

---

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ**

**«ВЕСТА ИНЖ»**

---

**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ  
СТО 17466563-001-2011**

**РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ИНЪЕКЦИОННОМУ ЗАКРЕПЛЕНИЮ ГРУНТОВ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ ОСОБО ТОНКОДИСПЕРСНОГО  
МИНЕРАЛЬНОГО ВЯЖУЩЕГО (ОТДВ) «МИКРОДУР»**

**Правила проектирования и производства работ**

**Москва 2011**

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор  
ООО «Веста Инж»  
Никитин А.И.

РАЗРАБОТАНО:  
Директор НИИОСП  
им. Н.М. Герсеева  
Петрухин В.П.

\_\_\_\_\_  
М.П.

\_\_\_\_\_  
М.П.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2011 г.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2011 г.

Настоящие «Рекомендации по инъекционному закреплению грунтов с применением особо тонкодисперсного минерального вяжущего (ОТДВ) Микродур. Правила проектирования и производства работ» разработаны НИИОСП им. Н.М. Герсеева для ООО «Веста Инж» и приняты в качестве Стандарта организации (СТО) ООО «Веста Инж» в соответствии с письмом № 017 от «07» августа 2011 г.

Рекомендации содержат описание области применения, рекомендации по приготовлению инъекционных суспензий, определению параметров проектного решения, контролю правильности параметров закрепления, описание последовательности и параметров инъекции, рекомендации по проведению инъекционных работ по закреплению грунтов с применением суспензий на основе (ОТДВ) «Микродур».

Применение Рекомендаций позволит правильно оценить возможности по закреплению грунтов с применением вышеуказанных материалов, повысить качество как проектных, так и производственных работ по инъекционному закреплению грунтов.

Настоящий Стандарт может быть использован только его держателем. Проектные организации могут применять данный Стандарт только по согласованию с держателем СТО.

Рекомендации разработаны совместно лабораторией №38 и сектором № 22 НИИ оснований и подземных сооружений им. Н.М. Герсеева кандидатами технических наук Джантимировым Х.А., Ибрагимовым М.Н., Долевым А.А., под общим руководством заместителя директора института кандидата технических наук Колыбина И.В. В разработке рекомендаций принимал участие кандидат технических наук Алексеев С.В. (ООО «Веста Инж»).

Положительные отзывы получены от к.т.н. Семкина В. В. и к.т.н. Скачко А.Н.

Разработка стандарта организации предусмотрена статьей 13 Федерального закона «О техническом регулировании» от 27.12.2002 № 184 ФЗ

Рекомендации составлены в соответствии с требованиями ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения».

Срок действия Рекомендаций - три года. Текст рекомендаций требует продления или корректировки в случае изменения действующих нормативных документов.

Выпуск Рекомендаций одобрен секцией Научно-технического совета НИИОСП. Лаборатории НИИОСП могут использовать Рекомендации по согласованию с авторами.

Замечания по содержанию Рекомендаций просьба направлять в НИИОСП им. Герсеванова Н.М. – филиал ФГУП НИЦ «Строительство» по адресу: Москва, 109428, 2-я Институтская ул., 6.

## Содержание

1. Введение
2. Нормативные ссылки
3. Область применения
4. Свойства ОТДВ «Микродур»
5. Проектирование инъекционного закрепления песчаных грунтов растворами «Микродур».
  - 5.1 Общие положения
  - 5.2 Оценка проницаемости грунтов суспензиями «Микродур»
  - 5.3 Подбор рецептуры инъекционной суспензии
  - 5.4 Приготовление инъекционных суспензий «Микродур»
  - 5.5 Расчетный объем инъекционной суспензии
6. Последовательность и параметры инъекции
7. Контроль правильности параметров закрепления
8. Производство инъекционных работ по закреплению грунтов с применением суспензий на основе составов «Микродур»
  - 8.1 Общие положения
  - 8.2 Смесительное оборудование
  - 8.3 Насосное оборудование
  - 8.4 Инъекторы и технология инъекирования
  - 8.5 Контрольно-измерительное оборудование
  - 8.6 Контроль качества при производстве инъекционных работ
9. Термины и определения
10. Приложения
  1. (обязательное) Методика лабораторных испытаний грунта на проницаемость суспензиями «Микродур».
  2. (справочное) Основные характеристики ОТДВ «Микродур».
  3. (справочное) Конструкции инъекторов.
  4. (справочное) Конструкции манжетных труб и обтюраторов.
  5. (справочное) Варианты схем установки инъекторов для инъекции ОТДВ «Микродур».
  6. (справочное) Технологические и конструктивные схемы применения ОТДВ «Микродур».
  7. (обязательное) Форма инъекционного журнала.

---

**РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ИНЪЕКЦИОННОМУ ЗАКРЕПЛЕНИЮ ГРУНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОСОБО  
ТОНКОДИСПЕРСНОГО МИНЕРАЛЬНОГО ВЯЖУЩЕГО (ОТДВ) «МИКРОДУР»**

---

**Правила проектирования и производства работ**

---

Дата введения 25 ноября 2011

## 1. Введение

1.1 Настоящий стандарт устанавливает правила проектирования и производства работ по инъекционному закреплению песчаных грунтов с применением особо тонкодисперсного минерального вяжущего (ОТДВ) «Микродур» - далее «Микродур».

1.2 Суспензию на основе «Микродур» следует применять для закрепления песчаных грунтов с коэффициентом фильтрации ( $K_f$ ) от 1,0 м/сут и более. По экономическим причинам применение ограничивается в песках с максимальным  $K_f = 80$  м/сут.

1.3 Инъекционное закрепление песчаных грунтов с применением особо тонкодисперсного минерального вяжущего «Микродур» следует производить в соответствии с проектной документацией, ПОС, ППР и требованиями настоящего Стандарта.

1.4 Инъекционное закрепление песчаных грунтов производится их пропиткой маловязкой водной суспензией на основе «Микродур» с водоцементным отношением (В/Ц) более 3. Для исключения возникновения разрывов грунта давление инъекции ограничивается 0,5 МПа. В зависимости от вида «Микродура», В/Ц раствора, вида закрепляемого песчаного грунта, расчетная прочность закрепления составляет от 0,4 до 1,5 МПа.

1.5 «Микродур» – минеральное гидравлическое вяжущее с особо тонким, постоянным и плавно изменяющимся гранулометрическим, а также определенным и стабильным химико-минералогическим составом. Микродур изготавливается на основе обычного цементного сырья и состоит из портландцементного клинкера, доменного шлака, регуляторов твердения, минеральных добавок и т.д. Микродур является минеральным продуктом, при смешивании с водой со временем схватывается и набирает прочность как обычные цементы.

1.6 «Микродур» используемый для инъекционных растворов, должен удовлетворять требованиям ТУ 5735-001-17466563-09. Качественные характеристики различных марок Микродур представлены в приложении 2.

1.7 Марку «Микродур» для проведения работ выбирают в зависимости от гранулометрического состава и водопроницаемости песчаного грунта, а для поврежденных бетонных и каменных конструкций – от характера повреждений.

1.8 Допускается применение «Микродур» для укрепления фильтрующих каменных конструкций.

## 2. Нормативные ссылки

В настоящем стандарте организации использованы ссылки на следующие документы:

ГОСТ Р 21.1101-2009 Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации

ГОСТ 25100-95 Грунты. Классификация.

ГОСТ 12071-2000 Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов

ГОСТ 23732-79 Вода для бетонов и растворов. Технические условия

ГОСТ 24211-2008 Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия

ГОСТ 24846-81 Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений

ГОСТ 30459-2008 Добавки для бетонов и строительных растворов. Определение и оценка эффективности

СП 48.13330.2011 «СНиП 12-01-2004» Организация строительства

СНиП 12-03-2001 Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования.

СНиП 12-04-2002 Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство.

СП 22.13330.2011 «СНиП 2.02.01-83\*» Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция.

Пособие по химическому закреплению грунтов инъекцией в промышленном и гражданском строительстве (к СНиП 3.02.01-83).

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе общего пользования - на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты».

## 3. Область применения

3.1 Закрепление песчаных грунтов цементацией с использованием «Микродур» с образованием грунтоцементных массивов может применяться для:

- усиления оснований вновь строящихся и существующих зданий и сооружений;

- устройства фундаментов и других заглубленных конструкций различного назначения из закрепленных грунтов;

- увеличения несущей способности свай и других опор большого диаметра путем создания под ними подушек из закрепленного грунта;

- создания противодиффузионных завес в качестве мероприятий по гидроизоляции подземных сооружений и конструкций.

3.2 Допускается применение «Микродур» для укрепления трещиноватых скальных грунтов и фильтрующих бетонов.

## **4. Свойства ОТДВ «Микродур»**

4.1 «Микродур» создан на основе портландцемента и доменных шлаков путем его дополнительного измельчения до тонины помола (в зависимости от вида дисперсности) 12000 - 22000 см<sup>2</sup>/г, при этом производитель гарантирует в его составе (в зависимости от вида дисперсности) размер частиц менее 6,0 микрон (вид «Х»), менее 9,5 микрон (вид «U») и менее 16 микрон (вид «F») 95% частиц по массе, средний диаметр 50% частиц по массе (в зависимости от вида дисперсности) колеблется в интервале 2,5...5 микрон.

