

Ташкент 2012

**ИССЛЕДОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИИ
СТРОИТЕЛЬСТВА
ЗАКРЫТОГО
ГОРИЗОНТАЛЬНОГО
ДРЕНАЖА В ЗОНЕ
ОРОШЕНИЯ И РАЗРАБОТКА
МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЕЕ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ**

Результаты исследований прошлых лет (1966-1986 гг.)

Содержание

Введение	5
Глава I. Исследование технологии строительства закрытых горизонтальных дрен в зоне орошения.....	6
1.1. Основные конструктивные элементы закрытых дрен	7
1.2. Способы строительства закрытого дренажа	22
1.3 Технологические операции строительства дренажа и средства механизации.....	26
Выводы и рекомендации по главе I	49
Глава II. Исследование состояния построенных дренажных систем и объектов строительства закрытого горизонтального дренажа на вновь осваиваемых землях Узбекистана	52
Глава III. Усовершенствование конструктивных элементов закрытых горизонтальных дрен.....	62
3.1. Разработка технологии и оборудования для изготовления керамических дренажных труб с коническими срезами (фасками) и выступами в производственных условиях	62
3.2. Разработка технологии и оборудования для изготовления керамических дренажных труб с цилиндро-конусным ребристым раструбом в производственных условиях	78
3.3. Совершенствование конструкции смотровых колодцев закрытых дренажных систем.....	100
Глава IV. Исследование механического уплотнения грунтов обратной засыпки дренажных траншей на полную глубину с целью обоснования параметров грунтоуплотняющей машины	106
4.1. Современные способы уплотнения и омоноличивания грунта в строительстве.....	107
4.1.1. Вопросы терминологии	107
4.1.2. Способы механического уплотнения грунта	107
4.1.3. Обоснование рационального способа уплотнения обратных засыпок дренажных траншей.....	112
4.2. Обоснование требуемой плотности и распределения ее по глубине дренажной траншеи для условий поверхностного трамбования обратной засыпки	116
4.3. Вопросы методики исследования поверхностного трамбования обратной засыпки на полную глубину дренажной траншеи	120
4.4. Исследование влияния числа ударов трамбуемого органа при уплотнении грунта обратной засыпки дренажных траншей	143
4.5. Исследование влияния веса трамбуемого органа при уплотнении грунта обратной засыпки дренажных траншей.....	167

4.6. Исследование влияния высоты сбрасывания трамбующего органа при уплотнении грунта в траншее	188
4.7. Анализ результатов уплотнения обратной засыпки дренажных траншей при постоянной длине трамбующего органа	198
4.8. Исследование влияния длины трамбующего органа при уплотнении грунта обратной засыпки дренажных траншей	200
4.9. Рекомендации по выбору параметров рабочего органа и режима работы грунтоуплотняющей машины для уплотнения обратной засыпки дренажной траншеи	215
Выводы	217
Глава V. Разработка и совершенствование средств механизации для строительства закрытых горизонтальных дрен различными способами	220
5.1. Средства механизации для траншейного способа строительства	223
5.1.1. Машина для уплотнения грунта обратной засыпки дрен на полную глубину	223
5.1.2. Машина для планировки трасс дренаукладчика под заданный уклон строящейся дрены	226
5.1.3. Машина для устройства устьевых сооружений в траншеях дрен	231
5.1.4. Дренаукладчик со складывающимся при транспортировании бункером	231
5.1.5. Ступенчатый бункер для траншейного дренаукладчика	233
5.1.6. Роющий орган траншейного дренаукладчика	235
5.2. Средства механизации для щелевого способа строительства	239
5.2.1. Дренаукладчик ЭДЦ–251	239
5.3. Средства механизации для широкотраншейного способа строительства	244
5.4. Перспективная «Система машин для комплексной механизации строительного производства»	248
5.5. Нормирование потребности в технике для строительства и эксплуатации гидромелиоративных систем	249

Введение

В условиях аридной зоны орошаемого земледелия, к которым относится Узбекистан и другие государства Центральной Азии, с ее характерными почвенно-климатическими особенностями сельское хозяйство базируется, главным образом, на искусственном орошении, осуществляемым с помощью создаваемых орошаемых систем и проведением комплекса мероприятий по мелиоративному улучшению земель.

В странах Центральной Азии ведется определенная работа по совершенствованию сельскохозяйственного производства на основе как освоения новых земель, так и качественного улучшения мелиоративного состояния, повышения плодородия и водообеспеченности орошаемых земель.

Значительные работы выполняются по реконструкции и совершенствованию технического уровня гидромелиоративных систем и внедрению совершенных типов дренажа.

Несмотря на то, что строительство закрытого горизонтального дренажа в зоне орошения ведется уже на протяжении почти полувека, а протяженность закрытых дрен превышает 30 тыс.км, в конструктивных решениях отдельных элементов дрен, в способах строительства и технологических процессах ведения работ имеются недостатки, которые оказывают отрицательное влияние на качество работ, и как следствие, на надежность, работоспособность и сохранность дрен.

Автор настоящей работы не ставит перед собой цели разработки каких-либо новых предложений и рекомендаций по дальнейшему совершенствованию дренажных систем и способах их реализации в современных условиях.

В данной работе лишь обобщены и систематизированы все результаты работ, выполненные лично автором или в соавторстве с коллегами работавших вместе по данной проблеме на протяжении более двадцати лет.

Изложенный материал послужит «базой знаний» для современных специалистов в их работе при решении задач в данной области.

Глава I. Исследование технологии строительства закрытых горизонтальных дрен в зоне орошения

Технология механизированного строительства закрытого дренажа с начала массового освоения земель в центральной Азии сформировалась в самостоятельную проблему, над решением которой, как важной актуальной задачи, работали многие отраслевые научно-исследовательские, проектно-конструкторские и производственные организации.

Прежде чем приступить к изложению проведенных исследований по технологии работ, необходимо, на наш взгляд, в первую очередь уточнить и конкретизировать терминологию, толкование слова «технология», т.к. в различных изданиях у различных авторов это слово имеет разное толкование. Не вдаваясь в подробный анализ толкования этого слова различными авторами, примем за основу как наиболее обобщенное емкое, по нашему мнению, классификацию, предложенную к. т. н. У.Ю. Пулатовым: «технология есть совокупность способов выполнения определенного, наперед заданного процесса с использованием соответствующих технических средств механизации, автоматизации и управления, а также элементов, слагающих конструкцию объекта цели».

Исходя из данного толкования термина «технология», автор в своих изложенных ниже исследованиях, наряду со способами производства работ и конструкциями машин, рассматривает вопросы совершенствования элементов дренажной системы.

Различные аспекты теории и практики этой многогранной и по существу отдельного раздела гидромелиоративной науки освещены в публикациях целого ряда специалистов: Аббарходжаева А., Бердянского В.К., Буравцева В.Н., Волкова В.В., Духовного В.А., Казакова В.С., Карева Н.В., Карпова К.П., Кузина Э.Н., Кущнира А.М., Мирсагатова А.Н., Островского Э.М., Пулатова У.Ю., Томина Е.Д., Тюрина Л.П., Шапочкина А.Н., Шапран В.Я., Чирвы Ю.А. и др.

При участии автора, а также им самим выполнен ряд работ по совершенствованию и разработке новых элементов дрен, технических требований на создание новых конструкций машин, способов производства работ. Результаты исследований автора изложены в научно-технических отчетах, статьях, тезисах докладов, информационных изданиях.

Внедрение закрытого дренажа в зоне орошения было начато в конце 1950-х годов в Голодной степи. Со второй половины 1960-х годов закрытый дренаж находит применение на осваиваемых территориях Сурхан-Шерабадской, Джизакской, Каршинской степей. Используемый в комплексе мелиоративных мероприятий по ликвидации и предотвращению засоления земель, этот вид дренажа нашел применение во многих районах земледелия Центральной Азии, Азербайджана, юга Украины и России.

Эффективность и надежность работы дрен зависит от конструктивных (проектных), технологических (строительных) и эксплуатационных факторов, зависящих от совершенства конструктивных элементов дрен, качества выполнения операций технологического процесса строительства и уровня технической эксплуатации дренажных систем.

Автором предложена классификация видов закрытого горизонтального дренажа в аридной зоне [1.1], представленная на рис. 1.1.

1.1. Основные конструктивные элементы закрытых дрен

Закрытая горизонтальная дрена представляет собой подземное водоприемно-транспортирующее сооружение, основным рабочим элементом которого является дренажная линия, уложенная с заданным уклоном на определенной (3-4 м) глубине от поверхности земли (рис. 1.1а).

Дренажная линия принимает и отводит в собиратель (коллектор) грунтовую воду, поддерживая ее заданный уровень. Она состоит из трубчатой линии и защитного фильтрового слоя. К вспомогательным конструктивным элементам относятся смотровые колодцы, приустьевая часть и устье дрены, через которое отводимая вода сбрасывается в собиратель.

Дренажные трубы отличаются по таким показателям, как длина, конструкция водоприема, материал, диаметр, толщина стенок, прочность, масса, форма, конструкция стыкового соединения и т.д.

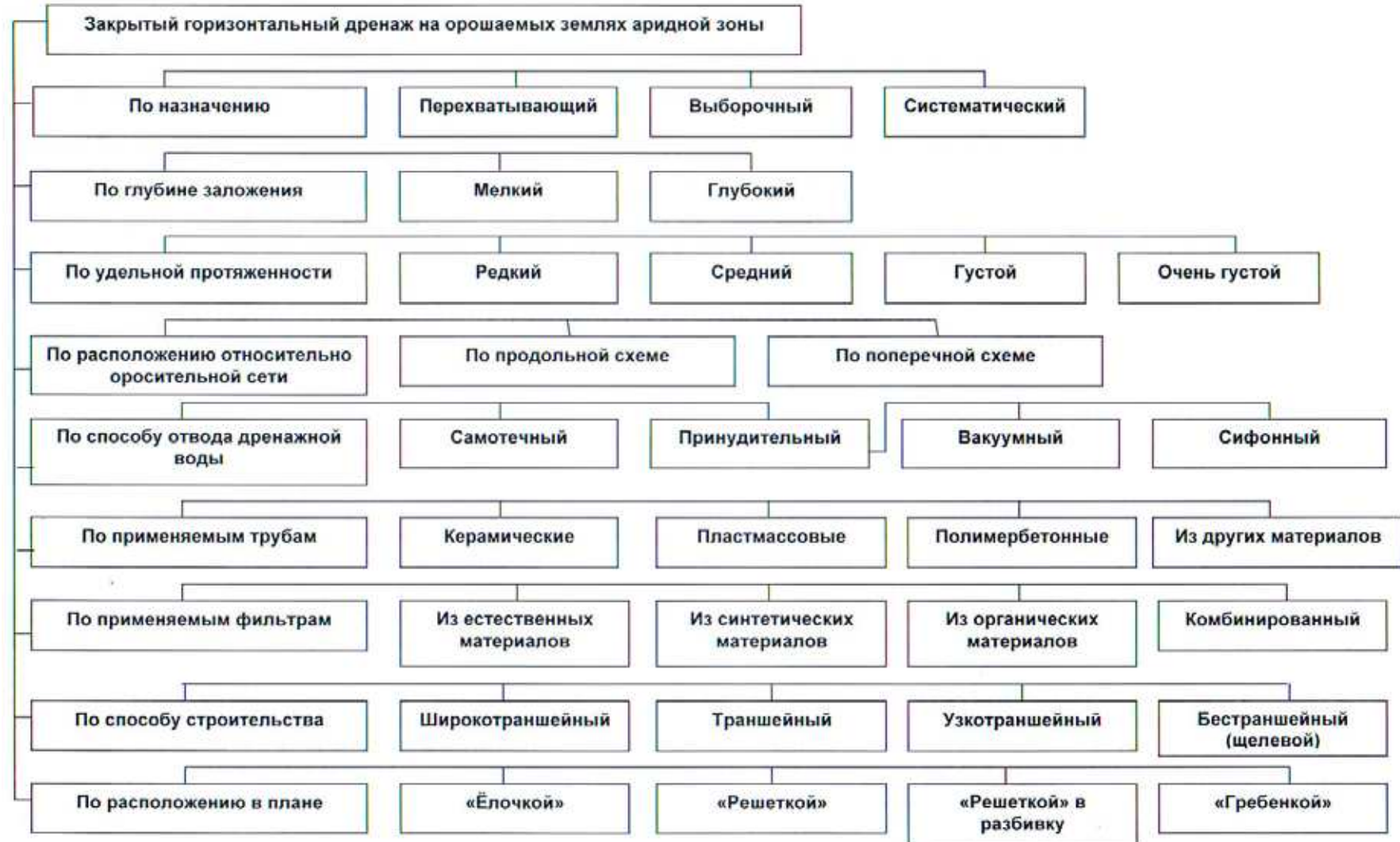


Рис. 1.1. Виды закрытого горизонтального дренажа в аридной зоне



Рис. 1.1а. Дренажная линия

При строительстве дренажа применяют короткомерные (0,33-1,0 м), среднемерные (4,0-8,0 м) и длинномерные (в бухтах) трубы. В первом случае водоприем осуществляется через зазоры в стыках, во втором и третьем – через перфорацию круглого (дырчатое) или прямоугольного (щелевое) сечения, выполненную в стенках труб. В зависимости от свойств дренируемых грунтов и материалов фильтра зазор в стыках или размер перфорации колеблется от 1 до 4 мм.

При освоении новых земель в Узбекистане прошли производственную проверку трубы из различных материалов: керамические (гончарные), пластмассовые, бетонные, полимербетонные, железобетонные и др.

К достоинствам керамических дренажных труб можно отнести долговечность, устойчивость в агрессивных средах, стойкость против истирания, гладкую внутреннюю поверхность; к недостаткам - хрупкость, требующую особой осторожности при погрузочно-разгрузочных операциях и транспортировании.

Широкое применение среди керамических труб получили раструбные с внутренним диаметром 100, 150 и 200 мм при длине 600 мм.

Асбестоцементные трубы использовались, в основном, при сборке приустьевых частей и устья дрен.

Пластмассовые дренажные трубы, поставляемые обычно в бухтах, отличаются относительно низкой массой, возможностью прокладывать дрены непрерывной линией и т.д. К недостаткам их надо отнести

восприимчивость к высоким и низким температурам, подверженность солнечной радиации, что влияет на прочность.

Получили распространение также гофрированные трубы из полиэтилена, выпускаемых Джизакским заводом и опытным производством ГСКБ по ирригации. В условиях опытного производства СКБ ВНПО «Союзводполимер» (Латвия) был отработан технологический процесс производства труб из наполненного полиэтилена 90 мм [1.2].

На освоенных землях Джизакской, Кашкадарьинской, Ферганской и Сырдарьинской областей были уложены дрены из гофрированных дренажных труб диаметром 90, 125 и 200 мм, изготовленных из полиэтилена (ГОСТ 16338-85) на поточной линии фирмы «Ольтманс» (ФРГ).

Имеется опыт строительства дрен из бетонных и железобетонных безнапорных труб. Однако они имели ограниченное применение. Объем их применения мог бы возрасти с расширением строительства закрытых коллекторов.

Были разработаны рекомендации по производству дренажных труб из крупнопористого фильтрационного бетона на пористых заполнителях, из фильтрующего бетона осевого послойного прессования и крупнопористого фильтрационного бетона на плотных заполнителях.

В практике строительства было апробировано множество разновидностей соединений дренажных труб, от которых, помимо водоприемной способности, зависит также надежность работы дрены (рис. 1.2).

Однако при укладке дрен наибольшее применение получили трубы с раструбным соединением, на выпуске которых специализировались ведомственные заводы дренажных труб. Имеется опыт соединения труб эластичными муфтами. Например, ВНИИстром им. П.П. Будникова совместно с ВО «Союзводпроект» разработал конструкцию шлицевых керамических дренажных труб, технологию их изготовления и механизированной укладки в траншеи. Шлицевая труба имеет на внутренней поверхности продольные выступы по всей длине, расположенные равномерно по периметру. Высота их 1-2 мм, ширина 6-8 мм. Количество шлицев для труб диаметром 50 мм - 6, для труб диаметром 75 и 100 мм - 8. По другим показателям трубы соответствуют действующему ГОСТу 8411-74.

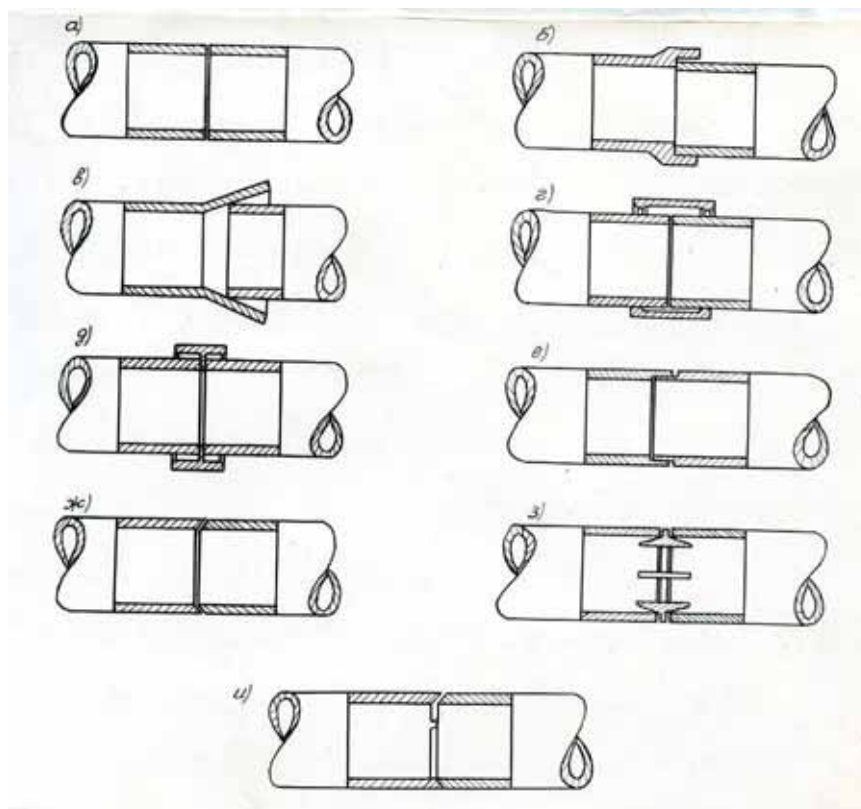


Рис.1.2. Стыковые соединения дренажных труб:

- а - с прямым торцом; б - с цилиндрическим раструбом;
 в - с коническим раструбом; г - муфтное; д - фасочное;
 е - с цилиндрической заточкой наружного и внутреннего торцов;
 ж - с закладными деталями.

Шлицевые трубы соединяются эластичными муфтами, патрубков которых входит внутрь трубы и располагается равномерно по выступающим шлицам. Зазор между поверхностью патрубка муфты и внутренней поверхностью трубы служит для приема воды. Трубы рассчитаны на применение в зоне осушения.

Проведенными исследованиями технического состояния дрен из различных по конструкции и материалу труб было установлено, что чаще всего неудовлетворительным оно бывает у дрен, построенных из керамических гладких труб с прямым торцом (вертикальные и горизонтальные смещения), керамических раструбных канализационных (большие зазоры в стыке), полиэтиленовых и винипластовых гладких с щелевой перфорацией (сплющивание и увеличение размеров щелей). Наименьшее заиливание наблюдалось у дрен из керамических раструбных труб и полиэтиленовых гофрированных с дырчатой перфорацией.

Объединение в одной детали трубы и фильтра позволило получить новый конструктивный элемент – трубофильтр, для изготовления которого можно использовать практически любые местные строительные

материалы: гравий, щебень, песок, керамзит и др., а в качестве вяжущего – различные цементы, клеи, битумы, органические вяжущие, выбор которых определяется в зависимости от агрессивных вод. Для условий Центральной Азии наилучшим вяжущим является глиноземистый цемент. Производство трубофильтров вблизи строительства значительно бы снизило затраты на их применение [1.3-1.6].

Во многих зарубежных странах при строительстве дренажа применяли традиционные (керамика, бетон, асбестоцемент и др.) и новые синтетические (пластмассы) материалы. В США, например, керамические и бетонные трубы выпускались стандартного и высшего качества, а также для особо тяжелых условий. По конструкции стыкового соединения трубы изготавливали с прямым (плоским) торцом, раструбами и буртиками для шпунтового соединения.

