МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНИИПРОЕКТ
ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГИДРОТЕХНИКИ
имени Б. Е. ВЕДЕНЕЕВА
ГЛАВГИДРОЭНЕРГОСТРОЙ
ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ТРЕСТ „ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ“

ИНСТРУКЦИЯ ПО КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ВОЗВЕДЕНИЯ НАМЫВНЫХ ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЙ

ВСН 43-71*
Минэнерго СССР

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНИИПРОЕКТ
ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГИДРОТЕХНИКИ
имени Б. Е. ВЕДЕНЕЕВА
ГЛАВГИДРОЭНЕРГОСТРОЙ
ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ТРЕСТ «ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ»

ИНСТРУКЦИЯ ПО КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ВОЗВЕДЕНИЯ НАМЫВНЫХ ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЙ

ВСН 43-71*
Минэнерго СССР

«ЭНЕРГИЯ»
Ленинградское отделение
1974

УДК 627.824.2/(083.75)

Инструкция содержит указания по проведению геотехнического контроля при возведении земляных намывных сооружений в различных отраслях строительства и при подготовке оснований под застройки. Основное внимание уделяется вопросам контроля в процессе намыва плотин, дамб и других объектов гидротехнического назначения. В приложении к инструкции излагается методика проведения полевых и лабораторных определений состава и физико-механических свойств грунта, предусмотренных системой оперативного контроля за намывом.

Инструкция рассчитана на инженерно-технический и младший персонал контрольной геотехнической службы на строительствах. Она также может быть полезной инженерам-строителям, проектировщикам и студентам, занимающимся вопросами определения геотехнических показателей намытых грунтов.

И $\frac{30314\text{-}117}{051\,(01)\text{-}74}$

© Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники имени Б. Е. Веденеева (ВНИИГ), 1974

ПРЕДИСЛОВИЕ

Геотехническая служба по контролю качества возведения намывных земляных сооружений (плотин, дамб и др.) организуется для установления показателей состава и физико-механических свойств грунта, намытого в тело сооружения, наблюдения за состоянием намываемого сооружения и технологией его возведения в соответствии с проектом, техническими условиями и «Строительными нормами и правилами».

Материалы геотехнического контроля используются также для обобщения результатов намыва, что имеет существенное значение для проектирования новых намывных сооружений.

В настоящее время получила распространение следующая классификация намывных плотин:

I. Неоднородные гравийно-песчаные плотины с супесчано-суглинистой или мелкопесчаной ядерной зоной.

II. Однородные песчаные (супесчаные, лессовые) плотины.

III. Однородные песчаные (супесчаные, лессовые) плотины с противофильтрационными или упорными устройствами (металлическая, железобетонная диафрагма, грунтовый насыпной экран, упорные каменные банкеты и др.).

Помимо плотин способом гидромеханизации в энергетическом строительстве возводятся безнапорные дамбы, перемычки, волноломы, подготавливаются основания для промышленных и гражданских объектов, заполняются пазухи бетонных сооружений и пр.

Для возведения намывных сооружений применяются способы производства работ:

намывной с разработкой грунта в карьере или полезной выемке земснарядом или гидромониторными установками; грунт в виде пульпы транспортируется по пульповодам непосредственно от места разработки на карту намыва сооружения;

намывной с разработкой грунта в карьере экскаваторами или другими землеройными машинами с доставкой к возводимому сооружению автомобильным или железнодорожным транспортом или по конвейерам; вблизи плотины грунт выгружается в специальный бункер, откуда он после смешения с водой перекачивается землесосом по пульповоду или поступает самотеком на карту намыва.

Наряду с этим применяются комбинированные способы возведения намывных сооружений с использованием землеройных машин для отсыпки отдельных элементов, например, низового клина, центральной части плотин и т. п.

Иногда практикуют намыв или отсыпку промежуточных резервов грунта, которые используют в последующем для возведения сооружений с помощью средств гидромеханизации. При намыве сооружений грунт может подаваться из одного карьера или при необходимости одновременно по отдельным пульповодам из разных карьеров (или резервов), грунт которых отличается друг от друга по гранулометрическому составу.

Настоящая инструкция составлена применительно к различным типам намывных сооружений и способам производства работ и рассчитана на инженерно-технический и младший персонал геотехнической службы.

В ней содержатся методические указания по проведению геотехнического контроля при возведении намывных земляных сооружений, по отбору проб при оперативном контроле, определению в полевых условиях основных

показателей состава, свойств и состояния намытого грунта и ведению отчетной документации.

Для каждой строящейся плотины на основании проектов сооружения и производства работ, а также настоящей инструкции организация, разрабатывающая проект, составляет технические условия на возведение плотины и местную инструкцию по геотехническому контролю, учитывающие конкретные производственные условия. Для прочих намывных сооружений технические условия на строительство и местная инструкция по контролю составляются лишь в том случае, если это обусловлено проектом или специальными техническими решениями.

Настоящая инструкция составлена в соответствии с ведомственными строительными нормами «Организация геотехнического контроля в энергетическом строительстве» ВСН 020-69, утвержденными Главтехстройпроектом 14 апреля 1969 г., которыми регламентируются следующие вопросы:

общие положения и задачи геотехнической службы;

права и обязанности геотехнической службы по контролю за качеством возведения земляного сооружения;

состав работ, выполняемых геотехнической службой при оперативном контроле;

отчетная документация геотехнической службы.

В настоящей инструкции не рассматриваются вопросы организации контроля при отсыпке с помощью землеройных машин отдельных элементов намывного сооружения, устройстве дренажей, креплении откосов и др.

«Инструкция по контролю качества возведения намывных земляных сооружений» в энергетическом строительстве составлена в лаборатории земляных гидросооружений ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева и в строительной лаборатории треста «Гидромеханизация» Минэнерго СССР. Авторы инструкции — ст. научн. сотр., доктор техн. наук В. А. Мелентьев и начальник строительной лаборатории треста инж. С. Т. Розиноер.

В составлении инструкции принимали участие ст. инж. лаборатории земляных гидросооружений ВНИИГ А. А. Железников, зам. нач. строительной лаборатории треста «Гидромеханизация» инж. В. П. Антипкин и инж. И. И. Кормилина.

С выпуском настоящей инструкции отменяется ранее действовавшая «Инструкция для инспекторов по контролю качества намывных плотин» И 1-55. «Инструкция по контролю качества возведения намывных земляных сооружений» ВСН 43-71, переиздаваемая в 1974 г. под индексом ВСН 43-71 *, с внесением ряда поправок и уточнений согласована с Госстроем СССР 13 апреля 1972 г.

Министерство энергетики и электрификации СССР	Ведомственные строительные нормы	ВСН 43-71* Минэнерго СССР взамен ВСН 43-71 и И1-55
	Инструкция по контролю качества возведения намывных земляных сооружений	

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Контроль качества возведения намывных сооружений осуществляется геотехнической службой строительства, которая выполняет наблюдения за состоянием объектов, отбор проб грунта и оперативное определение в полевых условиях показателей его состава и физико-механических свойств.

Примечания: 1. Контроль за намывом сооружения может выполняться имеющейся на строительстве геотехнической лабораторией, в этом случае руководителем контроля должен назначаться заместитель начальника лаборатории.

2 При необходимости на строительстве может быть создана отдельная геотехническая лаборатория или геотехнический пост для выполнения работ, связанных с контролем намыва сооружений.

3. В особых случаях для проведения на строительстве контроля могут привлекаться на договорных началах сторонние организации.

4. Геотехническая служба, как правило, не должна подчиняться производителю работ, непосредственно ведущему намывные работы.

1.2. Геотехническая служба проводит наблюдения за состоянием намываемого сооружения, технологией его возведения, определяет основные показатели состава и физико-механических свойств намытого грунта, сопоставляет их с проектными показателями и составляет отчетную документацию.

1.3. Геотехнический контроль организуется при возведении намывных плотин, дамб и других земляных сооружений I, II и III класса капитальности. Не подлежат контролю береговые участки плотин (береговые дамбы), где отметка основания выше максимального подпорного уровня воды. На плотинах и дамбах

Внесены Всесоюзным научно-исследовательским институтом гидротехники им. Б. Е. Веденеева и Всесоюзным трестом „Гидромеханизация"	Утверждены Главниипроектом Минэнерго СССР 19 января 1971 г. и согласованы с Госстроем СССР 13 апреля 1972 г.	Срок введения 1 января 1974 г.

IV класса капитальности, а также на временных намывных сооружениях (перемычки, дамбы обвалования) геотехнический контроль проводится лишь в случае особых требований. Геотехнический контроль при замыве пазух бетонных сооружений, намыве искусственных оснований и территорий под застройку выполняется по рекомендациям настоящей инструкции с учетом требований проекта и технических условий.

1.4. Обязанности, права и состав работ геотехнической службы по контролю качества возведения намывных сооружений устанавливаются в соответствии с ВСН 020-69. На геотехническую службу распространяются обязанности и права контрольных постов и геотехнических лабораторий строительств согласно указанным нормам. Контроль за намывными сооружениями и намыв грунта в зимних условиях следует проводить в соответствии с главой СНиП III-Б. 1-71 «Земляные сооружения. Правила производства и приемки земляных работ».

1.5. В своей деятельности работники геотехнической службы должны руководствоваться «Типовым положением о лабораториях строительно-монтажных организаций и их производственных подразделений», утвержденных приказом Госстроя СССР № 153 от 18 августа 1967 г., и требованиями СНиП III-Б.1-71 в части контроля за намывными сооружениями.

1.6. Штаты геотехнических лабораторий и постов по контролю за намывом сооружений устанавливаются в соответствии с нормами ВСН 020-69 с учетом местных условий.

1.7. Технические условия на возведение сооружения должны содержать данные об основных, принятых в проекте (в соответствии с фракционированием грунта) показателях состава и физико-механических свойств намытого грунта для отдельных зон поперечного сечения сооружения (табл. 1). По величине этих показателей контролируются фактические характеристики намытого грунта.

Таблица 1

Состав и физико-механические свойства намытого грунта	Зона плотины		
	Боковая	Промежуточная	Ядерная
Гранулометрический состав (содержание характерных фракций) . .			
Объемный вес скелета, *г/см³* . . .			
Коэффициент фильтрации, *м/сут* . .			
Угол внутреннего трения, *град* . . .			
Удельная сила сцепления, *кГ/см²* . .			

Примечания: 1. При однородном сооружении деление на зоны не производится.

2. Допускаемые пределы отклонения гранулометрического состава грунта по зонам определяются граничными кривыми гранулометрического состава (рис. 1).

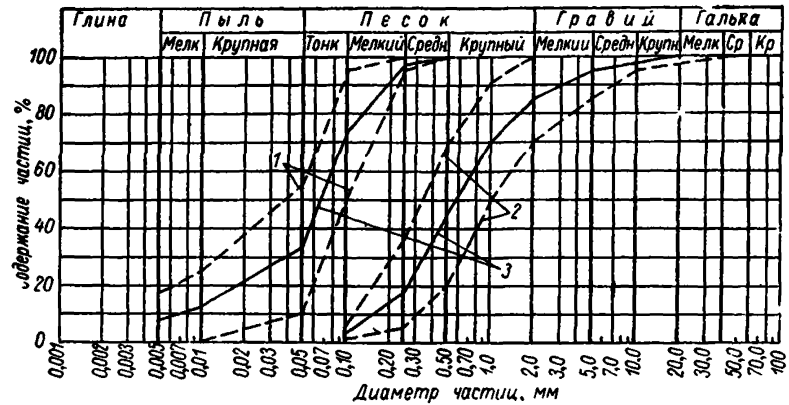


Рис. 1. Граничные и осредненные кривые гранулометрического состава грунта по зонам намывной плотины

1—центральная часть (граничные кривые по проекту); *2*—боковые зоны (граничные кривые по проекту); *3*—средние значения по проекту.

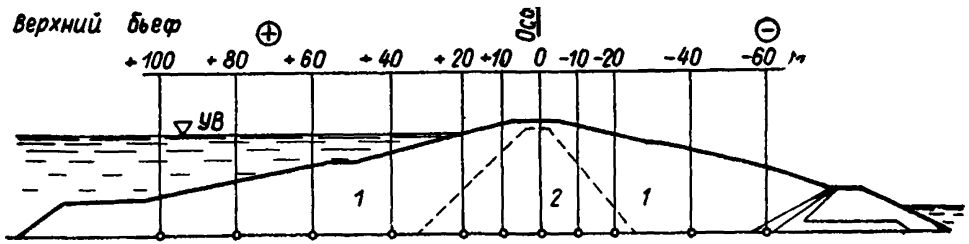


Рис. 2. Пример разбивки створов для отбора проб грунта на поперечнике плотины

1—боковые зоны; *2*—ядро.

3. Помимо осредненных показателей состава и физико-механических свойств намытого грунта в технических условиях должны быть приведены допускаемые отклонения значений этих показателей для каждой из зон по абсолютной величине и в процентном отношении.

2. СИСТЕМА КОНТРОЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

2.1. Наблюдения на карте намыва, отбор проб грунта для определения показателей состава и физико-механических свойств намытого грунта, измерение отметок поверхности намыва, зарисовка границ отстойного прудка, наблюдение за состоянием сооружения и прочие операции контроля ведутся с привязкой к определенной координатной основе, представленной сеткой из поперечников и створов.

2.2. Поперечники разбиваются нормально к оси сооружения. На поперечниках в пределах намываемого тела выставляются рейки по принятой сетке. Они образуют створы, параллельные оси плотины или дамбы (рис. 2). Расстояние между створами зависит от размеров сооружения и определяется в зависимости от требований проекта.

Примечания: 1. В зависимости от класса и назначения сооружения расстояние между поперечниками рекомендуется принимать от 50 до 200 *м*. Не обязательно для данного сооружения сохранять расстояние между поперечниками постоянным по всей длине (например, в русловой части плотины расстояние между поперечниками 50 *м*, а в пойменной части — 200 *м*).

2. При намыве площадей целесообразно назначать координатную основу для отбора проб по сетке 50×50 *м*, если нет других указаний в проекте.

3. Поперечники, служащие для разбивки сооружения, закрепляются опорными знаками, вынесенными за проектный контур сооружения.

2.3. По мере роста отложений грунта рейки, установленные в пределах намытого тела, наращиваются. На рейках делается разбивка делений масляной краской через 10 *см* и наносятся высотные отметки.

2.4. Периодически для контроля (например, два раза в месяц) проводится нивелировка намытой поверхности тела плотины, сопровождающаяся проверкой правильности мест установки реек и их высотного положения.

2.5. Для измерения уровня воды в отстойном прудке должны быть установлены на водосбросных колодцах мерные рейки с делениями через 1 *см*. С помощью этих реек определяется напор над порогом колодца (над верхом шандор) для вычисления расхода осветленной воды.

2.6. В случае особых требований к контролю, предусматриваемых в проектах и технических условиях, производится установка следующей аппаратуры: а) на пульповодах — водомеров Вентури или специальных мерных шайб для измерения расхода пульпы и консистомеров — для измерения консистенции пульпы; б) в намываемом сооружении — пьезометров для наблюдения за положением поверхности фильтрационного потока, образующегося за счет водоотдачи намытого грунта, инфильтрации с по-

верхности намыва и из отстойного пруда, и осадочных реперов (глубинных и поверхностных) для измерения осадок намываемого грунта и основания. Также при соответствующих указаниях применяются дополнительные приборы, например, для измерения порового давления. Установка этой аппаратуры производится согласно специальному проекту.

2.7. Рекомендуется совмещать поперечники для контроля за качеством намыва с поперечниками, предусмотренными проектом для размещения контрольно-измерительной аппаратуры.

2.8. Откосы плотины, а также проектные контуры ядра должны быть закреплены шаблонами, которые устанавливаются через 50—100 *м* и наращиваются по мере намыва сооружения.

3. КОНТРОЛЬ ЗА РАЗРАБОТКОЙ ГРУНТА В КАРЬЕРЕ

3.1. Основной задачей контроля за карьерными работами является установление соответствия гранулометрического состава разрабатываемого грунта требованиям, предусмотренным проектом намывного сооружения и техническим условиям на его возведение.

3.2. До начала разработки карьер должен быть принят приемочной комиссией, которая устанавливает правильность выполнения вскрышных работ (включая корчевку пней и уборку корневищ), проверяет разбивку границ карьера и забоев. В состав комиссии должен быть включен представитель геотехнической службы.

3.3. Геотехническая служба должна иметь в своем распоряжении материалы по геологии карьера и по проекту его разработки (план разработки карьера с нанесенными скважинами и границами забоев, геологические разрезы с подошвой выемки; колонки по скважинам, ведомости показателей состава и физико-механических свойств грунта с осреднением в границах участков выемок и в пределах всего продуктивного слоя и др.).

Контроль за разработкой грунта земснарядами и гидромониторными установками

3.4. Начальник геотехнической службы систематически определяет правильность разработки карьера земснарядами по промерам глубин выработанного пространства, которые выполняются в ходе оперативных и контрольных замеров и по местоположению в плане бортов выемки на основании выполненной в натуре разбивки карьера и геодезической съемки.

Примечание. Начальник земснаряда должен иметь геологический продольный профиль по оси каждого забоя с нанесенной на нем проектной линией дна забоя. На этом профиле ежедневно отмечается положение земснаряда.

3.5. Состав грунтов, разрабатываемых земснарядом, может быть оценен с помощью геологического профиля, построенного по данным разведочного бурения, а также по гранулометрическому составу грунта в пульпе, подаваемой на карту намыва.

3.6. При размыве грунта гидромониторными установками систематически проверяется правильность разработки карьера путем наблюдения за высотой уступа, отметкой и уклоном подошвы забоя, положением отдельных участков и их бортов в плане и соответствие очередности разработки карьера проекту.

3.7. В случае систематической подачи грунта, отличающегося по гранулометрическому составу от принятого в проекте, начальник геотехнической службы имеет право запретить намыв сооружения и через главного инженера строительства потребовать от организации, ведущей намывные работы, изменить местоположение забоя земснаряда и глубину разработки грунта, что должно быть согласовано с проектной организацией.

Контроль за разработкой грунта землеройными машинами

3.8. При разработке карьера землеройными машинами должны систематически проводиться визуальные и лабораторные наблюдения за гранулометрическим составом грунта и его особенностями.

Начальник геотехнической службы имеет право давать непосредственные указания лицам, ответственным в течение смены за разработку карьера, об удалении в отвал грунта, отличающегося по гранулометрическому составу от проектного или содержащего недопустимые по условиям намыва включения (корневища, валуны и т. п.), и об изменении расположения механизмов в карьере.

3.9. Ежедневно, не менее двух раз в смену, должны отбираться пробы грунта, подаваемого к сооружению в железнодорожных вагонах или автомашинах. Взятые за каждую смену пробы грунта смешиваются, и из них отбирается средняя, которая направляется в лабораторию для определения гранулометрического состава.

4. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ТЕХНОЛОГИЕЙ НАМЫВА И ОСВЕТЛЕНИЕМ СБРОСНОЙ ВОДЫ

4.1. Геотехническая служба осуществляет контроль за технологией намыва в части:

а) правильности прокладки распределительных пульповодов и подачи пульпы на карту намыва в соответствии с проектом;

б) распределения пульпы по поверхности карты намыва;

в) устройства обвалования в соответствии с проектом и сопряжения смежных участков карт;

г) соблюдения принятой в проекте интенсивности намыва (скорости наращивания намытого грунта по высоте за сутки) и толщины слоя намываемого грунта;

д) предотвращения образования промоин в намытом грунте или застойных зон, где возможно отложение мелких фракций в пределах боковых зон;

е) состояния откосов сооружения и их формирования согласно проекту без прорывов обвалования;

ж) соблюдения режима работы водосбросных сооружений и осветления сбросной воды, а также недопущения сброса в водоемы сбросной воды с повышенной по сравнению с проектом мутностью;

з) соблюдения принятой в проекте и технических условиях ширины прудка на различных отметках намыва;

и) выполнения требований проекта и СНиП III-Б.1-71 по намыву сооружений при производстве работ.

4.2. При устройстве обвалования проверяется его высота, размеры поперечного сечения и его размещение в плане в соответствии с заданным проектом положением. Перед началом намыва сооружения обязательно должно быть проконтролировано превышение наинизшей отметки гребня обвалования над верхом водоприемных отверстий сбросных сооружений и соответствие этой величины принятой в проекте или установленной расчетами.

При устройстве обвалования бульдозером внутри карты необходимо обращать внимание на недопущение создания углублений на поверхности карты вблизи обвалования, где в результате застойных явлений могут отлагаться мелкие фракции, а также оставления на пляже намыва валиков-гребешков между проходками бульдозеров, которые препятствуют правильному распределению пульпы по поверхности намыва и приводят к снижению плотности намытого грунта.

При устройстве бульдозером обвалования из грунта, намытого за проектным контуром откоса с наружной стороны сооружения, необходимо контролировать возможность перебора по отношению к проектному контуру откоса.

Примечание. Все текущие геодезические работы при намыве сооружений и геотехническом контроле выполняются организацией, ведущей намыв.

4.3. Правильность распределения пульпы по карте намыва фиксируется визуально. При возведении плотин с ядром потоки пульпы от места выпуска из пульповода до уреза прудка должны иметь направление, нормальное к оси плотины. Контроль за положением распределительных пульповодов может производиться по рейкам, устанавливающим прямолинейное расположение труб.

Для выдерживания толщины слоя намыва по проекту в процессе подачи пульпы рекомендуется выставлять через 50—100 *м*

по створу укладки распределительного пульповода Т-образные вешки, планка которых соответствует высоте намываемого слоя.

4.4. Контроль за интенсивностью намыва, толщиной фактически намытых слоев грунта и уклонами откоса намыва боковых зон осуществляется по делениям на рейках. Интенсивность определяется путем деления средней толщины слоя, намытого за определенный период, на продолжительность периода в сутках или часах.

Уклон откоса намыва устанавливается по рейкам, расположенным на одном поперечнике, и определяется по формуле:

$$i = \frac{\nabla_1 - \nabla_2}{l} 100,$$

где i — уклон в процентах; ∇_1 — абсолютная или условная отметка поверхности грунта по первой рейке, *м*; ∇_2 — то же, по второй рейке, *м*; l — расстояние между рейками, *м*.

Оперативный контроль за состоянием откоса и устройством обвалования осуществляется визуально по выставленным шаблонам. Контрольная проверка величины уклонов откоса в процессе намыва сооружения осуществляется по результатам ежемесячных геодезических замеров.

4.5. При намыве сооружений с ядерной зоной ежесменно должны контролироваться размеры прудка и его положение на карте в заданных границах по рейкам, выставленным на каждом поперечнике, или по специальным шаблонам, фиксирующим проектное очертание прудка на данной отметке намыва. Установка таких шаблонов производится периодически по мере намыва, через 2—3 *м* по высоте. О состоянии прудка делается запись в журнале намывных работ, и в случае, если его размеры или положение не соответствуют заданным, немедленно извещается персонал, ведущий намыв, для принятия соответствующих мер.

4.6. Размер отстойного прудка в пределах ядерной зоны неоднородной плотины определяет гранулометрический состав грунта, оседающего в прудке и формирующего ядро плотины. В некоторых случаях, например при подаче грунта, состав которого не соответствует проектному, ширина прудка может быть изменена на месте. Эти изменения определяются требованиями формирования ядра с заданным гранулометрическим составом грунта и условиями сброса мелких фракций, отложение которых в ядре не допускается. Решение об изменении ширины прудка выносится главным инженером строительства по согласованию с организациями, проектирующими плотину и производство работ, по представлению начальника геотехнической службы.

4.7. При намыве неоднородных плотин с ядром периодически должна производиться зарисовка границ прудка с обозначением действующих водосбросных устройств для отвода осветленной воды, поскольку по этим зарисовкам определяется очер-

тание ядерной зоны. Одновременно с зарисовкой должна быть зафиксирована отметка уровня воды в прудке.

Примечание. Соблюдение принятого в проекте местоположения уреза воды прудка на поперечном профиле плотины является одним из основных требований качества намыва сооружения. Аварийные, даже кратковременные (менее 2 *ч*) поднятия уровня прудка приводят к затоплению откоса намыва в пределах промежуточной и боковой зоны и образованию прослоек из пылевато глинистых фракций вследствие осаждения этих фракций из воды отстойного прудка. Сплошные прослойки пылевато-глинистых фракций в теле боковой зоны из несвязного грунта могут при эксплуатации плотины явиться причиной образования верховодки и высачивания фильтрационной воды на низовом откосе.

4.8. Контроль за состоянием проточного (технологического) прудка при намыве однородных плотин и других земляных сооружений также должен производиться с необходимой тщательностью, поскольку выход прудка за пределы заданных границ может привести к отложению не отвечающих требованиям проекта фракций грунта на поверхности боковых зон сооружения, а смещение прудка к обвалованию зачастую приводит к его прорыву и размыву откоса сооружений.

4.9. Промеры глубин в прудке при намыве плотины с ядром выполняются один-два раза в месяц на контрольных поперечниках — на оси плотины и на четвертях ширины прудка. Промеры производятся с плота или лодки при помощи наметки с металлическим диском на конце диаметром 15 *см*.

4.10. Систематически, не реже чем через каждые два-три дня, должно проверяться состояние водосбросных колодцев и их наращивание, а также других водосбросных устройств, о чем делается соответствующая запись в журнале контроля за качеством намывных работ.

4.11. Измерение расхода пульпы и ее консистенции, скорости воды в отстойном прудке, расхода сбросной воды, содержания в ней твердого остатка, его гранулометрического состава и консистенции сбросной воды производится только в случае особых указаний в проекте и технических условиях или по требованию проектной организации и руководства строительства.

4.12. Точные замеры расхода пульпы осуществляются с помощью водомеров Вентури или мерных шайб, установленных на пульповоде, а консистенции — посредством консистомеров. Эти измерения ведутся по специальным инструкциям.

Примечание. Определение консистенции пульпы путем отбора проб из струи пульпы в мерную емкость дает неточные результаты, так как грунт по сечению потока при гидротранспорте распределен неодинаково.

4.13. При упрощенных расчетах расход пульпы разрешается определять по рабочей характеристике грунтового насоса с учетом фактических потерь напора в пульповоде по показаниям манометра.

4.14. Для определения содержания грунта в сбросной воде разрешается применять объемно-весовой способ с отбором проб

воды на сливе в каждом колодце или из сбросной трубы с помощью мерного сосуда (ведра).

Содержание грунта в сбросной воде в граммах на литр вычисляется по формуле $S = \frac{G}{V}$, где G — вес сухого грунта в пробе, *г*; V — объем пробы, *л*.

Объем пробы в сосуде определяется с помощью делений в объемных единицах, нанесенных на стенки сосуда. После отбора пробы и определения ее объема вода в сосуде должна отстояться в течение некоторого времени, а грунт осесть на дно. Осветленная вода осторожно сливается (в необходимых случаях — с фильтрованием), а осевший грунт тщательно вычерпывается, укладывается в противень, высушивается до воздушно-сухого состояния в сушильном шкафу и взвешивается на весах с точностью 0,01 *г*. При необходимости одновременно определяется гранулометрический состав грунта.

Удельный вес сбросной воды определяется по формуле $\gamma_{сб.в} = \frac{G_{см}}{V}$, где $G_{см}$ — вес пробы, *г*; V — объем пробы, *см*^{3}.