4.2 Интервал схватывания цементно-водной суспензии с В/Ц=0,5 (измеренные иглой Вика) составляет для начала схватывания: от 150 до 175 мин и от 200 до 240 мин для конца схватывания. Жизнеспособность материала (возможность его прокачки в цементационном оборудовании) при условии его перемешивания или барбатирования воздухом составляет 60...120 м.

4.3 «Микродур» выпускается в трех основных видах (приложение А), отличающихся по химико-минералогическому составу: R (жизнеспособность 90 мин). Выпускается также «Микродур» быстротвердеющий R-U rock (жизнеспособность 60 мин) и медленно твердеющий «R / E plus» и «R Finosol» (жизнеспособность 120 мин).

## **5. Проектирование инъекционного закрепления песчаных грунтов растворами «Микродур».**

### **5.1 Общие положения**

5.1.1 Инъекционное закрепление песчаных грунтов и материалов с применением «Микродур» следует производить в соответствии с проектной документацией, ПОС, ППР и требованиями настоящего Стандарта.

5.1.2 Инъекционное закрепление песчаных грунтов растворами «Микродур» представляет собой искусственное, целенаправленное преобразование строительных свойств грунтов обработкой их в естественном залегании различными реагентами. Инъекционное закрепление песчаных грунтов с применением «Микродур» осуществляется путем их пропитки водной суспензией на основе особо тонко молотого микроцемента и является эффективным, экологически безопасным методом усиления оснований и фундаментов зданий и сооружений.

5.1.3 Параметры закрепленного «Микродуром» грунта (объем и прочность) задаются в проектном решении.

Далее, выбранные значения проверяются в лаборатории на образцах натурального грунта нарушенной структуры с целью подтверждения выбранных параметров или их корректировки (см. приложение 1) .

Далее, скорректированные значения выбранных параметров опробуются на опытном участке в натуральных грунтовых условиях с обязательным вскрытием закрепленных грунтовых массивов для оценки сплошности закрепления и прочности закрепленного грунта.

По результатам опробования на опытном участке производится окончательное уточнение параметров проектного решения.

## 5.2 Оценка проницаемости грунтов суспензиями «Микродур»

5.2.1 Выбор марки (вида дисперсности) «Микродур» способной проникать в поры песка, рекомендуется производить по предложенному критерию  $K_n$  соотношений размера определенных частиц в составах песка и «Микродура»:

$$K_n = D_{15} / d_{85}, \quad (1)$$

где:  $D_{15}$  – диаметр частиц грунта с массовым содержанием 15 %;

$d_{85}$  – диаметр частиц «Микродур» с массовым содержанием 85 %, определенной по таблице 5.1.

Таблица 5.1

Марка ОТДВ Микродур	$d_{85}$ , $\mu\text{м}$
X	4,5
U	7,0
F	11,0

5.2.2 Пригодными по проницаемости для инъекционного закрепления суспензией «Микродур» являются грунты с критерием проницаемости  $K_n$  ограниченным интервалом значений:

$$11 < K_n < 24.$$

При значении соотношения  $D_{15} / d_{85} < 11$  – проницаемость грунта недостаточна для данной марки дисперсности «Микродур».

При значении соотношения  $D_{15} / d_{85} > 24$  – проницаемость грунта слишком велика для данной марки дисперсности «Микродур» и использование этой марки экономически нецелесообразно.

**Пример** – для грунта с  $D_{15} = 68 \mu\text{м}$ , принимаем Микродур марки «X» с  $d_{85} = 4,5 \mu\text{м}$ . Соотношение  $D_{15} / d_{85} = 15,1$ . Микродур марки «X» подходит по критерию проницаемости.

Микродур марки «U» с  $d_{85} = 7,0 \mu\text{м}$  для данного грунта не проходит по критерию, так как соотношение  $D_{15} / d_{85}$  равно  $9,7 < 11$ , т. е. проницаемость грунта для марки «U» недостаточна

5.2.3 При отсутствии данных по гранулометрическому составу грунта виды «Микродур» рекомендуется применять для инъекционного закрепления песчаных грунтов, характеризующихся следующими минимальными коэффициентами фильтрации:

- марка «X» для песков с  $K_f \geq 1 \text{ м/сут}$ ;
- марка «U» для песков с  $K_f \geq 5 \text{ м/сут}$ ;
- марка «F» для песков с  $K_f \geq 10 \text{ м/сут}$ .

5.2.4 Для оценки проницаемости песчаных грунтов суспензией «Микродур» выбранного вида, в обязательном порядке должны применяться лабораторные и натурные испытания. Методика лабораторных испытаний по проверке грунта на проницаемость суспензией «Микродур» приведена в Приложении 1.



### 5.3 Подбор рецептуры инъекционной суспензии

5.3.1 «Микродур» в виде водной суспензии применяются для инъекционного закрепления грунтов и строительных конструкций.

5.3.2 Основными компонентами суспензии являются:

- вода техническая водопроводная по ГОСТ 23732-79 с температурой свыше 5 °С;

- микроцемент «Микродур»;

- пластифицирующая добавка в количестве 1...2% от массы цемента.

Дополнительными компонентами суспензии при необходимости являются общепринятые для цементных растворов и бетонов добавки:

- противоморозные добавки;

- ускорители схватывания;

- ускорители твердения.

5.3.3 Подбор рецептуры инъекционной суспензии должен включать в себя следующие этапы:

- выбор марки «Микродур» по дисперсности и жизнеспособности;

- определение водовяжущего отношения (В/Ц) суспензии, способной пропитывать исследуемые пески;

- назначение вида и количества пластификатора, вводимого для улучшения реологии суспензии;

5.3.4 Водовяжущее отношение инъекционной суспензии должно назначаться в зависимости от проницаемости грунта и требуемой прочности закрепленного песка.

5.3.5 Максимальный радиус и прочность закрепления песка в зависимости от вида «Микродур», состава суспензии по В/Ц и коэффициента фильтрации песка  $K_f$  для проектирования принимаются по табл. 5.2.

Таблица 5.2

Марка «Микродура»	В/В раствора	Максимальный радиус закрепления (м) при $K_f$ песка (м/сут)					Средняя нормативная прочность (не менее), МПа
		0,1÷1	1÷5	5÷20	20÷50	50÷80	
R-X	3	0,3	0,65	0,75	-	-	23
	4	0,4	0,7	0,8	-	-	12
	5	0,5	0,75	0,8	-	-	1,5
R-U	3	-	0,6	0,65	0,75	-	22
	4	-	0,65	0,7	0,8	-	11
	5	-	0,7	0,75	0,8	-	1,4
R-F	3	-	-	0,55	0,6	0,75	17
	4	-	-	0,6	0,7	0,8	10
	5	-	-	0,65	0,8	0,8	1,0

5.3.6 Количество пластификатора в рецептуре инъекционной суспензии микроцементов «Микродур» должно назначаться при необходимости в зависимости от принятого водовяжущего отношения, граничных условий проницаемости грунта.

В зависимости от водовяжущего отношения рекомендуются следующие расходы добавок – пластификаторов, в % от массы цемента:

- при водовяжущем отношении 3,0 и менее - 2%;
- при водовяжущем отношении 3,5 – 1,5%;
- при водовяжущем отношении  $\geq 4,0$  - 1%.

5.3.7 Виды и количество других добавок (противоморозных, ускорителей схватывания, ускорителей твердения и др.), при необходимости, в суспензию на основе «Микродур» должны устанавливаться в соответствии с требованиями нормативных документов на добавки, а также с учетом требований ГОСТ 30459-2008.

## 5.4 Приготовление инъекционных суспензий «Микродур»

5.4.1 При приготовлении водной суспензии «Микродур» необходимо добиваться максимальной диспергации микроцемента в воде затворения.

5.4.2 Подача компонентов и приготовление суспензии «Микродур» должны осуществляться в следующей последовательности:

- залив воды в смеситель в полном объеме;
- подача пластификатора и добавок (если они предусмотрены рецептурой) с замесом до полного растворения;
- подача микроцементов «Микродур» в полном объеме;
- перемешивание в течение 3 минут.

5.4.3 В ходе инъекционных работ для поддержания однородности, приготовленная суспензия должна постоянно активироваться на скорости 100...200 об/мин или барбатироваться воздухом.

5.4.4 Качество суспензии считается удовлетворительным для проведения инъекционных работ, если вязкость суспензии соответствует времени истечения 1 л суспензии из воронки Марша: 28 сек при В/Ц = 5, 30 сек при В/Ц = 4 и 36 сек при В/Ц = 3. Проверка качества суспензии является проверкой соблюдения технологии приготовления суспензии.

## 5.5 Расчетный объем инъекционной суспензии

5.5.1 Объем инъекционной суспензии «Микродур», необходимый для пропитки и закрепления песков в расчетном заданном объеме, рассчитывается с учетом объема порового пространства закрепляемого грунта, а также с учетом потерь суспензии в процессе инъекции и вычисляться по формуле:

$$V_{\text{расч.}} = V_{\text{гр}} k_1 k_2 k_3 n, (\text{м}^3) \quad (2)$$

где:

- $V_{\text{гр}}$  – расчетный объем закрепленного грунта ( $\text{м}^3$ );
- $k_1$  - коэффициент потерь за счет капиллярного отсоса воды из суспензии в грунт (табл. 5.3);
- $k_2$  - коэффициент потерь из-за фильтрационного оттока воды из суспензии под давлением потока (табл. 5.4);

$k_3$  - коэффициент потерь из-за неравномерного распространения суспензии за счет неодинаковой пористости грунта в зоне инъекции (табл. 5.5);

$n$  – пористость песка (д.е.).