Для особо тяжелых условий использовали трубы металлические рифленые, из битумизированного фибра с перфорацией на муфтовом соединении, асбестоцементные, пластмассовые и др.

Имеется опыт создания многослойной конструкции дренажной трубы с металлическим каркасом. В Англии, ФРГ и других странах были предложены конструкции керамических труб с наружными канавками для повышения водоприема и бетонные фильтрующие с пазами и фальцами.

Следует отметить перспективность применения пластмассовых труб, объем внедрения которых значительно возрос за последние годы. Однако нельзя полностью исключать из практики керамические и полимербетонные трубы, имеющие свои преимущества.

Керамические трубы, например, уступая пластмассовым в технологичности укладки, дешевизне и других показателях, помимо высокой стойкости в агрессивных средах, отличаются долговечностью: при высоком качестве изготовления и строительства они могут прослужить 100 лет и более. Поэтому, с развитием пластмассового дренажа, рекомендовано также продолжение строительства дренажей из керамических и полимерных труб, керамзитобетонных и других трубофильтров.

Был выполнен ряд разработок, направленных на совершенствование конструктивных элементов дренажей, в том числе трубчатой линии, рассчитанных на внедрение в ближайшие годы. Среди них можно отметить предложенную специалистами САНИИРИ карбамидную полимербетонную дренажную конусную трубу для строительства дренажей в грунтах с высокой минерализацией грунтовых вод [1.7]. Благодаря разности диаметров концов одна труба свободно вставляется в другую. Глубина насадки зависит от конусности стенок. Водоприемная

способность дренажного трубопровода обеспечивается путем нарезки канавок или образования выступов на одном из конусов каждой трубы.

Предложена конструкция труб на временных муфтах-фильтрах (рис. 1.3).

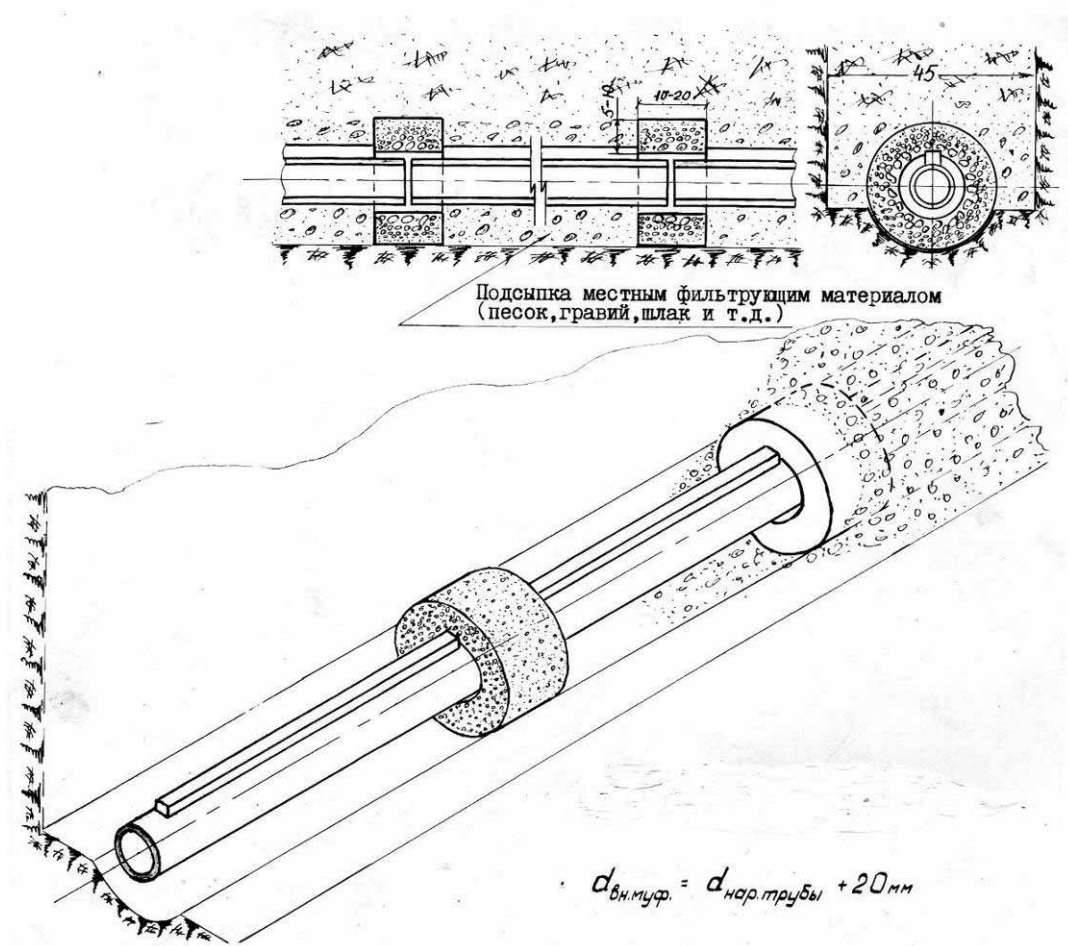


Рис. 1.3. Конструкция дренажных труб на временных муфтах-фильтрах

Важным конструктивным элементом является фильтр, предназначенный для защиты труб от заиливания и увеличения водоприемной способности дренажа. От правильного подбора защитно-фильтрующего материала (ЗФМ) и качества его устройства зависит надежность работы дренажа. При проектировании фильтров учитывают такие свойства дренируемого грунта, как связность, плотность, влажность и др. При пестром литологическом строении ЗФМ подбирают по наиболее слабому в фильтрационном отношении дренируемому грунту. В аридной зоне для устройства фильтров закрытых дрен имели применение как сортированный гравий, песчано-гравийные смеси, так и органические (солома) и синтетические (нетканые иглопробивные полотна) материалы.

Долговечность органических ЗФМ ограничена и в большой степени зависит от исходного материала и условий его применения. Сотрудники САНИИРИ, исследовав фильтр из рисовой соломы, установили его подверженность биохимическому разложению, интенсивность которого зависит от почвенно-климатических условий. Обработка химическими препаратами и прекращение доступа воздуха замедляют темпы развития бактерий, но, тем не менее, срок службы этих фильтров незначителен. Применение их ограничивается также из-за крупнопористой структуры.

Что же касается синтетических нетканых материалов, то их виды и способы получения практически неограниченны [1.8].

В некоторых странах освоен выпуск защитно-фильтрующих материалов на основе синтетических волокон. Например, в Латвии было налажено опытное производство нетканого мелиоративного полотна. Во ВНИИНТМ разработано полотно нетканое иглопробивное защитно-изолирующее, производство которого было начато на Суворовской фабрике объемной пряжи. Однако объем выпуска этих материалов не удовлетворяет потребности даже зоны осушения, где они нашли применение.

Из-за большого разнообразия свойств дренируемых грунтов очень сложно создать универсальный структурный ЗФМ, поэтому целесообразнее была бы разработка искусственных ЗФМ с параметрами, применимыми к различным условиям аридной зоны.

Специалистами ВНИИГиМ и Каракумстроя была предложена конструкция дрены с комбинированным фильтром, включающим главную рабочую часть для защиты полости дрен от заиления и предотвращения фильтрационных деформаций и вспомогательную – для водоприемной способности дрены. Главная часть состоит из стеклохолста марки ВВ-АМ или другого тонковолокнистого фильтрующего вещества, вспомогательная – из барханного песка или другого местного материала. Предлагаемая конструкция заменяет традиционную-гончарные трубы с обсыпкой песчано-гравийной смесью оптимального состава [1.9].

При укладке дренажной линии с фильтрами из искусственных ЗФМ следует исключить возможность их контакта с переувлажненными грунтами или пульпой. Незначительная (0,01%) концентрация глинистых частиц в пульпе приводит к кольматации самого ЗФМ и резкому ухудшению его фильтрационных свойств, а высокая (1 %) – к образованию наилка на поверхности фильтра с низкой проницаемостью. Следовательно, в обоих случаях происходит экранирование водоприемной части дрены [1.10].

При формировании контактной зоны искусственных ЗФМ с дренируемым грунтом отмечается также незначительное снижение

водоприемной способности дрен, поэтому при использовании нетканых иглопробивных полотен к расчетному диаметру дрен следует вводить поправочный коэффициент, равный 0,7 [1.10].

Специалисты САНИИРИ, Узгипроводхоза и треста Узоргтехстроймелиорация изучили возможности применения рулонных ЗФМ в конструкции закрытого горизонтального дренажа, на основании которых в 1985 г. разработаны «Временные рекомендации по применению защитно-фильтрующих материалов для перфорированных полиэтиленовых труб». Однако, отсутствие широких производственных исследований в аридной зоне, данных об устойчивости материалов при длительном нахождении в агрессивной среде, а также ограниченное производство сдерживало их массовое применение. Поэтому в аридной зоне в качестве ЗФМ применяли в основном, проверенные в практике гидромелиоративного строительства, песчано-гравийные и гравийно-песчаные смеси, отвечающие установленным требованиям. Конструкции водоприемной части закрытых горизонтальных дрен показаны на рис. 1.4.

Исследованиями установлено, что в песчаных и тяжелых грунтах надежную защиту дрен обеспечивают крупнозернистые гравийно-песчаные смеси, в легких – мелкозернистые.

В САНИИРИ разработаны рекомендации, устанавливающие технические требования к фильтрам из песчано-гравийных материалов для совершенных типов дренажа, определяющих перечень карьеров, которые можно непосредственно или после предварительного обогащения использовать для устройства фильтровой обсыпки [1.11].

За рубежом, в качестве фильтра в зоне недостаточного увлажнения основными материалами продолжали оставаться песок и гравий. Широкое распространение получают фильтры из растительных, искусственных и синтетических волокон, особенно при строительстве дренажа из пластмассовых труб. Все чаще фильтры изготавливают из соломы овса, риса, пшеницы, рапса, кокосового волокна, волокнистого торфа и торфяного очеса, а для специальных фильтров типа «апток», предназначенных для работы в грунтах и грунтовых водах с повышенным содержанием железа, используют солому с примесью богатых дубильными веществами опилок коры южноамериканской мимозы и плодоножек малоазиатского дуба. Было освоено массовое изготовление лент-матов и круговых фильтров для пластмассовых труб.

Фильтры из стекловолокна в последнее время почти не применяли из-за кольматации в грунтах многих типов, недостаточной прочности и отрицательного воздействия на кожу рабочих при укладке.

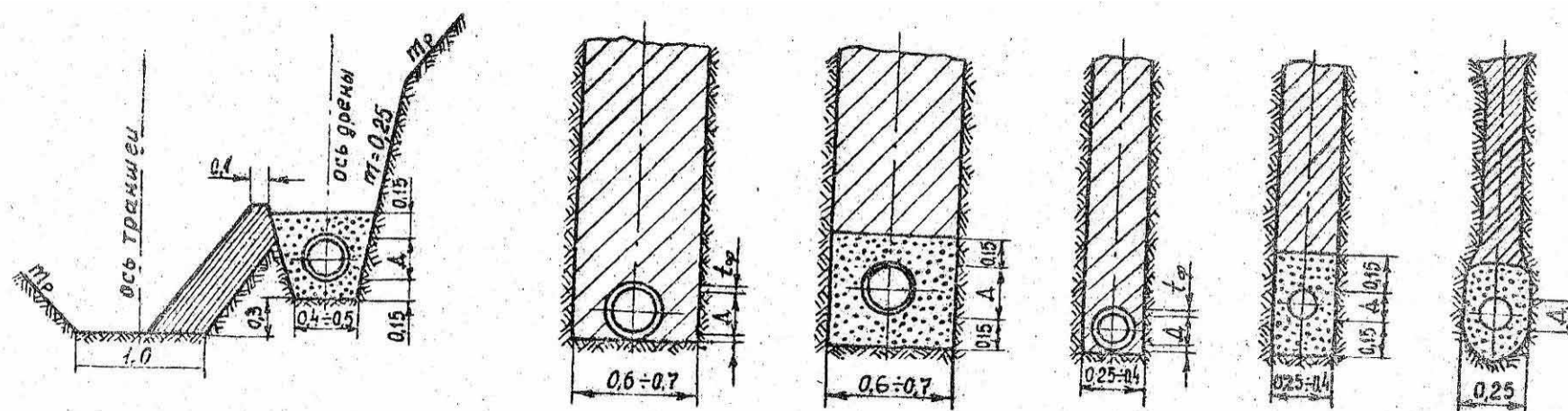


Рис. 1.4. Конструкции водоприемной части закрытых горизонтальных дренажей, применяемых в аридной зоне в последние годы

Фильтры из синтетических волокон (полиэфир, нейлон, полипропилен и др.), имеющие вид нетканого холста, получили в свое время распространение во Франции, Италии, Дании, США [1.12].

Оборудование для промышленного изготовления объемных фильтров из органических материалов, а также различных синтетических материалов выпускали фирмы «голланддрейн» (Голландия), «Рааб Кархар» (Бельгия), «Ольтманс», «Френсис Роверк», «Тиссен Пластик» (ФРГ) и «Цинциннати Милакрон» (Австралия).

Важным конструктивным элементом закрытой дрены является дренажный колодец, предназначенный для контроля состояния дрены в период ее эксплуатации и очистки при необходимости трубчатой линии от осаждаемых наносов. Колодцы обычно устанавливают в истоке дрены, в местах поворота, при впадении дрен в закрытый коллектор, а также при изменении диаметра труб и уклона. Если длина дрены не превышает 500 м, она оборудуется одним начальным колодцем.

Колодцы (рис. 1.5) выполняли монолитными или сборными из железобетонных колец диаметром 0,8 и 1,0 м. Иногда их изготавливали из асбестоцементных труб диаметром 456 мм, однако малый объем полости вызывал затруднения при промывке дрен, и, кроме того, они часто выводились из строя сельхозмашинами, занятыми на обработке поливного участка.

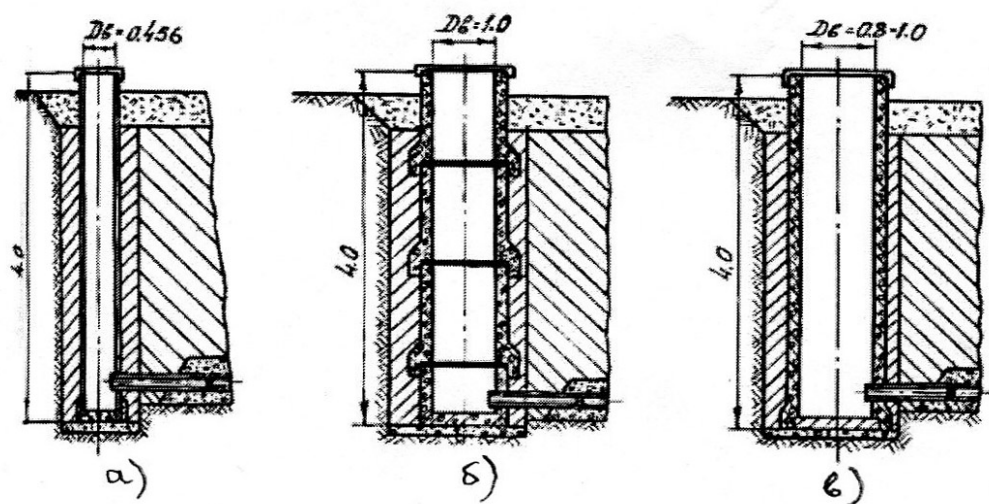


Рис. 1.5. Конструкция дренажных колодцев из асбестоцементных труб (а), железобетонных колец (б), монолитной конструкции (в)

Конструкция колодца, собираемого из отдельных колец, удобна при монтаже и транспортировании, проста в изготовлении. К ее недостаткам можно отнести необходимость тщательной заделки стыков колец и уплотнения грунта обратной засыпки пазух вокруг колодца для предупреждения его вымывания через щели при поливе посевов.

Наиболее широко применялись в тот период колодцы монолитной конструкции с днищем. Отсутствие стыков по высоте обеспечивал защиту дрены от вмыва грунта в полость труб. Однако они более сложны в изготовлении, менее удобны при транспортировании и монтаже.

Как показывают исследования, смотровые колодцы довольно часто являются причиной выхода дрен из строя из-за сильной пристенной фильтрации, разрушения их сельхозтехникой во время работы, сброса в них поверхностных вод, заиления, засорения посторонними предметами и т.д. [1.13].

Ежегодно только в осенне-зимний период очищают и ремонтируют 15-20 % протяженности закрытого горизонтального дренажа, включая дренажные колодцы.

Опыт строительства и эксплуатации дренажных систем показал, что на правильно запроектированных, качественно построенных и нормально эксплуатируемых закрытых дренажах заиление трубчатой полости и смотровых колодцев наблюдалось только в первые два-четыре года работы при максимальных проектных нагрузках вследствие естественного процесса формирования фильтра [1.5]. Поэтому было рекомендовано периодически проводить профилактические промывки дрен, а смотровые колодцы переустроить в герметично-потайные, расположив их ниже поверхности земли на 0,4-0,6 м [1.13]. Было предложено также истоковые смотровые колодцы устанавливать не в 20-30 м от оросительной сети, как часто практиковалось, а в непосредственной близости от нее для возможности подключения трубчатой линии дрен к лотковой сети или закрытым трубопроводам для профилактической промывки [1.13]. Все это, по мнению авторов, позволило бы улучшить культуру землепользования, повысить производительность сельхозмашин и КЗИ, а также обеспечить сохранность и стабильность работы закрытых дрен.

В США, например, дренажные колодцы в зависимости от назначения могут быть соединительными, разгрузочными, для механического водоподъема и т.д. В ФРГ, помимо дренажных, использовали контрольные колодцы с илоуловителями и без них, а также перепадные и т.д.

Устьевая (конечная) часть дрены, проходящая в зоне дренирующего влияния водоприемника, как правило, открытого коллектора, на длине 30-32 м обычно укладывалась без фильтра из длинномерных труб без перфорации, соединенных муфтами с уплотнительными кольцами.



Рис. 1.5с. Устройство дренажных колодцев из сборных железобетонных колец диаметром 0,8-1,0 м



Рис.1.6. Устройство дренажных колодцев монолитной конструкции с днищем



Рис. 1.7. Устье дрены в виде «консоли»

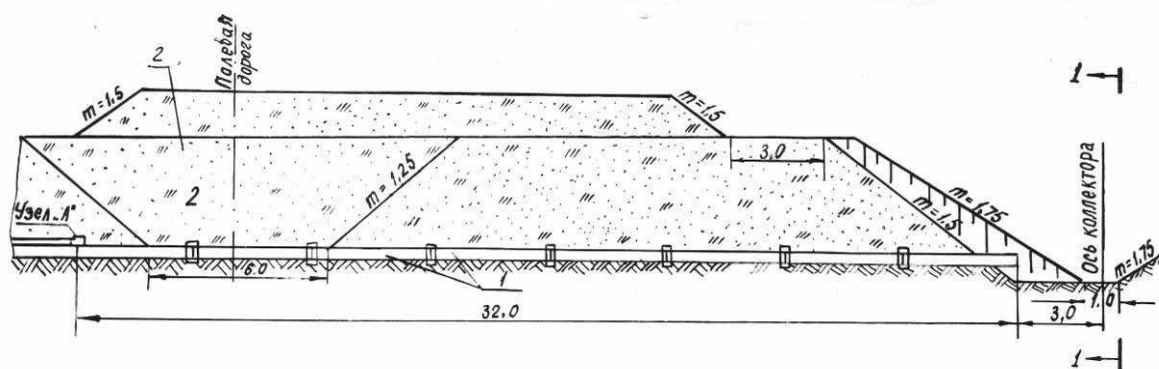


Рис. 1.8. Устройство приустьевой части дрены методом, предложенным «Средазгипроводхлопок»

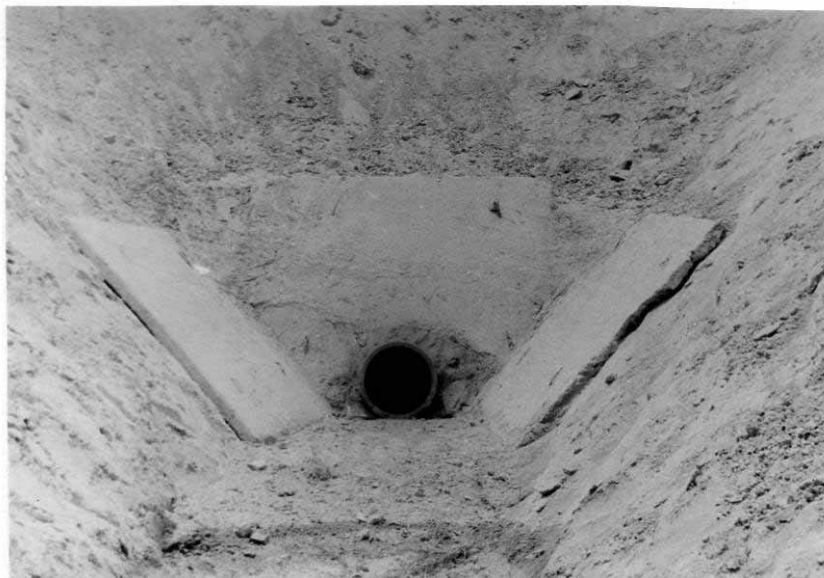


Рис. 1.9. Устройство устья дрены в виде «кармана»

Если дрена подсоединяется к открытому коллектору или другому открытому водоприемнику, она заканчивается устьем, выпущенным на откосе в виде «консоли» на длину 1-1,5 м на высоте 0,3-0,5 м от поверхности воды.