4.15. Объемная консистенция пульпы $C_п$ или сбросной воды $C_{сб.в}$ для скелета грунта (без пор) подсчитывается по формуле:

$$C = \frac{\gamma - \gamma_0}{\gamma_г - \gamma_0} 100,$$

где γ — удельный вес пульпы [1] или сбросной воды, *г*/*см*^{3}; $\gamma_г$ — средний удельный вес карьерного грунта, *г*/*см*^{3}; $\gamma_0 = 1{,}0$ *г*/*см*^{3} — удельный вес воды.

Величина C определяет количество кубических сантиметров скелета грунта (без пор) в 100 *см*^{3} пульпы или сбросной воды [2]. Кратность содержания грунта в пульпе или сбросной воде подсчитывается по следующей формуле:

$$\frac{Т}{Ж} = \frac{C}{100 - C}.$$

Кратность содержания выражает отношение единицы объема грунта (без пор) к соответствующему объему воды (например, 1 : 5; 1 : 12).

Величина сброса в процентах от объема грунта, подаваемого в данный момент на карту намыва, составляет

$$P = \frac{C_{сб.в}}{C_п}(100 - C_п),$$

где $C_{сб.в}$ — консистенция сбросной воды, %; $C_п$ — консистенция пульпы, %.

---

[1] Устанавливается по показаниям консистометра.

[2] Для облегчения подсчетов величины C можно пользоваться номограммой, приведенной в приложении VIII.

Коэффициент сброса K_c выражает отношение в долях единицы объема сбрасываемого грунта к объему подаваемого на карту намыва грунта:

$$K_c = \frac{Q_{сб.в}}{Q_п} \frac{C_{сб.в}}{C_п},$$

где $Q_{сб.в}$ — общий расход воды, *м³/ч* или *м³/сек*; $Q_п$ — общий расход подаваемой на сооружение пульпы, *м³/ч* или *м³/сек*.

При ориентировочных подсчетах отношение $\frac{Q_{сб.в}}{Q_п}$ может быть принято равным 0,7—0,8.

4.16. Измерение расхода сбросной воды, сливающейся в колодец, производится по напору над порогом (над гребнем шандор). Расход (*м³/сек*) вычисляется по формуле:

$$Q = mb\sqrt{2g}H^{3/2},$$

где $m = 0{,}46$ — коэффициент расхода; b — расстояние между стойками колодца в свету, *м*; H — напор над порогом, определяемый как разность отметок уровня воды в прудке и гребня шандор, *м*; g — ускорение силы тяжести (9,81 *м/сек²*).

При откачке осветленной воды насосами измерение расхода производится при помощи водомера или мерной шайбы в трубопроводе.

4.17. При необходимости скорость течения воды в прудке измеряется с помощью поплавков. Для этого выбираются два поперечника, расстояние между которыми задается равным 10—15 *м*. Поплавки забрасываются несколько выше верхового поперечника (по течению воды в прудке), на середине и в четвертях ширины прудка; время их прохождения между створами фиксируется секундомером. Скорость течения (*м/сек*) вычисляется по формуле: $v = \frac{l}{t}$, где l — расстояние между поперечниками, *м*; t — время прохождения поплавков, *сек*.

4.18. При использовании для намыва неоднородной ядерной плотины воды, содержащей большое количество наносов, необходимо организовать наблюдение за мутностью водоема, особенно в периоды паводков. В случае, если мутность сбросной воды окажется меньше мутности водоема, что указывает на осаждение части речных наносов в прудке, рекомендуется увеличивать скорость в прудке за счет уменьшения его ширины. Решение об изменении ширины прудка выносится по представлению геотехнической службы главным инженером строительства при согласовании с представителями организаций, проектирующих плотину и производство работ.

4.19. При намыве в зимних условиях подлежит контролю толщина промороженного слоя, замываемого свежим грунтом, путем промеров в лунках у пунктов отбора проб. Не менее двух раз в смену замеряется температура пульпы, постоянно контролируются своевременное удаление льда с поверхности карты намыва (в случае его образования), состояние обвалования и сбросных устройств, размеры и положение прудка, а также ве-

дется наблюдение за выполнением всех требований проекта производства работ при отрицательной температуре воздуха. В этом же проекте должны содержаться дополнительные требования по проведению контроля в зимних условиях в соответствии с конструкцией сооружения и принятой технологией его возведения. Категорически запрещается замыв грунтом кристаллического льда и снега.

По специальному заданию проектной организации или технического руководства строительством геотехническая служба после окончания зимнего периода работ и оттаивания поверхностного слоя грунта выполняет проходку шурфов с целью определения состояния грунта в сооружении.

5. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА НАМЫТОГО ГРУНТА

5.1. Контроль качества намытого грунта производится путем определения:

гранулометрического состава по фракциям;

удельного веса;

влажности;

объемного веса в естественном сложении;

объемного веса скелета;

объемного веса скелета в предельно рыхлом сложении (для несвязных грунтов);

объемного веса скелета в предельно плотном сложении (для несвязных грунтов);

влажности на пределе текучести (для связных грунтов);

влажности на пределе раскатывания (для связных грунтов);

коэффициента фильтрации;

угла внутреннего трения;

удельной силы сцепления;

компрессионных свойств.

Кроме того, в случае особых требований определяются:

водные свойства: содержание водорастворимых соединений, размокание, набухание, усадка;

содержание органических примесей;

петрография, минералогический состав и форма зерен;

химический состав;

коэффициент бокового давления;

временное сопротивление сжатию (для гравийно-галечного грунта).

На основании полученных показателей вычисляются по формулам механики грунтов следующие величины: пористость, коэффициент пористости, объемный вес во взвешенном водой состоянии, коэффициент относительной плотности, число пластичности, показатель консистенции, коэффициент сжимаемости (для заданных пределов изменения вертикальной нагрузки) и др.

Примечание. Показатели, подлежащие определению для конкретного объекта, задаются требованиями проекта и технических условий в соответствии с классом и назначением сооружения.

5.2. Перед началом намыва сооружения (или его участка) должна быть проведена приемка основания, при которой устанавливается, насколько основание отвечает требованиям проекта и техническим условиям:

а) по выполнению вскрышных работ и соответствию проектным отметкам, что определяется геодезической съемкой;

б) по показателям состава и физико-механических свойств грунта, что определяется анализами проб грунта, отобранных с основания (включая грунт, уложенный в месте перебора и заменяющий некачественный грунт). Отбор проб производится по контрольным поперечникам и створам, принятым для контроля намытого грунта, а также в характерных местах между поперечниками при наличии, например, слабых грунтов.

Примечания: 1. Показатели состава и физико-механических свойств грунтов основания, которые должны быть определены, устанавливаются проектом в зависимости от класса и назначения сооружения и характеристики грунта.

2. К акту на приемку основания должен быть приложен акт на скрытые работы, если таковые были выполнены.

5.3. Отбираемые пробы намытого грунта делятся на две группы: первая служит для оперативного контроля за намывными работами и для общего определения геотехнической службой свойств грунта, намытого в сооружение, вторая — для определения свойств грунта по расширенной программе исследований. Эти пробы отбираются по специальному заданию, а определения проводятся в центральной геотехнической лаборатории строительства или в лабораториях сторонних организаций, привлекаемых к исследованию грунта намываемого сооружения.

5.4. При оперативном контроле качества грунта, выполняемом геотехнической службой при намыве плотин, должны определяться:

а) для несвязных грунтов: гранулометрический состав; объемный вес в естественном сложении; влажность; объемный вес скелета; коэффициент фильтрации на образцах с ненарушенной структурой; объемный вес скелета в предельно рыхлом и предельно плотном состояниях;

б) для связных грунтов: гранулометрический состав; объемный вес в естественном сложении; влажность; объемный вес скелета; влажность на пределе текучести; влажность на пределе раскатывания; коэффициент фильтрации на образцах с ненарушенной структурой.

Примечание. Для проб оперативного контроля надлежит эпизодически определять величину удельного веса грунта в связи с необходимостью использования этого показателя при анализе гранулометрического состава ареометрическим способом.

Состав показателей свойств грунта, определяемых при оперативном контроле в процессе намыва неответственных намывных

сооружений, устанавливается проектом и техническими условиями.

5.5. Для дополнительной характеристики грунта намывных плотин I, II и III класса капитальности подлежат определению: удельный вес; угол внутреннего трения; удельная сила сцепления; компрессионные свойства; коэффициент фильтрации связного грунта (при определениях на приборах с изменяемым градиентом). Выполнение этих анализов не входит в обязанности геотехнической службы по оперативному контролю, они осуществляются в лабораториях, указанных в п. 5.3.

5.6. Пробы оперативного контроля на гранулометрический состав, влажность и объемный вес отбираются с каждого слоя намыва, но не реже чем через 1—1,5 *м* по высоте, на всех створах поперечников, в пределах которых в течение истекших суток проводился намыв, с учетом, чтобы одна проба приходилась в среднем на объем намытого грунта от 2000 до 5000 $м^3$. В особых случаях количество проб может быть увеличено в соответствии с требованиями проекта и технических условий, но во всяком случае, не рекомендуется отбирать более одной пробы на 1000 $м^3$ намытого грунта.

5.7. Пробы для определения остальных показателей состава и свойств намытого грунта (пп. 5.4 и 5.5) при оперативном контроле и для анализов по расширенной программе отбираются в количестве и в местах сооружения согласно указаниям проекта, технических условий и местной инструкции по проведению контроля, при этом одна проба должна приходиться не более чем на 50 тыс. $м^3$ намытого грунта при объеме сооружения до 2 млн. $м^3$. При большем объеме и однородных грунтах, используемых для намыва, относительное количество проб может быть уменьшено.

5.8. Пробы грунта, намытого выше уровня воды, отбираются около реек, фиксирующих створы на контрольных поперечниках, в пределах окружности радиусом до 2 *м*. Перед отбором проб выполняется зачистка поверхности на глубину 5—15 *см* или счищается нарушенный слой грунта. В месте отбора пробы фиксируется отметка намыва.

5.9. При оперативном контроле качества грунта, намытого выше уровня воды, отбор проб для определения объемного веса в естественном состоянии, объемного веса скелета и коэффициента фильтрации производится в грунте с ненарушенной структурой. Для анализов на гранулометрический состав и определения показателей других физико-механических свойств используется грунт с нарушенной структурой, обычно из той же пробы, но после определения объемного веса. Когда влажность намытого грунта велика и определение объемного веса не выполняется, грунт для анализа на гранулометрический состав отбирается отдельно. Грунт с нарушенной структурой отбирается лопаткой или совком и укладывается в пронумерованные мешочки.

5.10. В пределах подводной части намыва, например, из ядерной зоны, пробы отбираются с поверхностного слоя дна на соответствующем пересечении поперечника и створа. Для отбора проб используются грунтоносы различной конструкции: в виде черпака с длинной рукоятью или грейферный грунтонос, позволяющие отбирать грунт с нарушенной структурой, а также шторный и вакуумный грунтоносы, предназначенные для извлечения грунта с ненарушенной структурой. Конструкция вакуумного грунтоноса дается в приложении I.

5.11. Для определения объемного веса грунта с ненарушенной структурой и объемного веса скелета песчаного, пылеватого и глинистого грунтов производится отбор проб методом режущего цилиндра, а гравийного или галечникового грунта — способом «лунки» (см. приложение I).

Одновременно с определением объемного веса грунта отбираются в бюксы пробы весом 20—25 *г* для установления влажности. В гравийном или галечниковом грунте пробы на влажность отбираются из песчаного и другого мелкого материала, заполняющего поры между крупными зернами (более 3—5 *мм*).

Примечания: 1. Во избежание искажения действительной величины объемного веса скелета грунта не рекомендуется производить отбор проб режущим цилиндром при влажности несвязного грунта более 18—20%.

2. Разрешается определять объемный вес скелета несвязного грунта путем высушивания до воздушно-сухого состояния и взвешивания всей пробы, отобранной режущим цилиндром или извлеченной из лунки, т. е. без попутного определения его влажности.

3. Для определения объемного веса и влажности грунта при оперативном контроле можно пользоваться способами экспрессного контроля с применением радиоактивных датчиков (гамма-гамма каротаж и др.), которые позволяют не прибегать к сравнительно громоздкой объемно-весовой методике, не дающей непосредственного результата во время отбора проб. Однако в связи с тем, что новые экспресс-методы не прошли еще достаточной производственной проверки, при пользовании ими необходимо отбирать периодически контрольные пробы режущим цилиндром или способом лунки. Периодичность этих контрольных определений устанавливается местной инструкцией по контролю.

5.12. Коэффициент фильтрации намытого песчаного и пылеватого грунта в ненарушенном сложении определяется модернизированной трубкой Каменского (см. приложение I). Этот прибор наиболее удобен для проведения анализов в полевых условиях. Разрешается применение усовершенствованных вариантов трубки СПЕЦГЕО — прибора КФЗ и фильтрационных трубок КФ-00М, КФ-01 и КФ-00.

Коэффициент фильтрации в гравийном и галечниковом грунте при оперативном контроле определяется наливом по методу Болдырева. Для исследования в лабораторных условиях коэффициента фильтрации связных грунтов и грунтов нарушенной структуры с заданным объемным весом при восходящем и нисходящем потоке воды (с переменным градиентом напора) служит прибор

ПВ конструкции Знаменского — Хаустова (по номенклатуре завода-изготовителя — фильтрационный прибор Ф-1М).

5.13. Характерной особенностью намытых грунтов является слоистая текстура (рис. 3), определяющая анизотропную (различную по направлениям) водопроницаемость таких грунтов, т. е. различие коэффициентов фильтрации в продольном и перпендикулярном направлениях относительно напластования. По-

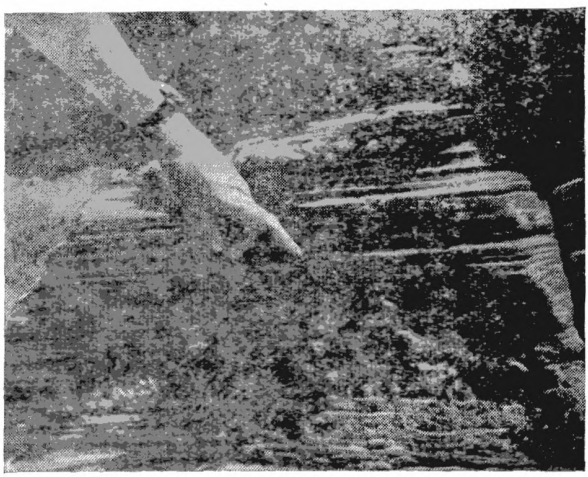


Рис. 3. Слоистая текстура намытого грунта.

этому для характеристики фильтрационной способности намытого грунта рекомендуется определить коэффициент фильтрации в ненарушенном состоянии грунта в обоих указанных направлениях относительно напластования, обычно при вертикальном и горизонтальном отборе проб фильтрационной трубкой. При этом осредненный коэффициент фильтрации вычисляется по формуле:

$$k_{\text{ф}} = \sqrt{k_s k_n},$$

где k_s — коэффициент фильтрации в продольном направлении, т. е. вдоль слоев намыва; k_n — коэффициент фильтрации в направлении, перпендикулярном слоям намыва.

Примечание. Определение коэффициентов фильтрации с учетом анизотропии грунта рекомендуется выполнять в случае, когда коэффициент $A = \frac{k_s}{k_n} > 1{,}5 \div 2{,}0$. При $A < 1{,}5 \div 2{,}0$ ограничиваются определением коэффициента фильтрации намытого грунта в вертикальном направлении.

5.14. При намыве неоднородных плотин с суглинистым ядром рекомендуется производить зондировку отложений грунта ядерной зоны с помощью сдвигомера-крыльчатки на штангах типа

СК-8 конструкции Л. С. Амаряна (см. приложение II) с целью определения границы перехода отложений из текучего состояния в пластичное. Эта граница устанавливается в процессе зондирования с плота по появлению сопротивления сдвигу при повороте прибора, опускаемого в отложения ядерной зоны. Упрощенно определение местоположения границы перехода отложения грунта ядерной зоны из текучего состояния в пластичное выполняется с помощью стального шара диаметром 150 *мм* (вес около 15 *кг*), опускаемого с плота на гибком тросике. Глубина устойчивого «зависания» такого шара в отложениях приблизительно равна толщине слоя грунта, находящегося в текучем состоянии.

5.15. При намыве неоднородных плотин в грунт ядерной зоны в случаях, предусмотренных требованиями проекта и технических условий, должна закладываться специальная аппаратура для измерения вертикального, горизонтального и порового давления. Эти измерения проводятся по особой программе с привлечением научно-исследовательских организаций.

5.16. Для определения угла внутреннего трения и удельной силы сцепления намытого грунта в лабораториях, не входящих в комплекс геотехнической службы, по заданию последних при оперативном контроле отбираются образцы грунта с нарушенной и ненарушенной структурой. Отбор проб с ненарушенной структурой целесообразно производить непосредственно в разрезные кольца сдвиговых приборов[1]. При отборе проб следует руководствоваться ГОСТ 12071—72 «Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов».

5.17. Вес проб при анализах на гранулометрический состав и их объем при определении объемного веса грунта зависит от величины и содержания крупных частиц.

При определении гранулометрического состава ситовым способом и грохочением вес проб[2] назначается следующий:

Песчаный грунт с частицами менее 2 *мм*	0,1 *кг*
Грунт, содержащий частицы 2—10 *мм*	0,5 *кг*
Гравийный грунт с частицами до 20 *мм*	1—3 *кг*
То же до 40 *мм*	4—6 *кг*
Галечниковый грунт с частицами до 100 *мм*	8—15 *кг*
То же до 200 *мм*	20—40 *кг*
То же, но с отдельными включениями более 200 *мм*	50—100 *кг*

При определении объемного веса грунта способом лунки объем проб[2] принимается по табл. 2.

---

[1] При отсутствии колец следует отбирать пробы в стаканы или брать монолит.

[2] По опытным данным треста «Гидромеханизация».

Таблица 2

Максимальный размер включений, *мм*	Размеры лунки (шурфа), *мм*		Ориентировочный объем, *л*
	в плане	глубина	
10	120×120	100—150	2
20	150×150	150—200	4
40	200×200	200—250	8
60	300×300	250—300	20
100	500×500	400—500	120
200 и более	800×800—1000×1000	800—1000	до 1000

Примечание. В случаях, когда требуется выполнять большое количество определений объемного веса скелета грунта с крупными включениями методом лунки, разрешается уменьшать объем шурфов: вместо шурфов сечением 1000×1000 и 800×800 *мм* назначать шурф сечением 500×500 *мм* и вместо 500×500 *мм* — 300×300 *мм*, но с обязательным введением поправочного коэффициента, который устанавливается при опытных сопоставительных анализах грунтов из шурфов обоих размеров. Если такие анализы не проведены, ориентировочно этот коэффициент можно принять равным 0,95.

5.18. В процессе проведения оперативного контроля каждая проба регистрируется с получением порядкового номера и в необходимых случаях индекса, обозначающего сооружение. Одна и та же нумерация разных проб, вне зависимости от журналов, в которые они заносятся, запрещается во избежание ошибок.

5.19. Одновременно с отбором проб при оперативном контроле в случае особых требований проекта производится зарисовка в журнале характерных особенностей намытого грунта на карте намыва (на участке, где происходил намыв) с указанием отметок поверхности. Например, фиксируется граница гравийных отложений при намыве гравийных грунтов, отдельные пылевато-глинистые прослойки и их толщина в пределах боковой зоны и т. п. При намыве неоднородных плотин с ядром должно отмечаться фактическое местоположение уреза отстойного прудка и ядра, а также проектная граница прудка и ядра.

Примечание. Если толщина пылевато-глинистых прослойков окажется более 5—10 *мм* и они распространяются на откосе намыва в пределах боковой зоны, занимая площадь большую, чем это допускается техническими условиями, геотехническая служба должна потребовать от организации, производящей работы, прекращения намыва и уборку этих прослойков перед возобновлением работ или сдвижки их в центральную зону.

5.20. При наличии в карьере линз глинистого грунта одновременно с грунтом, соответствующим проекту, на карту намыва поступают отдельные окатанные комки глины, которые могут образовать сплошное скопление «окатышей». Эти включения должны быть зафиксированы при текущем контроле. Окатыши разрешается оставлять в намытом теле при условии, если занимаемая ими площадь не превышает разрешаемую по техническим условиям.

5.21. Методы определения физико-механических свойств намытого грунта при оперативном контроле приведены в приложении I.

6. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ НАМЫВАЕМОЙ ПЛОТИНЫ

6.1. При возведении плотин и других намывных сооружений должно быть обеспечено систематическое наблюдение за состоянием откосов в связи с возможностью появления на них фильтрационной воды. В теле намываемого сооружения возникает фильтрационный поток, образующийся за счет водоотдачи на-

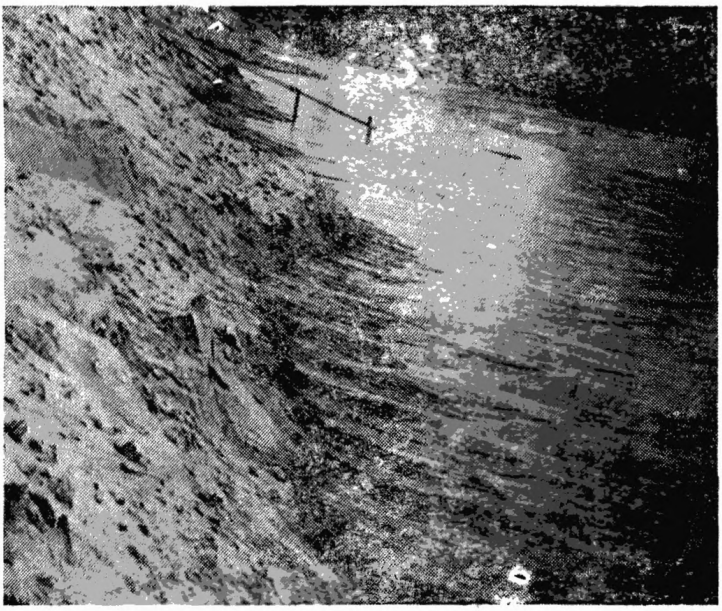


Рис. 4. Оплывы грунта на откосе намывного сооружения, возникшие в результате выхода фильтрационного потока.

мытого грунта, инфильтрации из отстойного прудка и с откоса намыва, периодически покрываемого потоками пульпы. В случае высокой интенсивности намыва и при недостаточной фильтрационной способности грунта боковых зон может произойти высачивание фильтрационного потока и откосы сооружения, что может вызвать оползни и оплывы грунта.

6.2. Работники геотехнической службы должны ежедневно осматривать откосы намываемого сооружения и отмечать все выходы фильтрационной воды. Рассредоточенные и периодически появляющиеся выходы фильтрационной воды на откосы плотины обычно не причиняют вреда сооружению, однако интенсивные выходы в виде ключей могут вызвать оползни или оплывы, особенно в мелкозернистых грунтах (рис. 4). Наблюде-

ния за выходом фильтрационных вод должны быть увязаны с контролем за состоянием прудка-отстойника. В рабочий журнал-дневник заносятся отметки верхней границы выходов фильтрационных вод, они должны регистрироваться одновременно с отметками уровня прудка и его размерами. При намыве высоких плотин с ядром или при специальном требовании местной инструкции по контролю ведется отдельный журнал по контролю за состоянием откосов и наблюдению за выходом фильтрационной воды.

В угрожающих случаях начальник геотехнической службы должен потребовать от организации, производящей намыв, снижения интенсивности намыва и в крайнем случае — временного прекращения работ на участке, где происходит высачивание фильтрационной воды, а при особо опасных явлениях перед главным инженером строительства должен быть поставлен вопрос о применении искусственного водопонижения в пределах боковых призм намываемой плотины или об устройстве строительного дренажа.

6.3. Геотехническая служба должна следить за состоянием постоянных дренажных устройств, предусмотренных проектом сооружения и построенных до намыва или строящихся одновременно с намывными работами. Не допускается засорение или замыв этих устройств при производстве намыва; о всех нарушениях дренажных устройств должно быть немедленно доведено до сведения представителя организации, производящей намыв сооружения, и главного инженера строительства для принятия последним необходимых мер по восстановлению этих устройств.

6.4. При появлении признаков, свидетельствующих о ненормальных осадках основания или тела сооружения: трещин, оползней на откосах, местных просадок грунта, резких возрастаниях осадки контрольных реперов и т. п. — геотехническая служба должна немедленно поставить об этом в известность руководителей организации, ведущей намыв, и главного инженера строительства, потребовать провести внеочередные геодезические замеры и привлечь геологическую службу к обследованию сооружения с целью принятия мер по ликвидации обнаруженных деформаций.

6.5. Геотехническая служба должна отмечать все промоины на наружных откосах плотины, которые возникают при нарушении правил производства работ, когда вследствие размыва обвалования поток пульпы прорывается на наружный откос плотины. Указывается состав и объем грунта, которым заделаны промоины, и отбираются пробы на плотность этого грунта.

6.6. Если проектом плотины предусмотрена установка контрольно-измерительной аппаратуры (реперы, пьезометры и пр.), то геотехническая служба обязана следить за установкой и состоянием этой аппаратуры. В некоторых случаях геотехниче-

ской службе может поручаться контроль за уровнем фильтрационной воды по пьезометрам.

6.7. В обязанности геотехнической службы входит периодическое определение величины уклонов поверхности намытого грунта выше и ниже уровня воды в прудке-отстойнике; периодичность устанавливается местной инструкцией по контролю. Замер уклонов надводной поверхности выполняется согласно указаниям п. 4.4, а под водой — замером глубины воды в прудке по створу реек. Отметка поверхности грунта получается как разность между отметкой уровня воды прудка и глубиной воды.

6.8. Геотехническая служба должна обеспечивать контроль за толщиной намытого за сутки грунта (интенсивность намыва). При намыве сооружений из пылеватых и глинистых грунтов или сооружений, возводимых на водоупорном основании, превышение проектной суточной интенсивности намыва должно согласоваться с проектной организацией. В особых случаях, когда это предусмотрено проектом и техническими условиями, контролируется влажность намытых слоев грунта в зависимости от продолжительности перерывов в намыве.

6.9. При необходимости дополнительного более углубленного обследования намываемого сооружения в целом или его отдельных частей после окончания строительства в соответствии со специальными техническими решениями или указаниями в проекте и технических условиях проходятся шурфы[1] или скважины, а также отбираются дополнительные пробы. В задачу оперативного (текущего) контроля эти работы не входят, но в отдельных случаях геотехническая служба может привлекаться к их выполнению.

6.10. Наблюдения за намывным сооружением ведутся геотехнической службой до окончания его возведения. Если сразу после этого сооружение не сдается в эксплуатацию, наблюдение до приемки сооружения в эксплуатацию принимает на себя геотехнический отдел строительства или центральная геотехническая лаборатория. Дальнейшие наблюдения осуществляются эксплуатационным персоналом гидроузла.

6.11. Геотехническая служба должна иметь в составе технической документации проект производства работ по намыву сооружения, технические условия и инструкцию по контролю.

7. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ

7.1. Результаты определений показателей состава и свойств грунта, полученные при оперативном контроле, должны быть осреднены по определенной, установленной для каждого сооружения системе с тем, чтобы они могли достаточно достоверно характеризовать качество грунта сооружения как в целом, так

[1] Инструкция по проходке шурфов приведена в приложении VI.

и отдельных его частей. Такое осреднение необходимо, поскольку каждый показатель относится только к небольшому объему грунта, в центре которого находилась проба, и в связи с тем, что закономерность распределения по поверхности намыва частиц грунта различной крупности при гидравлической укладке определяется вероятностными процессами.

7.2. Осреднение результатов вначале выполняется по каждому поперечнику. В зависимости от конструкции сооружения осреднение ведется либо в целом по поперечнику, либо по отдельным зонам или элементам. При неоднородных плотинах с супесчано-суглинистым ядром выделяются 5 зон: две боковые призмы, две промежуточные зоны и ядро. В зависимости от высоты плотины профиль и соответственно зоны делятся по вертикали на ярусы (в количестве 2—3 и более).

При неоднородных плотинах с мелкопесчаной центральной частью сечение сооружения делится на три зоны: боковые призмы и центральная зона. Для однородных плотин и дамб осреднение можно проводить в целом по всему сечению.

При строительстве плотин с комбинированным профилем, состоящим из нескольких зон с подачей в них грунта из разных карьеров, осреднение проводится отдельно по каждой такой зоне.

При намыве плотин очередями осреднение по поперечнику может выполняться для каждой очереди. Это осуществляется, когда имеются различия не только в составе исходных грунтов, но и технологии намыва.

Осреднение может выполняться не только по поперечникам, но и в продольных плоскостях по отношению к оси сооружения, например, по оси и в плоскостях створов ±10; ±25; ±60; ±100; ±150 *м* от оси сооружения.

7.3. После получения осредненных данных по поперечникам выполняется осреднение по участку или по всей длине плотины, а также по отдельным зонам или в целом по всему сооружению. Система осреднения в каждом случае должна быть установлена местной инструкцией по контролю.

Примечания: 1. При подсчете значений средних показателей состава и свойств грунта по группе поперечников находят сумму искомых показателей по всем пробам на всех поперечниках и делят их на общее количество проб[1]. Например, при определении среднего процентного содержания фракций 5—2 *мм* в намытом грунте надо сложить процентное содержание этой фракции по всем пробам на всех поперечниках и разделить результат на общее количество проб, в том числе и тех, которые не содержат частиц указанной фракции.

2. При осреднении показателей гранулометрического состава необходимо иметь в виду, что для одних проб имеются результаты до остатка, прошедшего через последнее наиболее мелкое сито (например, менее 0,1 *мм*), а для других — полные данные на основе, например, ареометрического анализа. Поэтому средние значения для фракций, содержащих мелкие частицы грунта

[1] Нельзя суммировать средние значения по поперечникам и делить их на число поперечников.

(в данном примере начиная от 0,1 *мм*) для каждой из этих двух групп проб подсчитываются отдельно, и их нельзя объединить (можно только распространить на весь грунт средние данные, полученные по результатам проб, взятых на ареометрический анализ, или же осреднить все пробы до значения в данном примере 0,1 *мм* и менее 0,1 *мм*.).

7.4. В ряде случаев требуется определение средневзвешенных показателей, например, при выявлении показателей состава грунта в какой-либо зоне плотины с учетом содержания его в каждом из ярусов. При этом определяют средние показатели по каж-

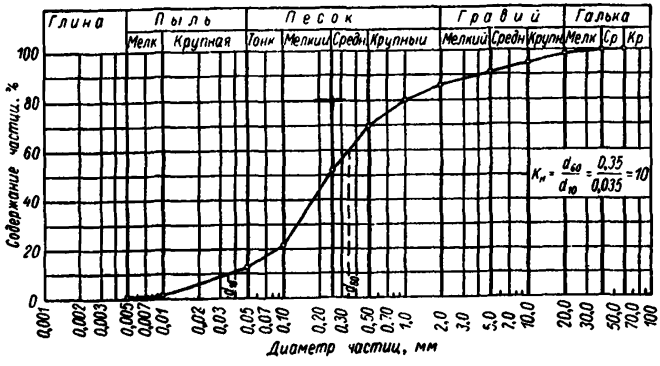


Рис. 5. Пример кривой однородности гранулометрического состава грунта.

дому характерному участку (например, по каждому литологическому типу грунта в карьере или по отсеку плотины), которые умножают на соответствующий объем грунта по участку. Результаты, полученные по каждому участку, суммируют и делят на суммарный объем грунта.

7.5. Результаты гранулометрического анализа как по отдельным пробам, так и по осредненной пробе изображают на графике в полулогарифмическом масштабе[1] в виде так называемой кривой однородности. При этом по оси абсцисс графика откладывают диаметры частиц фракции в миллиметрах, а по оси ординат суммарное (*по совокупности*) содержание фракций в составе грунта в процентах (рис. 5). С помощью кривой однородности определяют характерные показатели гранулометрического состава грунта, например: d_{10}, d_{50}, d_{60}, d_{90}, т. е. диаметры частиц в *мм*, меньше которых в составе грунта содержится 10; 50; 60; 90% по весу. Для получения этих показателей находят точки пересечения кривой однородности с линиями 10; 50; 60; 90%, проводят

[1] Правила построения графика гранулометрического состава грунта в полулогарифмическом масштабе помещены в приложении I.

от них линии, параллельные оси ординат, и на оси абсцисс определяют диаметры d частиц. Таблица к графику гранулометрического состава приведена ниже.

Таблица 3

d, *мм*	80–60	60–40	40–20	20–10	10–5	5–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	<0,005
%	—	0,5	1,5	3,0	4,0	5,0	6,0	10,0	18,0	30,5	9,0	11,0	0,5	1,0
	—	100	99,5	98,0	95,0	91,0	86,0	80,0	70,0	52,0	21,5	12,5	1,5	1,0

7.6. Изменение гранулометрического состава намытого грунта по длине поверхности намыва отображается на графике фракционирования. Он строится на основе данных гранулометрического анализа проб грунта, отобранных на различных расстояниях от места выпуска пульпы, и подсчета содержания фракций по совокупности. По оси абсцисс графика фракционирования наносят расстояния, например, от оси плотины, а по оси ординат — суммарное (по совокупности) содержание фракций в процентах. Точки соединяются линиями; отрезки (по вертикали) между линиями определяют процентное содержание фракций на соответствующем створе сооружения (рис. 6).

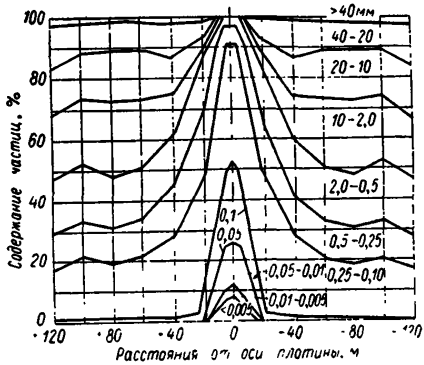


Рис. 6. График фракционирования намытого грунта.

7.7. Осреднение величин влажности, объемного веса скелета, коэффициента фильтрации производится так же, как для гранулометрического состава, т. е. отдельно по зонам, по поперечникам и в целом для всей плотины или ее участка, а при необходимости по створам. При этом необходимо учитывать следующие особенности. При осреднении общее количество величин должно соответствовать сумме проб, по которым эта величина определялась, а не общему количеству проб. Пробы с недостоверными, т. е. ошибочными данными, следует исключать из подсчета. При определении объемного веса скелета грунта исключаются пробы влажностью выше 18—20%.

7.8. При подсчете некоторых показателей физико-механических свойств, например объемного веса скелета, определяется обеспеченность. Под обеспеченностью понимают количество проб, выраженное в процентах от их общего числа, превышающее или равное величине назначенного контрольного показателя. Например, если задан контрольный объемный вес скелета 1,50 *г/см*^{3}, то в случае, когда объемный вес скелета грунта 82% проб будет превышать или равняться 1,50 *г/см*^{3}, фактическая обеспеченность контрольного показателя составит 82%. В технических условиях обычно задается требуемый процент обеспеченности контрольного показателя плотности. Обеспеченность более полно, чем среднее значение, характеризует качество грунта сооружения.

7.9. Наглядное представление о неодинаковости показателей свойств грунта сооружения при их обобщении дает график обеспеченности (рис. 7). При обработке материалов геотехнического контроля необходимо строить график обеспеченности объемного веса скелета намытого в сооружение грунта.

При особых требованиях местной инструкции по контролю строятся графики обеспеченности для некоторых других показателей, в частности коэффициента фильтрации.

Пример. Построить график обеспеченности объемного веса скелета грунта (рис. 7) по 154 пробам при минимальном значении плотности $\gamma_{ск}$=1,40 *г/см*^{3} и максимальном $\gamma_{ск}$= =1,63 *г/см*^{3}.

Таблица 4

Объемный вес скелета грунта, *г/см*^{3}	Число проб	Обеспеченность по числу проб	Процент обеспеченности
1,40	1	154	100,0
1,41	1	153	99,4
1,42	1	152	98,8
1,43	3	151	98,2
1,44	2	148	96,2
1,45	9	146	94,9
1,46	12	137	89,1
1,47	10	125	81,3
1,48	15	115	74,6
1,49	19	100	65,0
1,50	21	81	52,7
1,51	17	60	39,0
1,52	11	43	28,0
1,53	7	32	20,8
1,54	7	25	16,3
1,55	3	18	11,7
1,56	5	15	9,1
1,57	2	10	6,5
1,58	1	8	5,2
1,59	1	7	4,5
1,60	1	6	3,9
1,61	2	5	3,3
1,62	2	3	2,0
1,63	1	1	0,6

Составляется вспомогательная таблица (табл. 4) с числом строк, равным интервалу от самого малого до самого большого значения показателя. В первую графу вписываются последовательно значения плотности от 1,40 до 1,63 *г/см*³; во второй графе указывается число этих проб; в третьей графе суммируется снизу количество проб и в последней графе проставляется вычисленный процент обеспеченности.

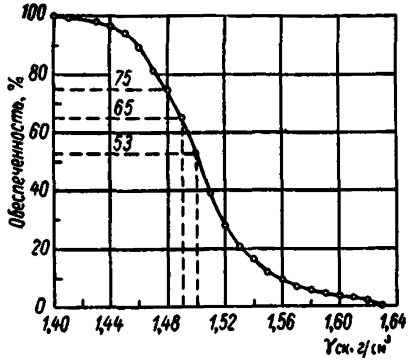


Рис. 7. График обеспеченности объемного веса скелета грунта.

На ординатах графика (по значениям плотности на шкале по оси абсцисс) отмечаются точками найденные величины процента обеспеченности, и точки соединяются плавной кривой.

По графику можно установить, какая обеспеченность соответствует каждому показателю плотности, в том числе и контрольному, а также можно решить обратную задачу (какая плотность отвечает той или иной обеспеченности. В данном примере контрольной величине объемного веса скелета 1,50 *г/см*³ отвечает обеспеченность 53%, а обеспеченности 65 и 75% отвечают объемные веса скелета грунта 1,49 и 1,48 *г/см*³.

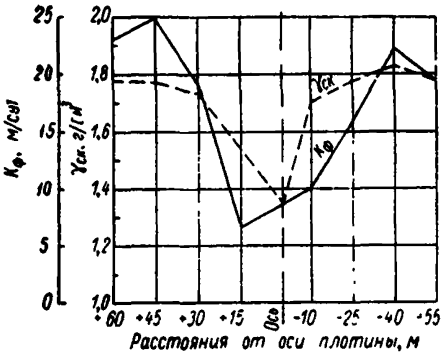


Рис. 8. График изменения объемного веса скелета намытого грунта и коэффициента фильтрации в пределах яруса сооружения (для неоднородной плотины).

Примечание. Подсчитывать обеспеченность и строить график обеспеченности можно в случае, если имеется достаточное количество показателей (не менее 30—40).

7.10. Наглядное представление о характере изменения плотности, влажности, коэффициента фильтрации в теле сооружения дают графики изменения показателей в пределах яруса сооружения. На рис. 8 приведен пример такого графика для объемного веса скелета грунта и коэффициента фильтрации неоднородной плотины с ядром, а на рис. 9 — для однородной.

7.11. В задачу геотехнической службы входит составление геотехнических поперечников. Они представляют собой поперечные разрезы сооружения по контрольным поперечникам; на разрезы наносятся линии створов и обозначаются кружками пункты отбора проб. Над каждым пунктом проставляется номер и выписываются в виде дроби: в числителе — данные результатов

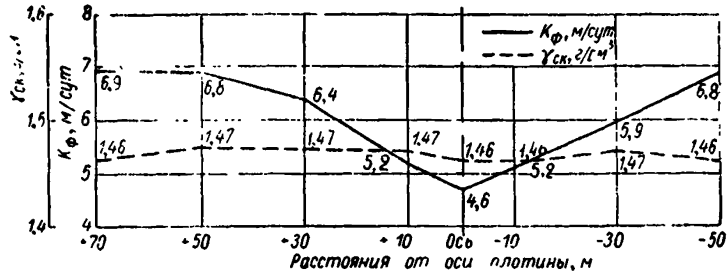


Рис. 9. График изменения объемного веса скелета намытого грунта и коэффициента фильтрации в пределах яруса сооружения (для однородной плотины).

анализа гранулометрического состава по суммированному значению фракций (например, пылеватых, песчаных и гравийных), в знаменателе — показатели объемного веса скелета грунта и коэффициента фильтрации, и в необходимых случаях пластичность или влажность.

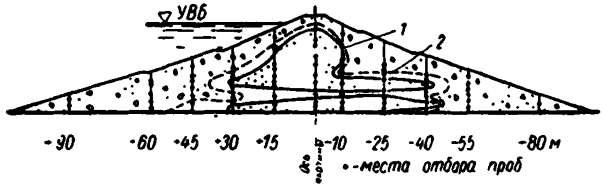


Рис. 10. Изолинии гранулометрического состава намытого грунта в поперечном сечении плотины

1—содержание частиц менее 2,0 *мм*—100%; *2*—содержание частиц более 2,0 *мм*—30%.

При неоднородных сооружениях с ядром по результатам зарисовок прудка на поперечнике наносятся границы прудка, а по результатам анализа грунта — границы ядра.

На поперечниках наносят изолинии содержания характерных фракций (например, пылеватых, песчаных и гравийных) и границы зон (рис. 10), а также следует выделять, например штриховкой, области с показателями плотности ниже контрольных и другие особенности намытого грунта.

8. ВЕДЕНИЕ ТЕКУЩЕЙ И ОТЧЕТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

8.1. Все материалы геотехнического контроля заносятся в следующие журналы и ведомости, которые ведутся с начала производства работ по намыву плотины до их окончания:

1) Журнал намывных работ (дневник), в котором в виде последовательных ежесменных (ежедневных) записей фиксируются обстоятельства намыва: наименование участка разработки карьера, номер и тип работающего земснаряда, время подачи пульпы на тот или иной участок карты, длительность перерыва в работе, состояние откосов намываемого сооружения, отдельные дефекты производства работ, даты отбора проб для контроля качества грунта и т. п. В журнале намывных работ делаются зарисовки состояния поверхности намыва и размеров прудка. В зимнее время указываются особенности намывных работ, температурный режим, толщина промерзания слоев, наличие льда на карте (приложение III, ф. 1). В необходимых случаях, при намыве плотин с ядром, зарисовки состояния прудка ведутся в отдельном журнале.

2) Журнал отбора проб с записью даты отбора, номеров проб в их порядковой последовательности, привязки проб и указания, на какие виды определений должны быть отобраны пробы. В этом журнале делается отметка, какие виды анализов были выполнены и какие определения оказались неудачными и поэтому не включены в другие журналы и ведомости (приложение III, ф. 2).

3) Сопроводительные бланки с указанием номера пробы и привязки, с которыми пробы после отбора передаются в лабораторию (приложение III, ф. 3).

4) Журнал контроля мутности сбросной воды и состав ее твердой фазы (приложение III, ф. 4).

5) Журнал определения объемного веса грунта, объемного веса скелета и влажности (приложение III, ф. 5а, 5б).

6) Журнал определения в бюксах влажности грунта или содержания гигроскопической воды (приложение III, ф. 6).

7) Журнал определения удельного веса (приложение III, ф. 7).

8) Журнал определения показателей пластичности (приложение III, ф. 8).

9) Журнал определения объемного веса скелета грунта в предельных состояниях (приложение III, ф. 9).

10) Журнал определения гранулометрического состава грунта ситовым способом (приложение III, ф. 10).

11) Журнал определения гранулометрического состава грунта ареометрическим способом (приложение III, ф. 11).

12) Журнал определения коэффициента фильтрации в трубке Каменского или трубке СПЕЦГЕО (приложение III, ф. 12а, 12б).

13) Журнал определения коэффициента фильтрации наливами по методу Болдырева (приложение III, ф. 14).

14) Журнал определения сопротивления сдвигу с помощью зондового сдвигомера-крыльчатки СК-8 (приложение III, ф. 13).

15) Сопроводительные бланки с указанием номера пробы, ее привязки и значений основных геотехнических показателей (гранулометрический состав, объемный вес в ненарушенном сложении, влажность, коэффициент фильтрации при определении в полевых условиях и т. д.), прикладываемые к образцам грунта при их пересылке для углубленного анализа в центральные геотехнические лаборатории или в лаборатории сторонних организаций (приложение III, ф. 15).

16) Журнал наблюдения за выходом фильтрационных вод на откосах, за уклоном откосов намыва и интенсивностью намыва (приложение III, ф. 16).

17) Журнал наблюдения за уровнем фильтрационной воды по пьезометрам (приложение III, ф. 17).

18) Сводные ведомости показателей гранулометрического состава, физико-механических свойств и состояния грунта, намытого в сооружение, с включением показателей в порядке нумерации проб. Ведомости направляются в организацию, ведущую намыв, в управление строительства и другие организации, указанные в местной инструкции по контролю; в распоряжении геотехнической службы остается копия ведомостей (приложение III, ф. 19).

19) Ведомости с показателями грунта, сгруппированные по отдельным поперечникам и зонам сооружения.

20) Геотехнические поперечники по сооружению с нанесением контуров намыва сооружения и данных, указанных в п. 7.11. Геотехнические поперечники заполняются по мере намыва сооружения, через 1—3 *м* по высоте.

21) Отчетный лист по контролю за сооружением (приложение III, ф. 18). Отчетный лист содержит основные показатели свойств грунта, намытого за истекший период (сутки или последние 3—7 дней согласно указаниям местной инструкции по контролю), а также замечания по качеству сооружения и технологии производства работ. Отчетный лист сразу по составлении передается в организацию, ведущую намыв, и в управление строительства (в отделы, предусмотренные местной инструкцией по контролю).

22) Журнал контроля за качеством намывных работ (приложение III, ф. 20). Журнал хранится у начальника участка или производителя работ организации, ведущей намыв. В журнале записываются замечания геотехнической службы по качеству работ, которые подписываются руководителем геотехнической службы или сменным лаборантом; старший или сменный руководитель намывных работ обязан своей подписью подтвердить, что он ознакомлен с записью. После устранения дефектов пред-

ставитель геотехнической службы делает об этом отметку в журнале. По согласованию с проектной организацией этот журнал может быть объединен с журналом авторского надзора.

8.2. Записи в журналах должны вноситься чернилами и быть разборчивыми; все определения и анализы подписываются лаборантами, а ведомости и отчетные листы — руководителем геотехнической службы или лицом, его замещающим.

8.3. Записи в журнале-дневнике по ведению намывных работ ведутся ежедневно или ежесменно в зависимости от организации геотехнической службы, в журнале отбора проб — при их отборе, в журналах показателей состава, свойств грунта и состояния сооружений — в процессе проведения наблюдений и анализов. Записи в журнал контроля за качеством работ вносятся сразу после обнаружения дефектов, нарушений технологии или качества сооружений и отступлений от технических условий.

8.4. Исполнительная документация по карьеру в виде плана с нанесением проектных и фактических границ выработок, отметок разработки и последовательных положений землесосного оборудования выполняется геодезической службой организации, ведущей намывные работы. Копии этой исполнительной документации передаются геотехнической службе.

8.5. Ежемесячно, к моменту сдачи работ за истекший месяц, составляется отчет о геотехническом контроле с включением материалов по проведенным исследованиям и определениям с полной характеристикой намытого грунта. Отчет состоит из:

1) краткой пояснительной записки с описанием процесса намыва, замеченных при намыве дефектов или отступлений от технических условий и мер по их устранению. В записке анализируются показатели состава и физико-механических свойств грунта и состояния сооружений по результатам контроля за месяц и приводится сопоставление показателей с контрольными значениями по техническим условиям. В заключение в записке дается оценка качества намывных работ с позиции проведенного геотехнического контроля;

2) ведомостей показателей гранулометрического состава и физико-механических свойств грунта по пробам, отобранным за месяц; пробы включаются в ведомости согласно порядковой нумерации или группируются по поперечникам;

3) графиков гранулометрического состава грунта по поперечникам или по зонам в целом для объема намытого за месяц грунта;

4) графиков обеспеченности объемного веса скелета грунта по поперечникам или в целом по сооружению.

При необходимости в отчетные материалы включаются другие данные, предусмотренные местной инструкцией по контролю. К отчету прикладываются зарисовки, фотографии и выписка из журнала контроля за качеством намывных работ.

Месячный отчет передается организации, ведущей намыв, в управление строительства и группе авторского надзора проектной организации или строительства, а также другим организациям, согласно указаниям местной инструкции по контролю.

8.6. Если срок строительства намывного сооружения продолжается более года, составляется годовой отчет. Его состав такой же, как и месячного отчета, но в него дополнительно включаются характерные поперечники по намытому сооружению и составляются более подробные графические материалы (графики распределения гранулометрического состава по профилю сооружения, графики обеспеченности объемного веса скелета грунта отдельно по всем зонам и картам). В пояснительной записке более подробно отражаются все этапы производства работ за год и дается оценка качества работ за этот период.

Годовой отчет рассылается всем адресатам, указанным в п. 8.5, а также головной организации, ответственной за производство работ по намыву.

8.7. После окончания намыва сооружения составляется заключительный отчет по геотехническому контролю за возведением сооружения.

Отчет включает:

1) подробную пояснительную записку;

2) все контрольные геотехнические поперечники с нанесением проб и результатов определений, а также выделением характерных зон и изолиний содержания характерных фракций;

3) полный комплект ведомостей, с показателями состава и физико-механических свойств грунтов, сгруппированных по поперечникам и внутри их по зонам сооружения;

4) графики гранулометрического состава грунта по поперечникам, по картам и в целом по сооружению и при необходимости с подразделением по зонам;

5) графики обеспеченности объемного веса скелета грунта по поперечникам (при необходимости также по зонам) и в целом по сооружению;

6) графические материалы по обработке результатов анализов других показателей свойств грунта, которые проводились геотехнической службой в процессе оперативного контроля: коэффициента фильтрации, пластичности, влажности, а также наблюдений за уровнем фильтрационных вод по пьезометрам, за выходом фильтрующейся воды на откосы, по интенсивности намыва и т. п.

При необходимости составляются графики по специальным исследованиям, которые поручались геотехнической службе, например, зависимости плотности грунта от влажности или плотности от состава грунта или коэффициента неоднородности, показателей пластичности от высоты слоя вышенамытого грунта и др.;

7) фотографии по этапам производства работ и законченному сооружению.

Заключительный геотехнический отчет входит в состав документации, передаваемой дирекции строящегося объекта при сдаче сооружений в эксплуатацию. Кроме того, по одному экземпляру отчета передается головным проектным организациям, осуществляющим проектирование сооружения и проектирование производства работ по намыву, а также головной организации, ответственной за производство работ по намыву.

8.8. Документация должна находиться в помещении геотехнической службы и храниться в месте, где обеспечивается их полная сохранность. Все журналы должны быть пронумерованы и включены в соответствующую опись.

Исполнительные схемы, планы, поперечные разрезы по сооружениям должны храниться в папках. Вся документация по геотехническому контролю перед рассылкой должна регистрироваться в специальном журнале с отметкой о дате отправки и номере сопроводительного письма.

8.9. Первичная документация по геотехническому контролю после окончания строительства сооружения и прекращения деятельности геотехнической службы сдается в архив той организации, которой подчинена геотехническая служба, где должна находиться в течение установленного срока хранения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

МЕТОДИКА ПОЛЕВЫХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ

Объемный вес грунта в естественном состоянии и объемный вес скелета грунта

Плотность укладки грунта характеризуется объемным весом. Объемный вес грунта в естественном состоянии равен отношению веса образца грунта, отобранного при естественной влажности и без нарушения структуры, к его объему. Объемный вес скелета грунта равен отношению веса образца грунта, высушенного при 100—105°С до постоянного веса, к его первоначальному объему (до нарушения структуры и высушивания).

При оперативном контроле определение объемного веса намытого грунта в естественном состоянии и объемного веса скелета грунта осуществляется способом режущего цилиндра — для всех видов намытого грунта, не содержащих фракций крупнее 5—10 *мм*, и способом лунки — для гравийных и галечниковых грунтов.

Способ режущего цилиндра

Объем грунта в естественном состоянии устанавливается путем вдавливания в грунт полого, открытого с обеих сторон металлического цилиндра, у которого одна кромка заострена. Объем цилиндра составляет не менее 150—200 *см*^{3} для связных грунтов, 250—400 *см*^{3} для пылеватых и мелкопесчаных грунтов и 500—900 *см*^{3} для песков и песчаных грунтов с включениями гравия. Отношение диаметра цилиндра к высоте не менее 3 : 2, толщина стенок 1—1,5 *мм*. Заточка нижней кромки выполняется по высоте не менее 20 *мм*. Цилиндр должен иметь приспособление для задавливания, желательно также иметь верхнюю и нижнюю крышки, которые нужны, чтобы грунт не высыпался из цилиндра, когда пробу приходится транспортировать в цилиндре в лабораторию. Комплект (рис. 11), в который входит режущий цилиндр *1* со съемными крышками, верхняя насадка *2*

и опорное направляющее кольцо *3*, предотвращающее перекосы при задавливании цилиндра в грунт, а также поршень с рукояткой для задавливания *4*, называется грунтоотборным прибором. У режущих цилиндров этого прибора внутренний диаметр 112,5 *мм* и высота 75,5 *мм*, при этом объем цилиндра составляет 750,0 *см*³. На каждом цилиндре должен быть выбит номер. Цилиндр взвешивается, и размеры его измеряются с по-

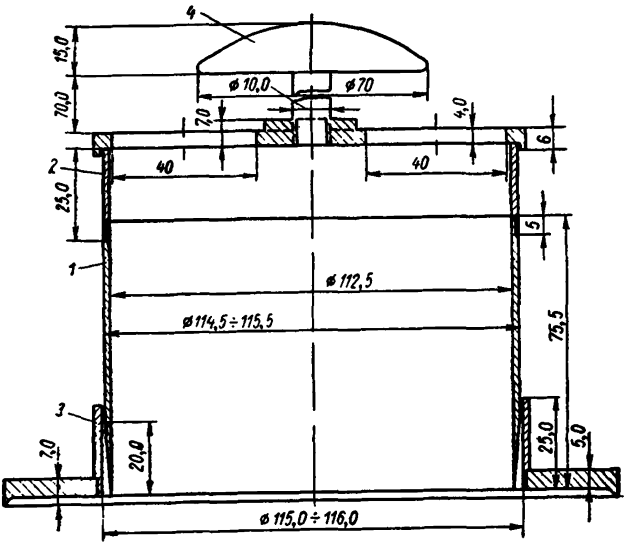


Рис. 11. Режущий цилиндр с насадкой (конструкции НИС Гидропроекта)

1—режущий цилиндр; *2*—верхняя насадка; *3*—опорное направляющее кольцо; *4*—поршень с рукояткой для задавливания.