5.5.2 Объем закрепляемого грунта ( $V_{\text{закр. гр.}}$ ) при инъекции «Микродур» в грунт принимается равным объему цилиндра сечением равным расчетному диаметру распространения суспензии ( $D_M$ ) (м) и высоты, определяемой между смежными горизонтами нагнетания - манжетами инъектора, рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{закр. гр.}} = \pi D_M^2 / 4 \times h_M \quad (\text{м}^3) \quad (3)$$

5.5.3 Коэффициент потерь объема инъекционной суспензии за счет капиллярного отсоса воды из суспензии в грунт ( $k_1$ ) а также максимальный диаметр распространения суспензии в грунте рекомендуется принимать по таблице 5.3.

Таблица 5.3

Категория влажности песчаного грунта	Значение коэффициента $k_1$
Водонасыщенный	1
Влажный	1,1
Маловлажный	1,2

5.5.4 Коэффициент потерь объема инъекционной суспензии за счет гравитационного и фильтрационного оттока суспензии ( $k_2$ ) определяется по таблице 5.4.

Таблица 5.4

Категория плотности залегания песчаного грунта	Вид песчаного грунта	Значение коэффициента $k_2$	Рекомендуемый максимальный диаметр распространения суспензии (диаметр массива) (м)
Плотный	Ср. крупности	1,05	1
	Крупный	1,1	1,3
Средней плотности	Ср. крупности	1,1	1,1
	Крупный	1,15	1,4
Рыхлый	Ср. крупности	1,15	1,2
	Крупный	1,2	1,8

5.5.5 Коэффициент потерь из-за неравномерного распространения суспензии за счет неодинаковой пористости грунта в зоне инъекции ( $k_3$ ) определяется по таблице 5.5.

Таблица 5.5

Проектная задача	Значение $k_3$
Закрепление грунта под ленточными фундаментами	1,0
Закрепление грунта вокруг свай	1,05
Закрепление грунта при устройстве стен подвалов в существующих зданиях	1,1
Закрепление грунта под штучными фундаментами	1,15

Закрепление грунта при устройстве противofильтрационных завес и экранов, стен в грунте, целиков	1,4
-------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

5.5.5 Для закрепления грунтов иньекторы (иньекционные скважины) в плане располагаются в шахматном порядке. Расстояние между иньекторами (L) определяется формулой:

$$L = k_m \times D \text{ (м)}, \quad (4)$$

где D – принятый диаметр распространения суспензии при закреплении грунта (м),  
 $k_m$  – коэффициент выравнивания массива, значение которого принимается в зависимости от назначения иньекционного закрепления и вида конструкции фундаментов (см. табл. 5.6).

Таблица 5.6

Проектная задача	Значение $k_m$
Закрепление грунта под ленточными фундаментами	0,9
Закрепление грунта вокруг свай	0,8
Закрепление грунта при устройстве стен подвалов в существующих зданиях	0,7
Закрепление грунта под столбчатыми фундаментами	0,6
Закрепление грунта при устройстве противofильтрационных завес и экранов, стен в грунте	0,6

## 6. Последовательность и параметры иньекции

6.1 Иньекция «Микродур» должна осуществляться в режиме пропитки, с полным заполнением порового пространства, без разрывов и с сохранением природной структуры грунта.

6.2 Максимальное давление подачи иньекционного состава не должно превышать 0,5 МПа.

6.3 При иньекции в водонасыщенные грунты максимальное давление должно увеличиваться на величину статического давления водяного столба на глубине иньекции.

6.4 Давление регулируется интенсивностью расхода суспензии.

Рекомендуемый интервал давления иньекции 0,1...0,45 МПа (без учета давления водяного столба).

Регулировка интенсивности расхода суспензии рекомендуется в интервале: 0...15 л/мин.

6.5 Подача суспензии должна осуществляться плавно без колебаний интенсивности подачи.

Для данной цели рекомендуется применение двухплунжерных иньекционных насосов непрерывной плавной подачи иньекционного состава с регулировкой интенсивности от 0 до 15 л/мин.

6.6 Давление нагнетания суспензии следует контролировать и учитывать глубину нагнетания, т. е. с учетом веса столба жидкости.

Для контроля интенсивности расхода и давления нагнетания суспензии следует использовать электронные следящие устройства постоянного действия, с сохранением результатов измерений в памяти устройства.

6.7 Нагнетание суспензии через каждую зону нагнетания надлежит производить до «отказа». За «отказ» следует принимать:

- поглощение скважиной (зоной) расчетного количества инъекционной суспензии при давлении нагнетания, не превышающем проектное;
- снижение расхода инъекционной суспензии до 0,5...1,0 л/мин на иньектор (зону) с одновременным повышением давления нагнетания выше проектного, если величина расхода при «отказе» особо не оговорена в проекте;
- интенсивность инъекции (не превышая максимальное давление инъекции) не позволяет выработать проектный объем суспензии в 1 зону в течение времени годности суспензии.

6.8 При достижении «отказа» инъекция прекращается и оставшийся объем суспензии добавляется к объему инъекции следующей зоны (зон) или соседнего иньектора.

6.9 В случае разрыва грунта (падение давления до значений близких к нулю или выход суспензии на поверхность) следует прекратить инъекцию на 10 мин и возобновить ее с минимальной интенсивностью. Если разрывы грунта продолжаются – зафиксировать отказ инъекции.

6.10 Для недопущения появления осадка микроцементов «Микродур» в суспензии при В/Ц > 1,0 суспензия должна постоянно перемешиваться активатором на скорости 100...300 об/мин.

6.13 Шланги и оборудование после использования суспензии «Микродур» должны промываться холодной водой.

## **7. Контроль правильности параметров закрепления**

7.1 Для проверки правильности заложенных в проект параметров закрепления на первоначальном этапе работ по закреплению, на определенном ограниченной величины участке (на опытном участке объекта строительства или в условиях близких к условиям объекта), должно производиться вскрытие закрепленного на этом участке массива скважинами и шурфами с обследованием его конфигурации и размеров, сплошности и однородности закрепления и с отбором закрепленных образцов для лабораторных испытаний; на отобранных образцах определяют прочностные (при необходимости деформационные характеристики, водостойкость и коэффициент фильтрации) закрепленных грунтов.

7.2 Количество инъекционных скважин на опытном участке должно составлять не менее 1 % от количества запроектированных по объекту инъекционных скважин. Количество образцов закрепленного грунта, отобранных из каждой скважины на опытном участке, должно быть не менее 3-х из каждого напластованиях разнородных грунтов.

7.3 Оценка соответствия качества закрепления проектным требованиям в целом по объекту, а следовательно, и правильности заданных проектом параметров закрепления производится по результатам визуального обследования, отбора проб в шурфах, а так же бурения контрольных скважин. Количество контрольных скважин ориентировочно должно составлять 3 - 5 % общего количества инъекци-

онных скважин, а число шурфов назначается примерно из расчета один шурф на 0,3 – 0,5 тыс. м<sup>3</sup> закрепленного грунта, но не менее двух шурфов на объект.

7.4 К вскрытию закрепленного массива скважинами и шурфами следует приступать не ранее, чем через 2 недели после окончания закрепления.

7.5 Если в результате контрольного закрепления обнаруживается недопустимое несоответствие качества закрепления проектным требованиям, то авторский надзор должен внести в проект закрепления соответствующие коррективы, после чего производятся повторные контрольные закрепления до устранения несоответствия.

## **8. Производство инъекционных работ по закреплению грунтов с применением суспензии на основе составов «Микродур»**

### **8.1 Общие положения**

В данном разделе представлены рекомендации по организации и качественному производству инъекционных работ с применением «Микродур». При этом рассматриваются особенности оборудования, оснастки, технологических приемов, контроля качества работ и условий обращения с «Микродур».

Рекомендации по технологическим аспектам инъекционных работ предназначены для разработки технологических регламентов и проектов производства работ.

Указания конструкции инжекторов, манжетных труб и обтюраторов, варианты схем установки инжекторов при производстве работ см. приложения 3 ÷ 5.

### **8.2 Смесительное оборудование**

8.1 Вследствие универсальности решаемых задач (от небольших объемов закачки в стесненных условиях до больших объемов закачки в промышленных масштабах при работе в открытом поле) выбор оборудования для приготовления инъекционных суспензий требуемого объема замеса очень широк. Замес суспензии осуществляется:

- в коллоидном миксере (турбинный активатор) с числом оборотов от 400 об/мин.;
- в скоростном смесителе с лопаточным активатором с числом оборотов вала не менее 2800 об/мин;
- при небольших объемах, с применением в качестве привода скоростной электродрели (более 2800 об/мин) с активатором, аналогичным активатору для малярных красок.

8.2 Для замеса суспензии объемом до 50 л рекомендуется применять смеситель, схема которого представлена на рис. 8.1.

8.3 Для замеса объемом более 50 л рекомендуется применять наиболее распространенный в России смеситель РМ с активатором турбинного многолопаточного типа (объем смесителя 350 л, 500 л, 750 л).

8.4 Процесс диспергации суспензии «Микродур» происходит по следующему принципу:

- разгон суспензии активатором;
- столкновение суспензии с отбойниками и переход энергии вращения в энергию диспергации частиц цемента в суспензии.

