траншееваспалатель	ТР-2А (ТР.351)	Разработка отвала, перемешивания грунта с нефтепродуктом, отсыпка перемычки из нефтегрунта
Бульдозер	ДБ-1Б	Разравнивание и уплотнение перемычки
Поливальная установка	СВ-11Б	Полив грунта нефтепродуктом
Гидротрамбовочная машина	Г-1Б (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-11Б подквевает отвал грунта нефтепродуктом непосредственно перед ротором траншееваспалателя; роторный траншееваспалатель 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 плитой, навешанной вместо клинча-рылца.

#### **Вариант Д**

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 УТИЛИЗАЦИЕЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ГРУЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ**

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

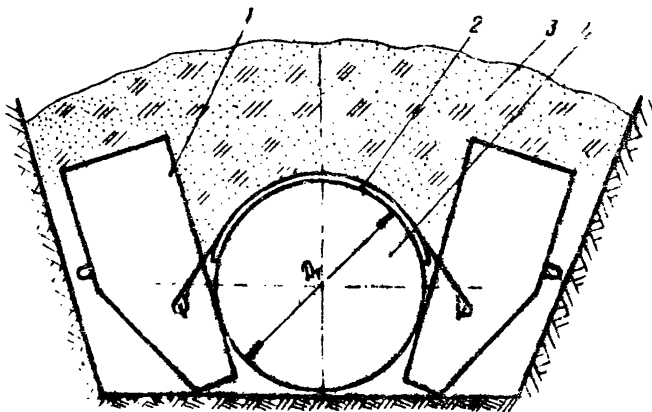


Рис.13. Конструкция железобетонного груза типа УГО:  
1-блок бетонный; 2-плата соединительная; 3-закрепленный грунт; 4-трубопровод

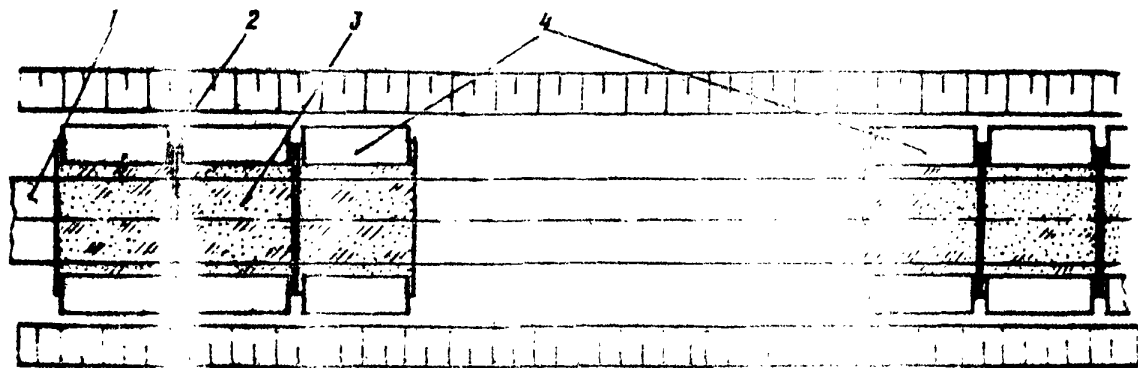


Рис.14. Грунтовый метод заделывания трубопроводов с применением цементного раствора:

1 - трубопровод; 2 - траншея; 3 - заделка; 4 - группа труб.

что позволяет в большей степени использовать грунт засыпки траншеи с целью повышения величины балласта. При этом грунты типа УБС 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.

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

где  $E$  - модуль упругости материала трубопровода, кгс/см<sup>2</sup> ( $E = 2,1 \cdot 10^6$  кгс/см<sup>2</sup>);  
 $J$  - момент инерции трубопровода, см<sup>4</sup>;  
 $y$  - прогиб трубопровода, см;  
 $q_2$  - распределенная пригрузка, кгс/см.

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

где  $\gamma_s$  - плотность воды, кгс/см<sup>3</sup>;  
 $V_{TP}$  - объем I км трубопровода в воздухе, кг;

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

где  $q_1$  - нагрузка от балласта, кгс/см;  
 $\rho$  - вес груза + вес грунта засыпки в воде, кг;  
 $\delta_{TP}$  - ширина груза, см.

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

Таблица 8

Машины и механизмы		Технологический процесс
Наименование	Количество	
Кран	I	Навеска грузов
Болотоснегоход	2	Доставка грузов
Понтон 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 утяжеляющих железобетонных грузов при балластировке магистральных трубопроводов" Р 239-76 .

## 6. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

6.1. При балластировке трубопроводов с использованием закрепленных групп с учетом дуговой электродостанции 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 балансировке трубопровода, назначается старший, распоряжения которого обязательны для остальных членов звена.

6.5. Во время работы по балансировке трубопровода нефтерудным 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 (одежда, обувь) согласно типовым отраслевым нормам, утвержденным Госкомитетом Совета Министров СССР по труду и социальным вопросам и Президиумом НСНХ.