мощью штангенциркуля; высота устанавливается как средняя из трех измерений по образующим цилиндра, а диаметр — как средний из четырех измерений с нижней стороны цилиндра. Объем подсчитывается по формуле:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} h, см^3,$$

где D — средний внутренний диаметр цилиндра, *см*; h — средняя высота цилиндра, *см*.

Вес и объем каждого цилиндра вписываются в тарировочную ведомость или журнал. Тарировка цилиндров проводится

ежемесячно. Цилиндры должны быть изготовлены из нержавеющей стали, тогда они не поддаются коррозии. Перед употреблением цилиндр должен быть чистым, При хранении его стенки следует смазать тонким слоем вазелина или маслом.

При определении объемного веса грунта надо иметь:

режущий цилиндр с приспособлением для задавливания или грунтоотборный прибор в комплекте;

стальную линейку или нож с широким длинным лезвием и совок;

мешочки полиэтиленовые или матерчатые, пронумерованные и предварительно взвешенные, вес их проверяется каждые 10—15 дней и вносится в тарировочную ведомость (журнал);

бюксы алюминиевые (если параллельно с определением объемного веса отбирается проба на влажность);

стеклянную или ровную металлическую пластинку размером, несколько превышающим диаметр цилиндра.

Техника работы с грунтоотборным прибором сводится к следующему. На расчищенную поверхность грунта устанавливается опорное направляющее кольцо, в которое вставляется режущий цилиндр острым краем вниз. На него сверху одевается насадка с поршнем и рукояткой. Левой рукой придерживается опорное кольцо, а правой нажатием на рукоятку поршня производится врезание режущего кольца в грунт. Когда поршень подойдет вплотную к направляющему кольцу, что будет указывать на полное погружение в грунт режущего цилиндра, осторожно поднимается опорное кольцо и снимается поршень, после чего извлекается цилиндр с грунтом. Верхняя насадка снимается, лишний грунт зачищается металлической линейкой или ножом. Сверху цилиндр прикрывается пластинкой, на которую он опрокидывается, после чего ножом зачищается нижняя часть цилиндра. Затем содержащийся в цилиндре грунт извлекается в мешочек или чашку, вес которых известен. Грунт сначала взвешивается влажным, потом сушится в сушильном шкафу или на противнях на электропечи до постоянного веса и снова взвешивается с точностью до 0,01 *г*. Далее определяется объемный вес в естественном состоянии γ_w и объемный вес скелета грунта $\gamma_{ск}$ по формулам:

$$\gamma_w = \frac{G_w}{V}, \quad \gamma_{ск} = \frac{G_{сух}}{V}, \; г/см^3,$$

где G_w — вес влажного грунта, *г*; $G_{сух}$ — вес сухого грунта, *г*; V — объем цилиндра, $см^3$.

Для отбора проб из подводной части намыва используется вакуумный грунтонос (рис. 12).

Отбор проб и доставку их в лабораторию для взвешивания и высушивания рекомендуется производить для всего намытого слоя одновременно. В случаях, когда невозможно высушивание всех проб, объем которых значителен, отбираются пробы на

влажность в небольшие бюксы. Тогда после определения влажности w объемный вес скелета грунта можно подсчитать по формуле

$$\gamma_{ск} = \frac{\gamma_w}{1 + \frac{w}{100}},$$

где w — влажность в процентах.

Вместо подсчетов можно воспользоваться номограммой (рис. 13).

Первый способ определения $\gamma_{ск}$ путем непосредственного взвешивания всей высушенной пробы предпочтительнее, так как не связан со случайными погрешностями при отборе пробы на влажность. При нем исключается появление ошибок, возможных при подсчетах, однако он требует больше времени и оборудования для высушивания проб.

Способ лунки

В месте, где требуется произвести определение объемного веса гравийного или галечникового грунта, счищается верхний нарушенный слой и про-

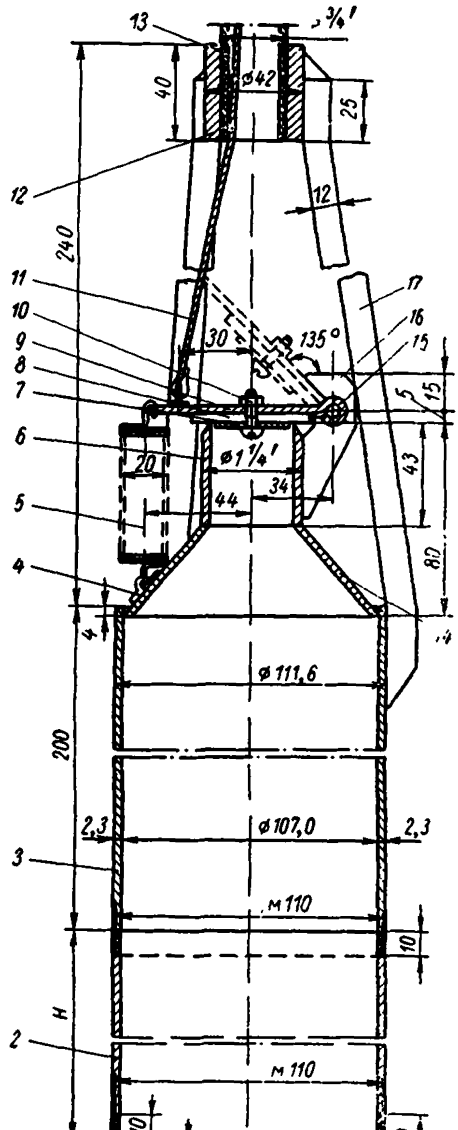


Рис. 12. Вакуумный грунтонос для отбора проб водонасыщенных грунтов

1—режущее кольцо; *2*—цилиндр нижний; *3*—цилиндр верхний; *4*—ушко; *5*—пружина, *6*—трубка, *7*—шайба, *8*—прокладка, *9*—крышка клапана, *10*—винт с гайкой, *11*—тросик; *12*—гайка *13*—труба, *14*—конус, *15*—валик; *16*—косынка; *17*—прутюк.

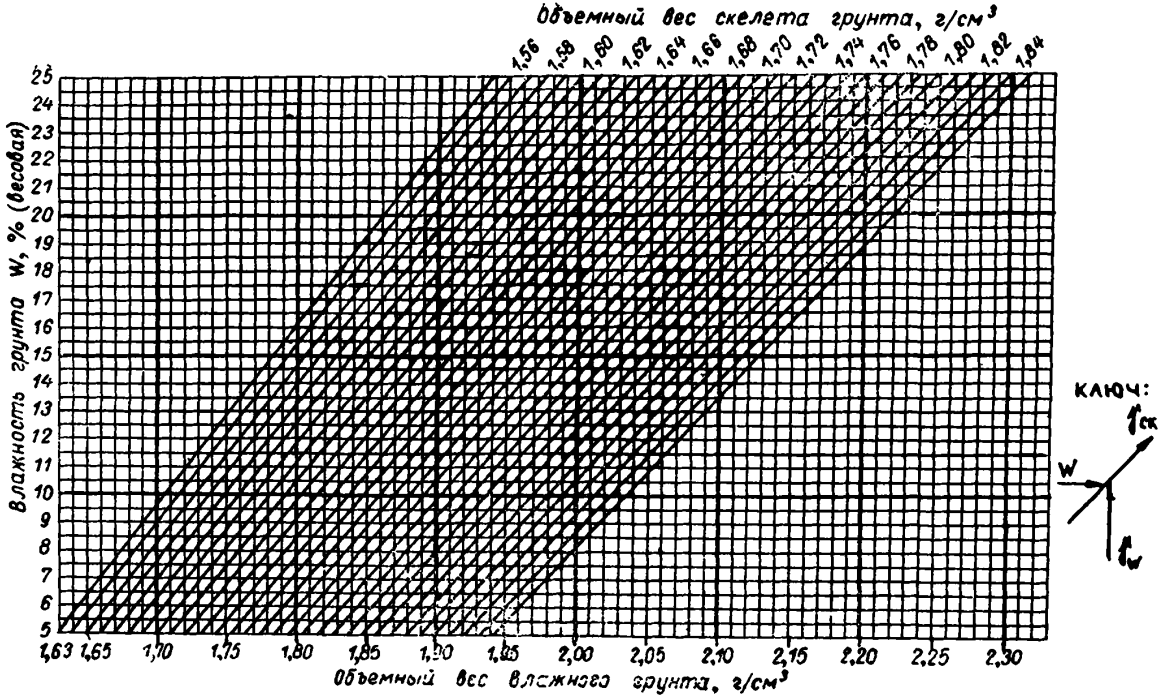


Рис. 13. Номограмма для определения объемного веса скелета грунта.

изводится выравнивание поверхности грунта, после чего совком или лопатой отрывается шурф (лунка). Объем и размеры лунки зависят от крупности отдельных включений в составе грунта и должны соответствовать данным, приведенным в п. 5.17. При выкапывании следует придавать бортам ровные очертания, избегая образования каверн или выступов. Сверху лунку покрывают металлической рамкой из стального листа толщиной до 2 *мм* с квадратным вырезом. Рамка фиксирует бровки бортов при выемке лунки. Весь вынутый из лунки влажный грунт взвешивается на чашечных весах непосредственно у лунки или укладывается в мешки и отправляется в лабораторию для взвешивания и высушивания.

Для измерения объема лунки пользуются одним из следующих способов:

1) Осторожно через крупную металлическую воронку засыпают лунку тарировочным гравием (фракции 5—2 *мм*), т. е. гравием, отсеянным через верхнее сито с диаметром отверстий 5 *мм* и задержавшимся на нижнем сите (2 *мм*). Этот гравий заготавливают заранее и ссыпают в пронумерованные мешочки с чистым весом гравия по 5 *кг*. Засыпка гравия ведется осторожно, низ воронки постоянно поддерживается на 1—2 *см* от поверхности ссыпаемого гравия. Вес засыпанного гравия устанавливается по количеству полных засыпанных мешков с прибавкой веса высыпанного гравия из последнего (не полностью израсходованного) мешка. Он устанавливается как разность между полным весом гравия в мешке и остатком гравия в нем, который взвешивается на месте или при доставке этого мешка обратно в лабораторию.

Объем засыпанного тарировочного гравия и тем самым лунки определяется по формуле:

$$V = \frac{G_{т.г}}{\gamma_{т.г}},$$

где V — объем лунки, $см^3$; $G_{т.г}$ — вес засыпанного тарировочного гравия, $г$; $\gamma_{т.г}$ — насыпной объемный вес тарировочного гравия в воздушно-сухом состоянии, $г/см^3$.

Объемный вес тарировочного гравия устанавливается предварительно в лаборатории путем засыпки его в мерную посуду объемом до 5 *л*. Засыпка ведется через такую же воронку, как при засыпке в лунку, и столь же осторожно. Выполняется 10—15 определений, и по ним берется среднее значение $\gamma_{т.г}$.

2) Более простой, не менее точный способ измерения объема лунки заключается в том, что устанавливается не вес, а непосредственно объем отсыпанного в лунку тарировочного гравия или крупного песка путем засыпки из мерной посуды (специальный цилиндр или ведро).

3) Объем лунки измеряется путем налива в нее воды, при этом дно и стенки лунки покрываются сплошным полотнищем

водонепроницаемой полиэтиленовой пленки толщиной от 0,05 до 0,1 *мм;* вода в лунку заливается из мерных емкостей.

Объемный вес грунта в естественном состоянии γ_w при определении по способу лунки вычисляется по формуле:

$$\gamma_w = \frac{G_w}{V}, \ г/см^3,$$

где G_w — вес влажного грунта, вынутого из лунки, *г*; V — объем лунки, *см*³.

Объемный вес скелета грунта определяется по формуле:

$$\gamma_{ск} = \frac{G_{сух}}{V}, \ г/см^3$$

или при измерении объема лунки тарировочным гравием:

$$\gamma_{ск} = \frac{G_{сух}\gamma_{т.г}}{G_{г.г}},$$

где $G_{сух}$ — вес вынутого из лунки гравийного грунта, *г*, который высушен до постоянного веса и взвешен в лаборатории.

Высушивание грунта, извлеченного из лунки, ведется на больших противнях на электропечах; при высушивании грунт перемешивается. Не всегда имеется возможность высушивать крупные пробы грунта, отобранного из лунки. В этом случае объемный вес скелета устанавливается пересчетом по значениям объемного веса грунта в естественном состоянии и влажности. При этом одновременно с отбором грунта из лунки берется проба на влажность весом 20—25 *г* из мелкозема (крупностью менее 5 *мм*), заполняющего поры между гравийными и галечниковыми фракциями крупнее 5 *мм*, так как считается, что количество влаги, оседающей на поверхности этих фракций, пренебрежимо мало по сравнению с влажностью мелкозема. После высушивания пробы в сушильном шкафу определяется влажность мелкозема w (в процентах), а в результате гранулометрического анализа пробы устанавливается относительное количество P фракций (в процентах) мельче 5 *мм*.

Объемный вес скелета грунта вычисляется по формуле:

$$\gamma_{ск} = \frac{\gamma_w}{1 + \frac{P}{100} \cdot \frac{w}{100}}$$

Пример. Вес влажного гравийного грунта, вынутого из лунки, $G_w = 7550$ *г*; объем лунки $V = 3630$ *см*³. Объемный вес влажного грунта $\gamma_w = \frac{7550}{3630} = 2{,}08$ *г/см*³. Влажность грунта (фракции менее 5 *мм*) $w = 9\%$. Количество фракций грунта менее 5 *мм* в пробе $P = 45\%$. Объемный вес скелета грунта

$$\gamma_{ск} = \frac{2{,}08}{1 + \frac{45}{100} \cdot \frac{9}{100}} = 2{,}00 \ г/см^3.$$

В тех случаях, когда надо учитывать влажность крупных включений в грунте, объемный вес скелета $\gamma_{ск}$ подсчитывается по формуле:

$$\gamma_{ск} = \frac{\gamma_w}{1 + \frac{w}{100}},$$

где w — средняя влажность пробы в процентах, которая устанавливается следующим образом:

$$w = \frac{w_г P_г + w_п P_п}{100},$$

где $w_г$ и $w_п$ — влажность гравийных и песчаных фракций, %; $P_г$ и $P_п$ — соответственно содержание гравия и песка в пробе по результатам гранулометрического анализа, %.

Влажность песчаных фракций определяется по методу, изложенному ниже, а влажность крупных гравийных включений либо принимается равной 1—2%, либо устанавливается опытным путем, при отборе пробы гравия после отсева песчаного заполнителя и взвешивания ее до и после высушивания. Если рассев грунта для отсеивания заполнителя ведется после высушивания всей пробы, то гравийную часть, взятую для опыта, замачивают водой, затем воде дают свободно стечь, производят взвешивание и повторное высушивание этого гравия с последующим взвешиванием. Вес гравийной пробы для определения влажности зависит от крупности наибольших включений, он может составлять от 0,5 до 10 *кг*.

Объемный вес скелета грунта подсчитывается до значения 0,01 *г/см*^{3}.

Формы журналов для определения объемного веса грунта помещены в приложении III, ф. 5, *а, б*.

Влажность грунта и содержание гигроскопической воды

Влажностью грунта называют содержание в нем воды, которое может быть выражено в долях единицы или в процентах в весовом или объемном отношениях. При оперативном контроле за качеством намытого грунта устанавливается естественная весовая влажность, т. е. отношение веса свободной и поверхностно связанной воды, содержащейся в порах грунта в условиях его отложения при намыве, к весу грунта, высушенного при температуре 100—105°С до постоянного веса (в процентах).

Когда проба, отобранная цилиндром или извлеченная из лунки, высушивается в полном объеме, влажность определяется по формуле:

$$w = \frac{G_w - G_{сух}}{G_{сух}} 100\%,$$

где G_w — вес всей влажной пробы; $G_{сух}$ — вес всей высушенной пробы.

Влажность можно определить через значения объемного веса:

$$w = \frac{\gamma_w - \gamma_{ск}}{\gamma_{ск}} 100\%,$$

где γ_w — объемный вес влажного грунта в ненарушенном состоянии; $\gamma_{ск}$ — объемный вес скелета грунта.

В случае, когда влажность определяют отдельно при отборе в бюксы пробы песчаного грунта или мелкого заполнителя гравийного грунта, определение ведется в соответствии с ГОСТ 5179—64 «Грунты. Метод лабораторного определения влажности». Вес навески в бюксе в зависимости от неоднородности грунта берется от 10 до 25 *г*. Влажность определяется с точностью до 0,1%.

Форма журнала для определения влажности грунта при отборе проб в бюксах приведена в приложении III, ф. 6.

В последнее время предложены ускоренные методы определения влажности за счет сокращения времени сушки. Это достигается при высушивании в сушильном шкафу путем применения плоских сушильных стаканчиков диаметром 80—100 *мм* и высотой 10—20 *мм* или сушкой с помощью рефлекторной лампы, излучающей инфракрасные лучи. Грунт в этом случае находится в стаканчиках диаметром 60 *мм*, куда его насыпают слоем 7—10 *мм*. Одновременно высушивается 6—8 проб, находящихся на вращающейся подставке под рефлекторной лампой. При этом время высушивания сокращается примерно в три раза.

Определение содержания гигроскопической воды в грунте, которое при оперативном контроле за намывом может потребоваться при выполнении анализов на гранулометрический состав грунта ареометрическим способом (фракции менее 0,1 *мм*), производится в соответствии с ГОСТ 5180—64 «Грунты. Метод лабораторного определения количества гигроскопической воды».

Удельный вес грунта

Удельным весом образца грунта называется отношение веса твердых частиц к весу воды при 4°С, взятой в объеме, равном объему частиц:

$$\gamma_г = \frac{G_s}{V_s}.$$

Численно удельный вес равен весу единицы объема скелета грунта в воздухе при отсутствии пор.

В случаях, когда проба берется непосредственно после высушивания, т. е. когда не требуется вносить поправку на содержание гигроскопической воды, определение удельного веса при помощи пикнометра или мерной колбы выполняется следующим образом:

1) В пикнометр наливают дистиллированную воду до метки. Температура воды в пикнометре должна быть равна 20°С. Взве-

шивают пикнометр с водой на аналитических весах. Получают вес g_1.

2) Пробу грунта, находящуюся в воздушно-сухом состоянии, растирают пестиком в фарфоровой ступке и пропускают через сито с диаметром отверстий 1 *мм*. Агрегаты диаметром более 1 *мм*, оставшиеся на сите, размельчают в ступке и снова просеивают.

3) Из просеянного и тщательно перемешанного грунта берут навеску около 10—15 *г* в стеклянный бюкс. Затем грунт в бюксе высушивают в термостате при температуре 100—105°С до постоянного веса, охлаждают в эксикаторе и засыпают в предварительно взвешенный пикнометр. Пикнометр с грунтом взвешивают на аналитических весах; из веса пикнометра с грунтом вычитают вес пикнометра и получают вес грунта g.

4) Для удаления воздуха из грунта пикнометр наполняют водой на 0,3—0,5 его емкости и кипятят в течение 30 *мин* (пески) и 1 *ч* (глины и суглинки)

5) После кипячения пикнометр охлаждают, доливают до метки дистиллированной водой, измеряют температуру воды в пикнометре, которая должна быть, как и в первом случае, равной 20°, и, взвесив на аналитических весах, получают вес g_2.

6) На основании полученных данных вычисляют удельный вес по формуле

$$\gamma_г = \frac{g}{g_1 + g - g_2} \cdot \gamma_0, \; г/см^3,$$

где γ_0 — удельный вес воды, $г/см^3$; g — вес высушенного грунта, *г*; g_1 — вес пикнометра с водой, *г*; g_2 — вес пикнометра с водой и грунтом, *г*.

Для каждого образца грунта следует производить два параллельных определения удельного веса; расхождение между результатами допускается до 0,02 $г/см^3$. Среднее значение устанавливается с точностью до 0,01 $г/см^3$.

Взвешивание на аналитических весах ведется с точностью до 0,005 *г*; при отсутствии аналитических весов можно пользоваться техническими весами, взвешивая с точностью до 0,01 *г*.

Определение удельного веса при наличии гигроскопической воды производится в соответствии с ГОСТ 5181-64.

Форма журнала для определения удельного веса грунта приведена в приложении III, ф. 7.

Пределы пластичности грунта

Пластичностью грунтов называется способность их изменять свою форму (деформироваться) без разрыва сплошности в результате внешнего воздействия и сохранять полученную при деформации новую форму после того, как внешнее воздействие прекращается. Пластичность определяется для связных грунтов (глинистых и суглинистых).

Пластичные свойства грунтов тесно связаны с влажностью и изменяются в зависимости от количества находящейся в грунте воды.

Влажность, выраженная в процентах, при которой грунт переходит из пластичного состояния в текучее, называется границей текучести ($w_т$).

Влажность, выраженная в процентах, при которой грунт переходит из пластичного состояния в твердое, называется границей раскатывания ($w_р$).

Разность между значениями влажности, отвечающими границам текучести и раскатывания, называется числом пластичности.

Граница раскатывания грунта определяется следующим образом:

1) Образец грунта объемом около 50 *см*³ разминают (с добавкой воды, если это требуется), удаляют из него зерна и растительные остатки крупнее 1 *мм*, протирают сквозь сито с сеткой № 1 (1 *мм*) [1] и выдерживают не менее 2 *ч* в закрытом стеклянном сосуде.

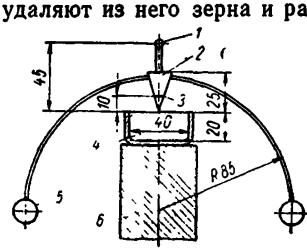


Рис. 14. Балансирный конус Васильева (КОН-01)

1—ручка; *2*—конус 30°; *3*—круговая метка; *4*—грунтовое тесто; *5*—балансирный шар; *6*—подставка.

2) Тщательно перемешивают грунтовое тесто, берут из него небольшой кусочек и раскатывают на стеклянной пластинке или на листе плотной глянцевой или восковой бумаги до образования жгута диаметром около 3 *мм*. Если при этой толщине жгут сохраняет связность и пластичность, его собирают в комок и вновь раскатывают до указанного диаметра; раскатывание ведут слегка нажимая на жгут; длина жгута не должна превышать ширины ладони. Раскатывание продолжают до тех пор, пока жгут диаметром около 3 *мм* начинает делиться поперечными трещинами на кусочки длиной 3—10 *мм*.

3) Кусочки жгута общим весом не менее 10 *г* помещают в заранее взвешенный бюкс, высушивают до постоянного веса и определяют влажность в процентах.

Примечание. Если из приготовленного грунтового теста невозможно раскатать жгут диаметром 3 *мм* (грунт рассыпается), то считают, что данный грунт не имеет границы раскатывания.

4) Для каждого образца грунта производят не менее двух параллельных определений границы раскатывания. Расхождение в результатах параллельных определений влажности более 2% не допускается. За границу раскатывания образца грунта принимают среднее арифметическое результатов определений влажности.

Граница текучести грунта определяется следующим образом:

1) Образец грунта объемом около 50 *см*³ разминают шпателем (с добавкой воды, если это требуется), удаляют из него

[1] См. приложение V.

зерна и растительные остатки крупнее 1 *мм*, протирают сквозь сито с сеткой № 1, затем выдерживают не менее 2 *ч* в закрытом стеклянном сосуде.

2) Приготовленное грунтовое тесто тщательно перемешивают и укладывают небольшими порциями в цилиндрическую форму (d=40 *мм*, h=20 *мм*). В процессе укладки теста постукивают форму об упругую поверхность для предотвращения образования в тесте воздушных полостей. Поверхность грунтового теста заглаживают шпателем в уровень с краями формы.

3) Подносят к поверхности грунтового теста, находящегося в форме, балансирный конус, смазанный тонким слоем вазелина так, чтобы острие касалось поверхности теста; опускают конус, позволив ему погружаться в тесто под действием собственного веса, который должен составлять 16 *г*±0,2 *г* (рис. 14).

4) Погружение конуса в грунтовое тесто в течение 5 *сек* на глубину 10 *мм* (до круговой метки) показывает, что искомая граница текучести достигнута.

5) Отбирают из исследованного грунтового теста пробу весом не менее 10 *г*, высушивают и производят определение влажности в процентах.

6) Для каждого образца грунта производят не менее двух параллельных определений границы текучести. Расхождение между ними более 2% не допускается.

За границу текучести образца грунта принимают среднее арифметическое результатов определений влажности.

Пример определения $w_т$: вес бюкса 16,747 *г*; вес бюкса с влажным грунтом 27,134 *г*; вес бюкса с сухим грунтом 23,920 *г*; вес воды в грунте 27,134—23,920=3,214 *г*; вес абсолютно сухого грунта 23,920—16,747=7,143 *г*. Следовательно, граница текучести составит: $w_т$=3,214 : 7,143=0,45 (45%).

Определение пластичных свойств грунтов производится в соответствии с ГОСТ 5183—64 и ГОСТ 5184—64.

Результаты определения пластичности грунта заносятся в журнал (приложение III, ф. 8).

Объемный вес скелета грунта в предельных состояниях

Определение объемного веса скелета грунта в предельных состояниях — предельно рыхлом и предельно плотном — выполняется только для несвязных (песчаных и в отдельных случаях супесчаных) грунтов и служит для общей характеристики свойств песка при оценке его плотности при намыве, а также для подсчета коэффициента относительной плотности.

Норма определений устанавливается местной инструкцией по контролю за качеством намываемого сооружения. Обычно определение плотности грунта в предельных состояниях выполняется из расчета: один анализ на 5—10 отобранных проб на

объемный вес скелета грунта (при необходимости норма увеличивается до одного анализа на 3 отобранные пробы).

Определение объемного веса грунта в предельно рыхлом состоянии выполняется в мерном стеклянном цилиндре (мензурке) объемом 0,1 *л*. Вначале образец грунта, высушенный до постоянного веса при температуре 100—105°С в виде навески весом 100 *г* засыпается полностью в воронку, на конец которой надета резиновая или пластмассовая трубка. Навеска взвешивается с точностью до 0,1 *г*. Длина трубки подбирается так, чтобы конец ее упирался в дно цилиндра. Затем воронку с песком медленно, без рывков поднимают таким образом, чтобы конец трубки не отрывался от конуса ссыпающегося в цилиндр

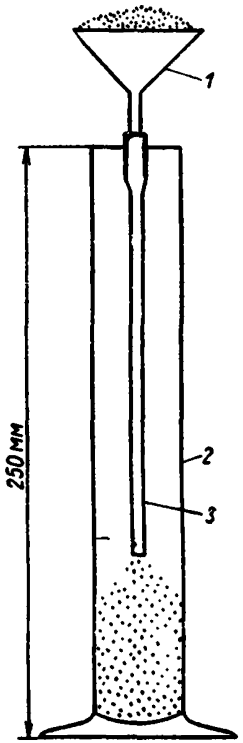


Рис. 15. Прибор для определения объемного веса скелета грунта в предельно рыхлом состоянии

1—воронка; *2*—мензурка; *3*—резиновая (пластмассовая) трубка.