В последнее время, в целях защиты концевой части дрены от повреждения во время очистки коллектора, устьевую часть стали выполнять в виде «кармана».

1.2. Способы строительства закрытого дренажа

В аридной зоне, в частности в Узбекистане, дренаж в основном прокладывали путем открытой разработки грунта. В зависимости от параметров отрываемой выемки способ мог быть широкотраншейным, траншейным, узкотраншейным и бестраншейным, или щелевым.

Широкотраншейный (метод «полки») (рис. 1.10) применяли при прокладке дрен в неустойчивых грунтах с высоким стоянием грунтовых вод. Отрываемые траншеи характеризовались трапецеидальным поперечным сечением с устойчивыми на период строительства откосами чаще всего крутизной 1:1 и глубиной 3,5-4,0 м. Дренажную линию из-за наличия воды укладывали не на дно траншеи, а на специальную «полку», отрываемую на одном из откосов. Траншея в этом случае выполняла роль открытой дрены, отводя грунтовые воды и осушая откос в зоне укладки дренажной линии. Поэтому ее отрывали на 0,3-0,5 м ниже проектного дна. Выемку отрывали со стороны собирателя, грунт укладывали в отвалы по обе стороны траншеи. При этом ширина бермы со стороны строительного откоса должна была быть не меньше 5 м, чтобы обеспечить складирование материалов, проезд машин и производство работ. Ширина «полки» определялась диаметром укладываемых труб и толщиной слоя фильтрующей обсыпки.

Уложенную дренажную линию присыпали слоем грунта, предохраняющим ее от смещения при обратной засыпке траншеи со стороны свободного откоса.

Применение этого способа было связано с выполнением большого ($18-25 \text{ м}^3$ на 1 м дрены) объема земляных работ, низкой производительностью, значительными затратами ручного труда при выполнении основных технологических операций и высокой стоимостью строительства.

К положительным качествам этого метода можно было отнести возможность укладки дрены в условиях близкого залегания грунтовых вод на предварительно осушенную поверхность, предотвращающую кольятацию фильтра в процессе строительства; раздельное выполнение строительных операций, обеспечивающее постоянный контроль и своевременное устранение выявленных нарушений.

Траншейным способом, наиболее распространенным в аридной зоне, пользовались при строительстве дрен в сухих устойчивых грунтах. При этом отрывали траншею (рис. 1.10) с вертикальными стенками шириной

0,6-0,7 м и глубиной 3,0-4,5 м, на дно которой укладывали дренажную линию.

Узкотраншейный способ применяли для прокладки дрен как в сухих устойчивых, так и в слабых обрушающихся глинистых грунтах с малым коэффициентом фильтрации. Метод был рассчитан на применение пластмассовых труб. Ширина траншеи в зависимости от конструкции дреноукладочной машины колебалась от 0,25 до 0,40 м (рис. 1.10).

В аридной зоне при высоком стоянии грунтовых вод в грунтах, подверженных оплыванию или обрушению, широко применялся бестраншейный способ, сущность которого заключалась в укладке непрерывной дренажной линии из пластмассовых труб и защитного фильтрового слоя на дне щели, прорезаемой на необходимую глубину с помощью пассивного рабочего органа (рис. 1.10). К достоинствам этого метода можно отнести высокую техническую производительность, возможность строительства дренажа на участках с высоким стоянием грунтовых вод, повышение уровня индустриализации строительства, сокращение численности рабочих и др. Недостаток заключался в появлении некоторого уплотнения стенок и дна щели, приводящего к ухудшению водоприемных свойств дрен, особенно при укладке в глинистых и тяжелых грунтах. Кроме того, из-за отсутствия возможности визуального контроля и своевременного исправления дефектов уложенной дренажной линии этот способ требует высокой точности выдерживания заданного уклона и надежности работы дреноукладчика.

Исследования и опыт строительства закрытого дренажа в Узбекистане показали, что одним из наиболее сложных вопросов являлась механизация укладки дрен в неустойчивых грунтах при высоком уровне стояния вод. Дело в том, что грунты районов строительства, представленные в основном лессовидными суглинками, супесями и илистыми песками, при насыщении водой и нарушении целостности породы склонны к обрушению, в связи с чем строительство дренажа в этих условиях траншейным способом с применением дреноукладочных машин практически невозможно.

Повышенная влажность грунта затрудняла, а порой не позволяла разрабатывать траншеи из-за пульпообразования при работе ковшевой цепи, налипания грунта на ковш, оползания в траншею отсыпанного в кавальеры грунта, пробуксовывания экскаватора и т. д. Кроме того, укладка дренажной линии в разжиженный грунт приводило к кольматации фильтра, а в случае некачественной стыковки трубчатой линии-заполнению полости труб пульпой.

При строительстве в этих условиях имелся также опыт проведения предварительного водопонижения. ТуркменНИИГиМом, например, было

предложено осушать трассу дрены иглофильтровыми установками (рис. 1.10). УкрНИИГиМом и САНИИРИ – прокладкой дополнительной водопроводной траншеи (рис. 1.10). Однако эти предложения не нашли широкого применения из-за высокой стоимости и значительных затруднений при установке и выемке иглофильтров в первом случае и малого эффекта во втором.

Применение узкотраншейного и бестраншейного способов строительства не всегда давало положительные результаты, особенно если уровень залегания грунтовых вод меньше 1 м, так как высокое (0,05-0,08 МПа) удельное давление отечественных дренаукладчиков на грунт приводило к просадке и пробуксовыванию машин.

В связи с тем, что площадь земель со сложными гидрогеологическими и грунтовыми условиями, подлежащих освоению была значительна, то возникала необходимость создания отечественных средств механизации, способных работать в этих условиях.

Производство работ по укладке дрен независимо от способа строительства в бытность СССР была регламентирована «Инструкциями по строительству горизонтального дренажа на орошаемых землях» [1.15].

в неустойчивых грунтах с близким залеганием грунтовых вод с предварительным водопонижением.

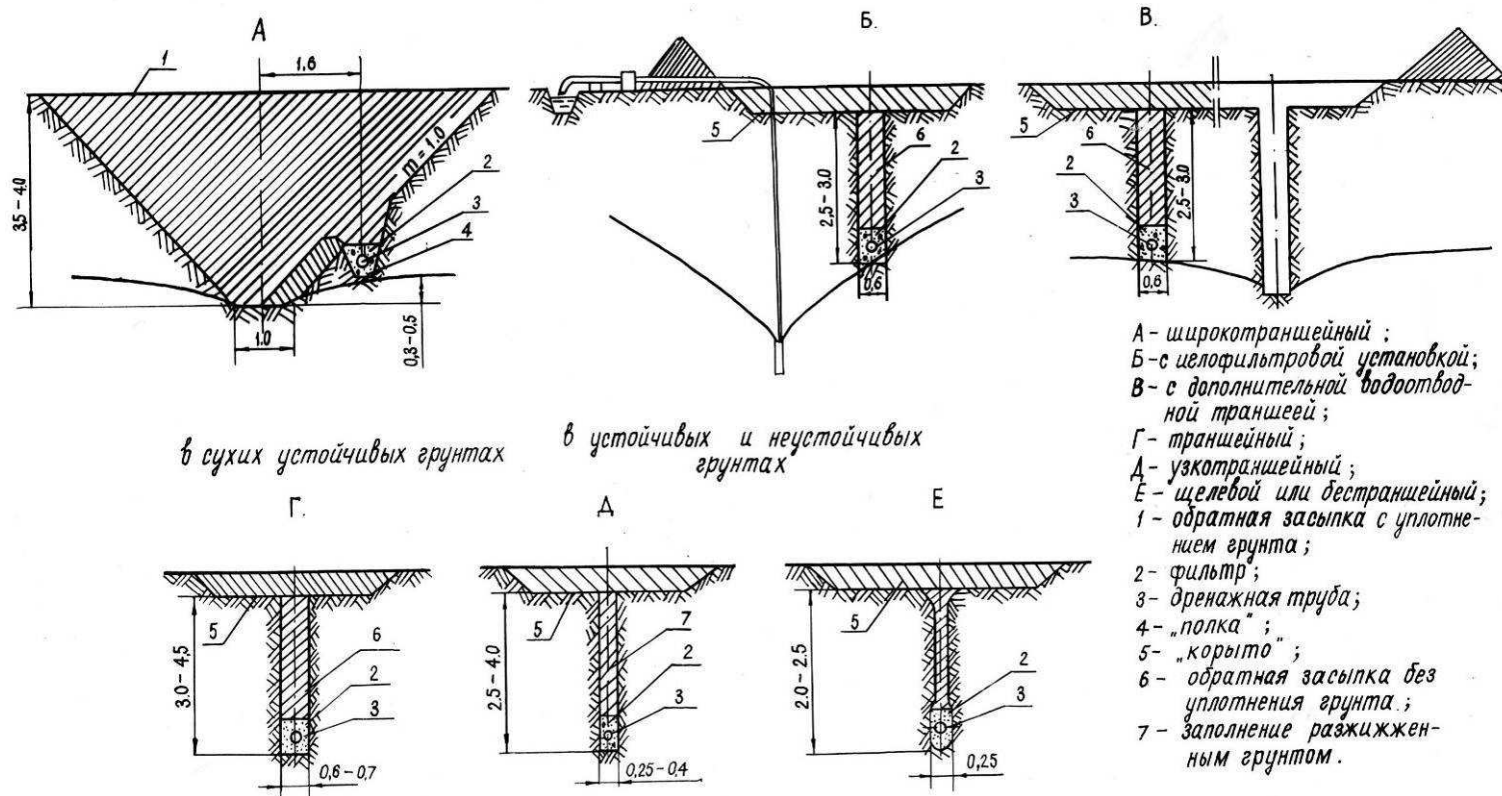


Рис. 1.10. Поперечные сечения траншей дрен при разных способах строительства:

А - широкотраншейном; Б - с иглофильтровой установкой; В - с дополнительной водоотводной траншеей;

Г - траншейном; Д - узкотраншейном; Е - щелевом, или бестраншейном.

1 - обратная засыпка с уплотнением грунта; 2 - фильтр; 3 - дренажная труба; 4 - полка; 5 - «корыто»;

6 - обратная засыпка без уплотнения грунта; 7 - заполнение разжиженным грунтом.

1.3 Технологические операции строительства дренажа и средства механизации

Укладка закрытого дренажа включает три основных периода: подготовительный, основной (строительный) и заключительный.

Разбивку трассы дрены обычно производят от устья с закреплением соответствующих точек на местности. При этом разбивается пикетаж, намечается ось будущей дрены, сопоставляются фактические отметки с проектными и т.д.

Важная технологическая операция подготовительного периода – комплектация объекта строительства необходимыми строительными материалами: трубами для дренажной линии и приустьевой части, материалом фильтра и деталями колодцев.

При строительстве дрен траншейным, узкотраншейным и бестраншейным методами необходимо точно соблюдать заданный уклон дренажной линии. На практике это условие выполняют двумя способами: путем предварительной подготовки трассы под заданный уклон дрены для дреноукладочной машины с постоянно заглубленным рабочим органом или непрерывным регулированием глубины копания и укладки дренажной линии за счет оборудования дренажной машины системой выдерживания заданного уклона. Точность укладки в первом случае во многом зависит от качества подготовки трассы; следовательно, дефекты могут быть обнаружены при контроле ее поверхности и ликвидированы до начала укладки дрены. Во втором случае исправить допущенный дефект так же трудно, как и обнаружить его, значит, все зависит от точности работы системы.

Более перспективным следует считать все-таки второй метод, но при условии надежной и точной работы системы выдерживания уклона.

К строительному периоду относятся следующие операции: отрытие траншеи, строительство приустьевой части и устья дрены, погрузка материала фильтра в транспортные средства (при наличии приобъектного склада), подвозка и выгрузка его в укладываемое устройство, отсыпка подстилающего, бокового и надтрубного слоев фильтра, укладка дренажных труб, обратная засыпка траншеи грунтом, уплотнение его в траншее, подготовка скважин для устройства дренажных колодцев, монтаж колодцев, заделка пазух вокруг них.

При использовании широкотраншейного способа указанные операции выполняют отдельно в определенной последовательности, при других способах – за один проход дреноукладочной машины.

Применение пластмассовых труб с фильтрами из синтетических материалов заводской готовности позволяет сократить количество технологических операций по укладке дренажной линии.

Неразрешенным вопросом в технологии строительства дренажных траншейным и узкотраншейным способом оставалось повышение противофильтрационной устойчивости грунтов обратной засыпки. При попадании поливной воды на свежесасыпанные траншеи происходит значительная деформация обратной засыпки, кольматация фильтра, заиливание трубчатой линии, в результате чего дрена перестает работать, и затраты на ее восстановление часто обходятся дороже, чем новое строительство. При этом характер и степень деформации обратной засыпки во многом зависят от способа строительства дренажа. Наиболее частое заиливание и выход дрена из строя наблюдается при траншейном способе, когда траншеи засыпают пылеватым грунтом, расструктуренным цепным роющим органом.

Устройство «замка» из уплотненного грунта в приустьевой части дрена и вокруг дренажных колодцев, высокие требования к конструкции швов в местах присоединения дренажных труб к колодцам, создание оградительных валиков на наддренной полосе не предотвратили перечисленных отрицательных явлений, вызванных действием поливной воды, попадающей в дренажную траншею после засыпки ее рыхлым грунтом. Поэтому появилась необходимость создания «грунтового замка» из грунта обратной засыпки, уплотненного до устойчивого против ирригационной эрозии состояния.

Как показали исследования в первые два-три года работы дрена почти всех конструкций поток отказов, т.е. факты заиливания дренажа вследствие промоин в обратной засыпке порой достигало 10% в год, затем снижалось до 1-2%.

При проведении специальных исследований деформация в виде воронок, каверн и просадок была обнаружена примерно на 13 % обследованных наддренных полос.

Изучение строящихся и эксплуатируемых объектов в Голодной и Джизакской степях показало, что разрушение грунтов засыпки и заиливание дрена происходило за счет размывающего действия сосредоточенной струи воды при образовании сквозных протоков в толще засыпки. Результаты анализа собранных по этому вопросу материалов показали, что грунты обратной засыпки дренажных траншей необходимо доводить до плотности, исключающей деформацию поверхности при затоплении наддренной полосы и обеспечивающей оптимальную для местных грунтов фильтрационную устойчивость. Немаловажное значение при этом имеет величина зазора в стыках труб, качество заделки стыков колец и пазух

вокруг смотровых колодцев, а также правильная эксплуатация дрен (своевременная очистка коллекторов водоприемников и смотровых колодцев, квалифицированный контроль за состоянием дрена и т.д.).

Проводимые САНИИРИ компрессионные испытания свидетельствуют о том, что доведение насыпных голодностепских грунтов до плотности естественного залегания ($1,50-1,55 \text{ г/см}^3$) практически исключает деформацию поверхности засыпки; при дополнительном увлажнении достаточно для создания монолитной структуры грунта.

Для предохранения дренажной линии от разрушения поливной водой был разработан ряд мероприятий. Так ГСКБ по ирригации было предложено уплотнение предохранительного слоя грунта над дренажной линией, Главсредазирсовхозстроем – уплотнение грунта обратной засыпки за счет его увлажнения фильтрационными токами, образуемыми при затоплении полос вдоль дрен, Средазгипроводхлопком-путем заполнения коллектора водой, САНИИРИ – методом комбинированной замочки. Сравнительные испытания на осваиваемых землях Голодной степи показали эффективность последнего способа, однако внедрение его сопряжено с такими трудностями, как снабжение строительных участков водой, что не всегда возможно на осваиваемых землях, где дренаж часто строят раньше, чем оросительную сеть, и выполнение большого цикла подготовительных работ при относительно низких расценках.

В то же время отсутствие способов и средств механизации уплотнения обратной засыпки дрен, прокладываемых в сухих устойчивых грунтах траншейным способом, объяснялось сложностью работы в грунтах с невысокой (6-8 %) влажностью и спецификой траншей и – узких (0,6 м) и глубоких (3 м), протяженностью 500 м и более.

Из возможных способов уплотнения грунта обратной засыпки в дренажных траншеях наиболее универсальным и приемлемым в производственных условиях на наш взгляд является поверхностное трамбование на полную глубину траншеи. Однако отсутствие специальных грунтоуплотняющих машин сдерживало его применение.

К заключительному периоду строительства относится маркировка дрены, уборка оставшихся строительных материалов и мусора, планировка наддренной полосы и сдача дрены с сооружениями в эксплуатацию.

При прокладке дрен широкотраншейным способом для отрытия траншеи применялись в основном одноковшовые экскаваторы, а для засыпки-бульдозеры. Основные же операции по устройству «полки» и укладке на нее дренажной линии выполнялись вручную (рис. 1.11).

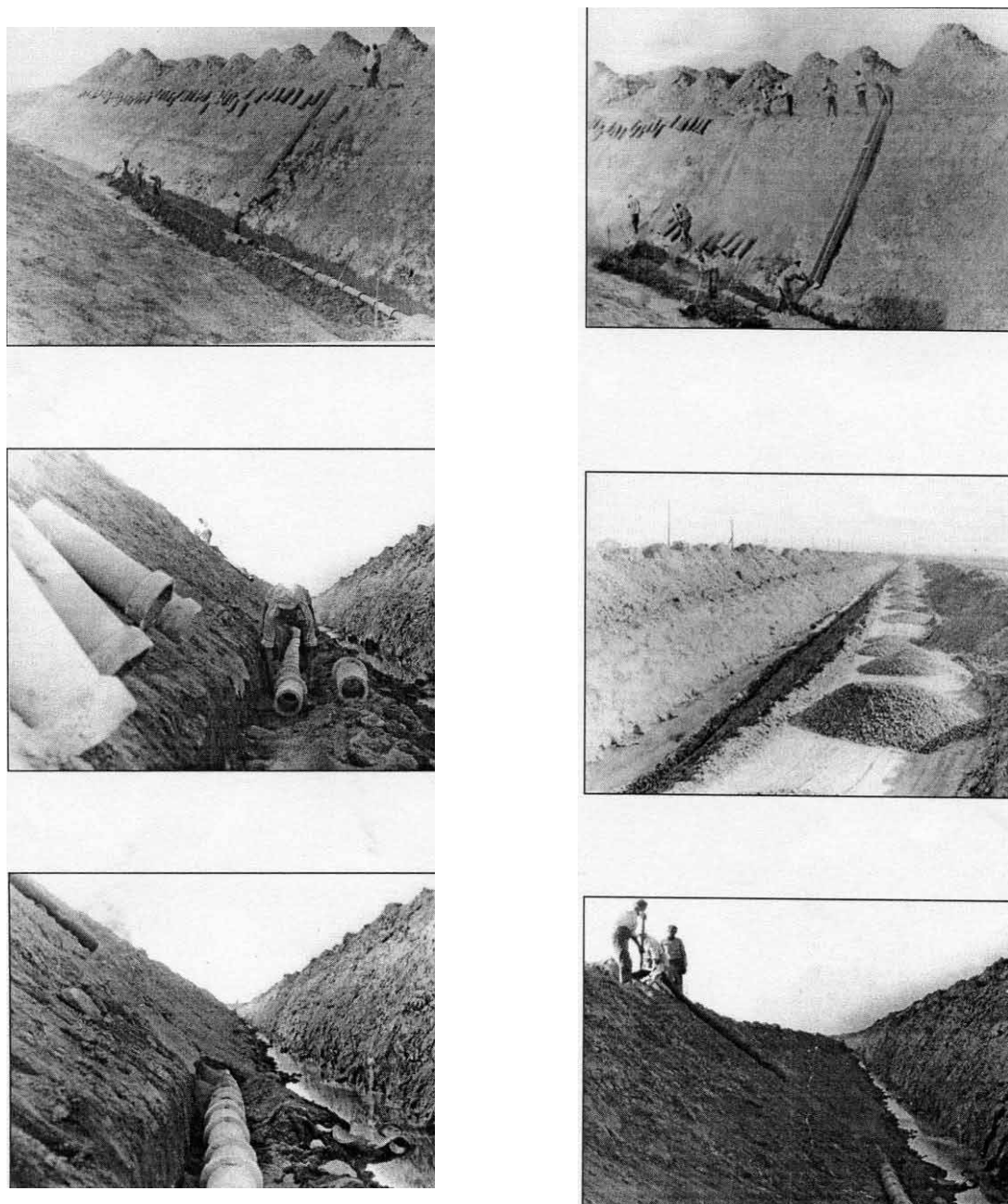


**Рис. 1.11. Строительство закрытого горизонтального дренажа
вручную при широкотраншейном способе строительства**

Применяемые экскаваторы были укомплектованы рабочим оборудованием (драглайн или прямая лопата) с вместимостью ковша 0,65 и 1,0 м³, бульдозеры были представлены различными марками на базе гусеничных тракторов.