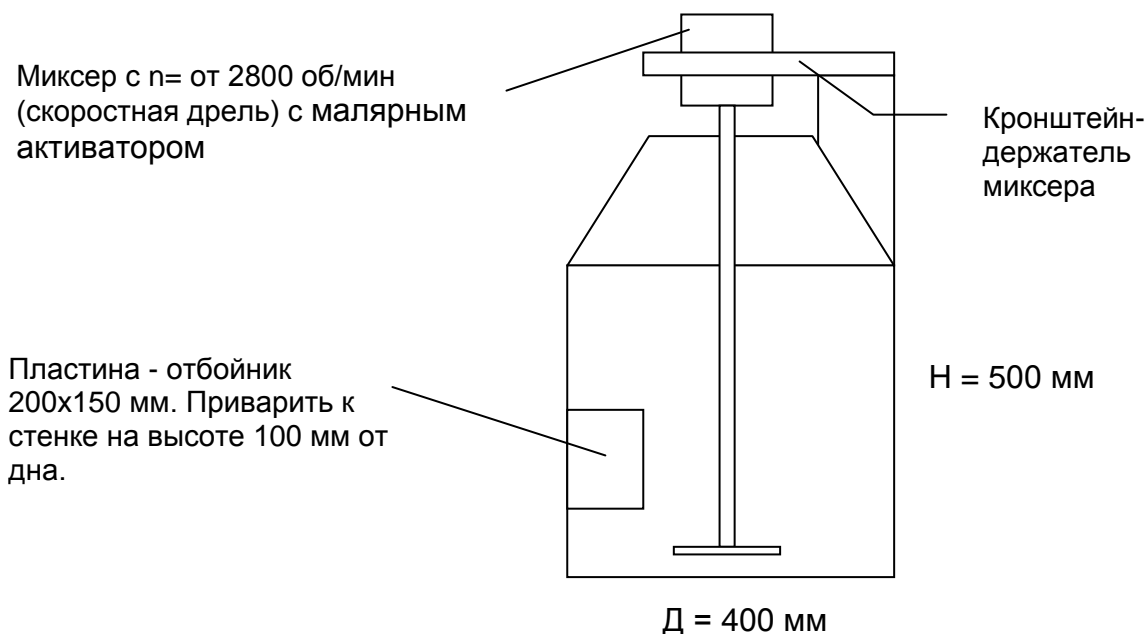


Рисунок 8.1 – Схема смесителя для приготовления инъекционной суспензии

### 8.3 Насосное оборудование

8.3.1 В качестве инъекционного насоса рекомендуется использовать двух-плунжерный насос с постоянной подачей. Регулировка интенсивности подачи насоса должна осуществляться от 0 до 10...15 л/мин.

8.3.2 Для хорошо инжецируемых грунтов по согласованию с автором проекта возможно использовать буровой трехплунжерный насос НБ-3, НБ-4. Диаметр плунжеров должен быть не более 45 мм.

Для инъекции трещин в конструкциях может применяться ручной насос.

8.3.3 Рекомендуется на выходе насоса устанавливать регулируемый перепускной клапан.

8.3.4 Регулировка клапана на 0,5 МПа позволит избежать возможных разрывов грунта при применении насосов НБ-3, НБ-4 и других насосов с нерегулируемой интенсивностью подачи.

8.3.5 Применение сжатого воздуха и воздушных ресиверов ( $P \leq 0,5$  МПа) для инъекции возможно при условии допуска данного оборудования к эксплуатации на строительной площадке органами технического надзора.

8.3.6 Шланги и соединения должны быть рассчитаны на давление до 3,0 МПа.

## 8.4 Инъекторы и технология инъекирования

8.4.1 Закрепление грунтов производится по технологии с применением буровых скважин, оборудованными манжетными колоннами.

8.4.2 При решении всех проектных задач, кроме закрепления грунта при устройстве горизонтальных противодиффузионных завес, разгружающих экранов и целиков инъекция должна осуществляться через 1 створ с последующей инъекцией пропущенных.

8.4.3 При закреплении грунта для горизонтальных противодиффузионных завес, разгружающих экранов и целиков инъекция должна осуществляться от центра к периметру массива равномерно во все стороны в смежные инъекторы без пропуска.

8.4.4 При закреплении грунта целиков из тоннелей (горизонтальное расположение инъекторов) инъекция должна осуществляться по рядам снизу вверх и от центра в стороны в смежные инъекторы без пропуска инъекторов.

8.4.5 *Горизонтальная схема:* Рекомендуется для крупных песков. Инъекция должна осуществляться последовательно во все установленные инъекторы по одному горизонту нагнетания (зоне) в каждый инъектор, начиная с нижнего. Затем инъекция должна производиться в следующую вышележащую зону в каждый инъектор. Перерыв между инъекциями соседних зон в одном инъекторе должен превышать 6 часов. Таким образом, инъекция должна осуществляться послойно снизу вверх до достижения верхних отметок закрепляемого массива грунта.

8.4.6 *Вертикальная схема:* Рекомендуется для мелких песков. Инъекция должна осуществляться последовательно во все зоны каждого инъектора снизу вверх.

8.4.7 *Смешанная схема:* Рекомендуется для песков средней крупности. Инъекция должна осуществляться последовательно в нижние зоны каждого инъектора. Затем инъекция повторяется в оставшиеся зоны по вертикальной схеме в каждый инъектор.

8.4.8 *Точечная схема.* Инъекция должна осуществляться из одной точки (из единственной манжеты инъектора или из нескольких одновременно). Такая схема применяется для устройства горизонтальных противодиффузионных завес и плитных целиков толщиной до 2 м.

8.4.9 Диаметр инъекционных скважин и диаметр манжетных труб задается проектом.



8.4.10 Бурение инъекционных скважин в неустойчивых или увлажненных грунтах, а также при глубине скважин более 3 м следует осуществлять с буровым раствором. Буровой раствор является одновременно обойменным раствором и должен иметь состав: цемент/бентонит/вода в пропорции 1,0/0,2/0,8 или специальная сухая смесь «Солидур» для приготовления обойменного раствора (В/Ц = 2,0). Выдержка раствора не менее 24 часов.

8.4.11 При начале инъекции в период менее 12 часов после установки инъектора в качестве обойменного раствора может применяться тощий цементно-песчаный раствор.

8.4.12 В зоне манжетной части инъектора скважина должна заполняться обойменным раствором. В зоне глухой части инъектора скважина должна заполняться цементно-песчаным раствором.

8.4.13 При погружении инъектора в скважину, заполненную обойменным раствором, а также при подаче обойменного раствора в скважину, инъектор должен заполняться водой.

8.4.14 Установленный инъектор должен закрываться заглушкой и маркироваться.

## **8.5 Контрольно-измерительное оборудование**

8.5.1 При инъекции «Микродур» должны фиксироваться в постоянном режиме следующие параметры:

- давление инъекции
- интенсивность расхода суспензии.

8.5.2 Для этой цели наиболее эффективным являются электронные следящие устройства с индуктивными датчиками. Данные устройства выводят на экран монитора и записывают на запоминающее устройство параметры инъекции.

8.5.3 Смесители должны быть оборудованы мерными линейками или счетчиками воды.

8.5.4 Рекомендуется иметь на строительной площадке воронку Марша, тарированные емкости, весы, формы для изготовления образцов.

## **8.6 Контроль качества при производстве инъекционных работ**

8.6.1 Для обеспечения необходимого качества закрепления грунтов производство работ должно сопровождаться комплексом соответствующих контрольных мероприятий с обязательным ведением исполнительной документации по этим мероприятиям.

8.6.2 При производстве работ по инъекционному закреплению грунтов суспензией «Микродур», состав контролируемых показателей, предельные отклонения, объем и методы контроля должны соответствовать табл. 8.1.

Таблица 8.1

Технические требования	Предельные отклонения	Контроль (метод и объем)
<p>1. Проверка качества «Микродур»</p>	<p>Качество «Микродур» должно соответствовать требованиям ТУ и настоящему Стандарту.</p>	<p>Контроль осуществляется для каждой новой поступающей на стройплощадку партии материала регистрационным методом (по сертификатам, накладным, паспортам и т.п.).</p> <p>После длительного (более 6 месяцев) срока хранения или при хранении в ненадлежащих условиях следует определять гранулометрический состав. Гранулометрический состав определяется на лазерном гранулометре. Для одного определения гранулометрического состава на лазерном гранулометре требуется 10 г сухого материала.</p> <p>Изготовление образцов путем замеса проб инъецируемого грунта с приготовленной суспензией «Микродур». Замес осуществляется в пропорции объемов: 1 объем грунта, 1/3 объема суспензии. Приготовленной смесью заполняются формы размером: 40x40x200 мм. Образцы после схватывания хранить под водой. Контроль процесса твердения вести в течение 28 суток.</p>