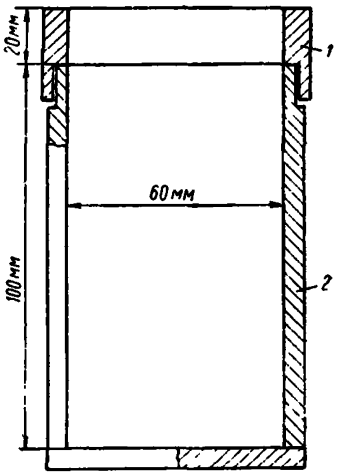


Рис. 16. Цилиндр для определения объемного веса скелета грунта в предельно плотном состоянии

1—съемное кольцо; *2*—цилиндр.

песка. После того как весь грунт высыпан в цилиндр, измеряется его объем V ($см^3$).

Объемный вес скелета грунта в предельно рыхлом состоянии вычисляется по формуле:

$$\gamma_p = \frac{G_1}{V}\ г/см^3,$$

где $G_1 = 100\ г$ — вес навески.

При каждом анализе выполняются два определения, которые считаются удовлетворительными, если расхождение в найденной величине объемного веса грунта не превышает 0,01 *г/см*³.

На рис. 15 показано, как определяется объемный вес грунта в предельно рыхлом состоянии.

Определение объемного веса грунта в предельно плотном состоянии выполняется в металлическом цилиндре со съемным кольцом. Объем цилиндра ~ 250,0 *см*³, высота внутренней части — 10 *см*. Цилиндр устанавливается на резиновую или войлочную подстилку толщиной не менее 15 *мм*. Засыпка в цилиндр грунта, предварительно высушенного при температуре 100—105°С до постоянного веса, производится слоями (не менее 4). Уплотнение грунта осуществляется легким постукиванием резиновым молотком по корпусу цилиндра. Выполняется 75—100 постукиваний на каждый слой грунта. После заполнения цилиндра насадка аккуратно снимается, поверхность грунта зачищается заподлицо с верхом цилиндра и производится его взвешивание.

Объемный вес скелета грунта в предельно плотном состоянии вычисляется по формуле:

$$\gamma_{\text{п}} = \frac{G - G_0}{V_{\text{ц}}},\ г/см^3,$$

где G — вес цилиндра с грунтом, *г*; G_0 — вес пустого цилиндра, *г*; $V_{\text{ц}}$ — объем цилиндра, *см*³.

На каждый анализ выполняются 2—3 определения, расхождение между ними не должно превышать 0,01—0,02 *г/см*³.

На рис. 16 показан чертеж цилиндра для определения объемного веса грунта в предельно плотном состоянии.

Примечание. Объемный вес грунта в предельно плотном состоянии можно также определять в рекомендуемом НИСом Гидропроекта полом металлическом конусе объемом 200—250 *см*³ с углом конусности 45°.

Форма журнала для определения объемного веса грунта в предельных состояниях помещена в приложении III, ф. 9.

Гранулометрический состав грунта

Гранулометрическим или зерновым составом грунта называется весовое содержание в грунте частиц различной крупности, выраженное в процентах по отношению к весу сухой навески, взятой для анализа. При контроле намывных работ разделение грунта на фракции в зависимости от крупности частиц ведется по приложению IX.

Примечание. При контроле за намытым гравием (или щебнем) и песком, которые предназначаются для использования в качестве строительных материалов, разделение на фракции производится в соответствии со стандартами на нерудные стройматериалы, т. е. выделяются включения более 120 *мм*, фракции 120—80; 80—40 (или более 70 *мм* и 70—40 *мм*); 40—20; 20—10; 10—5; 5—2,5; 2,5—1,25; 1,25—0,63; 0,63—0,315; 0,315—0,14 и менее 0,14 *мм*.

Разделение грунта на фракции осуществляется ситовым или комбинированным способом. Ситовой способ применяется в том случае, если в пробах намытого грунта содержится менее 10% частиц размером меньше 0,1 *мм*. При более высоком содержании этих частиц дополнительно к ситовому применяется ареометрический способ, с помощью которого устанавливаются размеры частиц до 0,005 *мм*.

Примечания: 1. При специальных указаниях в проекте и технических условиях можно применять ареометрический способ для установления состава мелких частиц (менее 0,1 *мм*) в случаях, когда их суммарное количество меньше 10%.

2. При наличии прибора для механизированного рассева образцов грунта на ситах анализ ситовым способом при оперативном контроле за намывом можно вести до крупности частиц 0,05 *мм*.

Ситовый способ

Ситовой способ гранулометрического анализа заключается в разделении грунта на фракции путем рассева пробы на ситах. Вес пробы должен соответствовать указанному в п. 5.17. Проба отбирается специально или выделяется квартованием из общей пробы, отобранной для определения объемного веса. Проба высушивается в сушильном шкафу, на электропечи или на воздухе до воздушно-сухого состояния. Для рассева служит стандартный комплект грунтовых сит, включающий 7 сит, крышку и поддон. В комплект входят три сита с круглыми штампованными отверстиями диаметром 10; 5 и 2 *мм* и четыре сита из медной или латунной калиброванной сетки простого плетения с отверстиями квадратной формы размером 1; 0,5; 0,25 и 0,1 *мм*, а в случае применения прибора для механизированного рассева — 0,05 *мм*. Сетка в ситах должна соответствовать требованиям ГОСТ 3584-53.

Иногда в комплект входит сито с ячейками 1 *мм* в виде круглых штампованных отверстий, их применение нежелательно, целесообразно в это сито вставлять сетку № 1 (см. приложение V). При оперативном контроле за намытым грунтом особенность выполнения ситового анализа заключается в том, что рассев на всех ситах ведется без промывки.

Для выделения фракций крупнее 10 *мм* пользуются крупными ситами из комплекта КСИ для рассева нерудных материалов или изготовляют сита с круглыми отверстиями до 60 *мм* на металлических круглых рамках диаметром не менее 300 *мм* или квадратных рамках со стороной не менее 300 *мм*. Поддон под набор этих сит-грохотов лучше всего выполнять с полукруглым дном (в форме корыта), что облегчает выполнение рассева.

Для определения размера частиц крупнее 60 *мм* следует применять проволочные кольца-калибры различного диаметра: 80, 100, 120, 150, 200, 250 и 300 *мм* в зависимости от ожидаемого размера крупных включений. Кольца изготавливаются из прово-

локи толщиной от 3 до 6 *мм* с рукояткой. После рассева грунта определяется вес и процентное содержание каждой фракции.

При определении гранулометрического состава грунта ситовым методом надо иметь:

стандартный набор грунтовых сит с сетками от 10 до 0,1 *мм* (или 0,05 *мм* при наличии прибора для механического рассеивания), крупные сита размером 20, 40 и 60 *мм* с поддоном и комплекты калибровочных колец;

технические весы с разновесами [1];

чашечные или площадные весы с гирями (при весе проб свыше 5 *кг*);

фарфоровую ступку и пестик с резиновым наконечником;

фарфоровые чашечки или бюксы;

ложку или совок;

лист бумаги;

рабочий журнал.

Подготовка образца заключается в высушивании и взвешивании. Точность взвешивания проб весом более 2000 *г* — 1 *г*, а при взвешивании на технических весах — 0,01 *г*.

Затем при наличии в пробе включений размером более 60 *мм* последние выбираются из пробы, калибруются с помощью колец, складываются по фракциям и взвешиваются. Вес каждой фракции записывается. После этого пробы просеиваются на крупных ситах, которые собираются в колонке на поддоне (верхнее сито 60 *мм*, нижнее — 20 *мм*). Рассев выполняется путем раскачивания поддона с колонкой сит. После первого просеивания каждый остаток на сите перемешивается, отдельные агрегаты растираются, и производится повторное просеивание. Грунт каждой фракции и остаток, прошедший через нижнее сито, взвешиваются. Для контроля сравнивается сумма веса всех фракций и остатка с первоначальным весом навески, взятой для анализа. Расхождением до 1% можно пренебречь. Процентное содержание фракций и остатка менее 20 *мм* вычисляется по формуле: $x = A \cdot \frac{100}{B}$, где x — процентное содержание фракции в грунте; A — вес фракции; B — общий вес навески.

Остаток, прошедший через сито 20 *мм*, подвергается дополнительной подготовке. При отсутствии в грунте частиц более 20 *мм* такой подготовке подвергается вся взятая для анализа проба. Подготовка состоит в том, что грунт, взвешенный до воздушно-сухого состояния, растирают в фарфоровой ступке пестиком с резиновым наконечником. Растертый образец тщательно перемешивается и распределяется тонким слоем на листе плотной бумаги или картона и делится ножом на квадраты со сто-

[1] В зависимости от веса проб — на 1 *кг* или 5 *кг*, а при необходимости — комплект из двух весов.

ронами 3,5—4 *см*. Из каждого квадрата совком или ложкой отбирается понемногу грунта. Такой способ отбора называется методом квадратов или квартованием. Общий вес пробы при дальнейшем анализе должен соответствовать указанному в п. 5.17.

Отобранная проба взвешивается на технических весах с точностью до 0,01 *г*; результаты взвешивания записываются в рабочий журнал.

Дальнейшее разделение грунта на фракции до 0,1 *мм* (0,05 *мм* при рассеве на механическом приборе) ведут следующим образом:

1) Собирается колонка сит (верхнее сито с диаметром отверстий 10 *мм*, нижнее — 0,1 *мм*). На верхнее сито надевается крышка, а под нижнее подставляется поддон.

2) Взвешенная проба пропускается через всю колонку сит, которая встряхивается легкими движениями в горизонтальном направлении в течение нескольких минут.

3) После общего просеивания остаток на каждом сите, начиная сверху, отдельно пересыпается в ступку и дополнительно обрабатывается резиновым пестиком, после чего вновь просеивается сквозь то же сито над листом бумаги. Мелкие частицы, которые пройдут через сито, переносятся на следующее сито, и обработка продолжается до тех пор, пока на бумагу не перестанут просеиваться мелкие частицы.

4) После окончания просеивания содержимое каждого сита и поддона высыпается на взвешенную фарфоровую чашечку или в бюкс, взвешивается на технических весах с точностью до 0,01 *г* и вес записывается в рабочий журнал.

5) Для контроля вес отдельных фракций и вес остатка в поддоне складываются, полученная сумма сравнивается с первоначальным весом взятого для анализа образца. Расхождением до 1% можно пренебречь. При большем расхождении анализ должен быть повторен.

6) Результаты анализа выражаются в процентах по отношению к весу воздушно-сухой пробы по фракциям по формуле:

$$x = \frac{A \cdot C}{B},$$

где x — процентное содержание фракции в грунте; A — вес фракции; B — общий вес навески, взятой для данного анализа; C — суммарное процентное содержание фракций размером менее 20 *мм*.

В случае, если в грунте отсутствуют фракции диаметром более 20 *мм*, $C = 100\%$.

Сумма процентов всех фракций обязательно должна составить 100%. Содержание последней фракции менее 0,1 *мм* можно дополнительно проверить по разности между 100% и суммой процентов всех более крупных фракций.

Если фракций меньше 0,1 *мм* содержится в грунте по весу более 10%, то гранулометрический анализ должен быть продолжен ареометрическим способом для разделения этих фракций на более мелкие.

Гранулометрический состав грунта определяется в соответствии с ГОСТ 12536-67.

Все результаты анализа записываются в журнал (см. приложение III, ф. 10).

Ареометрический анализ

Ареометр — это прибор для измерения плотности (удельного веса) жидкости, в данном случае суспензии. Ареометрический метод определения гранулометрического состава основан на использовании различной скорости осаждения в воде разных по крупности частиц грунта.

Для анализа гранулометрического состава грунта ареометрическим способом при оперативном контроле берут пробу из остатка грунта, прошедшего через сито 0,1 *мм*. Навеска весом около 40 *г* для супесей и тонких песков, около 30 *г* для суглинков и около 20 *г* для глин отбирается методом квадратов из остатка в поддоне. Проба взвешивается на технических весах с точностью до 0,01 *г* или на аналитических весах. Поскольку грунт находится в состоянии естественно-воздушной влажности, одновременно отбираются две пробы в бюксы (по 10 *г*) для определения естественной влажности или содержания гигроскопической воды. Вес средней пробы, взятой для анализа, пересчитывают на содержание абсолютно сухого вещества g_0, т. е. вносят поправку на содержание гигроскопической воды или природной влажности по формуле:

$$g_0 = \frac{g_1}{1 + 0{,}01w}, \text{ г},$$

где g_1 — вес средней пробы в воздушно-сухом состоянии (или с природной влажностью), *г*, w — количество гигроскопической воды (или природная влажность), %.

Для производства анализа необходимо иметь:

грунтовый ареометр со шкалой 0,995—1,030;

стеклянный цилиндр высотой 44—46 *см*, емкостью 1 *л*;

термометр для измерения температуры суспензии;

мешалку;

секундомер;

коническую колбу для размачивания пробы и кипячения суспензии;

номограмму (рис. 17) для определения диаметра частиц при ареометрическом способе с нанесенной шкалой по тарировке ареометра (номограмма должна быть наклеена на лист картона или фанеры);

линейку прозрачную для работы с номограммой;
резиновую грушу;
несколько булавок;
таблицу температурных поправок к ареометру;
бланки графиков для построения кривой гранулометрического состава глинистого грунта в полулогарифмическом масштабе.

Тарировка ареометра. Перед пользованием ареометром выполняется его тарировка, что необходимо для перехода от показаний ареометра к определению диаметра и процентного содержания частиц грунта. Тарировка выполняется в следующем порядке:

1) Определяется объем луковицы ареометра V_0. Для этого погружают ареометр до нижней метки шкалы в мерный цилиндр, в который налито 900—920 $см^3$ дистиллированной воды с температурой 20°С. Объем вытесненной воды равен искомому объему луковицы ареометра V_0 ($см^3$).

Например, количество воды в цилиндре равно 900 $см^3$, после погружения ареометра (до отметки 1,030) уровень воды поднялся до 965 $см^3$. Следовательно, V_0=965—900=65 $см^3$.

2) Определяется расстояние a ($см$) от деления шкалы ареометра 1,030 до центра водоизмещения луковицы. Для этого в цилиндр, в котором будет производиться анализ, наливают 900 $см^3$ дистиллированной воды с температурой 20°С. Погружают ареометр до подъема уровня воды в цилиндре на половину объема луковицы и удерживают ареометр в этом положении. Линейкой измеряется расстояние от уровня воды до показания 1,030 на шкале ареометра, оно составит величину a, постоянную для данного ареометра.

Для приведенного выше примера с объемом луковицы ареометра 65 $см^3$ и первоначальным уровнем воды в цилиндре 900 $см^3$ вода при погружении должна подняться до уровня $900+\frac{65}{2}=$ $=932{,}5$ $см^3$.

3) Измеряется длина шкалы ареометра, т. е. посредством линейки определяется расстояние между отметками 1,030 и 1,000; она обозначается через l ($см$) и является постоянной для данного ареометра.

4) Измеряется внутренний диаметр стеклянного цилиндра d ($см$) с точностью до 1 $мм$.

5) Вычисляется площадь цилиндра: $F=\frac{3{,}14\cdot d^2}{4}$, $см^2$.

6) На основании всех вышеуказанных величин выполняют вычисление по формуле:

$$H_r=\frac{30-M}{30}\,l+\left(a-\frac{V_0}{2F}\right).$$

Здесь H_r — значение показателя на левой части шкалы VII номограммы; 30 — число тысячных делений на шкале ареометра от деления 1,030 до 1,000; M — число тысячных делений на шкале ареометра от деления 1,000 до поверхности суспензии; это единственная переменная величина для данного ареометра, зависящая от глубины его погружения. M последовательно составляет величину от 0 до 30, поэтому вычисление H_r ведут, подставляя вместо M целые числа от 0 до 30.

Каждое найденное значение H_r отмечается на номограмме (рис. 17) на левой части вертикальной шкалы VII, и против него выставляется значение M (от 0 до 30) на правой части этой шкалы. В дальнейшем при работе с этим ареометром отсчет по нему R, нанесенный на шкалу, всегда будет соответствовать значению M. Поэтому при применении номограммы при измерениях данным ареометром используют только правую часть R вертикальной шкалы VII, а левой ее частью H_r не пользуются.

На номограмме, приведенной на рис. 17, правая часть R шкалы VII нанесена в виде примера; ее строят для каждого ареометра, используемого при анализах, во время тарировки.

Тарировка ареометра включает также определение поправок к отсчетам на нулевое показание ареометра, на высоту мениска и диспергатор.

Поправка на нулевое показание определяется при измерении плотности дистиллированной воды с температурой 20°С, налитой в цилиндр. Разница между показанием ареометра при этом и значением 1,000 является величиной поправки. Поправку прибавляют к каждому отсчету, если ареометр при проверке показал менее 1,000, и вычитают, если показание при проверке было больше 1,000.

Поправку на высоту мениска вводят только в том случае, если ареометр на заводе был градуирован по нижнему краю мениска, о чем делается надпись на шкале ареометра. При замерах суспензии, ввиду ее непрозрачности, отсчет ведут по верхнему краю мениска. Величина поправки устанавливается при проверке ареометра в выбранном цилиндре, куда налита дистиллированная вода при температуре 20°С, и равна разнице в отсчетах между верхним и нижним краями мениска. Поправка прибавляется к каждому отсчету при замере плотности суспензии.

Поправку на диспергатор, т. е. добавку раствора к суспензии, разрушающего комки и препятствующего образованию хлопьев, определяют при двух поверочных измерениях ареометрами в цилиндре, куда в первом случае была налита дистиллированная вода, а во втором случае добавлен диспергатор в том объеме, который добавляется при обычных измерениях. Разность между вторым и первым отсчетом есть поправка на диспергатор, ее всегда вычитают из отсчета по ареометру при определении плотности суспензии.

При ареометрическом анализе в показания отсчетов должна также вноситься поправка на температуру суспензии (табл. 5).

Таблица 5

Температура суспензии, °С	Поправка к отсчету по ареометру	Температура суспензии, °С	Поправка к отсчету по ареометру
10,0	—1,2	20,5	+0,1
10,5	—1,2	21,0	+0,2
11,0	—1,2	21,5	+0,3
11,5	—1,1	22,0	+0,4
12,0	—1,1	22,5	+0,5
12,5	—1,0	23,0	+0,6
13,0	—1,0	23,5	+0,7
13,5	—0,9	24,0	+0,8
14,0	—0,9	24,5	+0,9
14,5	—0,8	25,0	+1,0
15,0	—0,8	25,5	+1,1
15,5	—0,7	26,0	+1,3
16,0	—0,6	26,5	+1,4
16,5	—0,6	27,0	+1,5
17,0	—0,5	27,5	+1,6
17,5	—0,4	28,0	+1,8
18,0	—0,3	28,5	+1,9
18,5	—0,3	29,0	+2,1
19,0	—0,2	29,5	+2,2
19,5	—0,1	30,0	+2,3
20,0	0,0		

Подготовка пробы и проведение анализа. 1) Подготовленную навеску грунта помещают в плоскодонную колбу объемом 250—500 *см*^{3}, заливают дистиллированной водой, встряхивают и оставляют на сутки. Далее добавляют 0,5 *см*^{3} 25%-ного раствора аммиака и кипятят в течение 40 *мин* — 1 *ч*, считая с момента закипания.

Примечания: 1. При оперативном контроле в случаях, когда в пробе грунта, взятой для ареометрического анализа, основная фракция 0,1—0,05 *мм*, кипячения можно не производить, ограничившись лишь контрольным сопоставительным определением гранулометрического состава нескольких образцов с предварительным кипячением и без кипячения.

2. При оперативном контроле и грунтах, не содержащих большого количества (более 10%) глинистых фракций и фракций, коагулирующих в суспензии, можно пользоваться не дистиллированной, а обычной чистой неминерализованной водой. В этом случае тарировка ареометра производится в такой же воде. Особенное внимание надо уделять учету поправки на нулевое показание ареометра, которая в этих случаях вычитается из величины отсчета по ареометру.

2) Суспензию из колбы после кипячения и остывания переливают в цилиндр емкостью 1000 *см*^{3}; диаметр его должен быть таким же (с отклонением не более ±1 *мм*), как у цилиндра, в котором производилась тарировка ареометра.

При помощи резиновой груши такой же водой, какая бралась для анализа, смывают осевшую в колбе муть и тоже переводят

ее в цилиндр. Затем в цилиндр добавляют воду, чтобы общий объем суспензии равнялся точно 1000 *см*³.

3) Взбалтывают мешалкой (рис. 18) суспензию в цилиндре в течение 1 *мин*, производя 30 движений сверху вниз, после чего пускают секундомер.

4) Через 20 *сек* осторожно опускают ареометр в суспензию (луковица не должна касаться стенок цилиндра) и делают отсчеты по шкале ареометра через 30 *сек*, 1 *мин* и 2 *мин*. Ареометр после этих замеров вынимают, обмывают, вытирают насухо и помещают в приготовленный рядом цилиндр с чистой водой. Дальнейшие замеры производят через 5, 15, 30 *мин*, 1, 2, 3, 6 и 24 *ч*. При каждом замере ареометр погружают в суспензию незадолго до времени замера (5—10 *сек*) и каждый раз извлекают его, обмывают и вытирают. Продолжительность анализа определяется временем осаждения частиц в суспензии. Он продолжается до тех пор, пока ареометр покажет нулевое значение R (с учетом поправок) или пока крупность оставшихся частиц в суспензии станет меньше 0,005 *мм*.

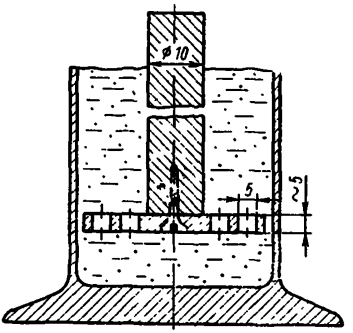


Рис. 18. Мешалка для взбалтывания суспензии.

5) Запись отсчетов по ареометру делают упрощенным путем, для чего в показаниях отбрасывают единицу, а запятую переносят на три знака вправо (например, вместо 1,0252 записывают 25,2).

6) Поправку на температуру вносят в отсчет по табл. 5. При температуре более 20°С поправку прибавляют, а при температуре менее 20°С — вычитают.

7) В отсчеты вносят поправки на нулевое показание ареометра, на высоту мениска и на диспергатор.

8) По показаниям при погружении ареометра для каждого исправленного отсчета R устанавливается по номограмме (рис. 17) диаметр частиц грунта, соответствующих данному отсчету. Ключ для пользования номограммой помещен в правом нижнем углу диаграммы. Для каждого ареометра должен быть подготовлен отдельный экземпляр номограммы с тарировкой; на номограмме записывается номер ареометра, соответствующий заводскому номеру на его шкале.

Для подсчетов по номограмме нужно знать удельный вес грунта, который определяется, как указывалось выше, эпизоди-

чески, несколько раз за сезон для каждого вида грунта. По удельному весу грунта отмечается соответствующая точка на вертикальной шкале номограммы *III*; прозрачной линейкой эта точка соединяется с точкой на вертикали *II*, характеризующей температуру суспензии. Продолжение этой линии отмечает точку на вертикали *I*, здесь в номограмму вкалывается иголка. Затем на правой стороне вертикали *VII* (шкала *R*) находится точка исправленного отсчета по ареометру, и она соединяется линейкой с точкой на вертикали *VI*, соответствующей времени замера ареометром. Продолжение этой линии влево, на пересечении с вертикалью *V*, отмечает точку, определяющую скорость падения частиц. Здесь также вкалывается иголка. Линейкой эта точка соединяется с ранее найденной точкой на вертикали *I*, и пересечение этой линии с вертикалью *IV* определяет искомую точку, обозначающую диаметр частицы при данном отсчете ареометром.

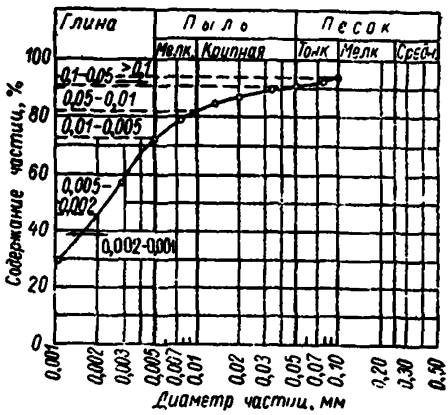


Рис. 19. График гранулометрического состава грунта.

9) После того, как определены все диаметры частиц, соответствующие отсчетам по ареометру, вычисляют содержание частиц Φ в процентах размером менее каждого диаметра, найденного по номограмме. Расчет ведется по формуле:

$$\Phi = \frac{\gamma_r E}{(\gamma_r - 1)\, g_0} R,$$

где γ_r — удельный вес частиц грунта; E — процент содержания частиц грунта, прошедших через сито 0,1 *мм* по отношению ко всему образцу грунта, взятого для анализа на гранулометрический состав (включая ситовой и ареометрический способы); если в образце не было частиц крупнее 0,1 *мм*, то $E = 100$; g_0 — вес взятой пробы грунта для ареометрического анализа с поправкой на гигроскопическую воду или природную влажность. В случае, если взятая для анализа проба грунта была высушена в бюксе до постоянного веса при температуре 100—105° С, охлаждена в эксикаторе и взвешена непосредственно перед помещением в колбу с водой для замачивания (или взвешена в колбе сразу после высушивания), g_0 является весом пробы в абсолютно сухом состоянии; R — исправленный отсчет по ареометру (с учетом поправок).

Поскольку в приведенной формуле для каждой пробы переменным является только R, сначала подсчитывается выражение, стоящее перед R, а затем, путем умножения на R, соответствующее процентное содержание фракций Φ.

10) На основании полученных результатов строят кривую однородности гранулометрического состава в полулогарифми-

ческом масштабе (рис. 19). График строится от 0,001 до 0,1 или 0,25 *мм*. По полученной кривой графически определяют процентное содержание фракций в принятых размерах 0,25—0,1; 0,1—0,05; 0,05—0,01; 0,01—0,005 и менее 0,005 *мм*.

Результаты определения гранулометрического состава грунта ареометрическим методом сводят в специальный журнал, форма которого помещена в приложении III, ф. 11.