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

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 <sup>2</sup>	Угол внутреннего трения, град	Модуль деформации (E), кгс/см <sup>2</sup>
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	0,02	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	0,02	32/30	280
0,7I-0,80	-	28/26	180
Пылеватые			
0,4I-0,50	0,02/0,02	36/34	360
0,5I-0,60	0,05/0,01	34/32	280
0,6I-0,70	0,04	30/28	180
0,7I-0,80	0,02	26/24	110

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

Удельное сцепление (с), кг/см<sup>2</sup> и угол внутреннего трения для глинистых грунтов  
(при коэффициенте 0-0,75)

Влажность грунта на границе распластыва- ния, %	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 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	-	-	-	-	0,94/0,40 16°/14°	0,47/0,22 15°/13°

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



# Продолжение приложения I

Таблица 3

Модуль деформации (нормативный) глинистых грунтов,  
кгс/см<sup>2</sup>

Наименование грунта и кон- систенция	Коэффициент пористости										
	0,41-0,45	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	-	-	-	-	180	120	90	70	-	-	-
Силезиогляциальные 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	-	380 260	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
<b><u>Пески</u></b>	
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
<b><u>Суглинки</u></b>	
Плотные	0,55/0,35
Пластичные	0,47/0,25
<b><u>Глины</u></b>	
Плотные	0,60/0,40
Пластичные	0,50/0,25

П р и 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 разрыхлённом состоянии**

Грунт	Средняя плотность, кгс/м <sup>3</sup>
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 (от 10 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 топочной печи (крекинг-остаток)

№ п/п	Физико-химические свойства	Показатели
1.	Плотность, кгс/м <sup>3</sup>	1044,0
2.	Групповой углеводородный состав, % от массы:	
	парафино-нафтеновые	40,4
	моноциклические ароматические	10,6
	бициклические ароматические	17,9
	полициклические ароматические смолы	19,5
	асфальтены	5,4
	карбены + карбонды	0,2
3.	Температура застывания, °С	2,0
4.	Температура вспышки, °С	130,0
5.	Вязкость условная при 100°C, °ВУ <sub>100</sub>	3,67
6.	Потеряны воды, % от массы	0,004

Физико-химические свойства легкого газойля коксования

№ п/п	Показатели качества	Легкий газойль
1.	Плотность, кгс/м <sup>3</sup>	905
2.	Вязкость условная при 50°C, °Вг <sub>80</sub>	1,22
3.	Температура вспышки, °C	84
4.	Температура застывания, °C	-18
5.	Растворный состав, %	
	Н.к.	102
	ГО.	46
	ВО.	250
	ВФ.	322
	Н.к.	238
6.	Групповой углеводородный состав в % от массы:	
	парафино-нафтеновые	69,5
	моноциклические ароматические	19,5
	бипциклические ароматические	10,0
	полициклические ароматические	10,4
	смоли	4,0

Продолжение приложения 2  
Таблица 3

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

№ п/п	Физико-химические свойства	Показатели
I.	Групповой углеводородный состав, % от массы:	
	парафино-нафтеновые	13,0
	моноклинические ароматические	3,5
	биклинические ароматические	6,0
	полициклические ароматические	18,8
	смоли	25,0
	асфальтены	32,0
2.	Температура размягчения по КИМ, °С	63
3.	Температура воспламен., °С	264
4.	Вязкость условная при 80°C, °зг/см	31,0
5.	Содержание воды, % от массы	Отсутствует
6.	Глубина проникания иглы при 25°C, 0,1 мм	6,2
7.	Раскисляемость при 25°C, см	1,4
8.	Растворимость в бензоле, % от массы	92,0
9.	Изменение массы после прогрева, % от массы	0,5
10.	Содержание водородородных соединений, % от массы	0,25

## 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.

### I. Технические требования

I.1 По физико-химическим показателям закрепитель грунтов должен соответствовать требованиям и нормам, указанным в таблице.

Показатели	Норма	Методы испытаний
Вязкость $\sigma_{30}$ при 50°C,	Не ниже 10	По ГОСТ 8258-52
Температура застывания, °C	Не выше 0	По ГОСТ 20287-74
Температура вспышки в открытом тигле, °C	Не ниже 90	
Содержание воды, %	Не более 1,0	По ГОСТ 2417-65
Содержание механической	Не более 0,5	По ГОСТ 6371-68
доломля		
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 -  $131^{\circ}\text{C}$ , верхний -  $169^{\circ}\text{C}$ .

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  $300 \text{ мг/м}^3$ . 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 приема

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 л 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 балластировки трубопроводов с использованием закрепленных грунтов .....	13
4. Балластировка трубопроводов перемычками на закрепленных грунтах .....	18
5. Балластировка трубопроводов утяжеленными 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.Зарвацкая      Корректор Г.Ф. Маликова  
Технический редактор Т.Б.Баретова

А-76767	Подписано в печать 2/IV 1982г.	формат 60x84/16
Печ.л. 2,75	Ил.-над.л. 2,3	Бум.л. I,375
Тираж 600 экз.	Цена 23 коп.	Заказ 21

Госаппарат ВНИИСТА