Значительные поперечные сечения траншей не исключали возможности широкого применения и других видов землеройной и землеройно-транспортной техники и их сочетаний, например, экскаватора с бульдозером, или шнекороторного экскаватора с одноковшовым. В первом случае верхний одно-полутораметровый слой грунта разрабатывается бульдозером поперечными ходами, а экскаватор-драглайн в два прохода вдоль продольной оси дрены доводит выемку до проектных размеров; во втором-шнекороторный экскаватор разрабатывал 75-80% объема выемки, а одноковшовый дорабатывал ее до проектной отметки.

Наибольший (около 60%) удельный вес в общей стоимости строительства приходился на земляные работы. Следовательно, для снижения стоимости необходимо было уменьшить объем этих работ и полностью механизировать их.

При уплотнении грунта обратной засыпки габариты траншеи позволяли применять кулачковые и пневмоколесные катки.

Строительство дрен траншейным способом велись с помощью дреноукладчиков, выполняющих за один проход основные технологические операции по отрывке траншеи и укладке дренажной линии.

Первый в нашей стране дреноукладочный комбайн, созданный Главголотностепстроем в 1957 г., является прототипом всех последующих моделей: Д-301 (1960), ЭД-3,0 (1966) , Д-658А, Д-658М, Д-659А (1969) и ЭТЦ-406 (1978) (рис. 1.12, 1.13).

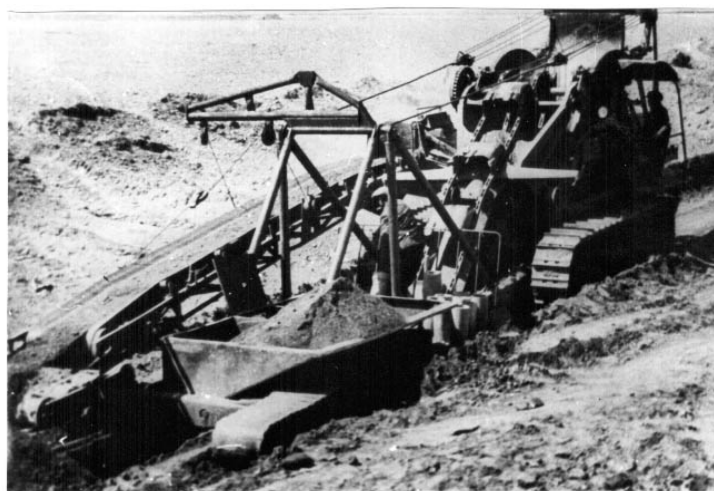
Эти машины в общей схеме представляют агрегат, состоящий из траншейного экскаватора с уменьшенной шириной ковшовой цепи с бездонным металлическим бункером прямоугольного сечения в поперечнике, разбитым на несколько отсеков, через которые обеспечивается круговая обсыпка труб и контроль за качеством укладки дренажной линии. Трубы на подстилающий слой фильтра подаются по специальному криволинейному желобу (рис. 1.14). Была отработана операция технологического процесса по применению траншейных дреноукладчиков при устройстве приустьевой части дрен (рис. 1.15), а позже при строительстве «тупиковым» способом (рис. 1.16).



а) Дреноукладчик Д-301



б) Дреноукладчик ЭД-3,0 с траншейным засыпателем-уплотнителем в транспортном положении



в) Дреноукладчик с транспортером обратной засыпки

Рис. 1.12. Траншейные дреноукладчики, ведущие укладку дрен по заранее спланированной трассе (а, б, в)

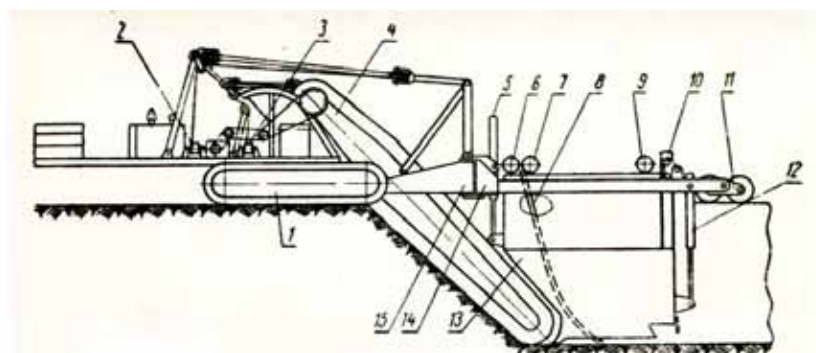


Схема экскаватора-дреноукладчика Д-658А:

1 — тягач; 2 — передняя рама; 3 — механизм подъема рабочего органа; 4 — рабочий орган; 5, 12 — гидроцилиндры; 6, 9 — датчики бункера; 7 — датчик рабочего органа; 8 — лоток для спуска трубы; 10 — направляющие с кареткой; 11 — задняя опора; 13 — бункер; 14 — задняя рама; 15 — передняя рама

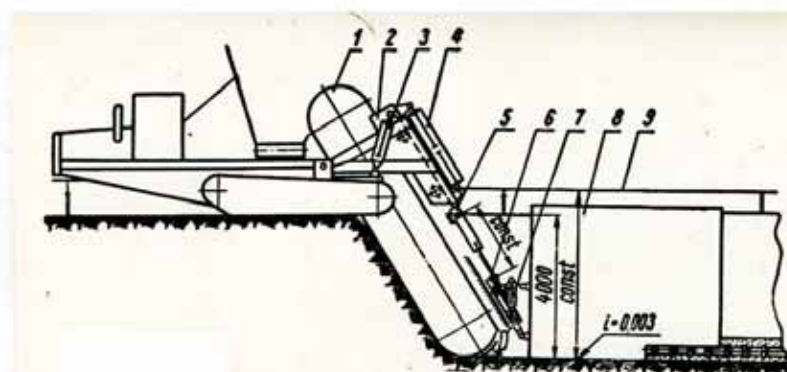


Схема экскаватора-дреноукладчика Д-658М:

1 — рабочий орган; 2 — верхняя рама; 3 — гидроцилиндр подъема рабочего органа; 4 — гидроцилиндр подъема трубоукладчика; 5 — гидроцилиндр подъема тележки; 6 — тележка; 7 — корректирующий гидроцилиндр бункера; 8 — бункер-трубоукладчик; 9 — копирный трос

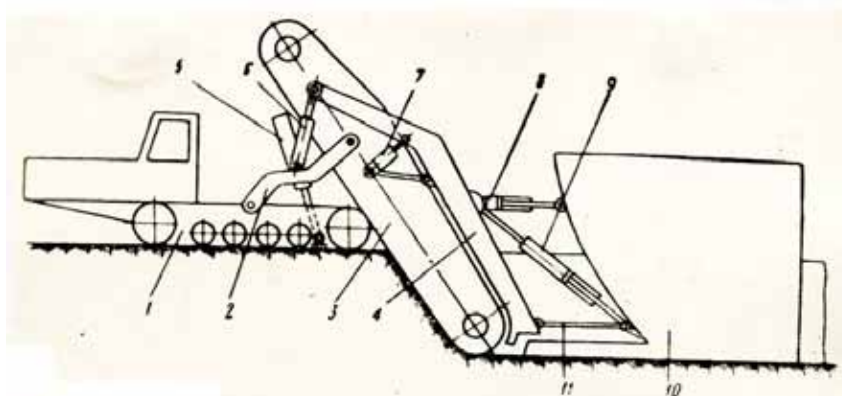


Схема экскаватора-дреноукладчика Д-659А:

1 — тягач; 2 — рычаг подвески рабочего органа; 3 — рабочий орган; 4 — подъемная рама трубоукладчика; 5 — гидроцилиндр подъема рычага подвески рабочего органа; 6 — гидроцилиндр поворота рабочего органа; 7 — гидроцилиндр подъема рамы бункера-трубоукладчика; 8 — бункер-трубоукладчик; 9 — гидроцилиндр поворота; 10 — гидроцилиндр поворота бункера-трубоукладчика; 11 — нижняя тяга

Рис. 1.13. Схема траншейных дреноукладчиков, ведущих укладку дрены по копирному тросу

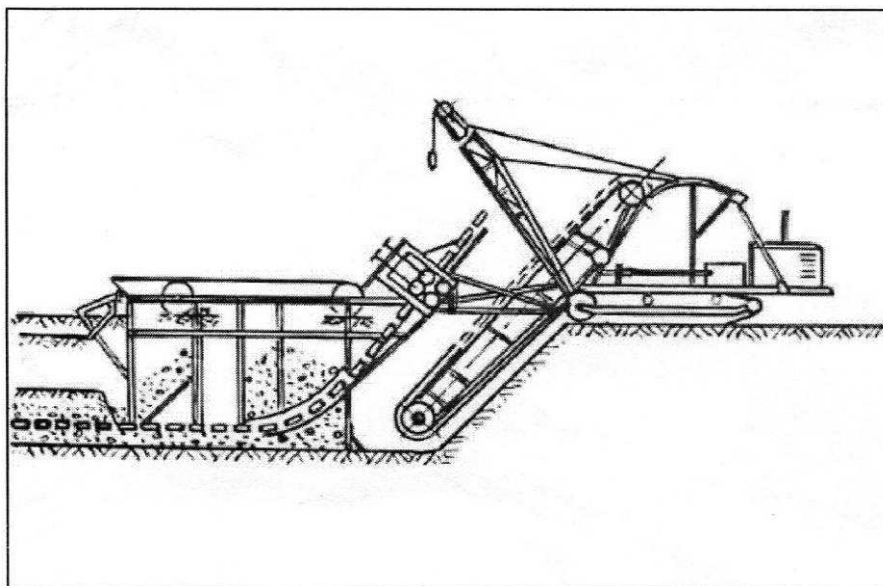


Рис. 1.14. Схема устройства бункера траншейного дреноукладчика Д-251



Рис. 1.15. Применение траншейных дреноукладчиков при устройстве приустьевой части дрены



а)



б)



в)

Рис. 1.16. Применение траншейных дреноукладчиков при строительстве дрен «тупиковым» способом (а), при соединении закрытых дрен с закрытым коллектором (б), при строительстве дрен в зимнее время (в)

Перебазирование дреноукладчика в пределах одного строительного участка осуществлялось с приподнятым бункером в транспортном положении, а при переезде с объекта на объект — с демонтажем бункера (рис. 1.17).

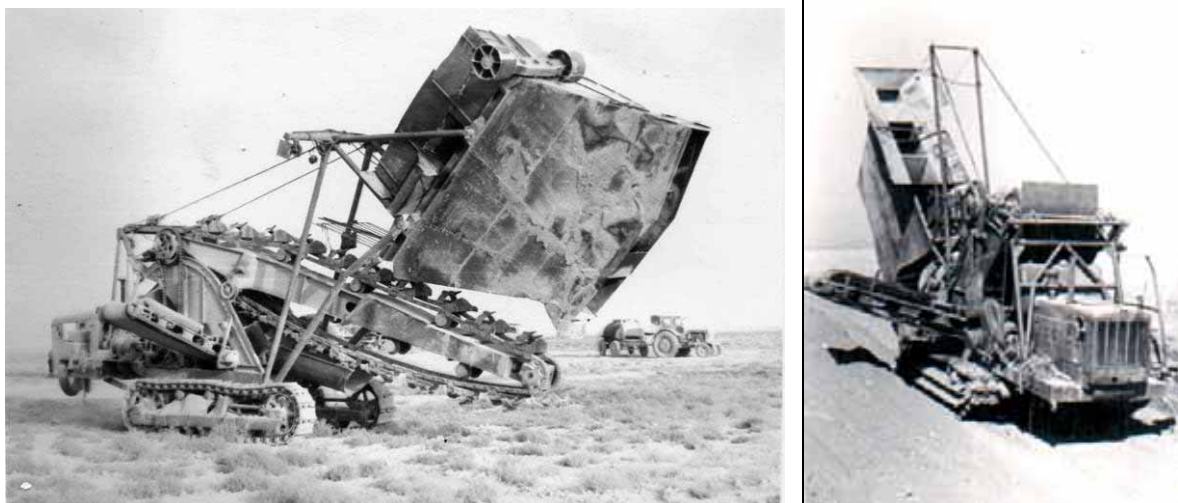


Рис. 1.17. Перевозка дрепоукладчика в пределах строительного участка без демонтажа бункера

Дреноукладчики Д-658А, Д-658М, Д-659, ЭТЦ-406 (ВНИИземмаш) снабжены системой выдерживания заданного уклона по лучу лазера или по копирному тросу, и могут вести бесступенчатое регулирование глубины укладки дрен до 4,5 м. Однако эти многотонные машины не получили широкого применения в Узбекистане.

Касаясь транспортировки защитно-фильтрующего материала в виде песчано-гравийной смеси с приобъектного склада к месту работы дрепоукладчика, то эта операция процесса обычно выполнялась автосамосвалами. Однако, исследованиями было установлено, что в момент, когда большая масса материала фильтра поступает из кузова автосамосвала в бункер дрепоукладчика большой массой, это приводит к «проседанию» последнего, что часто в свою очередь приводит к смещению трубчатой линии дрены (рис. 1.19).



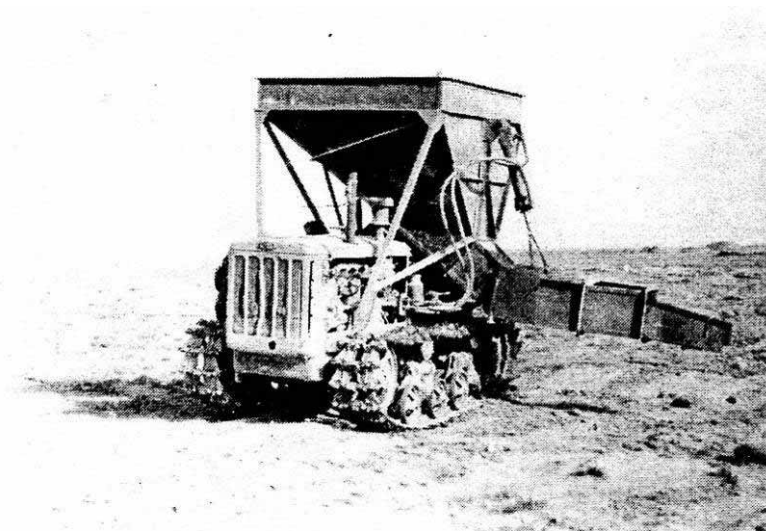
Рис. 1.18. Перемещение дренажного устройства с демонтажем бункера



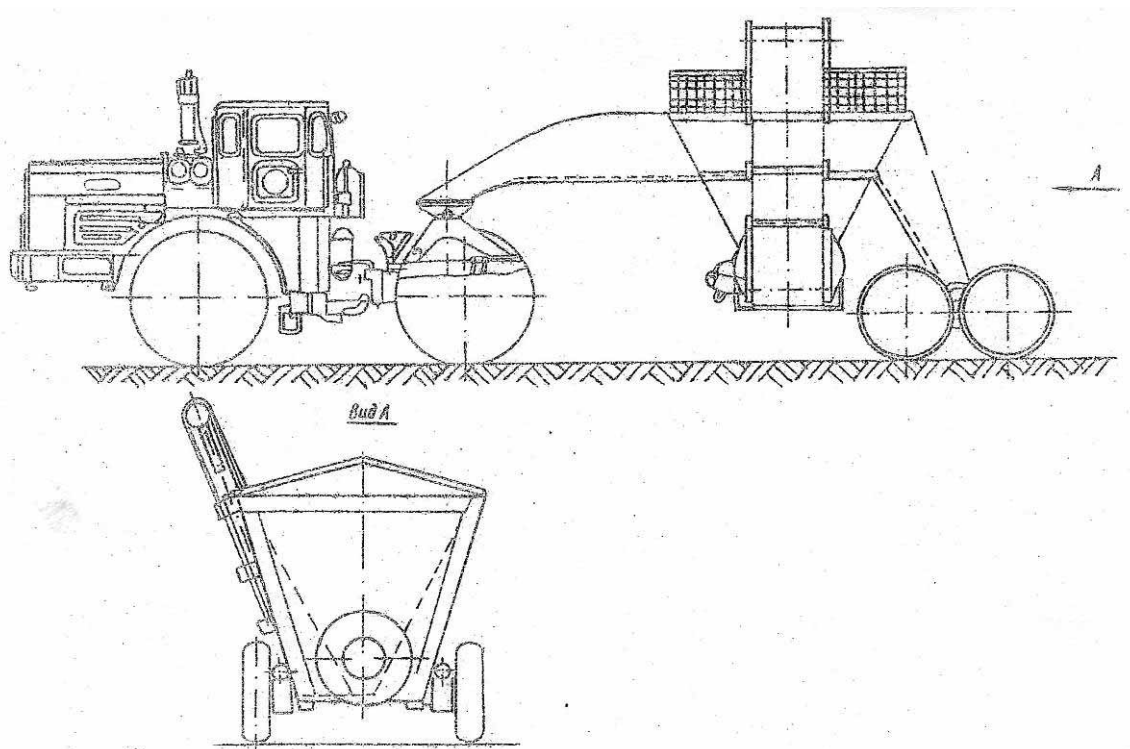
Рис. 1.19. Доставка с приобъектного склада и загрузка бункера дреноукладчика материалом фильтра с помощью автосамосвала

В связи с этим явлением некоторыми НИИ и КБ, в том числе и САНИИРИ и ГСКБ по ирригации, были созданы образцы машин — перегружатели фильтра, предназначенные для транспортировки материала фильтра в виде песчано-гравийной смеси с приобъектного склада к месту

работы дренаукладчика. При этом, в отличие от автосамосвала перегружатели фильтра не требуют остановки дренаукладочной машины, т.к. перегрузка фильтра в бункер осуществляется в процессе его работы (рис. 1.20).



а)



б)

**Рис. 1.20. Схема перегружателей фильтра а) ГТ-2,5 (САНИИРИ)
и б) ПФ-4,0А (ГСКБ по ирригации)**

Машины ПГ-2,5 и ПФ-4,0А могут применяться при строительстве дрен траншейным, узкотраншейным и широкотраншейным способами, а также при разбрасывании сыпучих материалов, например, удобрений в сельхозпроизводстве.

Большинство дренажников первого поколения оснащены роющим органом с глубиной копания 2,5-3,0 м. Для укладки дрен на глубину 3,5-4,0 м необходимая глубина укладки дрен достигается за счет большой срезки грунта при подготовке «трассы», что увеличивает объемы земляных работ.