Технические требования	Предельные отклонения	Контроль (метод и объем)
<p>2. Проверка правильности проектных (расчетных) параметров и технических условий на производство работ путем контрольного закрепления</p>	<p>Качество закрепленного в результате контрольного закрепления грунтового массива (сплошность и однородность закрепления, форма и размеры массива, прочностные и деформационные характеристики закрепленных грунтов, при необходимости водопроницаемость) должно соответствовать требованиям проекта. Предельные отклонения измеряемых величин - не более 10 %</p>	<p>Измерительный и визуальный, по указаниям проекта. Объем контрольного закрепления и номенклатура контролируемых показателей устанавливаются проектом в зависимости от значимости объекта и объема работ по закреплению.</p>
<p>3. Показатели качества закрепленного массива (сплошность и однородность закрепления, форма и размер закрепленного массива)</p>	<p>По указанию проекта. Отклонение от проекта более 3 %.</p>	<p>При отсутствии указаний количество контрольных скважин ориентировочно должно составлять 3 - 5 % от общего количества инъекционных скважин, а число шурфов назначается примерно из расчета один шурф на 0,3 – 0,5 тыс. м<sup>3</sup> закрепленного грунта, но не менее двух шурфов на объект.</p> <p>При отборе, упаковке и хранении образцов закрепленных грунтов из шурфов и скважин следует руководствоваться ГОСТ 12071-84</p>
<p>4. Характеристики суспензии и их соответствие проектным параметрам (плотность суспензии, вязкость суспензии, седиментация суспензии, температура и другие, установленные проектом)</p>	<p>Отклонение фактического значения плотности суспензии от проектного значения допускается в пределах <math>\pm 0,01</math> г/см<sup>3</sup>.</p> <p>Отклонение фактического времени истекания 1 л суспензии из воронки Марша от нормативного в пределах <math>\pm 2</math> сек.</p> <p>Допустимое превышение фактической седиментации суспензии за 60 мин от нормативного не более,</p>	<p>Измерительный, по указаниям проекта.</p> <p>Приготовленную суспензию налить в тарированную емкость и поместить в прохладное, защищенное от солнечных лучей место. Место хранения образцов суспензии не должно подвергаться вибрации. Оценка качества суспензии производится по показателю седиментации.</p>

Технические требования	Предельные отклонения	Контроль (метод и объем)
	чем на 5%.	
<p>5. Давление и расход суспензии, а также другие технологические параметры, установленные проектом и проверенные контрольным закреплением</p>	<p>Допускается превышение фактического давления над максимально допустимым на 0,05 МПа.</p> <p>Допускается резкое падение давления инъекции до значений близких к нулю при продолжительности низкого значения давления не более 2 мин.</p> <p>Отклонение фактического объема суспензии при инъекции в 1 зону от проектного значения (<math>V_{\text{суп.}}</math>) допускается в пределах <math>\pm 10</math> л.</p>	<p>Измерительный, периодический (ежесменно) с регистрацией в журнале по форме, установленной в Приложении Ж, в т.ч. с учетом требований п.7.3.4.7 настоящего Стандарта.</p> <p>Контроль параметров инъекции должен осуществляться по данным следящего устройства постоянного действия (электронные приборы, самописцы) и (или) по журналу инъекционных работ, в которых фиксируются инъектор и зона инъекции, продолжительность и давление инъекции, интенсивность расхода и расход суспензии. При контроле давления инъекции следует фиксировать превышения максимального давления и резкие падения давления до значений близких к нулю.</p>
<p>6. Показатели качества закрепленного грунтового массива (сплошность и однородность закрепления, форма и размеры закрепленного массива, прочностные, деформационные характеристики грунтов и другие показатели, предусмотренные проектом)</p>	<p>Должны соответствовать проекту</p>	<p>Измерительный, по указаниям проекта.</p> <p>При отсутствии указаний количество контрольных скважин ориентировочно должно составлять 3 - 5 % от общего количества инъекционных скважин, а число шурфов назначается примерно из расчета один шурф на 0,3 – 0,5 тыс. м<sup>3</sup> закрепленного грунта, но не менее двух шурфов на объект, кроме того, статическое или динамическое зондирование и обследование закрепленных массивов геофизическими методами. При инъекционном закреплении грунтов оснований или фундаментов действующих сооружений - проведение инструментальных наблюдений за осадками</p>

Технические требования	Предельные отклонения	Контроль (метод и объем)
		фундаментов и другими деформациями до, во время и после закрепления по ГОСТ 24846-81.
7. Допустимые линейные отклонения при разбивке мест размещения инъекторов или инъекционных скважин в плане	По указанию проекта. При отсутствии такового - не более 3 % измеряемого расстояния между точками разбивки	То же, не реже чем через каждые 10 точек разбивки
8. Допустимые линейные отклонения инъекторов и инъекционных скважин от проектного направления: а) при глубине погружения инъектора до 5 м б) при большей глубине	1 % глубины 0,5 % глубины	Измерения кривизны скважин через каждые 5 м
9. Температура инъекционной суспензии при нагнетании	Должна быть не ниже 5 °С	Измерительный, периодический (ежесменно)

## 9. Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующим определением:

**«Микродур»:** особо тонкодисперсное вяжущее, созданное на основе портландцемента и доменных шлаков путем его дополнительного измельчения до тонины помола 12000-22000 см<sup>2</sup>/г, при этом размер частиц менее 6,0 микрон (вид «Х»), менее 9,5 микрон (вид «U») и менее 16 микрон (вид «F») не менее 95% частиц по массе, средний диаметр 50% частиц по массе (в зависимости от вида дисперсности) колеблется в интервале 2,5...5 микрон

**Критерий проницаемости грунта:** соотношение максимальных диаметров частиц 15% массы грунта и 85% массы ОТДВ Микродур. Соответствие грунта критерию проницаемости для определенного вида дисперсности ОТДВ Микродур при значениях соотношения в интервале 11 ÷ 24.

**Закрепление грунта:** внедрение закрепительной суспензии в поры грунта в режиме его пропитки и последующее отверждение ее с созданием закрепленного массива грунта с повышенными физико-механическими характеристиками по сравнению с соответствующими характеристиками грунта до его пропитки и закрепления;

**Проектное решение по закреплению грунта:** объем закрепленного грунта, его прочность, расход закрепительной суспензии, вид и расположение инъекторов, вид и характеристики (В/Ц, наличие добавок) инъекционной суспензии, и др.;

**Контрольное закрепление грунта:** мероприятие по контролю качества закрепления грунта на опытном производственном участке, выполняемые путем вскрытия шурфами и контрольными скважинами с обследованием и фиксированием его конфигурации и размеров, сплошности и однородности закрепления и с отбором закрепленных образцов для лабораторных исследований.

## 10. Приложения

### Приложение 1 (обязательное)

#### Методика лабораторных испытаний грунта на проницаемость суспензиями «Микродур»

Образец натурального грунта в высушенном состоянии взвешивается, помещается в инъекционную колонку  $D = 50$  мм,  $H = 500$  мм с торцевым сетчатым фильтром. Устраивается капиллярный подсос грунта при его уплотнении во влажном состоянии. Определяется коэффициент фильтрации. Рассчитывают плотность и объем пор в образце грунта.

Замес инъекционной суспензии осуществляется в скоростном смесителе при  $n = 3000$  об/мин в течение 3 мин. Объем приготавливаемого замеса должен превышать объем пор в инъекционной колонке в 3,5 раза и учитывать объем труб и полостей.

Насосом осуществляется подача суспензии в колонку с ориентировочным расходом 120 мл/мин.

По манометру контролируется давление, которое не должно превышать 0,5 МПа.

Фиксируется объем суспензии, вошедший в инъекционную колонку. При объеме вошедшей суспензии равном тройному объему пор грунта в инъекционной колонке подачу суспензии прекращают.

После инъекции колонка снимается и помещается в водную среду. Время твердения образца 28 дней.

Затвердевший грунтобетонный массив извлекается из колонки и нарезается на цилиндры высотой 100 мм, что соответствует стандартным образцам для испытаний. Далее образцы испытывают по ГОСТ 10180-90 с определением средней прочности.

**Приложение 2**  
**(справочное)**  
**Основные характеристики ОТДВ «Микродур»**

Таблица А 1

Показатель	Характеристики ОТДВ Микродур по различным маркам		
	R-X	R-U	R-F
Плотность	≈2,9 г/см <sup>3</sup>	≈2,9 г/см <sup>3</sup>	≈2,9 г/см <sup>3</sup>
Удельная поверхность	≈22000 см <sup>2</sup> /г	≈16000 см <sup>2</sup> /г	≈12000 см <sup>2</sup> /г
Водовязущее отношение (В/Ц)	≈0,50	≈0,50	≈0,50
Сроки схватывания начало конец	≈150 мин ≈200 мин	≈160 мин ≈230 мин	≈175 мин ≈240 мин
Прочность на сжатие 1 сут. 2 сут. 7 сут 28 сут.	5 МПа 10 МПа 25 МПа 35 МПа	5 МПа 15 МПа 45 МПа 65 МПа	5 МПа 15 МПа 40 МПа 50 МПа
Гранулометрический состав < 2 μм < 4 μм < 6 μм < 8 μм < 9,5 μм < 16 μм d <sub>50</sub>	≈45% ≈80% ≈97%	≈25% ≈55% - ≈90% ≈95%	≈15% ≈45% - ≈75% ≈80% ≈95% <5,0 μм