Примеры:

1. Образец грунта содержит 20% частиц крупнее 0,1 *мм* и 80% мельче 0,1 *мм*. Навеска 39,0 *г*, удельный вес грунта $\gamma_r = 2{,}67$ *г/см*^{3}. Тогда

$$\Phi = \left(\frac{\gamma_r}{\gamma_r - 1} \cdot \frac{E}{g_0}\right) R = \left(\frac{2{,}67}{2{,}67 - 1} \cdot \frac{80}{39}\right) R = 3{,}28R\%.$$

2. Образец грунта не содержит частиц крупнее 0,1 *мм*, так как полностью просеивался через сито 0,1 *мм*, и весь состоит из частиц менее этого диаметра (100% мельче 0,1 *мм*). Навеска 28,22 *г*, удельный вес грунта 2,63 *г/см*^{3}. Тогда

$$\Phi = \left(\frac{\gamma_r}{\gamma_r - 1} \cdot \frac{E}{g_0}\right) R = \left(\frac{2{,}63}{2{,}63 - 1} \cdot \frac{100}{28{,}22}\right) R = 5{,}78R\%.$$

3. Определить ареометрическим способом содержание фракций менее 0,1 *мм* в образце грунта, который при просеивании на грунтовых ситах дал остаток k на нижнем сите 0,1 *мм* 5,80%; удельный вес грунта $\gamma_r = 2{,}65$ *г/см*^{3}. Для ареометрического анализа взята навеска $g_1 = 40{,}99$ *г*. Грунт в воздушно-сухом состоянии, гигроскопическая влажность $w = 5{,}68\%$.

Ход определения следующий:

$$g_0 = \frac{g_1}{1 + 0{,}01w} = \frac{40{,}99}{1 + 0{,}01 \cdot 5{,}68} = \frac{40{,}99}{1{,}0568} = 38{,}79 \text{ г},$$

$$E = 100 - k = 100 - 5{,}80 = 94{,}20\%,$$

$$\Phi = \left(\frac{\gamma_r}{\gamma_r - 1} \cdot \frac{E}{g_0}\right) R = \left(\frac{2{,}65}{2{,}65 - 1} \cdot \frac{94{,}20}{38{,}79}\right) R = 39{,}15R.$$

Для анализа взят ареометр с номером на шкале №...; для него суммарная поправка к отсчету на мениск и нулевое положение шкалы составила +0,4; ареометр был протарирован, и для него была размечена шкала R вертикали *VII* номограммы. Результаты определения сведены в табл. 6.

При наличии засоленных грунтов или грунтов, коагулирующих в суспензии, проверку на коагуляцию и ареометрический анализ производят в соответствии с указаниями ГОСТ 12536-67.

В тех случаях, когда ареометрическому анализу подвергается грунт, просеянный не через сито № 0,1 (0,1 *мм*), а через другие сита, например № 0,25 (0,25 *мм*) или № 0,05 (0,05 *мм*), метод расчета содержания фракций остается тем же. В этих случаях в формуле

$$\Phi = \left(\frac{\gamma_r}{\gamma_r - 1} \cdot \frac{E}{g_0}\right) R$$

значение E равно проценту содержания грунта, прошедшего через указанные сита, а g_0 — вес навески в абсолютно-сухом состоянии, взятой для анализа.

В практике могут встречаться случаи, когда содержание фракций менее 0,1 *мм*, или менее 0,25 или 0,05 *мм*, в зависимости от размера отверстий нижнего сита, определялось из условия, что

Таблица 6

Время от начала анализа	Упрощенный отсчет по ареометру R_0	Упрощенный отсчет с поправкой на мениск и положение „0"	Температура суспензий, °С	Температурная поправка	Исправленный отсчет по ареометру	Диаметр частиц (по номограмме), *мм*	Содержание фракций менее данного диаметра по совокупности, % (по расчету, стр. 59)	Диаметр частиц каждой фракции от—до, *мм**	Содержание частиц каждой фракции, %*	Диаметры частиц в принятых фракциях, *мм*	Содержание фракций, %	
											по расчету методом интерполирования*	по кривой состава
						<0,1	94,20	0,1—0,076	1,88			
30 *сек*	23,5	23,9	18	—0,3	23,6	0,076	92,32	0,076—0,050	1,18	0,1—0,05	3,06	3,1
1 *мин*	23,2	23,6	18	—0,3	23,3	0,050	91,14	0,050—0,034	0,78			
2 *мин*	23,0	23,4	18	—0,3	23,1	0,034	90,36	0,034—0,020	2,75			
5 *мин*	22,3	22,7	18	—0,3	22,4	0,020	87,61	0,020—0,013	1,96			
15 *мин*	21,8	22,2	18	—0,3	21,9	0,013	85,65	0,013—0,0076	5,88	0,05—0,01	8,76	8,8
30 *мин*	20,3	20,7	18	—0,3	20,4	0,0076	79,77	0,0076—0,0050	6,74	0,01—0,005	9,35	9,3
1 *ч*	18,5	18,9	18,5	—0,3	18,6	0,005	73,03	0,005—0,004	2,78			
1 *ч* 30 *мин*	17,7	18,1	19	—0,2	17,9	0,004	70,25	0,004—0,0029	12,55			
3 *ч*	14,5	14,9	19	—0,2	14,7	0,0029	57,70	0,002—0,0011	27,79	0,005—0,002	29,22	26,5**
6 *ч*	8,0	8,4	15	—0,8	7,6	0,0011	29,91	<0,0011	29,91	<0,002	43,81	46,5**

* Помещать эти графы в журнал ареометрического анализа или таблицу при нахождении содержания фракций в общепринятых границах по кривой гранулометрического состава нет необходимости; они нужны только для случаев расчета содержания фракций методом интерполирования. Определение состава по фракциям можно выполнить по графику или расчетом путем интерполирования. Чтобы найти, например, в рассматриваемом случае расчетом содержание фракций от 0,05 до 0,01 *мм*, надо сложить содержание фракций в границах от 0,05 до 0,013 *мм* (5,49%), затем содержание фракций от 0,013 до 0,0076 *мм* (5,88%) поделить в отношении 30 : 24; для этого 5,88 разделить на 54 (т. е. 0,0130—0,0076) и умножить на 30, получится 3,27%, и прибавить это число к ранее найденному: 5,49 + 3,27 = 8,76%.

** Разница в процентном содержании мелких фракций, полученном по кривой и по расчету методом интерполирования, в данном примере закономерна, так как в первом случае она определялась по закону пропорционального деления, а во втором — по закону логарифмического распределения, и при сравнительно большом интервале между точками расхождение неизбежно.

весь грунт, взятый для ареометрического анализа, прошел через нижнее сито, т. е. $E=100\%$, тогда как в действительности он составляет лишь долю в общей пробе на гранулометрический состав. Такие случаи возникают, когда ареометрический анализ выполняется с опозданием относительно ситового и проводится независимо от него. В этом случае пересчет содержания фракций на общую пробу ведется по формуле $\Phi_1=\Phi\frac{E}{100}$, где Φ_1 — фактическое содержание фракции, %; Φ — содержание фракции, %, найденное из условия, что $E=100\%$; E — количество грунта, прошедшего через нижнее сито при ситовом анализе, %.

Норма анализов ареометрическим способом при оперативном контроле за намывным грунтом устанавливается местной инструкцией по геотехконтролю и должна составлять в среднем одно определение на 1—3 отбора проб на гранулометрический состав.

После выполнения ареометрического анализа данные по определению содержания мелких фракций должны быть переписаны в общий журнал гранулометрического состава, причем необходимо проверять, чтобы сумма содержания всех фракций составляла точно 100%. Если сумма процентов всех фракций больше (или меньше) 100% на величину до 1%, разницу вычитают (или прибавляют) из наибольшего процента фракции.

В журнал гранулометрического состава проценты фракций вносятся с точностью до 0,1%.

В формулах методики ареометрического анализа грунта удельный вес воды принят равным 1 *г/см*^{3}.

Построение графика гранулометрического состава в полулогарифмическом масштабе

По оси абсцисс откладываются величины, пропорциональные логарифмам диаметра частиц, а по оси ординат — сумма процентов фракций меньше данного диаметра (рис. 5).

Для построения шкалы оси абсцисс сначала необходимо выбрать основание шкалы, т. е. длину отрезка, соответствующего lg 10. Если за него принять 5 *см*, то эта длина будет соответствовать интервалу от 0,001 до 0,01 *мм*, затем от 0,01 до 0,1 *мм* и дальше от 0,1 до 1,0, от 1,0 до 10, от 10 до 100 *мм* и т. д. Поэтому у начала шкалы ставят 0,001, а у каждой следующей метки, отвечающей основанию шкалы (т. е. через каждые 5 *см*) — соответственно 0,01, 0,1, 1 *мм* и т. д. Если в составе грунта мелкие фракции отсутствуют, то в начале координат ставят размер на один или два порядка выше, т. е. 0,01 или 0,1 *мм*, и вся шкала сдвигается влево.

Для деления каждого интервала в логарифмическом масштабе поступают так: если $\lg 10=1$ будет соответствовать 5 *см*, то $\lg 2=0{,}301$ будет соответствовать длина $0{,}301\times5=1{,}5$ *см*, и со-

ответственно lg 3—0,477×5=2,4 *см*; lg 4—0,602×5=3 *см*; lg 5—0,699×5=3,5 *см*; lg 6—0,778×5=3,9 *см*; lg 7—0,845×5=4,2 *см*; lg 8—0,903×5=4,5 *см* и lg 9—0,954×5=4,8 *см*.

От начала координат и от начала каждой граничной метки, соответствующей основанию шкалы, откладываются вправо промежуточные метки, отвечающие найденным значениям в логарифмическом масштабе, и против них ставят соответствующие величины: 0,002; 0,003; 0,004 и т. д. и в следующем интервале — 0,02; 0,03; 0,04 и т. д.

На оси ординат шкала процентов частиц строится в обычном порядке.

После нанесения шкал на осях графика для построения кривой однородности состава необходимо пересчитать содержание частиц грунта в фракциях по совокупности, т. е. определить их суммарное количество менее данного диаметра, соответствующего принятым границам фракций (0,005; 0,01; 0,05; 0,1; 0,5; 1 *мм* и т. д.). Пример пересчета содержания частиц по совокупности фракций приведен в табл. 7.

Таблица 7

Диаметр частиц по фракциям, *мм*	Содержание каждой фракции в грунте, *мм*	Диаметр частиц, *мм*	Содержание частиц по совокупности фракций, %
от 5 до 2	2,4	менее 5	100
от 2 до 1	8,2	менее 2	97,6
от 1 до 0,5	32,4	менее 1	89,4
от 0,5 до 0,1	48,5	менее 0,5	57,0
от 0,1 до 0,05	7,3	менее 0,1	8,5
менее 0,05	1,2	менее 0,05	1,2
	100		

На ординатах по принятым границам фракций отмечают процентное содержание частиц менее данного диаметра, точки соединяют ломаной линией и получают кривую однородности в полулогарифмическом масштабе. Характер кривых показывает степень неоднородности состава грунта.

Коэффициент фильтрации грунта

Коэффициент фильтрации характеризует водопроницаемость грунта и равен скорости фильтрации в грунте при напорном градиенте, равном единице. Выражают коэффициент фильтрации в *м/сут* или *см/сек*.

При оперативном контроле применяются два способа полевого определения коэффициента фильтрации: с помощью трубки Каменского (или трубок КФ) или наливом в шурф по способу Болдырева. Первый способ применяется для песчаных, супесча-

ных, пылеватых грунтов, не содержащих частиц гравия крупнее 5—10 *мм*, второй — для гравийных грунтов.

Коэффициент фильтрации для суглинков и глин определяется в лабораториях на специальных приборах, позволяющих производить опыты при разных напорных градиентах.

Определение коэффициента фильтрации в модернизированной трубке Каменского

Необходимое оборудование: трубка Каменского в виде режущего цилиндра высотой 250 *мм*, диаметром 50—60 *мм*, толщиной стенок 1—1,5 *мм*, со съемной сетчатой (диаметр отверстий 0,15 *мм*) крышкой (рис. 20);

штатив для подвески трубки;

секундомер;

термометр;

батарейный стакан или банка, подставляемые под трубку;

цилиндры для воды емкостью 1 и 5 *л*;

стальная линейка или нож;

журнал для записи.

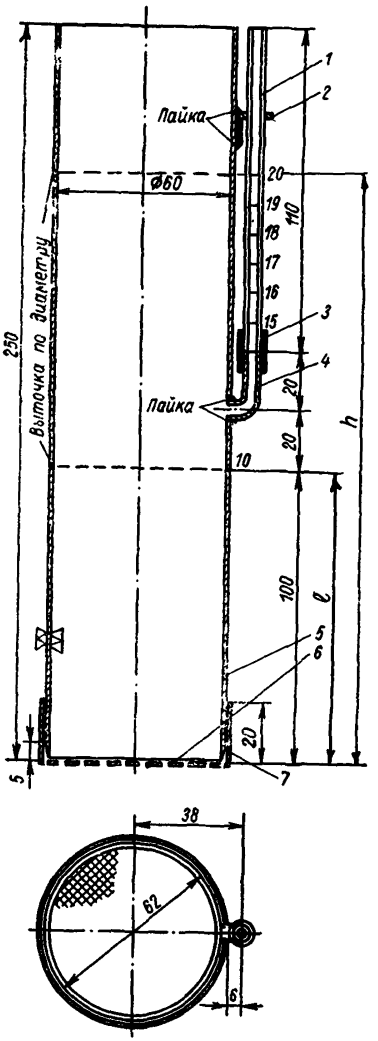


Рис. 20. Модернизированная трубка Каменского

1—стеклянная трубка ⌀ 6 *мм*; *2*—кольцо ⌀ 6 *мм* (медь); *3*—резиновый манжет; *4*—колено ⌀ 6 *мм* (медь); *5*—корпус прибора (толщина стенки 1,0—1,5 *мм*); *6*—сетка латунная (0,15 *мм*); *7*—съемная крышка.

Порядок работы следующий:

1) Поверхность намытого грунта, где намечается определение коэффициента фильтрации, расчищают до ненарушенного слоя. Для определения коэффициента фильтрации в нормальном относительно напластования направлении (обычно в вертикальном направлении) осторожно задавливают трубку Каменского в грунт до деления 10 *см* (или до утолщения корпуса). Затем трубку подкапывают, осторожно вытаскивают и срезают ножом на нижнем торце излишний грунт заподлицо с краями, после чего на нижний конец трубки надевают сетчатую крышку. Если песок очень мелкий и проходит сквозь сетку, то можно уложить над сеткой слой более крупного песка толщиной 0,5—1 *см*.

Для определения коэффициента фильтрации в направлении вдоль слоев намыва трубку Каменского задавливают в горизонтальном направлении в стенку шурфика (глубиной 0,4—0,5 *м*), предварительно отрытого в намытом грунте. Трубку задавливают обычно там, где берут пробу на объемный вес.

2) Трубку медленно опускают в цилиндр высотой 20—25 *см*, наполненный водой, и насыщают отобранный грунт до появления воды на поверхности. Воду в цилиндр постепенно подливают, но ее уровень не должен превышать высоты слоя песка в трубке.

3) На поверхность насыщенного водой грунта насыпают слой в 1—2 *см* сортированного гравия для предохранения грунта от размыва при наполнении трубки водой и устанавливают трубку на штатив или специальную подставку, помещенную в цилиндр или поддон с водой.

4) Трубку наполняют чистой водой до уровня на 1—2 *см* выше деления 20 *см*, затем быстро поднимают ее и закрепляют на штативе так, чтобы просочившаяся через грунт вода стекала в банку, не подтопляя грунт в трубке.

5) Определяют по секундомеру время понижения уровня в трубке от деления 20 *см* до деления 15 *см* (для менее проницаемых грунтов — до деления 17 *см*, или последовательно, по мере снижения уровня, от деления 20 через 1, 2, 3 *см* до деления 17).

6) Замеряют температуру воды.

7) На основании полученных данных вычисляют коэффициент фильтрации по следующей формуле:

$$k_{\Phi} = \frac{l}{T} f\left(\frac{s}{h}\right),$$

где k_{Φ} — коэффициент фильтрации, *см/сек*; l — длина пути фильтрации, *см* (при заполнении трубки грунтом до деления 10 *см* $l = 10$ *см*); T — время понижения уровня воды в трубке от деления «20» до заданного деления, *сек*; s — величина понижения уровня воды в трубке за время T, *см*; h — первоначальный напор, *см* (обычно $h = 20$ *см*).

Величину функции, зависящей от отношения s/h, т. е. $f(s/h)$, определяют по табл. 8. Для ускорения вычислений коэффициента фильтрации приведена номограмма на рис. 21.

Таблица 8

$\frac{s}{h}$	$f\left(\frac{s}{h}\right)$	$\frac{s}{h}$	$f\left(\frac{s}{h}\right)$	$\frac{s}{h}$	$f\left(\frac{s}{h}\right)$	$\frac{s}{h}$	$f\left(\frac{s}{h}\right)$
0,01	0,010	0,31	0,371	0,61	0,941	0,91	2,408
0,02	0,020	0,32	0,385	0,62	0,967	0,92	2,526
0,03	0,030	0,33	0,400	0,63	0,994	0,93	2,659
0,04	0,040	0,34	0,416	0,64	1,022	0,94	2,813
0,05	0,051	0,35	0,431	0,65	1,050	0,95	2,996
0,06	0,062	0,36	0,446	0,66	1,079	0,96	3,219
0,07	0,073	0,37	0,462	0,67	1,109	0,97	3,507
0,08	0,083	0,38	0,478	0,68	1,139	0,98	3,912
0,09	0,094	0,39	0,494	0,69	1,172	0,99	4,605
0,10	0,105	0,40	0,510	0,70	1,204		
0,11	0,117	0,41	0,527	0,71	1,238		
0,12	0,128	0,42	0,545	0,72	1,273		
0,13	0,139	0,43	0,562	0,73	1,309		
0,14	0,151	0,44	0,580	0,74	1,347		
0,15	0,163	0,45	0,598	0,75	1,386		
0,16	0,174	0,46	0,616	0,76	1,427		
0,17	0,186	0,47	0,635	0,77	1,470		
0,18	0,196	0,48	0,654	0,78	1,514		
0,19	0,210	0,49	0,673	0,79	1,561		
0,20	0,223	0,50	0,693	0,80	1,609		
0,21	0,236	0,51	0,713	0,81	1,661		
0,22	0,248	0,52	0,734	0,82	1,715		
0,23	0,261	0,53	0,755	0,83	1,771		
0,24	0,274	0,54	0,777	0,84	1,833		
0,25	0,288	0,55	0,799	0,85	1,897		
0,26	0,301	0,56	0,821	0,86	1,966		
0,27	0,315	0,57	0,844	0,87	2,040		
0,28	0,329	0,58	0,868	0,88	2,120		
0,29	0,346	0,59	0,892	0,89	2,207		
0,30	0,357	0,60	0,916	0,90	2,303		

8) **Опыт по определению коэффициента фильтрации с отобранным в трубку грунтом повторяют** не менее трех раз и за конечный результат принимают средний из всех вычисленных величин коэффициент фильтрации. Вместо трех одинаковых определений можно выполнять анализ при снижении уровня воды на разную высоту s, например, на 1, 2 и 3 *см*, и осреднить полученные значения коэффициента фильтрации.

Для крупнозернистых грунтов определение k_Φ рекомендуется проводить с меньшим напором. С этой целью подготовленную для опыта трубку Каменского, быстро вынув из батарейного стакана, где проводилось насыщение водой, устанавливают в наполненную водой банку высотой около 10 *см*, которую в свою очередь ставят в широкую чашку для приема стекающей воды. В этом случае первоначальный напор будет измеряться не от деления «20» до деления «0», а от деления «20» до уровня воды в банке.

Все данные, полученные в процессе опыта, и вычисленные величины коэффициента фильтрации записываются в журнал. При

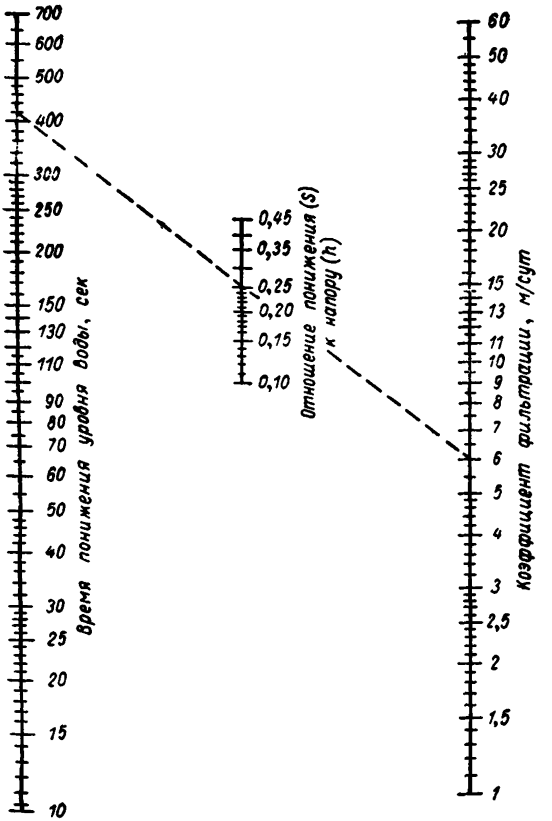


Рис. 21 Номограмма для определения коэффициента фильтрации в трубке Каменского.

этом должна учитываться температурная поправка с тем, чтобы привести все результаты к одной и той же условной температуре +10°С.

Наиболее удобно пользоваться температурным коэффициентом k_t к поправке по формуле Хазена; он представляет собой обратную величину этой температурной поправки[1], т. е. достаточно умножить найденный коэффициент фильтрации на температурный коэффициент, чтобы получить значение коэффициента фильтрации при 10°С: $k_{\Phi_{10}} = k_{\Phi_t} \cdot k_t$ (k_t принимается по табл. 9).

Таблица 9

t°С	k_t	t°С	k_t	t°С	k_t
1	1,37	14	0,89	27	0,66
2	1,32	15	0,87	28	0,65
3	1,26	16	0,85	29	0,64
4	1,22	17	0,83	30	0,62
5	1,18	18	0,81	31	0,61
6	1,14	19	0,79	32	0,60
7	1,10	20	0,77	33	0,59
8	1,06	21	0,75	34	0,58
9	1,03	22	0,74	35	0,57
10	1,00	23	0,72	36	0,56
11	0,97	24	0,70	37	0,55
12	0,94	25	0,69	38	0,54
13	0,92	26	0,68	39	0,53

Чтобы пересчитать величину коэффициента фильтрации из размерности «*см/сек*» в размерность «*м/сут*», надо найденное значение умножить на 864.

Пример. Определить коэффициент фильтрации при понижении уровня в трубке Каменского при первоначальном напоре $h = 20$ *см* на 1 *см* — за 1 *мин* 45 *сек*, 2 *см* — за 3 *мин* 50 *сек* и 3 *см* — за 5 *мин* 32 *сек*, при длине пути фильтрации 10 *см* и температуре $t = 16°$ С.

Результаты определения сведены в табл. 10.

Таблица 10

Первоначальный напор, *см*	Длина пути фильтрации, *см*	Температура воды, °С	Падение уровня в трубке, *см*	Время, *сек*	$\frac{s}{h}$	$\frac{l}{T}$	$f\left(\frac{s}{h}\right)$	Коэффициент фильтрации, *см/сек*	Осредненное значение коэффициента фильтрации, *см/сек*	Коэффициент температурной поправки	Коэффициент фильтрации при 10°С, *см/сек*	Коэффициент фильтрации при 10°С, *м/сут*
h	l	$t°$	s	T				$k_{\Phi_t} = \frac{l}{T} f\left(\frac{s}{h}\right)$	k_{Φ_t}	k_t	$k_{\Phi_{10}} = k_{\Phi_t} k_t$	$k_{\Phi_{10}} \times 864$
20	10	16	1	105	0,05	0,095	0,051	0,0048				
20	10	16	2	230	0,10	0,044	0,105	0,0046	0,0048	0,85	0,0041	3,5
20	10	16	3	332	0,15	0,030	0,163	0,0049				

[1] Температурная поправка по формуле Хазена имеет вид: $\frac{1}{k_t} = 0{,}7 + 0{,}03t°$

Подсчет коэффициента фильтрации ведется до десятитысячных долей при размерности «*см/сек*» и до десятых долей при размерности «*м/сут*». Форма журнала приведена в приложении III, ф. 12-а.

Определение коэффициента фильтрации в трубках СПЕЦГЕО и КФ

При отсутствии трубок Каменского, не выпускаемых централизованно промышленностью, определение фильтрационных свойств намытых песчаных грунтов можно производить в трубке СПЕЦГЕО (по номенклатуре заводов трубки КФ-00М, КФ-00 и КФ-01). Основная трубка (рис. 22) представляет собой полый металлический цилиндр диаметром 50—60 *мм* и длиной 110—120 *мм*, один край его скошен и отточен. На мерный стеклянный цилиндр канесены две шкалы — одна с ценой деления через 1 $см^3$, по другой измеряется отношение *Q/F*. Необходимое оборудование для опыта:

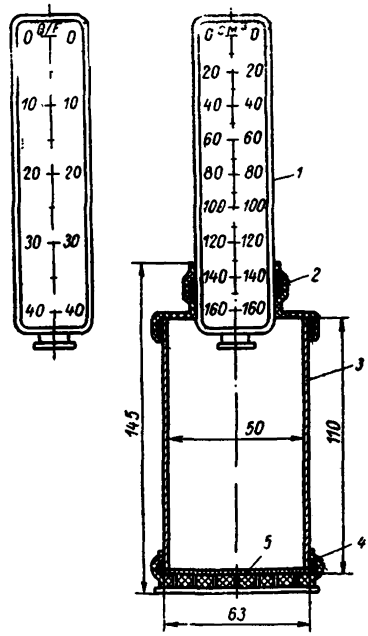


Рис. 22. Трубка СПЕЦГЕО

1—мерный цилиндр; *2*—верхняя крышка; *3*—металлическая трубка; *4*—нижняя крышка; *5*—дырчатое дно.

трубка КФ;
секундомер;
термометр;
батарейный стакан для слива воды и цилиндр с водой;
журнал.

Порядок определения:

1) Заполнить трубку *3* испытуемым грунтом (при определении коэффициента фильтрации на образце с ненарушенной структурой трубку надо задавить в грунт).

2) Произвести постепенное замачивание грунта в трубке снизу вверх.

3) Заполнить мерный цилиндр водой, опрокинуть над трубкой и укрепить в верхней крышке так, чтобы горлышко его отстояло от поверхности грунта в трубке приблизительно на 0,5—1 *мм*. В таком виде мерный цилиндр будет автоматически поддерживать над образцом постоянный уровень воды. Вследствие просачивания воды через образец этот уровень понизится, в мерный цилиндр прорвется пузырек воздуха, и соответствующее количество воды из него выйдет. Этим достигается постоянство градиента, численное значение которого равно единице, так как в данном случае напор равен длине пути фильтрации.

Если после установки цилиндра в него прорываются крупные пузырьки воздуха, необходимо осадить мерный цилиндр немного глубже в грунт и добиться, чтобы в нем через воду поднимались только мелкие пузырьки воздуха, следующие один за другим на одинаковом расстоянии.

4) По достижении указанного режима заметить на шкале уровень воды в мерном цилиндре, пустить секундомер и через определенное время (50—100 *сек* для песков, 250—500 *сек* для супесей) заметить второй уровень.

5) Подсчитать коэффициент фильтрации по формуле: $k_ф = \frac{Q}{T} \cdot F$, где Q — объем профильтровавшейся воды, *см*^{3}; T — время, *сек*; F — площадь поперечного сечения трубки, *см*^{2}. Использование шкалы Q/F позволяет упростить вычисление $k_ф$.