Значительные объемы планировочных работ по подготовке «трасс» потребовали создания большого парка специализированной техники. На этой операции заняты бульдозеры (рис. 1.21) и скреперы с ковшами емкостью 7-8 м³ (рис. 1.22).



Рис. 1.21. Подготовка трассы дренажника под заданный уклон дрены бульдозерами

Имелся опыт строительства дрен в неустойчивых грунтах при низком залегании грунтовых вод с использованием траншейных дренажников с конструктивными изменениями:

- в одном случае, с целью повышения устойчивости, траншея отрывается трапециидальной формы, для чего соответственно были внесены конструктивные изменения в роющий орган и форму бункера (рис. 1.23);

- во втором, для снижения нагрузки на грунт, от массы бункера с материалом фильтра, четыре опорных колеса были заменены на гусеничный ход (рис. 1.24).

Однако, эти образцы машин остались как экспериментальные, в виду появления более совершенной техники.

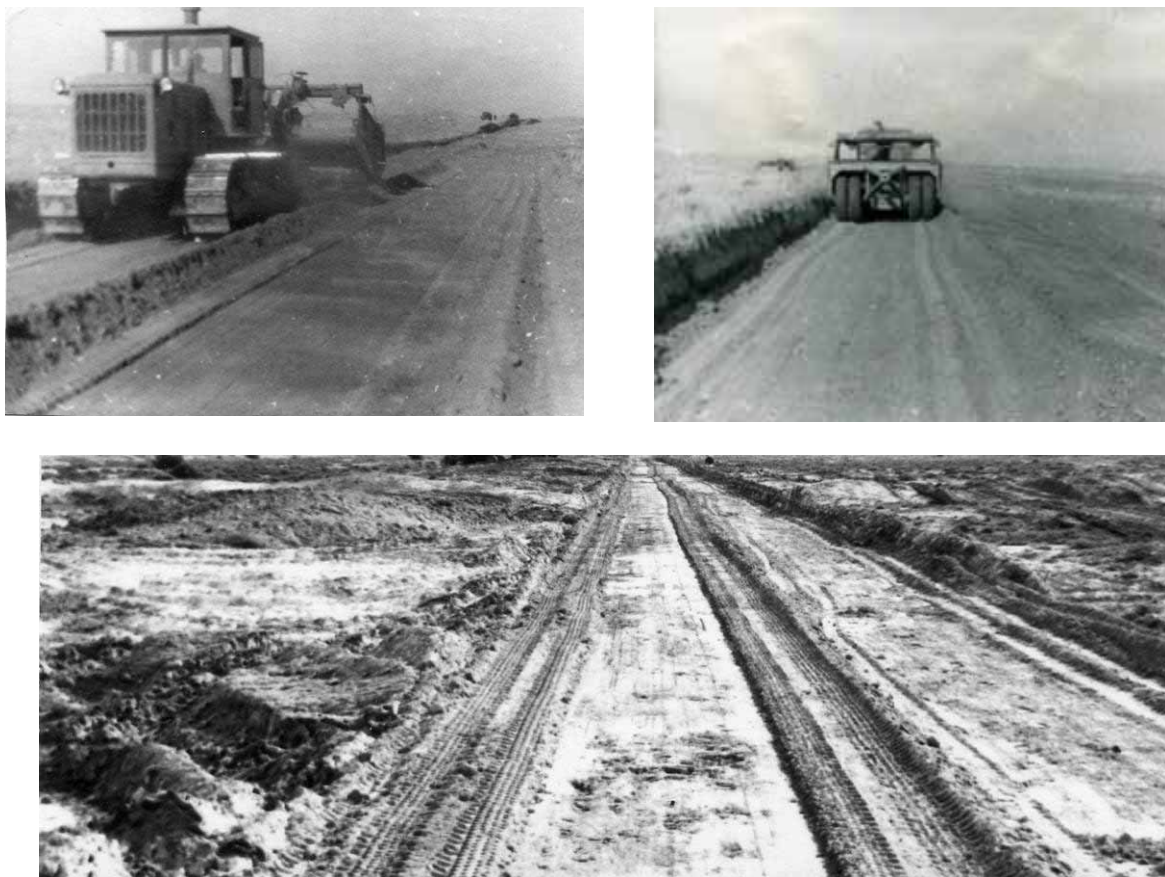


Рис. 1.22. Подготовка трассы дреноукладчика под заданный уклон дрены скреперами

К недостаткам траншейных дреноукладчиков, отрицательно сказывающимся на качестве укладываемых дрен, относятся:

- необходимость тщательного выполнения работ по подготовке трассы дрены;
- сложность строгого соблюдения заданной толщины фильтра и проектного положения линии труб из-за копирования бункером неровностей трассы и его «проседания» в период каждой загрузки материала фильтра автосамосвалами;

- разрывы в стыках труб, образуемые в результате воздействия на них горизонтальных усилий, возникающих при подрезке надтрубного слоя фильтра задней заслонкой перемещаемого бункера.



Рис. 1.23. Дреноукладчик с роющим органом и бункером, позволяющим вести укладку дрен в траншее трапецеидальной формы



Рис. 1.24. Дреноукладчик с бункером на гусеничном ходу

Эти отрицательные явления были в дальнейшем учтены в процессе совершенствования конструкций машин.

К достоинствам выполнения работ комплексом машин относятся: возможность контроля за качеством каждой операции и оперативного устранения выявленных нарушений в процессе работы; относительно большая производительность машин за счет высокого коэффициента использования машины в течение смены; сравнительно несложная конструкция и, следовательно, надежность применяемых механизмов; возможность применения серийно выпускаемых строительных и мелиоративных машин.

В то же время, в ирригации, где удельные объемы земляных работ варьируют в значительных пределах, большую роль приобретает оптимизация номенклатуры парка, позволяющая полнее охватывать все процессы производства с наименьшим количеством машин. Поэтому, при незначительных удельных объемах работ предпочтительно универсализация техники, а при больших – специализация.

Широкое развитие химической промышленности открыло большие перспективы перед пластмассовым дренажем (прокладываемым щелевым или бестраншейным способом), позволяющим вести укладку дрен в слабых и обрушающихся грунтах.

ВНИИГиМ разработал дреноукладчик БДМ-301 А, предназначенный для строительства закрытых дрен из пластмассовых труб с песчано-гравийным фильтром в грунтах I-II категорий при высоком стоянии грунтовых вод. Рабочий орган представляет собой пассивный ступенчатый нож, форма и конструкция режущей кромки которого обеспечивают (без уплотнения стенок) выход грунта из зоны укладки дренажной линии и свободный подъем на поверхность из зоны верхнего сдвига. Внутри тела рабочего органа расположен бункер для ЗФМ. Работает машина по заранее спланированной трассе (рис. 1.25).



Рис. 1.25. Дреноукладчик БДМ-301

а - в транспортном положении; б - в работе в сцепке 4-х тягачей ДЭТ-250 при укладке дрен в тяжелых грунтах; в - «щель» после прохода БДМ-301

САНИИРИ разработал щелевой дреноукладчик с активной роющей цепью ДЩ-251. К оригинальному и новому в этой машине является прорезание щели с одновременным смачиванием забоя водой и заделка щели размягченным грунтом сразу же за проходом дреноукладчика. Машина работает по заранее спланированной трассе (рис. 1.26).



Рис.1.26. Экспериментальный дренаукладчик ДЩ-251 в транспортном положении

Узкотраншейная дренаукладочная машина ДПС-3,0Б (трест Узоргтехстроймелиорация Минводхоза УзССР), самоходная, на гусеничном ходу, предназначена для строительства дрен в грунтах до III группы. Может работать в грунтах с повышенной влажностью. Базовая машина – траншейный экскаватор ЭТЦ-252. Рабочий орган активный, цепной со скрепками. Материал труб-гофрированная пластмасса. Дренаукладчик работает по заранее спланированной под уклон поверхности.

У узкотраншейного дренаукладчика ДПМ-3,5 (Узоргтехстроймелиорация) в качестве базовой машины использовано мелиоративное шасси бестраншейного дренаукладчика МД-12 (трактор К-701 с доработанной ходовой частью трактора Т-130 Б). Рабочий орган – цепь с режущими ножами. Агрегат снабжен системой автоматического выдерживания заданного уклона с помощью лазерной установки.

Имеется опыт создания дренаукладчиков с активным рабочим органом в виде цепи, шнека, ротора и др.

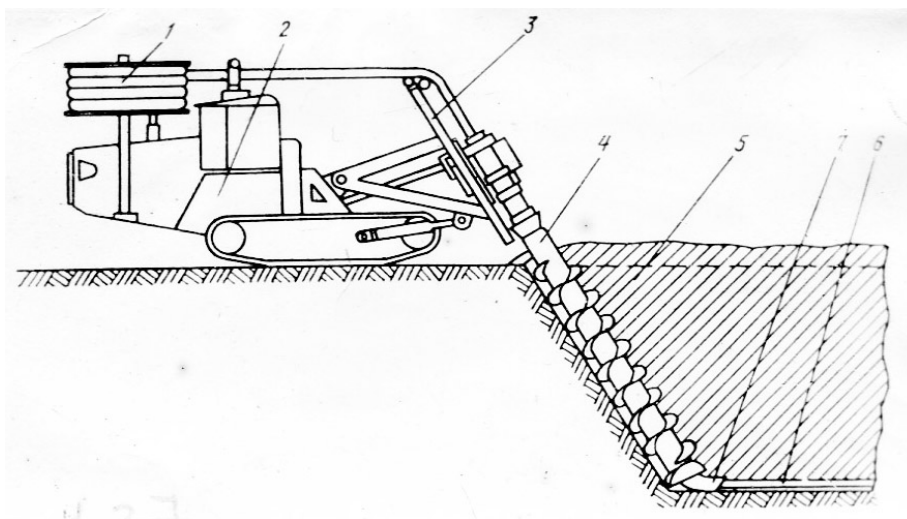


Рис. 1.27. Схема шнекового дренаукладчика (опытный образец)

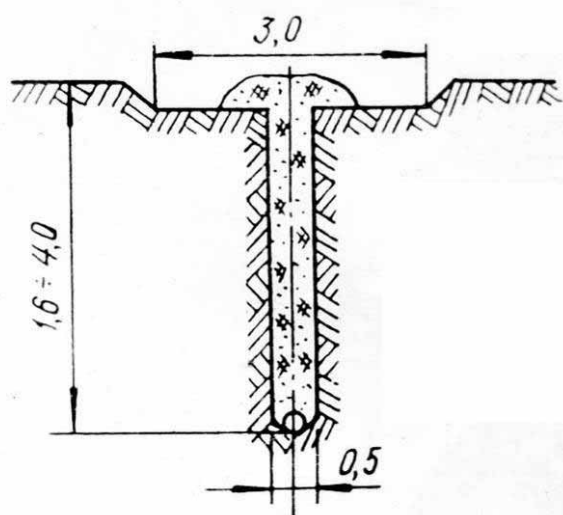


Рис. 1.28. Сечение щели с дренажной трубой после прохода шнекового дренаукладчика

К дренажным машинам более позднего поколения можно отнести:

Разработанный специалистами ГСКБ по ирригации узкотраншейный дренаукладчик ДУ-251 (ДУ-301) (рис. 1.29) предназначен для строительства закрытого дренажа в устойчивых плотных грунтах I-III групп из пластмассовых труб диаметром до 125 мм с ЗФМ в виде песчано-гравийной смеси либо синтетических рулонных нетканых материалов. Базовой машиной служит траншейный экскаватор ЭТЦ-252.

Дренаукладчик ДТП-4,0 (рис. 1.30), предложенный ГСКБ по ирригации, предназначен для укладки дрен из пластмассовых гофрированных труб с круговой обсыпкой ЗФМ из песчано-гравийной смеси узкотраншейным способом в плотных грунтах до IV группы. В

качестве базовой машины используется трактор Т-130Г с ходоуменьшителем. Дреноукладчик снабжен автоматической системой выдерживания заданного уклона по лазерному лучу.

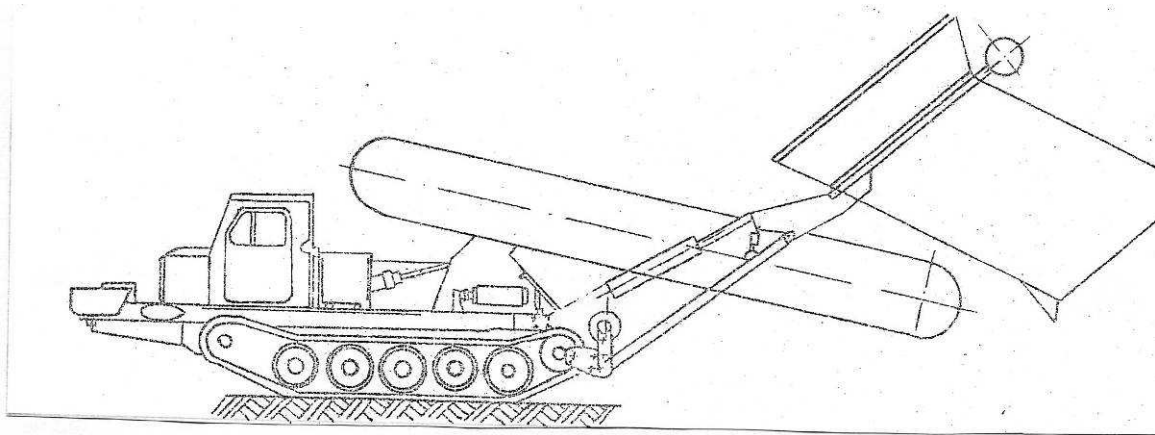


Рис. 1.29. Схема узкотраншейного дреноукладчика ДУ-251 (ДУ - 301)

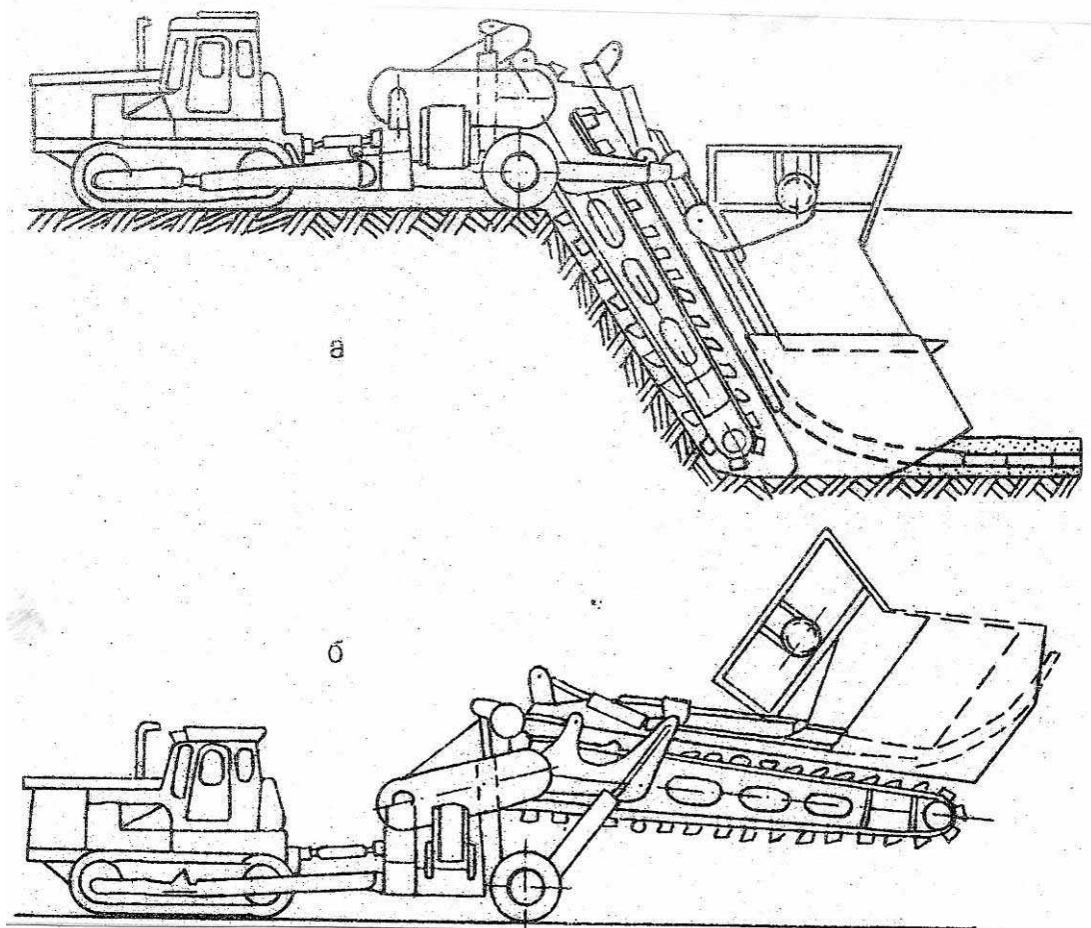


Рис.1.30. Схема дреноукладчика ДТП-4,0 в рабочем (а) и транспортном (б) положениях

Дренажная машина ДПБ-2,5 (рис. 1.31) конструкции ГСКБ по ирригации предназначена для укладки закрытых дрен из пластмассовых труб с защитно-фильтрующим материалом из песчано-гравийной смеси в грунтах до III группы. Базовой машиной служат тракторы Т-130 и ДЭТ-250.

Агрегат снабжен автоматической системой выдерживания заданного уклона по лазерному лучу.

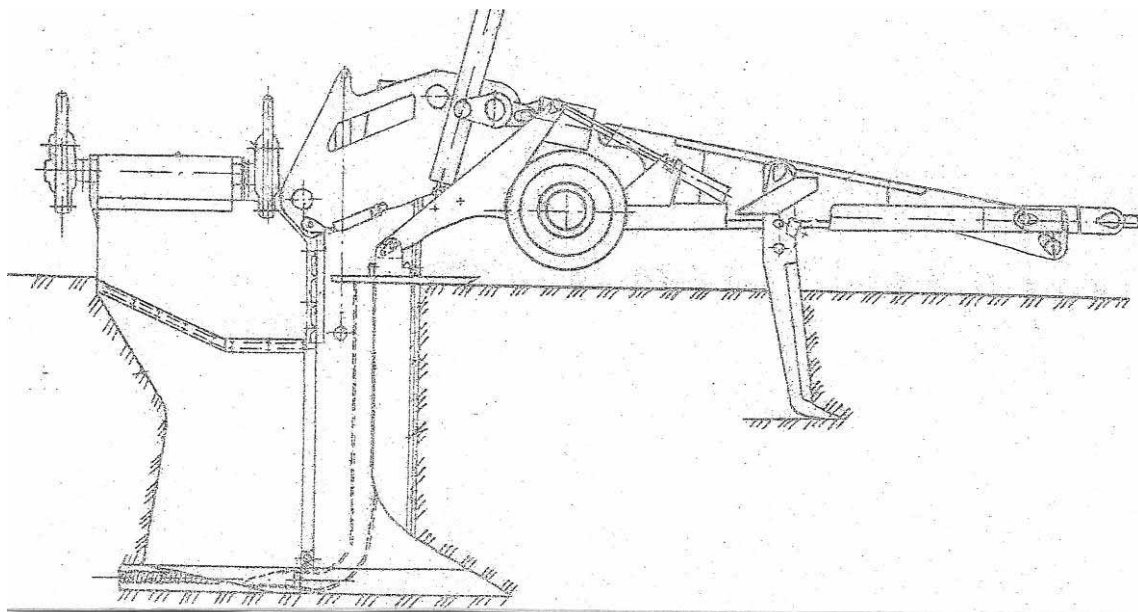


Рис. 1.31. Схема прицепного бестраншейного дреноукладчика ДПБ-2,5

Дреноукладчик бестраншейный ДБ-2,0 (ГСКБ по ирригации) предназначен для строительства закрытого дренажа в грунтах до II группы из пластмассовых труб в круговой обсыпке ЗФМ из песчано-гравийной смеси. В качестве базовой машины используют комплект из двух-трех тракторов Т-130 с ходоуменьшителем. Разработанная ГСКБ по ирригации дренажная машина ДБ-251 предназначена для строительства закрытого дренажа в грунтах до III группы. Базовая машина – трактор ДЭТ-250; агрегат работает по заранее спланированной поверхности. Материал труб-гофрированная пластмасса, диаметром до 110 мм. В качестве ЗФМ используется песчано-гравийная смесь.