Таблица А 2

Показатель	Характеристики ОТДВ Микродур
	R-U rock
Плотность	≈3,0 г/см <sup>3</sup>
Удельная поверхность	≈16000 см <sup>2</sup> /г
Водовязущее отношение (В/Ц)	≈0,50
Сроки схватывания начало конец	≈60 мин ≈80 мин
Прочность на сжатие 1 сут. 2 сут. 7 сут 28 сут.	5 МПа 15 МПа 45 МПа 65 МПа
Гранулометрический состав < 2 μм < 4 μм < 6 μм < 8 μм < 9,5 μм < 16 μм d <sub>50</sub>	≈25% ≈55% - ≈90% ≈95% < 3,5 μм

Таблица А 3

Показатель	Характеристики ОТДВ Микродур по различным маркам		
	R-X/E plus	R-U/ E plus	R-F/ E plus
Плотность	≈2,9 г/см <sup>3</sup>	≈2,9 г/см <sup>3</sup>	≈2,9 г/см <sup>3</sup>
Удельная поверхность	≈22000 см <sup>2</sup> /г	≈16000 см <sup>2</sup> /г	≈12000 см <sup>2</sup> /г
Водопотребность (В/Ц)	≈0,50	≈0,50	≈0,50
Сроки схватывания начало конец	≈140 мин ≈210 мин	≈160 мин ≈230 мин	≈175 мин ≈240 мин
Прочность на сжатие 1 сут. 2 сут. 7 сут. 28 сут.	5 МПа 10 МПа 25 МПа 35 МПа	5 МПа 15 МПа 45 МПа 65 МПа	5 МПа 15 МПа 40 МПа 50 МПа
Гранулометрический состав			
< 2 μm	≈45%	≈25%	≈15%
< 4 μm	≈80%	≈55%	≈45%
< 6 μm	≈97%	-	-
< 8 μm		≈90%	≈75%
< 9,5 μm		≈95%	≈80%
< 16 μm			≈95%
d <sub>50</sub>	< 2,5 μm	< 3,5 μm	<5,0 μm

Таблица А 4

Показатель	Характеристики ОТДВ Микродур по различным маркам		
	R-X Finosol	R-U Finosol	R-F Finosol
Плотность	≈3,0 г/см <sup>3</sup>	≈3,0 г/см <sup>3</sup>	≈3,0 г/см <sup>3</sup>
Удельная поверхность	≈22000 см <sup>2</sup> /г	≈16000 см <sup>2</sup> /г	≈12000 см <sup>2</sup> /г
Водопотребность (В/Ц)	≈0,50	≈0,50	≈0,50
Сроки схватывания начало конец	≈140 мин ≈210 мин	≈160 мин ≈230 мин	≈175 мин ≈240 мин
Прочность на сжатие	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется
Гранулометрический состав			
< 2 μm	≈45%	≈25%	≈15%
< 4 μm	≈80%	≈55%	≈45%
< 6 μm	≈97%	-	-
< 8 μm		≈90%	≈75%
< 9,5 μm		≈95%	≈80%
< 16 μm			≈95%
d <sub>50</sub>	< 2,5 μm	< 3,5 μm	<5,0 μm



### Приложение 3 (справочное)

#### Конструкции инъекторов, манжетных труб и обтюраторов

Принципиальная конструкция инъекторов для инъекции суспензии «Микродур» в грунты должна состоять из перфорированной трубы или из манжетной трубы и двухстороннего обтюратора.

Инъекторы из перфорированных труб изготавливаются из толстостенной трубы диаметром 32...42 мм с толщиной стенок 8 мм. На боковой поверхности в углублениях сделаны отверстия диаметром 2...3 мм, они расположены четырьмя рядами в шахматном порядке из расчета 60...80 отверстий на 1 м длины. Отверстия защищены от засорения грунтом резиновыми кольцами. Инъекционная колонна состоит из перфорированных и глухих звеньев труб, длина звена 0,5...1,5 м. Конструкция инъектора приведена на схеме 1.

Манжетная труба с отверстиями закрытыми упругими (резиновыми) манжетами, обеспечивает доступ инъекционного раствора в определенную зону закрепляемого слоя грунта, а обтюратор (тампон) обеспечивает инъекцию через определенное инъекционное отверстие в манжетной трубе, фиксируя подачу суспензии только в данное инъекционное отверстие (в данную зону закрепления), как это показано на схеме.

Конструкции скважин, оборудованных манжетными трубами и обтюраторами, представлены на схеме 2 и в приложении 4.

Схема установки манжетных труб должна определяться:

- геометрическими параметрами массивов закрепляемого грунта;
- условиями доступа к месту инъекции;
- принятым по условиям инъекции радиусом распространения суспензии;
- видом конструкции фундаментов (ленточные, столбчатые, свайные) при повышении несущей способности фундаментов
- назначением инъекционного закрепления (усиление фундаментов, стена в грунте, горизонтальный экран, противодиффузионная завеса).

Диаметр манжетных труб инъекторов должен определяться по таблице 1.

Таблица 1

Длина инъектора	Диаметр манжетных труб
При вертикальном расположении:	
- до 5 м	1" (25 мм)
- до 15 м	1,5" (40 мм)
- до 30 м	2" (50 мм)
При горизонтальном расположении	2" (50 мм)

Диаметр инъекционной скважины  $D_{скв}$  должен определяться по формуле:

$$D_{скв} = d_{инъект.} + 50 \text{ мм}, \quad (3)$$

где  $d_{инъект.}$  – диаметр манжетной трубы.

Инъекционная скважина должна заполняться обойменным раствором, в который опускается манжетная труба. При этом манжетная труба заполняется водой.

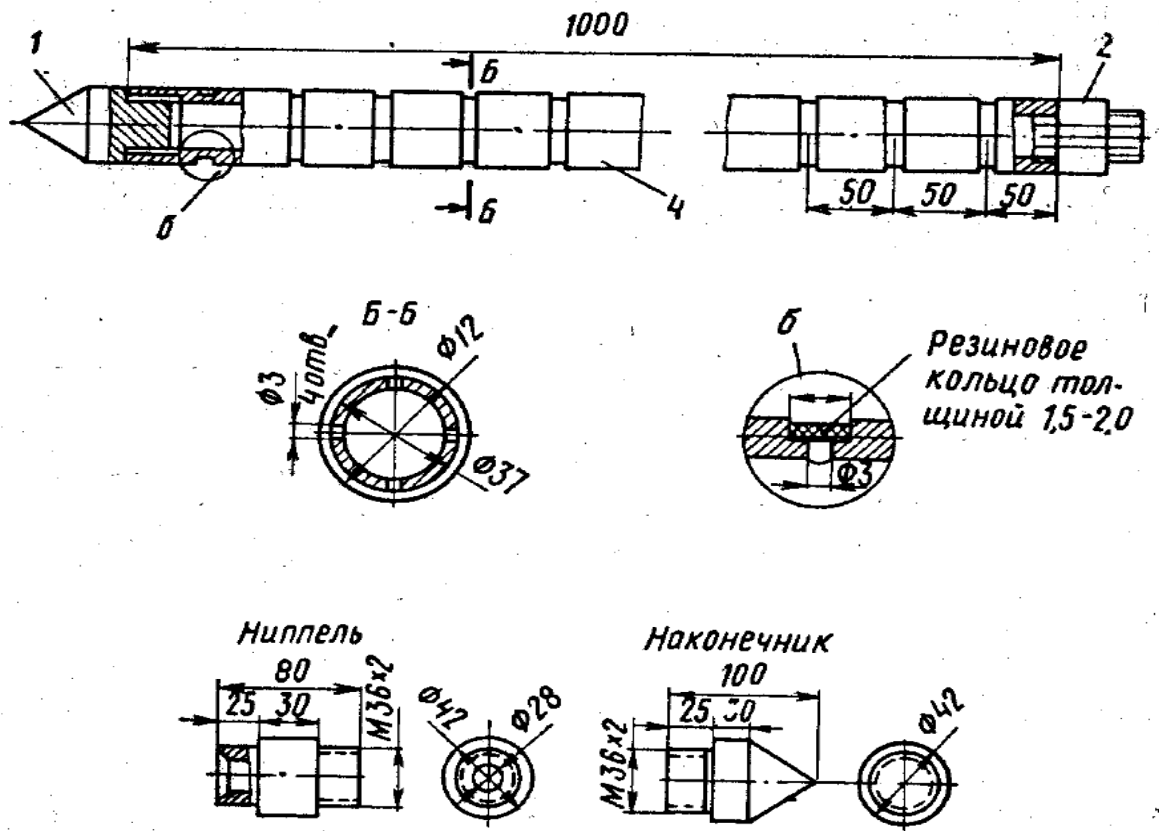


Схема 1. Конструкция иньектора из перфорированных труб. 1- наконечник, 2-нипель, 3 и 4 - перфорированные звенья.