Опыт повторяют несколько раз, чтобы получить среднюю величину коэффициента фильтрации; замеры расхода ведут при различных понижениях уровня воды в мерном цилиндре за время T *сек*. Данные опыта заносят в журнал (приложение III, ф. 12-б).

Таблица 11

t°C	*M*	*t*°C	*M*
10	345,6	21	259,8
11	335,5	22	254,1
12	325,9	23	248,6
13	317,0	24	243,4
14	308,6	25	238,3
15	300,4	26	233,5
16	292,9	27	228,8
17	285,6	28	224,3
18	278,6	29	220,1
19	272,1	30	215,9
20	265,8		

При пользовании трубками КФ, площадь которых равна 25 *см*^{2}, удобно применять вспомогательный коэффициент M, учитывающий также температурную поправку. Коэффициент M находится по табл. 11 в зависимости от температуры воды. Тогда для нахождения коэффициента фильтрации достаточно разделить M на время T *сек*, за которое происходит понижение уровня $\left(k_ф = \frac{M}{T}\ м/сут;\ M = \frac{864 \cdot Qk_t}{F}\right.$; значение M в табл. 11 приведено для $F = 25\ см^2$, $Q = 10\ см^3$).

Определение коэффициента фильтрации методом Болдырева

Этот метод применяется для несвязных грунтов, находящихся выше уровня воды не менее чем на 0,50 *м*. По закону Дарси

$k_ф = \frac{v}{i}$, где $k_ф$ — коэффициент фильтрации; v — скорость, i — напорный градиент (отношение напора к длине пути фильтрации).

Известно, что $v = \frac{Q}{F}$, где Q — расход фильтрационного потока; F — площадь поперечного сечения потока. Поэтому $k_ф = \frac{Q}{Fi}$.

Согласно допущению Болдырева (основанного на опытных данных) при инфильтрации напорный градиент близок к единице, тогда $k_ф = \frac{Q}{F}$.

Метод пренебрегает растеканием потока от вертикали и не учитывает роль капиллярности, что несколько завышает значения коэффициента фильтрации по сравнению с более точными методами определения $k_ф$ грунта той же пористости путем откачки из шурфов. Однако при оперативном контроле за показателями намытого грунта этот метод вполне пригоден.

Для определения коэффициента фильтрации по Болдыреву необходимы следующие приспособления и приборы:

бачок емкостью 30—100 *л*, высотой не менее 0,7—0,8 *м*, снабженный у основания краном 3/4″, с водомерной стеклянной трубкой посередине высоты бачка или с нанесенными метками на внутренней стенке бачка с ценой деления 1 *л*;

металлический обруч (кольцо) диаметром 300—500 *мм* с заостренными краями высотой 150 *мм*;

ведра, ковш, а при большом фильтрационном расходе — запасная емкость с водой;

секундомер;

термометр для измерения температуры воды;

журнал для записи опыта.

Проведение опыта:

1) Поверхность намытого грунта, где намечается определение коэффициента фильтрации, расчищается на глубину 5—10 *см*. В расчищенную площадку грунта вдавливается обруч (кольцо) по возможности без перекосов так, чтобы выше уровня грунта осталась часть обруча высотой 60—70 *мм*. Вблизи обруча на грунт устанавливается бачок таким образом, чтобы вода из крана могла стекать внутрь обруча. Необходимо в месте падения воды на грунт подставить металлический кружок для того, чтобы струя не размывала грунт.

2) В бачок наливается чистая вода до определенного уровня, отмеченного меткой, после чего открывается кран настолько, чтобы расход поступающей из бачка воды был равен расходу фильтрующейся воды. При этом необходимо непрерывно под-

ливать в бачок воду из запасной емкости и поддерживать ее на этом уровне. В пределах обруча вода должна покрывать дно на глубину не более 20—30 *мм* и оставаться на постоянном уровне.

3) После того, как расход фильтрующейся воды стабилизируется, добавление воды в бачок прекращается и производится определение расхода объемным способом (по времени опускания уровня в пределах выбранных меток на стенках бака). Как правило, в гравийном грунте стабилизация расхода наступает через 20—30 *мин*, однако опыт следует вести не менее 2 *ч*, периодически определяя расход воды объемным способом, до тех пор, пока не будет уверенности в том, что расход является строго установившимся.

Пример расчета коэффициента фильтрации по данным измерений приведен в табл. 12.

Для контроля желательно производить двукратное определение коэффициента фильтрации в точках, отстоящих друг от друга не менее чем на 5 *м*. Результаты измерений должны быть приведены к температуре 10°С.

Таблица 12

Дата	Номер пробы	Время опускания воды в баке в пределах меток, *сек*	Мерный объем, $см^3$	Расход фильтрующейся воды, $см^3/сек$	Площадь обруча, $см^2$	Коэффициент фильтрации, $см/сек$
		T	V	$Q=\frac{V}{T}$	F	$k_ф=\frac{Q}{F}$
27/X	19	57 54 56				
	Среднее:	56	2100	37,5	1960	0,0192

Форма журнала с примером двукратного определения коэффициента фильтрации по методу Болдырева с несколько иной системой записи приведена в приложении III, ф. 14.

Количество определений коэффициента фильтрации устанавливается местной инструкцией по контролю. При применении трубок Каменского или СПЕЦГЕО определения выполняются обычно через 1—2 *м* по высоте на каждом поперечнике или через поперечник. Количество наливов в шурфы, учитывая трудоемкость этой работы, каждый раз устанавливается отдельно, с учетом местных условий и требований п. 5.7.

СДВИГОМЕР-КРЫЛЬЧАТКА СК-8

Для измерения сопротивляемости грунта сдвигу в полевых условиях применяется сдвигомер-крыльчатка СК-8. С помощью этого прибора определяется величина напряжения сдвига τ ($кгс/см^2$) за счет внутреннего трения и сцепления. Прибор

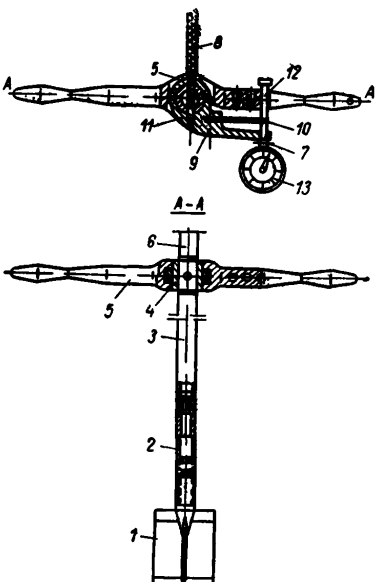


Рис. 23. Сдвигомер-крыльчатка СК-8

1—крыльчатка; *2*—устройство для отключения крыльчатки от штанг; *3*—штанга; *4*—бронзовая втулка; *5*—рукоятка; *6*—штанга, *7*—стопорный винт; *8*—винт; *9*—болт; *10*—пластина; *11*—упор; *12*—винт; *13*—индикатор.

позволяет производить замеры на поверхности и в скважинах на достаточно большой глубине (10—20 *м* и более), что достигается наращиванием металлических штанг. При намыве неоднородных плотин с суглинистым ядром с помощью прибора СК-8 можно производить зондирование отложений грунта ядерной зоны для фиксирования границы перехода отложений из текучего состояния в пластичное. Эта граница устанавливается по появле-

нию сопротивления сдвигу при повороте прибора, опускаемого в отложения ядерной зоны.

Сдвигомер СК-8 состоит из следующих деталей (рис. 23): четырехлопастной крыльчатки *1*, штанг *3* и *6*, соединяемых между собой резьбовыми переходниками; измерительной головки с рукояткой *5*; упора *11* с упругой пластиной *10*; индикатора часового типа *13*, закрепляемого на упоре при помощи стопорного винта *7*; устройства для учета трения штанг о грунт *2*. Прибор комплектуется двумя крыльчатками одинаковой высоты (100 *мм*), но с разными диаметрами — 54 и 75 *мм*, штангами из цельнонатянутых труб диаметром 22 *мм* и длиной 1000 *мм*. Рукоятка *5* сдвигомера свободно насажена на бронзовую втулку *4*, которая прикреплена к упору *11*. Втулка *4* с упором *11* крепится к переходнику штанг посредством винта *8*. Упругая пластина *10* вставлена в паз упора *11* и закреплена болтом *9*. Деформация пластины *10* при повороте рукоятки с винтом *12* фиксируется индикаторной головкой *13*, которая неподвижна по отношению к упору *11*. Усилие от рукоятки *5* передается упругой пластине *10* посредством винта *12*, который имеет три положения (для повышения чувствительности прибора и расширения диапазона измеряемых крутящих моментов).

Процесс измерения сопротивления сдвигу на поверхности грунта осуществляют следующим образом. Измерительная головка надевается на переходник, в отверстие переходника и упора *11* завинчивается стопорный винт *8*. Затем при помощи рукояток крыльчатка *1* задавливается в грунт на полную ее высоту. Перед поворотом проверяется положение стрелки индикатора, и циферблат его устанавливается на ноль. Затем осуществляется поворот измерительной головки по часовой стрелке и фиксируется максимальное отклонение индикатора, соответствующее началу разрушения грунта. Величина сопротивления сдвигу грунта в *кгс/см*^{2} вычисляется по показанию индикатора Δl с помощью тарировочного коэффициента m и постоянной величины k для соответствующего диаметра крыльчатки по следующей формуле: $\tau = \frac{\Delta}{km}$, где $m = \operatorname{tg}\alpha$; α — угол наклона тарировочной прямой; $k = 500$ при $D_{кр} = 54$ *мм*; $k = 1000$ при $D_{кр} = 75$ *мм*.

Тарировочный коэффициент m определяется в результате тарировки прибора согласно инструкции, приложенной к прибору. Зондовый сдвигомер изготовляется учебно-производственными мастерскими Калининского политехнического института в г. Калинине.

Форма журнала для записи показаний прибора помещена в приложении III, ф. 13.

ФОРМЫ ЖУРНАЛОВ

Форма 1

Журнал намывных работ (дневник)

пп.	Дата	Смена	Текст	Примечание
1	15/XII	1	Намыв производился до 16.00. Подача пульпы велась на участке поперечников № 3—10. С 8.00 до 9.30 производилась заделка промоин на поперечнике № 4 (верхний бьеф). Отмечена подача пульпы низкой консистенции, что привело к образованию отдельных промоин на поверхности намыва. Выходов фильтрационных потоков на откосе плотины нет. С 8.00 до 9.30 проводилась контрольная нивелировка. Дежурный лаборант	

Форма 2

Журнал для записи отбора проб

Дата	Номер пробы	Сооружение	Поперечник	Расстояние от оси		Отметка	Цель отбора проб	Замечания по отбору пробы	Подпись лаборанта	Замечания по выполненным лаб. определениям	Примечание
				Верхний бьеф (+)	Нижний бьеф (−)						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Форма 3

Сопроводительный бланк к пробе

Дата_____ № пробы_____

Проба отобрана на лабораторные определения:

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

Форма 4

Журнал определения объемного веса сбросной воды и коэффициента сброса

Дата	Номер пробы	Пикет	Расстояние от оси	Отметка	Вес ведра с пробой, *г*	Вес пустого ведра, *г*	Вес пробы, *г*	Объем пробы, *см*³	Твердый остаток, *г/л*	Удельный вес сбросной воды, *г/см*³	Консистенция сбросной воды $C_{сб.в}$, %	Консистенция пульпы $C_п$, %	Сброс грунта *P*, %	Напор над верхом шандор *H*, *м*	Ширина слива колодца *b*, *м*	Сбросной расход по одному колодцу, *м*³/*сек*	Суммарный сбросной расход, *м*³/*сек*	Расход пульпы, *м*³/*сек*	Коэффициент сброса K_c	Подпись
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

Примечание. При необходимости к журналу прилагается выписка с гранулометрическим составом проб или включаются дополнительные графы по определению состава грунта в пробе.

Форма 5-а

Журнал определения объемного веса и влажности грунта

а) при отборе проб цилиндром

Дата	Номер пробы	Вес пробы, *г*		Объем цилиндра, *см*³	Объемный вес грунта, *г/см*³		Количество влаги, *г*	Весовая влажность, *w*, %	Подпись
		влажной	сухой		влажного $\gamma_{вл}$	сухого $\gamma_{ск}$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Форма 5-б

б) при отборе проб способом лунки

Дата	Номер пробы	Номер и вес тары, г	Чистый вес тарировочного гравия, г	Вес остатка тарировочного гравия, г	Вес гравия, засыпанного в лунку, г	Объемный вес тарировочного гравия, г/см³	Объем лунки, см³	Вес грунта, г		Объемный вес грунта, г/см³		Влажность w, %	Подпись
								влажного	сухого	влажного γ_w	сухого $\gamma_{ск}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Примечание. В графах 4, 5, 6 записывается вес за вычетом тары.

Форма 6

Журнал определения влажности в бюксах и содержания гигроскопической воды

Дата	Номер пробы	Номер бюкса	Вес бюкса g_0, г	Вес бюкса с влажным грунтом g_1, г	Вес бюкса с сухим грунтом g_2, г			Влажность грунта, % $w = \frac{g_1 - g_2}{g_2 - g_0}$	Подпись
					I	II	III		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Примечание. Сушка ведется до постоянного веса (значения в графах 7 и 8 должны совпадать).

Форма 7

Журнал определений удельного веса грунта

Дата	Номер пробы	Навеска грунта, г (для контроля веса пробы)						Номер пикнометра	Объем пикнометра, $см^3$	Температура воды, °С	Вес пикнометра, г				Чистый вес грунта в пикнометре, г $g=g_3-g_0$	Удельный вес, $г/см^3$		Подпись исполнителя
		Номер бюкса	Вес пустого бюкса, г	Вес бюкса с грунтом в воздушно-сухом состоянии, г	Чистый вес навески грунта в воздушно-сухом состоянии G, г	Гигроскопическая влажность w, %	Чистый вес навески в абсолютно-сухом состоянии, г $g'=G\left(1-\frac{w}{100}\right)$				пустого g_0	с водой g_1	с грунтом g_2	с водой и грунтом, g_3		отдельной пробы $\gamma_г=\frac{g}{g_1+g-g_3}\gamma_0$	средний удельный вес, $\gamma_г$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

Примечание. Удельный вес воды $\gamma_0 = 1$ $г/см^3$.

Форма 8

Журнал определения пластичности грунта

Дата	Номер пробы	Номер сушильного стаканчика	Вес сушильного стаканчика g, г	Вес сушильного стаканчика с влажным грунтом g_1, г	Вес сушильного стаканчика с сухим грунтом g_2, г	Граница текучести $w_т=\frac{g_1-g_2}{g_2-g}100\%$	Номер сушильного стаканчика	Вес сушильного стаканчика g, г	Вес сушильного стаканчика с влажным грунтом g_1, г	Вес сушильного стаканчика с сухим грунтом g_2, г	Граница раскатывания $w_р=\frac{g_1-g_2}{g_2-g}100\%$	Число пластичности $w_п=w_т-w_р$, %	Подпись исполнителя
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Форма 9

Журнал определения объемного веса скелета песчаного грунта в предельно рыхлом и предельно плотном состоянии

Дата	Номер пробы	Предельно рыхлое			Предельно плотное					Подпись исполнителя
		Навеска G, $г$	Объем V, $см^3$	$\gamma_р = \frac{G}{V}$, $г/см^3$	Объем цилиндра $V_ц$, $см^3$	Вес пустого цилиндра, G_0, $г$	Вес цилиндра с грунтом G_1, $г$	Вес грунта $G_г = G_1 - G_0$, $г$	$\gamma_п = \frac{G_г}{V_ц}$, $г/см^3$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Форма 10

Журнал определения гранулометрического состава грунта ситовым способом

Характеристика фракций	Дата	Номер пробы	Номер и вес тары, $г$	Вес тары с грунтом, $г$	Вес пробы, $г$	Фракции грунта, $мм$												Подпись
						> 40	40—20	20—10	10—5	5—2	2—1	1—0,5	0,5—0,25	0,25—0,10	0,10—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	< 0,005	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Вес фракций, $г$																			
Содержание фракций, %																			

Форма 11

Журнал определения гранулометрического состава грунта ареометрическим способом

	1	Дата
	2	Номер пробы
	3	Вес навески g, $г$
	4	Влажность w, %
	5	Вес в абсолютно сухом состоянии g_0, $г$
	6	Удельный вес грунта $\gamma_г$, $г/см^3$
	7	Номер ареометра
	8	Суммарная поправка на мениск и положение „0"
	9	Время от начала замера T, $сек$
	10	Упрощенный отсчет по ареометру R_0
	11	Упрощенный отсчет по ареометру с поправкой R_0'
	12	Температура суспензии t°C
	13	Температурная поправка к ареометру
	14	Исправленный отсчет по ареометру R
	15	Диаметр частиц (по номограмме), $мм$
	16	Процент грунта, прошедшего через сито 0,1 $мм$, E, %
	17	Содержание фракций по совокупности от самой мелкой, % $\Phi = \frac{\gamma_г}{\gamma_г - 1}\frac{E}{g_0}R$
	18	Диаметр частиц в принятых размерах фракций, $мм$
	19	Содержание фракций по кривой состава, %
	20	Подпись исполнителя

Форма 12-а

Журнал определения коэффициента фильтрации в трубке Каменского

	1	Дата
	2	Номер пробы
	3	Поперечник
	4	Расстояние от оси, $мм$
	5	Отметка
	6	Первоначальный напор h, $см$
	7	Длина пути фильтрации l, $см$
	8	Температура воды t°C
	9	Падение уровня в трубке s, $см$
	10	Время T, $сек$
	11	$\frac{s}{h}$
	12	$\frac{l}{T}$
	13	$f\left(\frac{s}{h}\right)$
	14	Коэффициент фильтрации $k_{\Phi_t} = \frac{l}{T} f\left(\frac{s}{h}\right)$, $см/сек$
	15	Осредненное значение коэффициента фильтрации k_{Φ_t}, $см/сек$
	16	Коэффициент температурной поправки k_t
	17	Коэффициент фильтрации при 10°C $k_{\Phi_{10}} = k_{\Phi_t} k_t$
	18	Коэффициент фильтрации, $м/сут$ $k_{\Phi_{10}} \times 864$
	19	Подпись исполнителя

Форма 12-б

Журнал определения коэффициента фильтрации в трубке СПЕЦГЕО

Дата	Номер пробы	Поперечник	Расстояние от оси, *м*	Отметка	Поперечное сечение трубки F, *см*^{2}	Время T, *сек*	Объем профильтровавшейся воды Q, *см*^{3}	Коэффициент фильтрации $k_{\Phi_t} = \frac{Q}{T \cdot F}$, *см/сек*	Температура воды t°C	Коэффициент температурной поправки k_t	Коэффициент фильтрации при 10°C $k_{\Phi_{10}} = k_{\Phi_t} k_t$, *см/сек*	Коэффициент фильтрации $k_{\Phi_{10}} = k_{\Phi_{10}} \times 864$, *м/сут*	Подпись исполнителя
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Форма 13

Журнал для определения сопротивления сдвигу с помощью сдвигомера-крыльчатки СК-8

Дата	Номер пробы	Поперечник	Расстояние от оси, *м*	Отметка поверхности	Номер прибора	Глубина погружения прибора, *см*	Отметка глубины погружения	Диаметр крыльчатки, *мм*	Показание индикатора при испытании	Постоянная прибора при испытании Δk	Тарировочный коэффициент $m = \operatorname{tg} \alpha$	Сопротивление сдвигу $\tau = \frac{\Delta l}{\Delta k m}$	Подпись исполнителя
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Форма 14

Журнал определения коэффициента фильтрации по способу Болдырева

Налив №_____ Дата_____ Начало опыта 9^{10} Окончание опыта 11^{30}

Привязка
Русловая плотина, низовая зона
Поперечник ПК 18+15
Створ — 260 *м* Отметка: 47,3
Температура воды в начале опыта: 12°С
в конце опыта: 12°С
средняя 12°С
Коэффициент температурной поправки: $k_t = 0{,}945$

Площадь кольца $F = 0{,}126$ *м*²
Расход $Q = \frac{V}{T} \times 86{,}4$ *м*³/*сут*

$k_{\Phi_t} = \frac{Q}{F}$ *м*/*сут*

$k_{\Phi_{10}} = k_{\Phi_t} \times k_t$ *м*/*сут*

I определение

Время мин	Время сек	Продолжительность замера T, сек	К-во воды по замеру, л	Протекло, л	Расчет
0	0	110	90	5	$Q = \frac{5 \cdot 86{,}4}{124} =$
1	50	125	85	5	
3	55	125	80	5	$= 3{,}48$ *м*³/*сут*
6	00	140	75	5	
8	20	110	70	5	$k_{\Phi_t} = \frac{3{,}48}{0{,}126} = 27{,}6$ *м*/*сут*
10	10	105	65	5	
11	55	125	60	5	
14	20	160	55	5	$k_{\Phi_{10}} = k_{\Phi_t} \cdot k_t =$
16	40	105	50	5	
18	25	110	45	5	$= 26{,}05$ *м*/*сут*
20	15	135	40	5	
22	30	140	35	5	
24	50	115	30	5	
26	45	135	25	5	
29	00		20		
Среднее: 124					

II определение

Время мин	Время сек	Продолжительность замера T, сек	К-во воды по замеру, л	Протекло, л	Расчет
0	0	290	90	10	$Q = \frac{10 \cdot 86{,}4}{275} =$
4	50	250	80	10	
9	00	285	70	10	$= 3{,}14$ *м*³/*сут*
13	45	270	60	10	
18	15	275	50	10	$k_{\Phi_t} = \frac{3{,}14}{0{,}126} = 24{,}9$ *м*/*сут*
22	50	270	40	10	
27	20	285	30	10	
32	05	275	20	10	$k_{\Phi_{10}} = k_{\Phi_t} \cdot k_t =$
36	40		10		
Среднее: 275					$= 23{,}6$ *м*/*сут*

Среднее по двум определениям: $k_\Phi = \frac{26{,}05 + 23{,}6}{2} = 24{,}8$ *м*/*сут*.

Форма 15

СОПРОВОДИТЕЛЬНЫЙ БЛАНК
к пробе для расширенного анализа в центральной геотехнической лаборатории

Дата_____ № пробы_____ Сооружение_____

Пикет_____

Расстояние от оси_____

Отметка_____

Данные полевых определений

1. Влажность_____
2. Объемный вес в естественном состоянии_____
3. Объемный вес скелета_____
4. Коэффициент фильтрации в ненарушенном состоянии_____
5. Гранулометрический состав_____

Форма 16

Журнал наблюдения за выходом фильтрационной воды, уклоном поверхности намыва и интенсивностью намыва

№ п/п	Дата	Время	Поперечник	Расстояние от оси, м		Отметка поверхности карты	Отметка уровня пруда	Глубина воды в пруде, м	Отметка выхода фильтрационной воды на откосе		Намыв за смену (сутки), м			Уклон поверхности намыва					Примечание	Подпись исполнителя
				ВБ	НБ				ВБ	НБ	Отметка в начале смены	Отметка в конце смены	Толщина намытого слоя	Верховая зона	Низовая зона	Ядерная зона от оси к ВБ	Ядерная зона от оси к НБ	Продольный уклон		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

Форма 17

Журнал наблюдения за уровнем фильтрационной воды по пьезометрам

Дата	Время замера	Отметка поверхности намыва: с верховой стороны	Отметка поверхности намыва: с низовой стороны	Номера пьезометров на поперечнике ПК_____ №_____ Отметка устья	Глубина до воды, м	Отметка уровня	№_____ Отметка устья	Глубина до воды, м	Отметка уровня	№_____ Отметка устья	Глубина до воды, м	Отметка уровня	№_____ Отметка устья	Глубина до воды, м	Отметка уровня	№_____ Отметка устья	Глубина до воды, м	Отметка уровня	Примечание	Подпись исполнителя
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

Форма 18

Суточный отчетный лист №_____

Объект _____ Дата _____

№ п/п	Номер лабораторный	Место отбора образцов: ПК	Расстояние от оси, м	Отметка	Процент содержания фракций, мм: >10	10—5	5—2	2—1	1—0,5	0,5—0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	<0,01	Объемный вес скелета, г/см³	Влажность, %	Коэффициент фильтрации, м/сут	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

Отступление от ТУ:

Предписание по производству работ:

Начальник грунтовой лаборатории

Сводная ведомость результатов определения показателей состава и свойств намытого грунта

Номер п/п	Лабораторный номер	Место отбора пробы	Дата отбора	Визуальное описание пробы и наименование грунта	Отметка места отбора	Показатели гранулометрического состава: Процент содержания фракций, мм: >60	40—60	20—40	10—20	5—10	2—5	1—2	0,5—1	0,25—0,5	0,1—0,25	0,05—0,1	0,01—0,05	0,005—0,01	<0,005	Суммарный состав, %: >10	10—2	2—0,05	0,05—0,005	<0,005
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

Продолжение

d_{10}, мм	d_{60}, мм	d_{90}, мм	Показатели физико-механических свойств: Удельный вес, г/см³	Объемный вес, г/см³: $\gamma_{вл}$	$\gamma_{ск}$	$\gamma_{ск.\ плот}$	$\gamma_{ск.\ рыхл}$	Пористость, %: n	$n_{пл}$	$n_{рыхл}$	Предел текучести	Предел пластичности	Число пластичности	Коэффициент фильтрации, м/сут: $k_{ф.\ гор}$	$k_{ф.\ верт}$	$k_{ф}$	Влажность, %	Коэффициент относительной плотности	Угол внутреннего трения, град	Сцепление, кгс/см²	Коэффициент сжимаемости, см²/кг	Модуль деформации, кгс/см²	Потери при прокаливании, %	Примечание
26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50

Форма 20

Журнал контроля за качеством намывных работ

№ п/п	Дата	Замечание геотехнического контроля (с указанием должности и фамилии работника контроля, сделавшего замечание, и его подпись)	Отметка и подпись руководителя смены и участка об ознакомлении с замечанием	Запись ответственного работника по намыву об устранении нарушения	Заключение геотехнического контроля по результатам исправления
1	2	3	4	5	6

ПРИЛОЖЕНИЕ IV

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИБОРОВ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛЕВОЙ ЛАБОРАТОРИИ ГЕОТЕХНИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ ПО КОНТРОЛЮ ЗА КАЧЕСТВОМ ВОЗВЕДЕНИЯ НАМЫВНОГО СООРУЖЕНИЯ[1]

(при объеме намыва до 1—1,5 млн. $м^3$ в год)

Весы платформенные передвижные на 10—200 *кг* РП-200 Ш 13 или переносные на 2,5—50 *кг* РН-50 Ш 13-П 1 при наличии галечника и валуна	1 шт.
Весы чашечные на 10 *кг* с набором гирь или настольные циферблатные ВНЦ-10	1 комплект
Весы технические на 5 *кг* с разновесами ВЛТ-5 кг (Т-5000)	1 комплект
Весы технические на 1 *кг* с разновесами ВЛТ-1 кг (Т-1000)	2 комплекта
Весы аналитические ВЛА-200 г-М ВА-200 с разновесами	1 комплект
Дистиллятор Д-1	1 шт.
Шкаф электрический сушильный	2 шт.
Печь электрическая для высушивания проб на противнях	2 шт.
Плитка электрическая низкотемпературная керамическая	2 шт.
Баня песочная	1 шт.
Баня водяная	1 шт.
Сита почвенные грунтовые в комплекте с размером ячеек 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25 и 0,1 *мм*, с поддоном и верхней крышкой	3 комплекта
Прибор для механизированного рассеивания грунта	1 шт.
Сито с сеткой 0,05 *мм* для рассева с помощью прибора	1 шт.
Запасная сетка 0,25; 0,1 и 0,05 *мм* для грунтовых сит и сетка 1 *мм*	по 0,5 $м^2$
Сита с диаметром ячеек 20 и 40 *мм* по типу сит из комплекта КСИ с поддоном	1 комплект

[1] С учетом данных треста „Гидромеханизация".