Для механизации строительства дренажа за рубежом создан ряд дреноукладочных машин с активными и пассивными рабочими органами. Для зоны орошения могут использоваться «Badger Major» фирмы «Kadswell Badger Ltd» (Англия), дренажный плуг фирмы «Land Improvement and Development company» (США), некоторые модели дреноукладчиков фирмы «A.H. Steenberg» и «Barth Holland» (Нидерланды) и др. [1.16].

Конструкции зарубежных дренаукладчиков отличаются увеличенной мощностью приводного двигателя, использованием гидравлического привода механизмов хода, бесступенчатым регулированием скорости передвижения и многоскоростным приводом цепного рабочего органа, созданием для дренаукладчиков специальных баз для обеспечения высокой проходимости, более равномерным распределением нагрузок на ходовую часть и малым (до 0,03 МПа) давлением на грунт, применением лазерного луча в системах выдерживания заданного уклона и т.д.

В Узбекистане проходили производственную проверку дренаукладчики западногерманских фирм ХОЕС и ХАЙКОНС (ХОЕС-супергигант 524 и 525 и ХАЙКОНС-4027), представляющие собой самоходные машины на гусеничном ходу с дизельным двигателем и фрезерной цепью в качестве рабочего органа. Заданный уклон траншеи выдерживается автоматически по лучу лазера. После укладки пластмассовых труб и дренажного фильтра из синтетических нетканых материалов обратной засыпки не производит.

В качестве вспомогательной техники при строительстве дрена используются автосамосвалы, автомобили бортовые, тракторные телеги, погрузчики, бульдозеры, скреперы, автоцистерны и др.

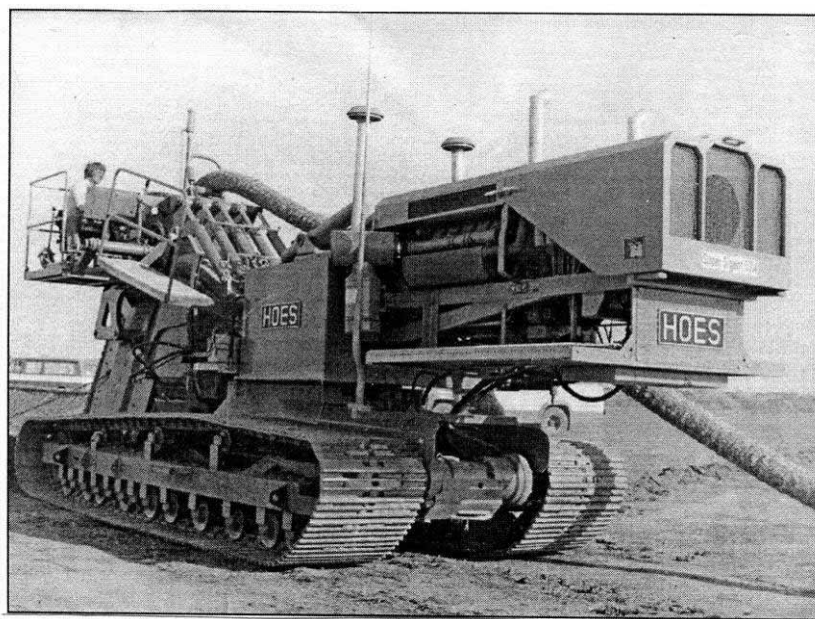


Рис. 1.32. Дренаукладчик ХОЕС-524 (ФРГ)

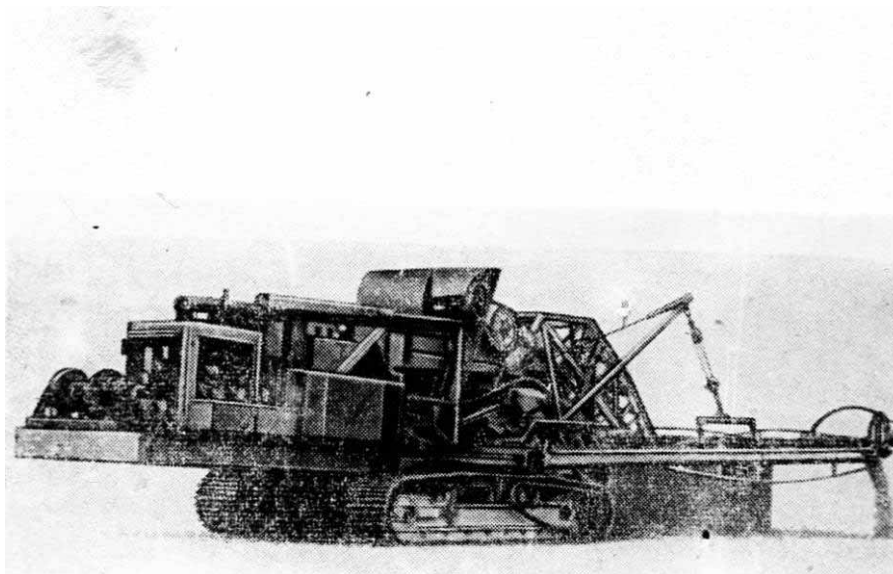


Рис. 1.33. Дреноукладчик Buskey 411-АД (США)

Выводы и рекомендации

В Узбекистане, относящемуся по природно-климатическим условиям к аридной зоне, широкое распространение получил закрытый горизонтальный дренаж. В дальнейшем его применение будет преобладающим, в связи с чем предстоит решить вопросы совершенствования технологии его строительства и удешевления стоимости при повышении надежности.

При укладке дрен применялись дренажные трубы из различных материалов (керамика, полимербетон и др.). В последние годы существенно расширилось, а в перспективе будет доминирующим строительство из пластмассовых гофрированных труб.

В качестве фильтрующего материала использовались в основном естественные песчано-гравийные смеси. Применение в качестве ЗФМ нетканого полотна из синтетических материалов ограничено рядом причин, в частности неуниверсальностью по отношению к многообразию почвенно-климатических и гидрогеологических условий. Учитывая перспективность и возможность индустриализации строительства, необходимо форсировать создание искусственных ЗФМ, пригодных для различных условий аридной зоны.

Строительство закрытого дренажа в основном велось четырьмя способами: широкотраншейным, траншейным, узкотраншейным и щелевым (бестраншейным).

Основными причинами низкого уровня производительности труда и степени механизации работ остаются конструктивные недостатки и

сравнительно низкая производительность некоторых марок траншейных и узкотраншейных дренажукладочных машин, отсутствие специализированных средств механизации для выполнения таких технологических операций, как, например, уплотнение обратной засыпки траншей, организационные недостатки, отсутствие отечественных машин, способных работать в грунтах с высоким (менее 1 м) стоянием вод, медленное внедрение в дренажном строительстве лазерной техники и др.

Опыт строительства и эксплуатации показывает, что надежность дренажа зависит от уровня проектирования, качества строительства, регулярного контроля и профилактических мер при эксплуатации. Следовательно, работы по повышению надежности дренажа должны вестись комплексно, путем совершенствования:

- конструктивных элементов закрытых дрен (трубы, фильтры, колодцы, устья);
- технологии укладки дрен в различных гидрогеологических и грунтовых условиях с отработкой технологической операции по уплотнению грунта обратной засыпки и введением мероприятий по индустриализации строительства;
- дренажукладчиков и других средств механизации, входящих в технологический комплекс машин для строительства дрен, включая создание новых специализированных машин (грунтоуплотняющей, для устройства приустьевой части дрены и др.).

Разработки последних лет, выполненные в научно-исследовательских и проектно-конструкторских организациях Узбекистана, направлены на повышение качества укладки, надежности дренажа, а также уровня производительности труда и степени механизации работ.

Отмеченные недостатки были учтены в дальнейшей работе автора по совершенствованию технологии строительства в Узбекистане.

Литература:

- 1.1. Состояние и перспективы совершенствования технологии строительства закрытых дренажных систем в Узбекистане /Ф.Ф. Беглов// обзор: УзНИИНТИ, Ташкент. - 1987. – 35 с.
- 1.2. Дренажные гофрированные трубы из наполненного полиэтилена. - Елгава: ВНИИводполимер, 1984. - 4 с.
- 1.3. Руководство по технологии изготовления трубофильтров и их применению для дренажа орошаемых земель (ВТР-С-12-78). - М.: Союзводпроект, 1978.
- 1.4. Руководство по проектированию водоприемной части закрытых дрена из трубофильтров-Талкент: САНИИРИ, 1984. - 23 с.
- 1.5. Горшков Н.И. Мелиоративная эффективность закрытого горизонтального дренажа из трубофильтров в зоне орошения (на примере Голодной степи): Автореф. дис... канд. техн. наук. - Ташкент, 1985. - 20 с.
- 1.6. Джумаходжаев З.Х. Трубофильтры коллекторно-дренажной сети на основе фильтрационного силикатобетона: Автореф. дис... канд. техн. наук - Ташкент, 1984. -20 с.
- 1.7. Карбамидная полимербетонная дренажная труба / Карабаев А.М. - Ташкент: САНИИРИ, 1986. - 3 с. - (Проспект-листок ВДНХ СССР).
- 1.8. Зепс З.П., Друвиет Р.Я., Эглий Э.Х. Состояния и перспективы создания и применения защитно-фильтрующих материалов для дренажа //Сб. научных трудов/ ВНПО Союзводполимер.-Елгава, 1983. - 100-109 с.
- 1.9. Конструкция дрена с комбинированным фильтром для закрытого горизонтального дренажа // Каталог паспортов «Научно-технические достижения, рекомендуемые для использования в мелиорации и водном хозяйстве» Вып.6-М.: ЦБНТИ Минводхоза СССР, 1984. - 37-38 с.
- 1.10.Фильтры из полимерных материалов для закрытого дренажа/Духовный В.А., Горшков Н.И, Климова Г.О., Галустян А.Г.// Сб. тезисов докладов Всесоюзной конференции «Полимерные материалы и научно-технический прогресс в мелиорации и водном хозяйстве» - Елгава, 1986. - 10-15 с.
- 1.11.Рекомендации по использованию гравийно-песчаных материалов местных карьеров для фильтровой обсыпки различных типов дренажа на территории УзССР-Ташкент: САНИИРИ, 1983 - 31 с.
- 1.12.Шрейдер В.А. Современные материалы для фильтров закрытого горизонтального дренажа, применяемые за рубежом: (Обзор) - М., 1981 - 71 с. - (Обзор. информ. / ЦБНТИ Минводхоза СССР).
- 1.13.Батурин Г.Е. От чего зависит надежность работы закрытого горизонтального дренажа // Хлопководство. - 1984 - № 1 - 30-33 с.
- 1.14.Адылов А.А. Противозрозионная защита открытых коллекторов в местах сопряжения с закрытым дренажом// Сб.тезисов докладов республ. совещания по эксплуатации каналов оросительных систем (12-14 ноября 1984, Ташкент) - Ташкент, 1984 - 71-72 с.
- 1.15.Инструкция по строительству горизонтального закрытого дренажа на орошаемых землях (ВСН-С-3 - 79) - М, 1979 - 10с.
- 1.16.Кузин Э.Н., Спрудэ Л.Я. Песков В.Г. Зарубежные дренаукладчики: (обзор) - М, 1982 - 48 с. - (Обзор. информ. / ЦБНТИ Минводхоза ССР).

Глава II. Исследование состояния построенных дренажных систем и объектов строительства закрытого горизонтального дренажа на вновь осваиваемых землях Узбекистана

За годы, прошедшие с начала внедрения закрытого горизонтального дренажа в практику орошаемого земледелия, проведена значительная работа по дальнейшему совершенствованию конструктивного исполнения дрен, способов и технологических операций строительства, используемых машин и механизмов.

На фоне достигнутых успехов в строительстве, в результате обследования, часто стало вскрываться плохое техническое состояние построенных дрен, особенно в первые годы освоения земель.

Основной причиной этому является отсутствие опыта эксплуатации и технического обслуживания, приведшее к заилению и выхода из строя значительного числа дрен. Поэтому еще в конце 60-х годов остро встала проблема необходимости технического обслуживания и ремонта закрытого горизонтального дренажа.

Содержание дренажных систем в надежном работоспособном состоянии сопряжено с необходимостью выполнения значительных объемов ремонтно-строительных работ, различных по виду и сложности. Особенно возросло значение ремонтных работ с резким увеличением орошаемых площадей и оснащенности их оросительными и дренажными системами.

Обследование построенных дрен научно-исследовательскими и проектными организациями – САНИИРИ, Средазгипроводхлопок, ВНИИГиМ и др. позволило выявить ряд причин и характер дефектов и наметить пути, мероприятия и способы их устранения, часть из которых была отражена в соответствующих рекомендациях, корректив в проектной документации и т.д.

Производственные обследования отдела ОиМР САНИИРИ с участием автора проводились в Сырдарьинской и Джизакской областях Узбекистана по трем основным направлениям:

1. Обследование построенных дренажных систем;
2. Производственно-лабораторные исследования грунтов на мелиорируемых землях;

3. Обследование объектов строительства дренажа (конструктивные элементы, способы строительства и применяемые средства механизации).

По результатам обследования объектов с построенной дренажной сетью был проведен анализ и установлены основные факторы, вызывающие нарушение нормальной работы дренажа. В зависимости от характера их можно разбить на три основные группы.

К первой – по количеству наиболее массовых и значительных по объему ремонта, отнесены механические, гидравлические, термические и др. воздействия на отдельные элементы сооружения.

К этой группе можно отнести разрушение и сдвиг наземных частей смотровых колодцев в периоды механизированных (транспортных) обработок полевых культур; вывод из строя устьевых сооружений при механизированной очистке от наносов и сжигания травяной растительности по откосам коллекторов; ирригационную эрозию обратной засыпки с заиливанием труб и колодцев; сброс посторонних предметов в колодец; пропуск через наддренную полосу оросителей в земляном русле и др.

Ко второй группе – несоблюдение качества производимых работ. Это недопустимо большие зазоры в стыках дренажных труб, наличие обратных уклонов трубчатой линии, некачественное устройство ограждающих валиков и канав вдоль дренажа по бокам наддренных полос, недосыпка толщины фильтровой обсыпки и др.

К третьей группе отнесены факторы, присущие каждому дренажному сооружению и вызываемые принципом его работы. Это проявляемая в начальный период работы дренажа суффозия фильтра при его формировании, смыл в полость трубы глинистых частиц отложений с поверхности стенок, вынос с труб и колодцев различного мусора и т.д. (рис. 2.1-2.6).

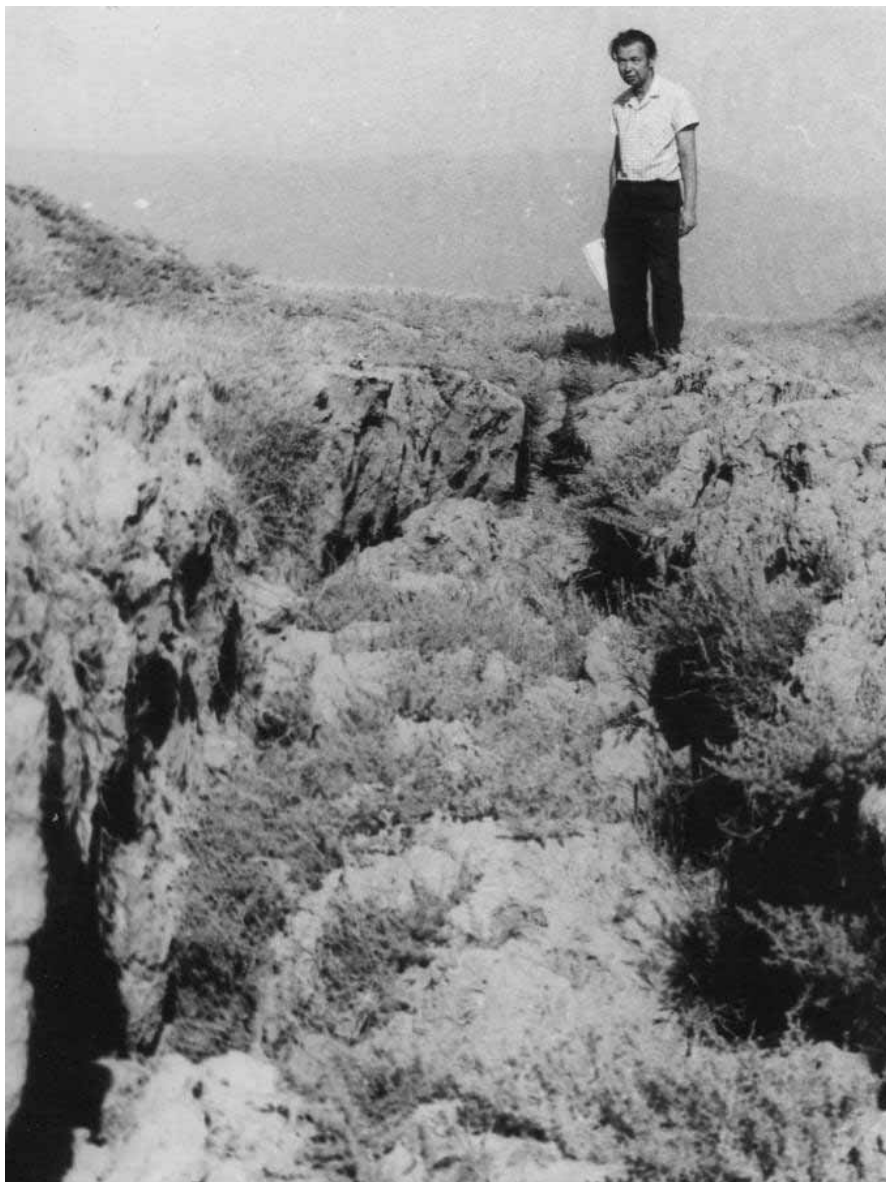
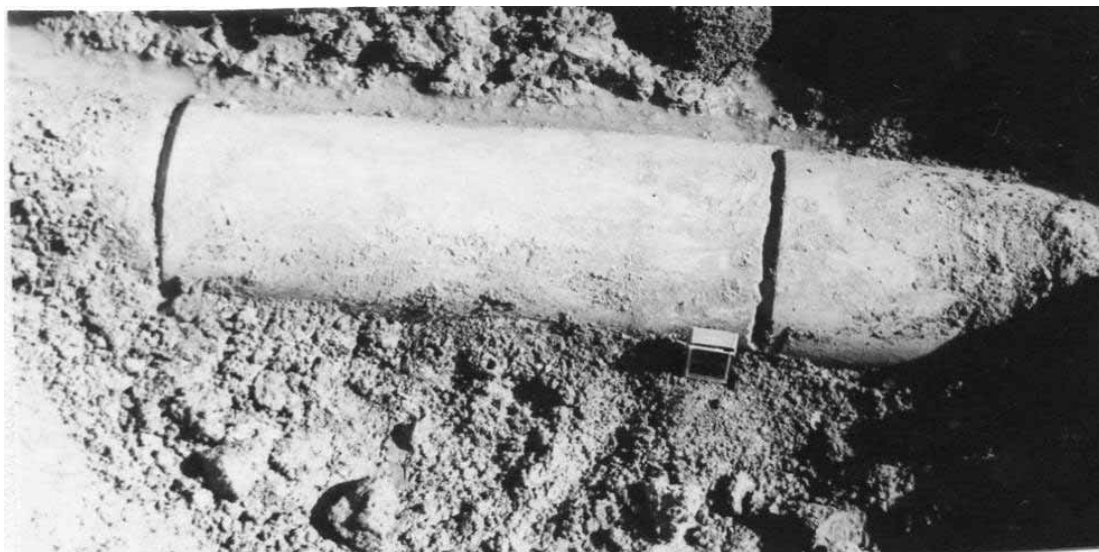


Рис. 2.1. Ирригационная эрозия наддренной полосы



а)



б)

**Рис. 2.2. Недопустимые зазоры в стыках труб дренажной линии (а);
заиление полости трубчатой линии (б)**



Рис. 2.3. Ирригационная эрозия вокруг дренажных колодцев



Рис. 2.4. Ирригационные эрозии приустьевой части дрен



Рис. 2.5. Устьевые сооружения дрен, часто повреждаемые при очистке коллекторов от наносов и растительности