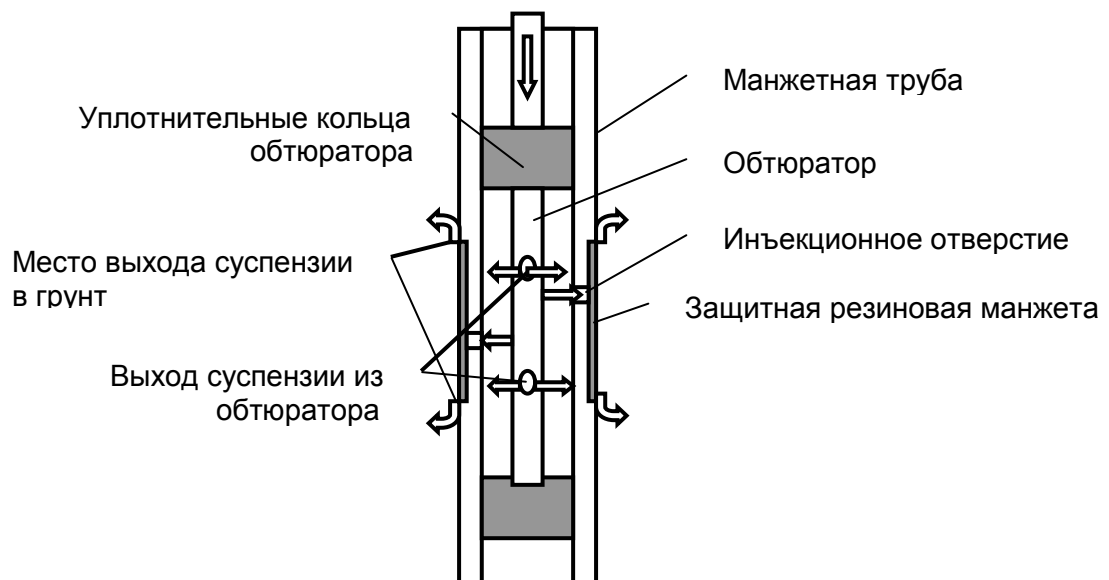


Схема 2. Технология иньекции с применением манжетной трубы и двухстороннего обтюратора

Обойменный раствор выполняет функцию обойменного замка иньектора (манжетной колонны), который не позволяет иньекционной суспензии утекать вдоль иньектора.

Обойма должна иметь низкую структурную прочность (до 0,1 МПа на сжатие). В момент подачи суспензии в зону определенной манжеты, манжета деформируется, и в обойменном материале возникают поперечные трещины, которые и являются каналами доставки суспензии в грунт.

В качестве обойменного раствора рекомендуется применять цементно-бentonитовый раствор (цемент/бentonит/вода = 1,0/0,2/0,8) или специальную сухую смесь «Солидур» для приготовления обойменного раствора (В/Ц = 3,0). Время выстойки скважины до инъекционных работ не должно быть менее 5 суток.

После проведения инъекции манжетная труба оставляется в скважине.

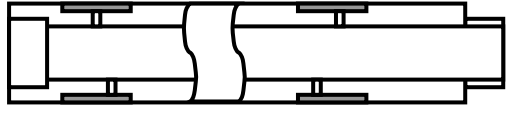
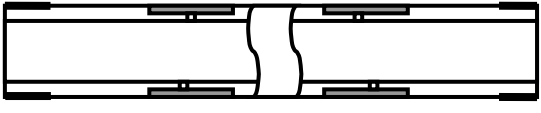
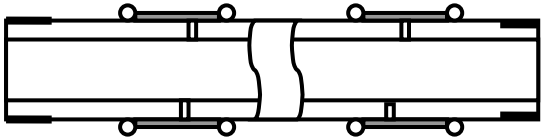
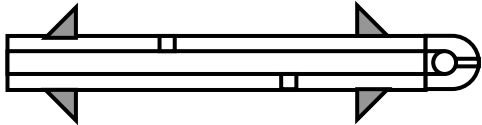

Размещение манжетной трубы в скважине должно соответствовать проектному положению массива закрепляемого грунта.

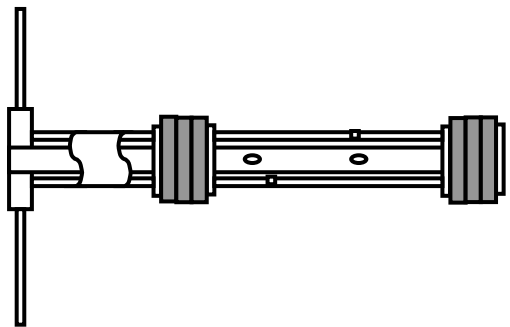
Расположение верхней манжеты должно находиться ниже проектной отметки верхней границы массива на 1/3 расстояния между манжетами, а расположение нижней манжеты - выше проектной отметки нижней границы массива на 2/3 расстояния между манжетами.

Данное смещение инжектора вверх компенсирует гравитационный отток суспензии вниз.

Расстояние между манжетами (по центру манжет) (мм) принимается 330 мм, если диаметр распространения суспензии (закрепления) равен или менее 0,8 м и 500 мм, если диаметр – более 0,8 м

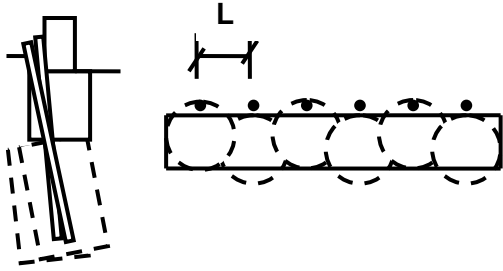
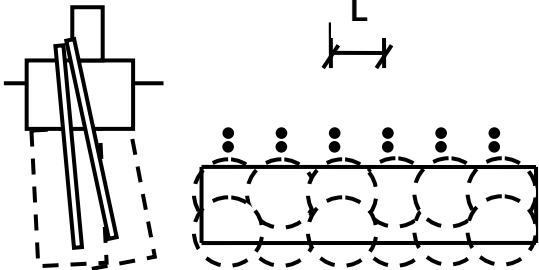
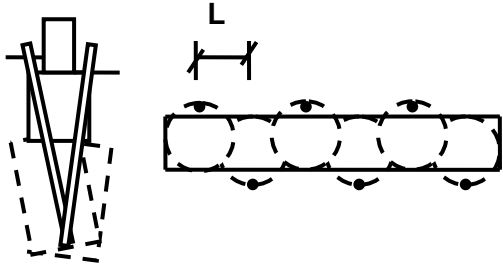
**Приложение 4**  
**(справочное)**  
**Конструкции манжетных труб и обтюраторов**

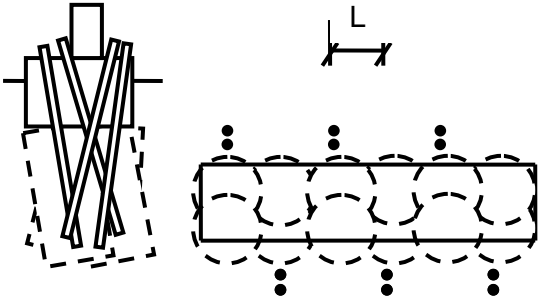
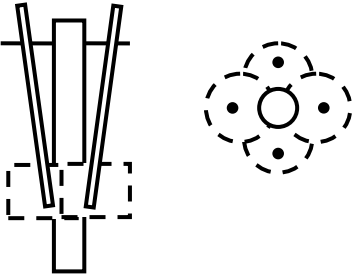
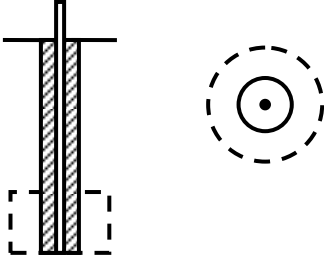
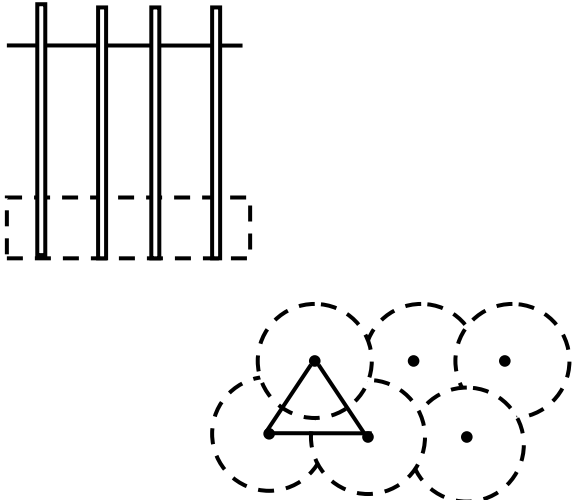
Типы манжетных колонн и обтюраторов	Схема
<p>Трубы ПВХ с утопленными манжетами и клеевыми или резьбовыми концевыми втулками.</p> <p>Длина элемента без втулки: 1 - 5 м</p> <p>Расстояние между центрами манжет: 330 мм; 500 мм</p> <p>Диаметр внутренний: 25 мм; 40 мм; 50 мм</p> <p>Высота манжеты: 70 мм</p> <p>Количество отверстий под 1 манжетой: 4</p> <p>Диаметр отверстий: 8 мм</p>	
<p>Трубы стальные бесшовные с утопленными манжетами и с концевой резьбой под муфту.</p> <p>Длина элемента: 1 – 5 м</p> <p>Расстояние между центрами манжет: 330 мм; 500 мм</p> <p>Диаметр внутренний: 25 мм; 40 мм; 50 мм</p> <p>Высота манжеты: 70 мм</p> <p>Количество отверстий под 1 манжетой: 4</p> <p>Диаметр отверстий: 8 мм</p>	
<p>Трубы стальные бесшовные манжетные с защитными кольцами и с концевой резьбой под муфту.</p> <p>Длина элемента: 1 – 5 м</p> <p>Расстояние между центрами манжет: 330 мм; 500 мм</p> <p>Диаметр внутренний: 25 мм; 40 мм; 50 мм</p> <p>Высота манжеты: 70 мм</p> <p>Количество отверстий под 1 манжетой: 4</p> <p>Диаметр отверстий: 8 мм</p>	
<p>Обтюратор двухсторонний манжетный (применяется только для труб ПВХ). Герметизация в зоне инъекции осуществляется плотным примыканием резиновых манжет к стенке трубы за счет избыточного давления суспензии.</p> <p>Длина зоны инъекции: 330 мм и 500 мм.</p>	
<p>Обтюратор двухсторонний шланговый разжимной пневмо-гидравлический (применяется для всех типов труб). Герметизация в зоне инъекции осуществляется плотным примыканием резиновых шлангов к стенке трубы за счет избыточного давления рабочей жидкости или воздуха, нагнетаемых в полости шлангов.</p> <p>Длина зоны инъекции: 330 мм и 500 мм.</p>	