Калибровочные кольца для замера диаметра частиц более 40 *мм* (при наличии крупных включений)	1 комплект
Грунтонос для отбора проб из-под воды	1 шт.
Грунтоотборник с цилиндром для отбора проб с ненарушенной структурой	3 шт.
Запасные цилиндры к грунтоотборнику	3 шт.
Ареометр грунтовый	4 шт.
Термометры жидкостные ТН-1 № 1 (0÷170°С)	5 шт.
Термометры ртутные ТЛ-2 № 1 и № 2 (—30÷÷+70°С и 0÷+100°С)	10 шт.
Термометры ртутные 0÷+200°С (с длинным носиком) для сушильного шкафа	2 шт.
Цилиндры мерные стеклянные 1000 *мл*	10 шт.
Цилиндры мерные стеклянные 500 *мл*	4 шт.
Цилиндры мерные стеклянные 250 *мл*	4 шт.
Цилиндры мерные стеклянные 100 *мл*	10 шт.
Колбы конические стеклянные из огнеупорного стекла 500 *мл*	15 шт.
Пикнометры с притертой пробкой на 100 *мл*	5 шт.
Пикнометры с притертой пробкой на 200 *мл*	10 шт.
Эксикатор ∅ 250 *мм*	2 шт.
Пипетки химические	5 шт.
Палочки стеклянные	10 шт.
Трубки стеклянные ∅ 6—8 *мм*	0,3 *кг*
Воронки стеклянные ∅ 150 *мм*	5 шт.
Воронки стеклянные ∅ 50—100 *мм*	10 шт.
Чашки фарфоровые выпарительные № 2 ∅ 50 *мм*	10 шт.
Чашки фарфоровые выпарительные № 3 ∅ 100 *мм*	10 шт.
Чашки фарфоровые выпарительные № 4—№ 5 ∅ 120—150 *мм*	10 шт.
Кружки фарфоровые на 500—1000 *мл*	6 шт.
Ступки фарфоровые	4 шт.
Пестики фарфоровые	4 шт.
Пестики резиновые	4 шт.
Груша резиновая	4 шт.
Трубка резиновая ∅ 5—8 *мм*	0,5 *кг*
Резина листовая толщиной 15—20 *мм*	0,5 $м^2$
Бюксы алюминиевые	100 шт.
Кальций хлористый	5 *кг*
Раствор аммиака (нашатырный спирт)	3,0 *л*
Штатив лабораторный	3 шт.
Тигельные щипцы	2 шт.
Шпатели лабораторные фарфоровые	6 шт.
Ложка фарфоровая лабораторная	3 шт.

Сетки асбестовые	10 шт.
Банки реактивные с притертой пробкой 50—100 *мл*	4 шт.
Трубка Каменского (или трубки КФ-00М; КФ-01)	3 шт.
Прибор для определения коэффициента фильтрации по Болдыреву, в составе мерного металлического бачка емк. до 100 *л*, кольца ∅400—500 *мм* и запасной емкости для воды на 0,3—1 $м^3$	1 шт.
Конус Васильева с балансировочным устройством или прибор КОН-01	2 шт.
Секундомер С-1-2А	2 шт.
Рулетка для замера уровня воды в скважинах Р-50б, 50 *м*	1 шт.
Нож с широким лезвием	2 шт.
Линейка металлическая 250 *мм*	4 шт.
Мастерок	5 шт.
Совок металлический	5 шт.
Молоток	1 шт.
Плоскогубцы	1 шт.
Мешалка для ареометрического анализа	3 шт.
Наметка с круглым диском на конце	1 шт.
Лопата штыковая	2 шт.
Бачок для воды	2 шт.
Ведра	3 шт.
Противни металлические	10 шт.
Мешочки полиэтиленовые	50 шт.
Мешочки матерчатые	30 шт.
Марля	10 $м^2$
Парафин	3 *кг*
Мерная металлическая посуда МП на 1; 2,5; 5 и 10 *л*	2 комплекта
Фильтровальная бумага	0,5 *кг*
Прибор для определения угла естественного откоса песка УВТ-2	1 шт.
Арифмометр или счетная машинка	1 шт.
Счеты конторские	2 шт.
Линейка прозрачная из оргстекла 40 *см* для работы с номограммой	2 шт.
Линейка логарифмическая	1 шт.
Журналы и отчетные ведомости, графики гранулометрического состава в полулогарифмическом масштабе	
Канцелярские принадлежности (бумага, чернила, карандаши, ручки, линейки, угольники, клей, резинки, кнопки, скрепки)	
Миллиметровка	

Калька	
Металлический шкаф или ящик для хранения документации	1 шт.
Огнетушитель	1 шт.
Аптечка	1 шт.

Примечание. Марки приборов приведены по «Каталогу-справочнику по оборудованию и приборам для лабораторий строительно-монтажных организаций и предприятий стройиндустрии» (Стройиздат, 1967); в этом же каталоге указаны заводы-изготовители приборов и оборудования.

ПРИЛОЖЕНИЕ V

НОМЕРА СЕТОК ДЛЯ СИТ ПО ГОСТ 3584—53 и 6613—53

№ сетки	Номинальный диаметр отверстий в свету, *мм*	№ сетки	Номинальный диаметр отверстий в свету, *мм*
2,5	2,5	025	0,25
1,25	1,25	0315	0,315
1	1,0	014	0,14
063	0,63	01	0,1
05	0,50	005	0,05

ПРИЛОЖЕНИЕ VI

УКАЗАНИЯ ПО ПРОХОДКЕ ШУРФОВ ГЛУБИНОЙ ДО 15 м И ИХ КРЕПЛЕНИЮ

Проходка шурфов в несвязных грунтах глубиной более 1,5 *м* производится с обязательным креплением стенок шурфа. Стенки шурфа крепятся сплошной опалубкой. Перед началом работы по шурфованию рабочие проходят инструктаж по технике безопасности и производству работ с обязательной распиской в журнале. Для производства этих работ должна быть укомплектована бригада в составе четырех человек (1 плотник и 3 рабочих) с распределением обязанностей за каждым из них.

Грунт из шурфа вынимается вручную или механически, если есть для этого необходимое оборудование в виде электрической лебедки. Ручной подъем грунта осуществляется при помощи обычного (колодезного) ворота и бадьи на 15—20 *кг* грунта. Ворот крепится на бревнах или толстых досках и при последующем переходе на другой шурф не разбирается, а переносится целиком и устанавливается над шурфом после устройства крепления первого яруса. Размеры в плане первого (верхнего) яруса крепления шурфа при общей глубине до 15 *м* должны составлять 1,75×1,75 *м* или 2×2 *м*, а при глубине 5—7 *м* — 1,4×1,4 *м*, так как с углублением каждого яруса сечение шурфа будет сужаться на 10 *см*.

Высота каждого яруса опалубки составляет 1,0—1,5 *м*, желательно одного выбранного размера.

Если имеется сверху насыпной или рыхлый сухой грунт, то первый ярус необходимо делать меньшей глубины (из-за возможных обвалов). Доски опалубки устанавливаются без зазоров в вертикальном положении. Толщина опалубочных досок 40 *мм* (при глубине до 7 *м*) или 60 *мм* (при глубине 7—15 *м*); крепление их производится венцами из досок толщиной не менее



Рис. 24. Крепление шурфа
а—крепление стенок шурфа; *б*—установка венца; *в*—схема проходки шурфа.

60 *мм* (при глубине шурфа до 5 *м*) и 80 *мм* (при глубине 5—7 *м*). При большей глубине шурфа применяются венцы из брусьев.

При проходке последовательно нескольких шурфов в целях экономии лесоматериалов все опалубочные и венцовые доски нумеруются. Порядок крепления шурфа следующий. Доски опалубки устанавливаются в вертикальном положении по периметру шурфа, а потом крепятся двумя венцами в порядке, показанном на рис. 24. Доски, составляющие элементы венцов, обязательно должны устанавливаться с натягом. На каждом ярусе опалубки устанавливаются два венца крепления. Расстояние между ярусами крепления 75—80 *см* при глубине шурфа до 7 *м* и 50 *см* на глубине 7—15 *м*. При глубине шурфа от 7 до 15 *м* вместо замковых досок толщиной 80 *мм* применяется брус 120×120 *мм* или 160×160 *мм*. При этом замковый брус для двух смежных венцов крепления должен устанавливаться во взаимно перпендикулярных направлениях. Вся система устройства венца следующего яруса крепления шурфа должна быть повернута на 90° по сравнению с предыдущим.

При глубине шурфа более 7 *м* выполняется поверочный расчет крепления с учетом местных условий.

Доски опалубки должны быть обрезные или шпунтовые. Каждый последующий вертикальный ярус опалубки устанавливается внахлестку по отношению к предыдущему с заходом на 15 *см*.

ПРИЛОЖЕНИЕ VII

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТАВА, ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И СОСТОЯНИЯ ГРУНТА

Пористость грунта определяет объем пустот (пор) в единице объема грунта или отношение объема пор к объему грунта:

$$n = 1 - \frac{\gamma_{ск}}{\gamma_г} = 1 - \frac{\gamma_w}{\left(1 + \frac{w}{100}\right)\gamma_г}.$$

Здесь n — пористость в долях единицы; $\gamma_г$ — удельный вес грунта, *г/см*^{3}, *т/м*^{3}; γ_w — объемный вес грунта при естественной влажности, *г/см*^{3}, *т/м*^{3}; $\gamma_{ск}$ — объемный вес скелета грунта, *г/см*^{3}, *т/м*^{3}; w — влажность грунта, %. Если n в процентах, полученный результат надо умножить на 100.

Коэффициент пористости — отношение объема пор к объему скелета грунта

$$\varepsilon = \frac{\gamma_г - \gamma_{ск}}{\gamma_{ск}} = \frac{n}{1-n} = \frac{\gamma_г\left(1 + \frac{w}{100}\right)}{\gamma_w} - 1,$$

где ε — безразмерная величина.

При полном насыщении всех пор водой $\varepsilon_в = \frac{\gamma_г w}{\gamma_0 \cdot 100}$, где $\gamma_0 = 1$ — удельный вес воды, *г/см*^{3}, *т/м*^{3}. Пористость можно выразить через коэффициент пористости

$$n = \frac{\varepsilon}{1 + \varepsilon}.$$

Весовая влажность, в %:

$$w = \frac{\gamma_w - \gamma_{ск}}{\gamma_{ск}} 100.$$

Объемная влажность, в % — объем воды, содержащийся в единице объема грунта

$$w_0 = w \frac{\gamma_{ск}}{\gamma_0}.$$

Полная влагоемкость — влажность при полном заполнении пор грунта водой, в %:

$$w_{\text{п}} = \frac{\gamma_0 n}{\gamma_{\text{г}}(1-n)} 100 = \gamma_0 \left(\frac{1}{\gamma_{\text{ск}}} - \frac{1}{\gamma_{\text{г}}} \right) 100.$$

Объемный вес грунта под водой (во взвешенном состоянии), *г/см*^{3}, *т/м*^{3}:

$$\gamma_{\text{взв}} = \gamma_{\text{ск}} - (1-n)\gamma_{\text{в}}.$$

Степень влажности (относительная влажность, степень водонасыщения, коэффициент насыщения) — число, показывающее отношение фактической влажности к полной влагоемкости:

$$k_w = \frac{w}{w_{\text{п}}} = \frac{w\gamma_{\text{г}}}{100\varepsilon\gamma_0} = \frac{w\gamma_{\text{ск}}}{100n\gamma_0},$$

где k_w — величина безразмерная, изменяется от 0 до 1.

Коэффициент относительной плотности (степень плотности или относительная плотность) характеризует плотность сложения песчаного грунта при сопоставлении объемного веса скелета или пористости при естественном сложении с такими же показателями при предельно плотном и предельно рыхлом сложениях:

$$D = \frac{\varepsilon_{\text{р}} - \varepsilon}{\varepsilon_{\text{р}} - \varepsilon_{\text{п}}} = \frac{(n_{\text{р}} - n)(1 - n_{\text{п}})}{(n_{\text{р}} - n_{\text{п}})(1 - n)} = \frac{\gamma_{\text{ск}} - \gamma_{\text{р}}}{\gamma_{\text{п}} - \gamma_{\text{р}}} \frac{\gamma_{\text{п}}}{\gamma_{\text{ск}}},$$

где $\varepsilon_{\text{п}}$, $n_{\text{п}}$ и $\gamma_{\text{п}}$ — соответственно коэффициент пористости, пористость и объемный вес скелета грунта в предельно плотном сложении; $\varepsilon_{\text{р}}$, $n_{\text{р}}$ и $\gamma_{\text{р}}$ — те же показатели в предельно рыхлом сложении; D — величина безразмерная, изменяется от 0 до 1.

Коэффициент уплотняемости песчаного грунта:

$$F = \frac{\varepsilon_{\text{р}} - \varepsilon_{\text{п}}}{\varepsilon_{\text{п}}} = \frac{n_{\text{р}} - n_{\text{п}}}{n_{\text{п}}(1 - n_{\text{р}})}.$$

Число пластичности: $w_{\text{п}} = w_{\text{т}} - w_{\text{р}}$, где $w_{\text{т}}$ — весовая влажность на границе текучести, %; $w_{\text{р}}$ — весовая влажность на границе раскатывания, %.

Консистенция (показатель консистенции) характеризует состояние глинистого грунта: твердое, пластичное и текучее и его степень подвижности:

$$B = \frac{w - w_{\text{р}}}{w_{\text{т}} - w_{\text{р}}} = \frac{w - w_{\text{р}}}{w_{\text{п}}} \qquad (B \text{ — величина безразмерная}).$$

Показатель естественной уплотненности глинистого грунта:

$$k_d = \frac{\varepsilon_{\text{т}} - \varepsilon}{\varepsilon_{\text{т}} - \varepsilon_{\text{р}}} = \frac{w_{\text{т}} - w}{w_{\text{п}}},$$

где $\varepsilon_{\text{т}}$ — коэффициент пористости на границе текучести; $\varepsilon_{\text{р}}$ — коэффициент пористости на границе раскатывания.

Показатель степени сжатия глинистого грунта:

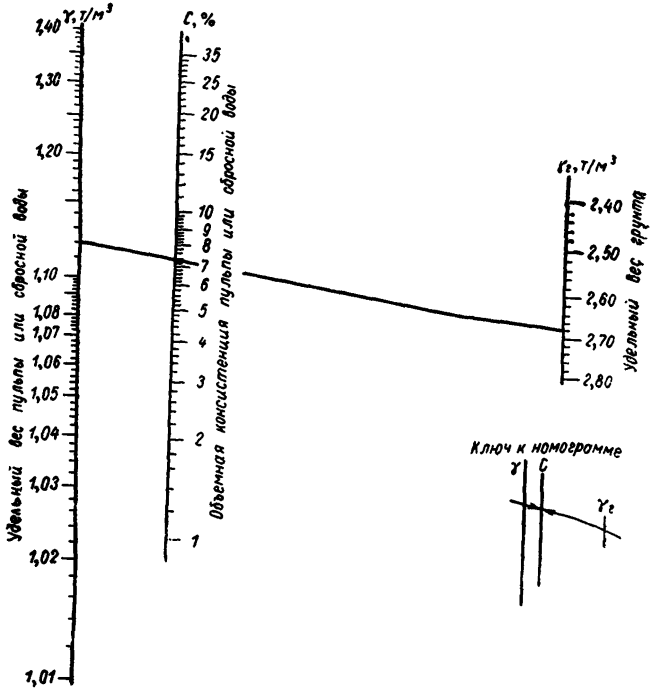
$$k_c = \frac{\varepsilon_т - \varepsilon}{1 + \varepsilon_т}.$$

Коэффициент разнозернистости (неоднородности) $k_н = \frac{d_{60}}{d_{10}}$.

Параметр разнозернистости: $П = d_{50}\frac{d_{90}}{d_{10}}$.

ПРИЛОЖЕНИЕ VIII

НОМОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНСИСТЕНЦИИ ПУЛЬПЫ ИЛИ СБРОСНОЙ ВОДЫ



Пример: $\gamma = 1{,}12$; $\gamma_т = 2{,}68$, $C = 7{,}15\%$.

КЛАССИФИКАЦИЯ ГРУНТОВ

А. По СНиП II-Б. 1-62*

1. Крупнообломочный и песчаный грунт

Характеристика грунта по гранулометрическому составу

Виды крупнообломочных и песчаных грунтов	Распределение частиц по крупности в % от веса сухого грунта
Крупнообломочные	
Грунт щебенистый (при преобладании окатанных частиц галечниковый)	Вес частиц крупнее 10 *мм* составляет более 50%
Грунт дресвяный (при преобладании окатанных частиц гравийный)	Вес частиц крупнее 2 *мм* составляет более 50%
Песчаные	
Песок гравелистый	Вес частиц крупнее 2 *мм* составляет более 25%
Песок крупный	Вес частиц крупнее 0,5 *мм* составляет более 50%
Песок средней крупности	Вес частиц крупнее 0,25 *мм* составляет более 50%
Песок мелкий	Вес частиц крупнее 0,1 *мм* составляет более 75%
Песок пылеватый	Вес частиц крупнее 0,1 *мм* составляет менее 75%

Примечание. Для установления наименования грунта последовательно суммируются проценты содержания частиц исследуемого грунта, сначала крупнее 10 *мм*, затем крупнее 2 *мм*, далее крупнее 0,5 *мм* и т. д. Наименование грунта принимается по первому удовлетворяющему показателю в порядке расположения наименований в таблице.

При степени неоднородности песчаного грунта $k_н > 3$ к наименованию песков гравелистых, крупных и средней крупности добавляют наименование «разнозернистый песок».

Характеристика грунта по степени влажности:

маловлажные	$k_w \leqslant 0{,}5$;
влажные	$0{,}5 < k_w \leqslant 0{,}8$;
водонасыщенные	$k_w > 0{,}8$.

Характеристика грунта по плотности в зависимости от коэффициента пористости

Виды песчаных грунтов	Сложение песчаных грунтов		
	Плотное	Средней плотности	Рыхлое
Пески гравелистые, крупные и средние	$\varepsilon < 0{,}55$	$0{,}55 \leqslant \varepsilon \leqslant 0{,}70$	$\varepsilon > 0{,}70$
Пески мелкие	$\varepsilon < 0{,}60$	$0{,}60 \leqslant \varepsilon \leqslant 0{,}75$	$\varepsilon > 0{,}75$
Пески пылеватые	$\varepsilon < 0{,}60$	$0{,}60 \leqslant \varepsilon \leqslant 0{,}80$	$\varepsilon > 0{,}80$

2. Глинистый грунт

Характеристика грунта по числу пластичности

Виды глинистых грунтов	Число пластичности
Супесь	$1 \leqslant w_п \leqslant 7$
Суглинок	$7 < w_п \leqslant 17$
Глина	$w_п > 17$

Характеристика грунта по консистенции

Наименование грунта	Консистенция
Супеси:	
твердые	$B < 0$
пластичные	$0 \leqslant B \leqslant 1$
текучие	$B > 1$
Суглинки и глины:	
твердые	$B < 0$
полутвердые	$0 < B \leqslant 0{,}25$
тугопластичные	$0{,}25 < B \leqslant 0{,}50$
мягкопластичные	$0{,}50 < B \leqslant 0{,}75$
текучепластичные	$0{,}75 < B \leqslant 1$
текучие	$B > 1$

Б. Классификация фракций грунта в зависимости от крупности частиц

Наименование фракций	Диаметр частиц, *мм*
Глина	<0,005
Пыль:	
мелкая	0,005—0,01
крупная	0,01—0,05
Песок:	
тонкий	0,05—0,10
мелкий	0,10—0,25
средний	0,25—0,5
крупный	0,5—2,0
Гравий (окатанный) или дресва (угловатая):	
мелкий	2—5
средний	5—10
крупный	10—20
Галька (окатанная) или щебень (угловатый):	
мелкая	20—40
средняя	40—60
крупная	60—100
очень крупная	100—200
Валуны (окатанные) или камни (угловатые):	
мелкие	200—400
средние	400—800
крупные	> 800

В. Классификация песчаного грунта в зависимости от коэффициента относительной плотности

Рыхлые	$0 \leqslant D < 0{,}33$
Средней плотности	$0{,}33 \leqslant D \leqslant 0{,}66$
Плотные	$0{,}66 < D \leqslant 1$

Г. Классификация карьерных грунтов по их пригодности для возведения намывных плотин

На основании изучения гранулометрического состава карьерных грунтов намывных плотин и рекомендаций СНиП II-53-73 на рис. 25 нанесены граничные кривые пяти зон грунтов для приближенной оценки гранулометрического состава рассматриваемого карьерного грунта в отношении пригодности его для образования намывной плотины того или иного типа.

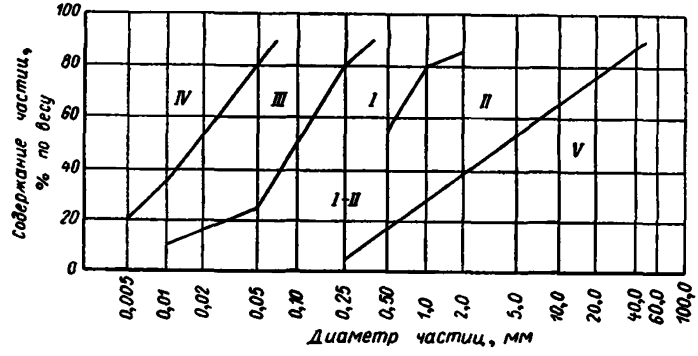


Рис. 25. Граничные кривые зон гранулометрического состава карьерных грунтов, используемых для возведения намывных плотин.

В зависимости от того, в пределах какой зоны располагается кривая гранулометрического состава выбранного карьерного грунта, могут быть образованы следующие типы намывной плотины:

в III зоне — однородная супесчаная или лессовая плотина,
в I зоне — однородная песчаная плотина,
во II зоне — неоднородная гравийно-песчаная плотина.

Карьерный грунт IV зоны может быть использован при соответствующем обосновании для намыва ядерной зоны плотины, а грунт V зоны — для намыва боковой призмы или шапки плотины.

НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

1. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов ГОСТ 12071-72

2. Грунты. Методы лабораторного определения зернового (гранулометрического) состава ГОСТ 12536-67

3. Грунты. Метод лабораторного определения влажности ГОСТ 5179-64

4. Грунты. Метод лабораторного определения количества гигроскопической воды ГОСТ 5180-64

5. Грунты. Метод лабораторного определения удельного веса ГОСТ 5181-64

6. Грунты. Методы лабораторного определения объемного веса ГОСТ 5182-64

7. Грунты. Метод лабораторного определения границы раскатывания ГОСТ 5183-64

8. Грунты. Метод лабораторного определения границы текучести ГОСТ 5184-64

9. Грунты. Метод лабораторного определения сопротивления срезу песчаных и глинистых грунтов на срезных приборах в условиях завершенной консолидации ГОСТ 12248-66

10. Торф. Метод определения содержания влаги ГОСТ 11305-65

11. Торф. Метод ускоренного определения содержания влаги и зольности ГОСТ 7302-61

12. Торф. Метод определения степени разложения ГОСТ 10650-72

13. Торф. Метод определения степени зольности ГОСТ 11306-65

14. Грунты. Метод полевого испытания статическими нагрузками ГОСТ 12374-66

15. Грунты. Метод лабораторного определения временного сопротивления при одноосном сжатии ГОСТ 17245-71

16. Организация геотехнического контроля в энергетическом строительстве. ВСН 020-69. НИС Гидропроекта, 1969.

17. Инструкция по разведке и опробованию грунтов для намыва плотин и дамб. Госэнергоиздат, 1956.

18. Руководство по определению состава и объема инженерно-геологических изысканий для гидротехнического строительства. $\frac{\text{П 651-73}}{\text{Гидропроект}}$, М. «Энергия», 1974.

19. Инструкция по определению полевых контрольных характеристик грунта, уложенного или намытого в земляные сооружения. ВНИИ ВОДГЕО, 1969.

20. СНиП II-53-73. Плотины из грунтовых материалов. Нормы проектирования.

21. СНиП III-Б. 1-71. Земляные сооружения. Правила производства и приемки работ.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3

1. Общие положения 5
2. Система контрольных наблюдений 8
3. Контроль за разработкой грунта в карьере 9
4. Наблюдения за технологией намыва и осветлением сбросной воды 10
5. Контроль качества намытого грунта 16
6. Наблюдения за состоянием намываемой плотины 23
7. Обработка результатов геотехнических определений 25
8. Ведение текущей и отчетной документации 32

Приложения

I. Методика полевых и лабораторных геотехнических определений 37

Объемный вес грунта в естественном состоянии и объемный вес скелета грунта 37
Влажность грунта и содержание гигроскопической воды . . . 44
Удельный вес грунта 45
Пределы пластичности грунта 46
Объемный вес скелета грунта в предельных состояниях . . . 48
Гранулометрический состав грунта 50
Коэффициент фильтрации грунта 63

II. Сдвигомер-крыльчатка СК-8 73

III Формы журналов 75

IV. Перечень приборов и оборудования для полевой лаборатории геотехнической службы по контролю за качеством возведения намывного сооружения 86

V. Номера сеток для сит по ГОСТ 3584—53 и 6613—53 89

VI. Указания по проходке шурфов глубиной до 15 *м* и их креплению 89

VII. Основные формулы для определения показателей состава, физико-механических свойств и состояния грунта 91

VIII. Номограмма для определения консистенции пульпы или сбросной воды 93

IX. Классификация грунтов 94

Нормативные документы 96

ИНСТРУКЦИЯ ПО КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ВОЗВЕДЕНИЯ НАМЫВНЫХ ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЙ

ВСН 43-71*
Минэнерго СССР

Научный редактор *К. С. Сорокина*

Редактор *Р. Н. Тиназова*

Технический редактор *Т. М. Бовичева*

Ленинградское отделение издательства «Энергия», 192041, Ленинград, Марсово поле, 1.

Сдано в набор 19/XI 1973 г.
Подписано к печати 31/I 1974 г.
М-22183. Формат 60×90/16.
Бумага типографская № 1.
Печ. л. 6,125. Уч.-изд. л. 6,37.
Тираж 2500. Заказ 587.
Цена 64 коп.

Типография Всесоюзного ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательского института гидротехники им. Б. Е. Веденеева. 194220, Ленинград, Гжатская ул., 21.

gost.e-ecolog.ru