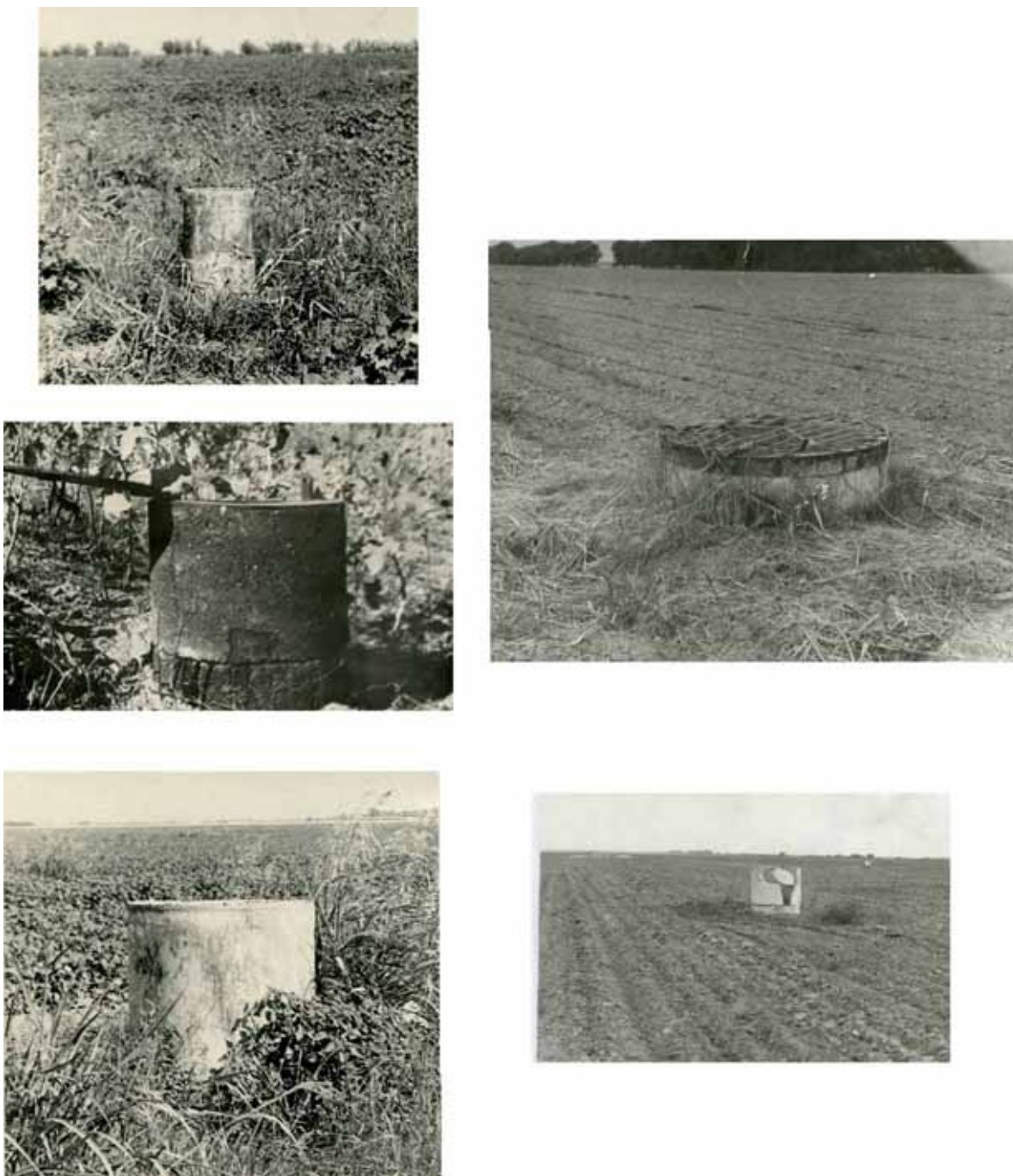


Рис. 2.6. Дренажные колодцы, часто повреждаемые техникой при проведении сельскохозяйственных работ

Анализ результатов проведенных обследований построенных дренажных систем позволил сформулировать выводы по первому направлению исследований:

- содержание сложных дорогих подземных линейных сооружений, каким является закрытая дрена, в постоянном работоспособном состоянии – залог высокой продуктивности поливных земель. В то

же время, построенные дрены имеют сравнительно невысокую надежность и, как правило, нуждаются в ремонте в первые же годы эксплуатации.

- причин, порождающих такое ненормальное положение много, но главные из них, по мнению автора, это, во-первых – несовершенство отдельных элементов дрен; во-вторых – конструктивные недоработки дренажукладочных машин и в третьих – отсутствие средств механизации для выполнения некоторых ключевых операций технологического процесса строительства.

В процессе обследования объектов строительства дренажа были проведены производственно-лабораторные исследования грунтов на мелиорируемых землях.

Результаты лабораторных исследований монолитов грунтов, отобранных в х/с им. Гагарина, Титова, Г. Гуляма, показали, что если коэффициенты фильтраций грунта естественного сложения в пределах верхней трехметровой толщи $K_f > 1,5$ м/сутки, то коэффициенты фильтрации грунтов нарушенной структуры, как правило, ниже и изменяются от 0,15 до 0,30 м/сутки при плотности $1,4 \div 1,5$ г/см³.

Анализ полученных результатов производственно-лабораторных исследований позволил сформулировать выводы по второму направлению:

- В покровных отложениях орошаемых районов хлопковой зоны широко представлены лессы и лессовидные породы. Их отличительной особенностью является относительно однообразный гранулометрический состав с преобладанием пылеватой фракции (до 80 %).
- Голодная степь является типичным орошаемым районом хлопковой зоны страны. Покровная толща отличается здесь значительной слоистостью. Суглинистым и супесчаным разновидностям лессовых грунтов данного района присуща низкая водоотдача и слабая фильтрационная устойчивость.
- Число пластичности грунтов рассматриваемого района изменяется в широких пределах – от 3 до 16, а максимальная молекулярная влагоемкость грунтов – от 14 до 20 %. Достаточно высокую связность, которой обладают лессовые грунты Голодной степи, несомненно, нужно учитывать при разработке способов механического уплотнения обратных засыпок в траншеях.
- Солевой комплекс грунтов представлен небольшим количеством легкорастворимых и значительным количеством труднорастворимых и практически нерастворимых солей, обуславливающих повышение затрат работы на уплотнение. В солевом комплексе значительное

место занимают сернокислые соли, главным образом гипс; хлориды и бикарбонаты играют подчиненную роль. Наиболее сильно засолена верхняя толща грунтов. Наличие солей находят свое отражение в незакономерных относительно гранулометрического состава характеристиках пластичных свойств грунта.

- Верхняя покровная толща на глубину до 4 м сложена грунтами, которые по плотности относятся к рыхлым ($1,2-1,4 \text{ г/см}^3$) и средне плотным (до $1,65 \text{ г/см}^3$). Отмечаются резкие колебания плотности ввиду сложности сложения грунтовой толщи. Тем не менее, с увеличением глубины плотность грунта закономерно повышается. Средняя плотность естественного грунта в верхней 4-метровой толще равна $1,5 \text{ г/см}^3$. При заделке дренажа насыпной грунт размещается в траншеях со средней плотностью $1,2 \text{ г/см}^3$. Причем, высота насыпного слоя в траншее достигает 2,2-2,5 м. Расчетная бытовая нагрузка в нижних горизонтах обратной засыпки не превышает $0,3 \text{ кг/см}^2$, что в условиях низкой естественной влажности не обеспечивает быстрого самоуплотнения грунта в траншее.
- Естественная влажность грунтов в зависимости от глубины залегания горизонта грунтовых вод и климатических характеристик изменяется в широких пределах. В верхних слоях (0-1,5 м) влажность колеблется в пределах от 5 до 12 %, а ниже достигает 30 %. Оптимальная влажность ударного уплотнения грунтов в зависимости от содержания глинистой фракции изменяется от 14 до 17 %.
- Минимальная сжимаемость грунта в условиях оптимальной влажности и в диапазоне изменения нагрузки от 0 до 3 кг/см^2 наблюдается при оптимальной плотности $1,6 \text{ г/см}^3$. Однако отклонение от оптимальной влажности всего на 1-2 % изменяет степень и характер сжимаемости грунта, что следует учитывать при исследовании ударного способа уплотнения грунтов.
- Грунты верхней толщи обычно имеют большую степень связанности и, как следствие, требуют приложения значительных усилий для их механического уплотнения.

По результатам обследования объектов строительства закрытого горизонтального дренажа на осваиваемых землях был проведен анализ полученных материалов, на основании которых сформулированы выводы по третьему направлению исследований:

- Строительство закрытого горизонтального дренажа на осваиваемых землях в орошаемой зоне велось, в основном, траншейным

способом. Этот способ позволил механизировать прокладку дренажа в устойчивых грунтах. Экскаваторы-дреноукладчики Д-251, ЭД-3,0 прокладывают дренажные траншеи шириной 0,6-0,8 м, глубиной до 3,0 м. Траншеи разрабатываются с вертикальными откосами. Высота обратной засыпки в среднем составила 2,0-2,5 м.

- Заделка дренажных траншей может осуществляться по двум схемам: с предварительной отсыпкой и уплотнением предохранительного слоя грунта и последующей полной засыпкой траншеи, либо сразу в один прием на полную высоту. В настоящее время применяется как первая, так и вторая схема. Отсыпка предохранительного слоя толщиной 30-40 см осуществляется во время прокладки дрены с помощью специального оборудования, установленного на дреноукладчике. Полная засыпка дренажных траншей выполняется преимущественно с помощью универсальных бульдозеров.
- В последнее время большое внимание уделяется развитию бестраншейного способа строительства закрытого дренажа на орошаемых землях. Этот способ позволяет механизировать прокладку дренажа в водонасыщенных обрушающихся грунтах. При бестраншейном строительстве дренажа грунтовая толща прорезается узкой щелью на глубину до 3,0 м.
- Значительное внимание в настоящее время уделяется разработке дреноукладчиков, способных разрабатывать узкие дренажные траншеи, шириной порядка 15 см. Такие дреноукладчики могут оказаться эффективными при строительстве дренажа в обрушающихся грунтах.
- На уже освоенных площадях с высоким уровнем грунтовых вод, а также в обрушающихся грунтах, очевидно, будут применяться во все возрастающих размерах бестраншейные способы строительства дренажа, а также дреноукладчики, разрабатывающие в дренируемой толще узкие дренажные траншеи.

При строительстве глубокого закрытого дренажа в основном, используется местное сырье, а именно, гончарные трубы и естественная гравийно-песчаная смесь. Это обуславливает широкое применение гончарного дренажа не только на ближайшую перспективу, но и в последующие годы.

В связи с этим вопросы дальнейшего совершенствования технологии строительства дренажа в орошаемой зоне в направлении повышения качества заделки дренажных траншей, шириной 0,4-0,8 м, совершенствования отдельных конструктивных элементов дрен и средств механизации выполнения всех технологических операций имеют значительную актуальность.

Результаты полученных исследований легли в основу дальнейшей работы автора в этом направлении.

Глава III. Усовершенствование конструктивных элементов закрытых горизонтальных дрен

3.1. Разработка технологии и оборудования для изготовления керамических дренажных труб с коническими срезами (фасками) и выступами в производственных условиях

Как уже отмечалось в главе I, одним из основных элементов закрытого горизонтального дренажа являются трубы, качеству которых, а также надежности стыкового соединения всегда уделялось особое внимание.

В 1957 г. в Голодной степи было начато опытно-производственное строительство закрытого горизонтального дренажа механизированным способом с применением первого дреноукладчика в зоне орошения – конструкции «Главголодностепстроя». Для строительства дрен было запроектировано использовать низконапорные асбоцементные трубы длиной 33 см. Так как государственный стандарт предусматривал выпуск асбестоцементных труб только трех и четырехметровой длины, их пришлось разрезать на требуемые отрезки. Автор в составе группы к.т.н. Николаева И.И. принял участие в производственных изысканиях дреноукладчика и определении качества укладываемых труб.

В 1958 г. было начато строительство дрен на сравнительно большом участке в 4-м отделении совхоза «Фархад» в Голодной степи и потребовалось большое количество дренажных труб. И тогда же «Главголодностепстроем», институтом «Средазгипроводхлопок» и САНИИРИ было решено использовать в качестве эксперимента трубы с фасочным соединением, т.к. оно при механизированном строительстве дрен обеспечивает автоматическую самоцентрировку труб относительно друг друга и создает непрерывную с замковыми стыками конструкцию всей дренажной линии.

Для организации выпуска труб с такой конструкцией стыка необходимо было при разрезке длинномерных а/ц труб на отрезки длиной 33 см одновременно на их торцах нарезать конические фаски, причем с одной стороны наружную, с другой – внутреннюю.

Такая работа была организована на Беговатском заводе – изготовителе и поставщике асбестоцементных труб.

В 1961 г. работниками строительно-механизированного управления № 5 системы Главголодностепстроя был разработан и изготовлен специальный станок для резки длинномерных асбестоцементных труб на короткие с фасками.

Примерно к этому же времени начал выпускать продукцию – гончарные трубы с прямыми торцами по ГОСТ 8411-57 – Янгиерский завод.

Уже в 1962 г. эти трубы полностью вытеснили асбестоцементные и вместе с ними «фасочные соединения».

Однако, на основании анализа применяемых в тот период в зоне орошения конструкций дренажных труб, было установлено преимущество фасочного соединения труб перед трубами с прямым торцом.

В первое время, из-за отсутствия требуемого количества дреноукладчиков, при строительстве дрен трубы приходилось укладывать вручную. Поэтому, от качества их укладки, центровки относительно друг друга, особенно в неустойчивых и водонасыщенных грунтах, зависела работоспособность построенной дрены.

В связи с этим возникла потребность в организации выпуска гончарных (керамических) труб с фасками.

Автор совместно с руководителем группы В.Н. Бердянским провели исследовательско-конструкторскую работу с целью определения возможности организации выпуска таких труб в производственных условиях на Янгиерском заводе. В результате проведенных работ было установлено, что технически наиболее удобно, просто и без особо больших финансовых затрат делать фаски на сырых трубах, в процессе их выпрессовки, т.е. на трубных прессах. Эту операцию удобнее всего производить одновременно с резкой труб. При изготовлении труб штамповкой эта операция хорошо совмещается с соответствующим изменением конструкции пресс-форм.

Для поделки фасок на трубных прессах были разработаны две схемы оборудования, с помощью которых за один прием можно получить на отрезанной части наружную фаску, а на оставшейся в прессе – внутреннюю. Кроме того, еще две схемы предусматривали использование для поделки фасок способ прессования в формах.

Однако дальнейшие эксперименты были направлены на разработку технологии и создание оборудования для поделки фасок на гончарных трубах, производимых на вертикальных прессах (тип СМ-48) Янгиерского завода гончарных дренажных труб.

Следует отметить, что в 1962-1963 гг. вопросом поделок фасок на керамических трубах занимались также ЦНИИМЭСХ, ЛатНИИГиМ, СевНИИГиМ, АзНИИГиМ и др. Были разработаны специальные устройства [3.1]. Но, как показало время, эти работы не получили широкого промышленного применения.

Проанализировав все сделанное в этом направлении НИИ и конструкторскими организациями, авторы сочли необходимым вести дальнейшую работу в направлении разработанной ими технологии.

Основным требованием к стыку дренажных неперфорированных труб, соединенных с помощью конических фасок, является хорошая подвижность при достаточной прочности к поперечным смещениям. То и другое при таком способе соединения труб зависит от угла фаски, причем улучшение условий для одного из факторов влечет и ухудшение другого.

Понятно, что такое явление требует установить оптимальное значение угла фасок, при котором будет наилучшая подвижность стыка при достаточной прочности его. Эта задача решалась лабораторными исследованиями методом определения зависимости подвижности одной трубы относительно другой в стыке от величины угла фасок, сочленяющих их от осевого давления.

Из этой зависимости изображенной графически устанавливался оптимальный угол фасок с учетом того, что прочность стыка изменяется прямо пропорционально его величине. Поэтому целью лабораторных исследований явилось определение оптимального угла фаски, а также прочности трубы (рис. 3.1).

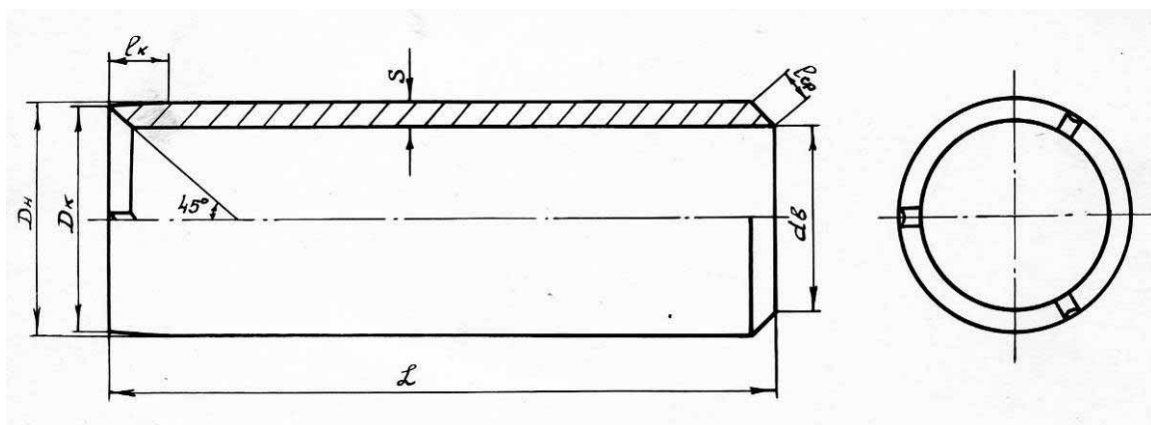


Рис.3.1. Схема дренажной трубы с коническими фасками и выступами

Исследование проводилось на специально сконструированной и изготовленной лабораторной установке (рис. 3.2, 3.3).

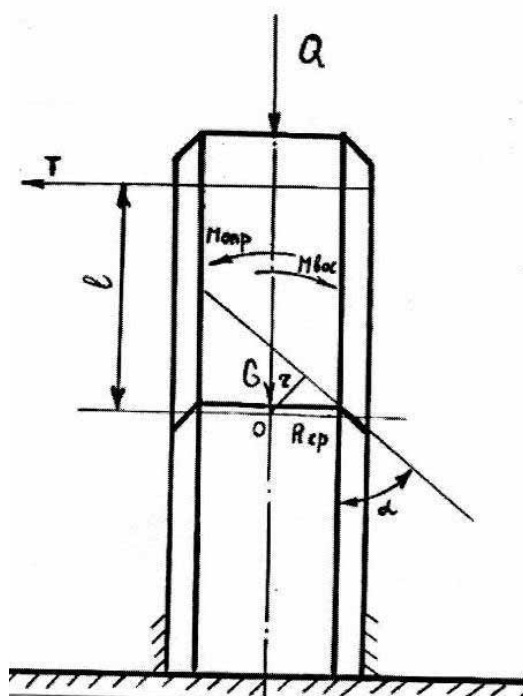


Рис. 3.2. Схема сил, действующих на трубу, относительно фасочного соединения,
 где: Q - усилие, сжимающее трубы; q - вес трубы; R_{cp} - средний радиус трубы;
 f - коэффициент трения; α - угол фасок.

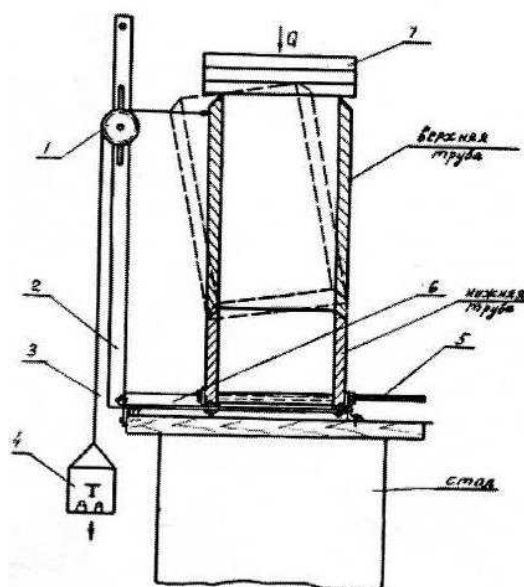


Рис. 3.3. Схема лабораторной установки для определения оптимального угла фасочного стыка

1 - неподвижный блок; 2 - вертикальная стойка; 3 - трос; 4 - груз;
 5 - зажимное устройство; 6 - рама; 7 - набор грузов.