Типы манжетных колонн и обтюраторов	Схема
<p>Обтюратор двухсторонний разжимной механический (применяется для всех типов труб).</p> <p>Герметизация в зоне инъекции осуществляется плотным примыканием резиновых колец к стенке трубы за счет механического сжатия резиновых колец подвижными шайбами под давлением свободно двигающихся втулок, надвигаемых давлением закручиваемой по резьбе гайки.</p> <p>Длина зоны инъекции: 330 мм и 500 мм.</p>	

**Приложение 5  
(справочное)**

**Варианты схем установки инъекторов для инъекции суспензии  
ОТДВ «Микродур»**

<p>Односторонняя схема с одиночными инъекторами.</p> <p>Применяется для закрепления грунтов под неширокими ленточными или штучными фундаментами.</p> <p>Угол наклона смежных инъекторов рекомендуется принимать с разницей в несколько градусов. Точное значение угла наклона инъекторов определяется геометрическими построениями при симметричном позиционировании массивов относительно центральной оси фундаментов.</p>	
<p>Односторонняя схема с несколькими инъекторами в одном створе.</p> <p>Применяется для закрепления грунтов под широкими ленточными или штучными фундаментами при невозможности доступа с одной из сторон.</p>	
<p>Двухсторонняя схема с одиночными инъекторами.</p> <p>Применяется для закрепления грунтов под неширокими ленточными или штучными фундаментами при доступе с 2-х сторон</p>	

<p>Двухсторонняя схема с несколькими инъекторами в одном створе. Применяется для закрепления грунтов под широкими ленточными или штучными фундаментами при доступе с 2-х сторон.</p>	
<p>Схема установки инъекторов по периметру. Применяется для закрепления грунтов вокруг свай и штучных фундаментов.</p>	
<p>Схема установки инъектора в каркас изготавливаемой сваи. Применяется при устройстве свай с опорной корневой пятой. Инъектор устанавливается вместе с каркасом сваи. Инъекция осуществляется до истечения 24 часов после заливки сваи бетоном через разрывы в бетоне.</p>	
<p>Схема установки инъекторов при устройстве горизонтальных экранов и целиков в грунте. Применяется при устройстве разгружающих экранов тоннелей, горизонтальных противофильтрационных экранов, целиков грунта для проходки штолен. Применяется треугольная сетка расположения инъекторов с ячейкой в виде равностороннего треугольника. При устройстве стен в грунте, вертикальных завес используется аналогичная схема в виде двух рядов инъекторов, смещенных на половину шага.</p>	

**Приложение 6**  
**(рекомендуемое)**  
**Технологические и конструктивные схемы применения**  
**ОТДВ «Микродур»**

<p>1. Понижение отметки и ширины существующих фундаментов зданий с целью повышения несущей способности основания посредством наращивания фундаментов грунтобетонными массивами. Применяется при общем увеличении нагрузки от здания, а также при снижении несущей способности грунтов оснований (разуплотнение грунтов) в случае, когда проникаемые грунты залегают в основании фундаментов.</p>	
<p>2. Понижение отметки существующих фундаментов зданий с целью устранения воздействий на примыкающие котлованы или от возводимых сооружений. Применяется при устройстве примыкающих котлованов, для предотвращения просадок от близко расположенных вновь возводимых зданий, а также при проходке коллекторов и тоннелей. Конструктивная схема применима, когда проникаемые грунты залегают в основании фундаментов на высоту закрепления.</p>	
<p>3. Понижение отметки существующих фундаментов зданий с целью устройства (увеличения высоты) подвального помещения. Применяется при реконструкции повалых помещений или подполья зданий. Схема имеет место, когда проникаемые грунты залегают в основании фундаментов на высоту закрепления.</p>	
<p>4. Инъекция массива в виде корневого уширения при устройстве буроинъекционных (или иных) свай для снижения стоимости работ при повышении несущей способности фундаментов существующих зданий. Применяется при общем увеличении нагрузки от здания, а также при снижении несущей способности грунтов оснований (разуплотнение грунтов) в случае, когда проникаемые грунты залегают в слоях, расположенных ниже слоев грунта подстилающих фундаменты.</p>	
<p>5. Устройство бандажного уширения существующих буроинъекционных свай с целью повышения их несущей способности. Применяется при обеспечении дополнительной несущей способности существующих свай в случае, когда присутствует прослой проникаемого грунта выше забоя свай.</p>	



<p>6. Устройство бандажного уширения свай с целью повышения несущей способности существующего свайного основания. Применяется при наличии прослоя проницаемого грунта. Схема эффективна в талых зонах мерзлых грунтов. Схема применяется, также в зонах пластичномерзлых грунтов с предварительной инъекцией водой с <math>T = 40 - 50^{\circ}\text{C}</math>.</p>	
<p>7. Устройство корневого уширения свай с целью уменьшения диаметра и длины свай (снижения стоимости) вновь сооружаемых свайных оснований. Применяется при наличии прослоя проницаемого грунта.</p>	
<p>8. Устройство целиков закрепленных грунтов для подземной проходки. Применяется при необходимости безщитовой проходки штолен и тоннелей в проницаемых нестабильных (в т.ч. водонасыщенных) грунтах или в трещиноватых обводненных скальных породах.</p>	
<p>9. Устройство горизонтальных, прочных противофильтрационных завес в грунтах. Применяется при необходимости разработки глубоких котлованов в грунтах с высоким уровнем грунтовых вод и с прослоями проницаемых грунтов при глубоко расположенных водоупорах.</p>	
<p>10. Устройство вертикальных, прочных противофильтрационных завес в проницаемых грунтах при ремонте и восстановлении грунтовых гидротехнических сооружений.</p>	
<p>11. Устройство разгружающих экранов над тоннелями и при проходке тоннелей под инженерными коммуникациями. Применяется при наличии слоев проницаемых грунтов над тоннелями.</p>	

<p>12. Устройство инъекционных стен в грунте из штолен под сооружениями, дорогами или коммуникациями. Применяется при наличии проницаемых грунтов.</p>	
<p>13. Инъекция за обделку тоннелей и подземных сооружений с целью устранения фильтрации воды и упрочнения обделки. Применяется во всех типах грунтов.</p>	
<p>14. Устройство анкерных замков при обеспечении жесткости ограждений котлованов, подземных сооружений и причалов. Применяется при наличии проницаемых грунтов.</p>	
<p>15. Устройство бандажных опорных уширений конструкций глубоких скважин для предотвращения их просадок. Применяется при наличии проницаемых грунтов в зоне устья скважин.</p>	
<p>16. Противоаварийная консолидация подвижных (водонасыщенных) проницаемых прослоев грунтов перед устройством «стены в грунте». Консолидация грунта осуществляется с применением марок ОТДВ Микродур, обеспечивающие высокие противofильтрационные свойства</p>	

**Приложение 7  
(обязательное)**

**Форма инъекционного журнала**

Наименование объекта \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_

Производитель работ \_\_\_\_\_

Рецептура замеса инъекционного состава:

марка и количество ОТДВ Микродур \_\_\_\_\_

марка и количество добавок \_\_\_\_\_

количество воды \_\_\_\_\_

объем выхода суспензии на замес \_\_\_\_\_

№ створа, инъектора	№ зоны инъекции	Объем инъекции проектный, л	Объем инъекции фактический, л	Макс. давление инъекции, бар	Макс. расход, л/мин	Время Инъекции, мин	Примечания*

*\* В графе примечания фиксируются факты отказа инъекции.*

## Библиография:

1. Алексеев С.В., Никитин А.И. 2006, Методические рекомендации по применению ОТДВ «Микродур» в строительстве, [www.vestaing.ru](http://www.vestaing.ru), Москва.
2. Свод правил по проектированию и строительству. Метрополитены. СП 32-105-2004, 2004 г, Москва.
3. Байдаков О.С. 2005 г, Применение материалов «Mikrodur» для инъекционных работ при укреплении грунтов и усилении конструкций. Журнал «Метро и Тоннели», №6.
4. Schulze B., 2002, Merkblatt für Einpreßarbeiten mit Feinstbindemitteln in Lockergestein. Bautechnik 79, Heft 8, Ernst & Sohn, Deutschland.
5. DIN EN 12715 (2000) Injektionen. Allg. Geschäftsbedingungen der Deutschen Bauindustrie 1991 Einpreßarbeiten (STB E, Feb. 91)
6. DIN EN 196 (1995) Prüfverfahren für Zement.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Изм. № п/п	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в документе	№ до- кумента	Входящий № сопроводи- тельного документа	Подп.	Дата
	Изменен- ных	Заменен- ных	Новых	Аннулиро- ванных					