Автором были проведены исследования для труб с фасками, угол которых задавался величиной: 25° , 35° , 45° , 55° , 65° , 75° и 90° , для асбестоцементных труб с внутренним диаметром 100, 141 и 187 мм при толщине стенок соответственно 11, 17 и 28 мм, а также гончарной трубы диаметром 150 мм и углом фаски 45° . По полученным результатам исследований были построены графики, представленные на рис.3.4.

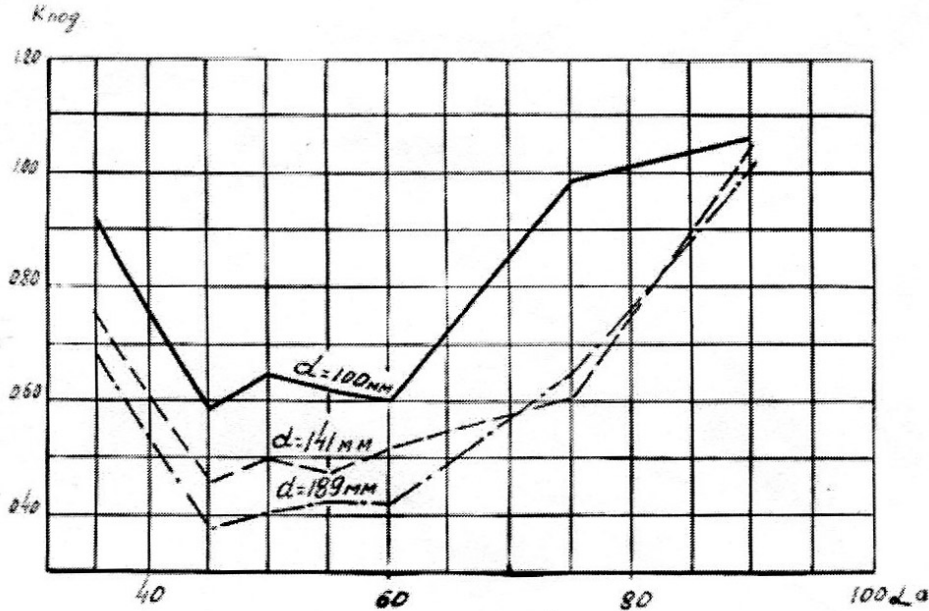


Рис.3.4. График зависимости подвижности соединения труб от угла фаски

Анализируя кривые, нетрудно отметить, что оптимальный угол заточки фаски может находиться в пределах от 45° до 65° . Однако, наименьшее значение угла считаем наиболее рациональным, так как прочность и надежность соединения (стыка) будет при нем лучшей.

Для изготовления опытной партии гончарных (керамических) фасочных труб на Янгиерском заводе был принят угол 45° , но при этом необходимо было решить еще несколько задач.

1. Так как механизированная укладка дренажных труб производится с осевым напором, который в случаях стопорения движения их, может возрасти до значительной величины, необходимо было выяснить прочность труб на разрыв круга.

Вопрос прочности труб при осевом сжатии их встал в связи с тем, что наличие фасок создает условия аналогичные работе клина. При этом величина осевого разрушаемого усилия прямо пропорциональна углу заточки фаски.

Для определения разрушаемого осевого усилия у гончарных труб с углом фаски 45^0 были проведены лабораторные испытания их на гидравлическом прессе со шкалой 5 т и ценой деления 5 кг.

Испытанию подвергались гончарные трубы с прямым торцом и раструбом. Испытания проводились следующим образом:

Под пресс строго вертикально одна на другую ставились две трубы, причем внутренней фаской вверх. При испытании трубы с раструбом последний тоже устанавливается вверх.

Для того, чтобы исключить влияние неперпендикулярности плоскости торца трубы к ее оси, между плитами прессы к трубам закладывались листы резины.

Минимальное разрушающее усилие для гончарных раструбных и фасочных труб получилось при четырехкратном повторении, в среднем 1500 кг.

2. Необходимо также было решить еще ряд вопросов технологического и производственного характера: поведение кромки фаски сырой трубы при выпрессовке, при установке ее на поддон для сушки, при транспортировании и, наконец, при обжиге.

Эти исследования были также проведены в производственных условиях на Янгиерском заводе [3.1].

Исследования проводились в сопоставлении с серийно выпускаемыми трубами с прямым торцом, на протяжении полного цикла, от формования до обжига включительно.

При сопоставлении экспериментальных труб с серийными, прошедшими обжиг на двух соседних вагонетках, установлено:

- механических повреждений прямых торцов и торцов с фасками нет;
- сгорания или оплавления острых кромок торцов с фасками не произошло;
- качество обжига труб с наружной и внутренней фасками, ориентированных вверх и вниз, одинаково;
- деформации круга с прямым торцом и с фасками находятся в норме обычных деформаций;
- наличие фаски не влияет на образование трещин;
- качество обжига и форма фасок, сделанных на сырых и предварительно просушенных трубах одинаковы.

По завершении лабораторных исследований было спроектировано и изготовлено два образца оборудования для нарезки фасок применительно к

вертикальным трубным прессам, которые прошли производственные испытания на Янгйерском ЗГДТ [3.1].

Первое оборудование представляет собой устройство, устанавливаемое на пресс для формования труб непосредственно у мундштука с помощью несущего кольца, на котором собирается весь режущий аппарат (рис. 3.4, 3.5).

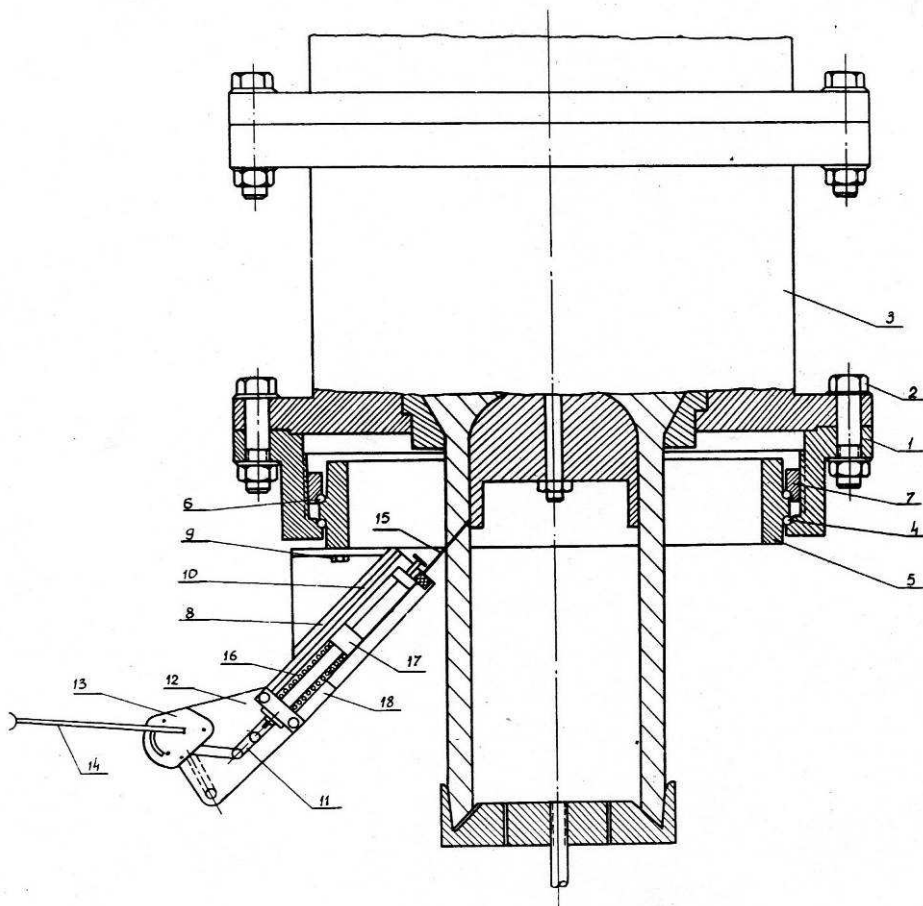
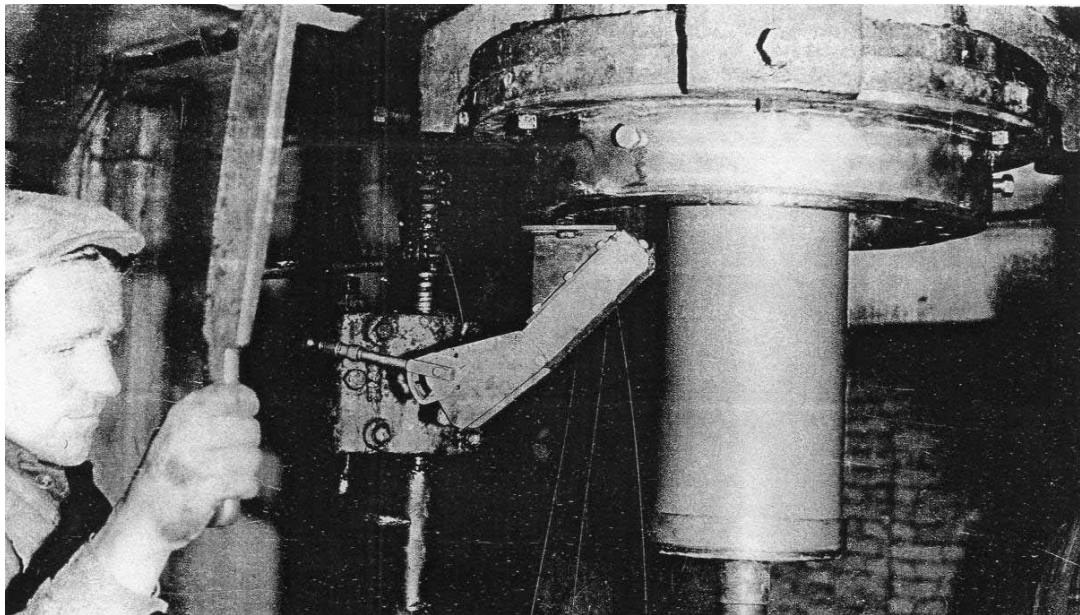
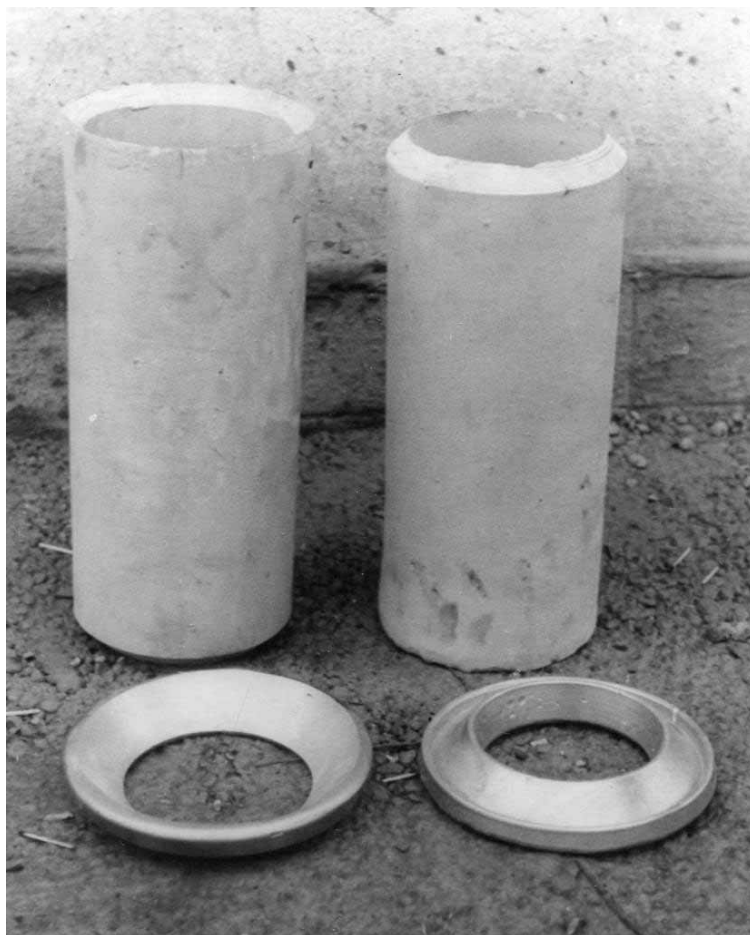


Рис.3.5. Схема оборудования для резки гончарных труб с фасками

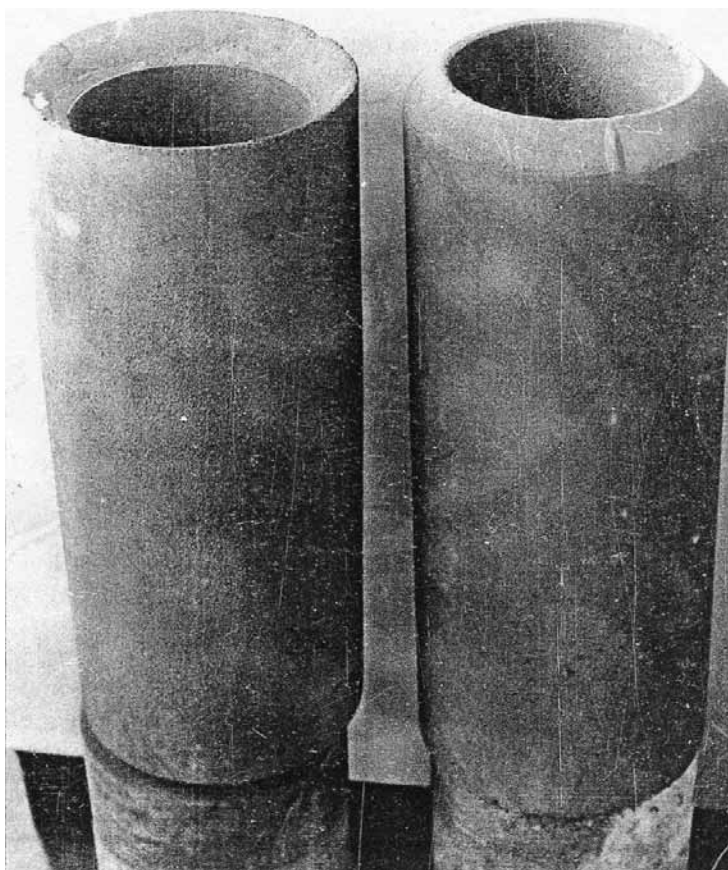
Работает это устройство таким образом: после выпрессовки трубы нужной длины нажимается рычаг, благодаря чему одновременно останавливается работа шнека пресса, включается привод режущего аппарата и происходит подача резца. При возврате рычага в его первоначальное положение все переключения происходят в обратном порядке и оборудование возвращается в исходное состояние. Отключается подача и привод вращения инструментальной головки, снимается готовая труба, включается шнек пресса и производится выпрессовка очередного отрезка трубы. На этом цикл заканчивается [3.1].



а) экспериментальное оборудование для резки фасок



б) экспериментальные керамические (гончарные) трубы с фасками и поддонами для сушки



в) керамические (гончарные) трубы с фасками и выступами (опытная партия)

Рис. 3.6. Экспериментальное оборудование к вертикальным трубным прессам для нарезки фасок (а), экспериментальная (б) и опытная партия труб (в)

Выпрессовка выступов на внутренней фаске трубы происходила за счет кратковременной задержки отхода приемного столика прессы с профильным поддоном (рис. 3.7).

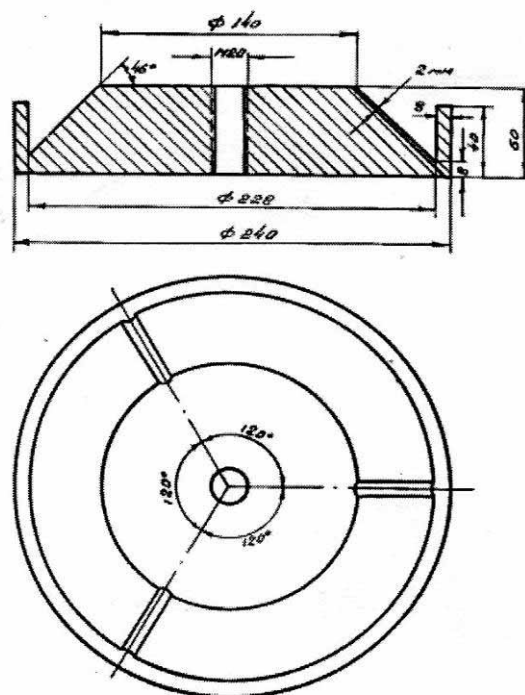


Рис. 3.7. Поддон приемного столика прессы для выпрессовки выступов на внутренней фаске трубы

Нарезанные трубы в вертикальном положении устанавливались на специальных поддонах на вагонетки для сушки (рис. 3.8). Поддоном служили профильные кольца (под наружную фаску) предохраняющие торец трубы от смятия. Обжиг труб с фасками производился в обычном режиме.

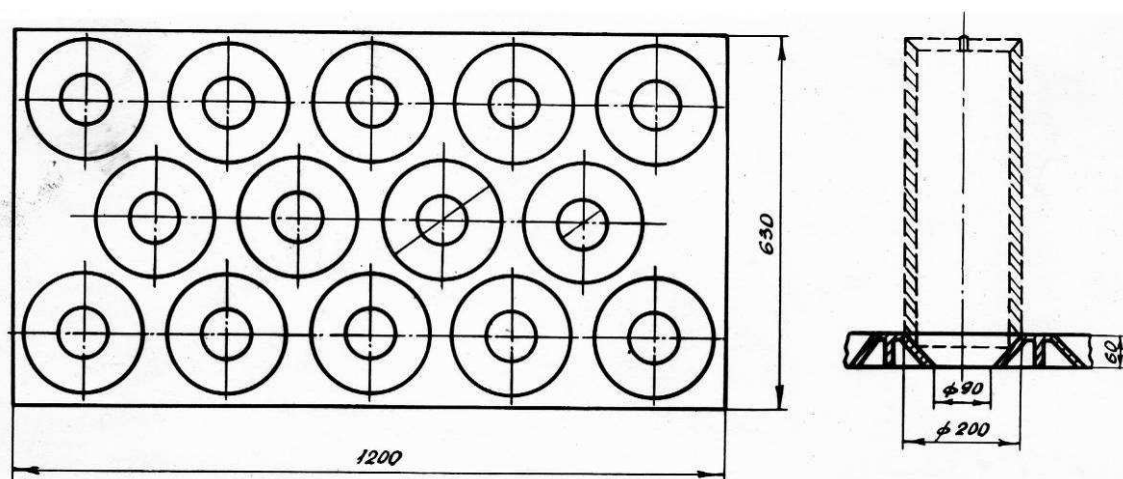


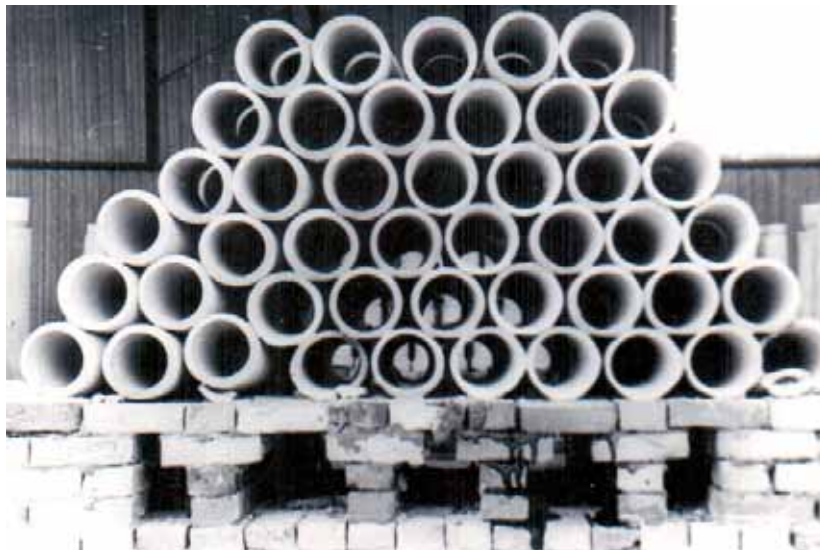
Рис. 3.8. Схема профильного поддона на вагонетку для сушки труб с фасками



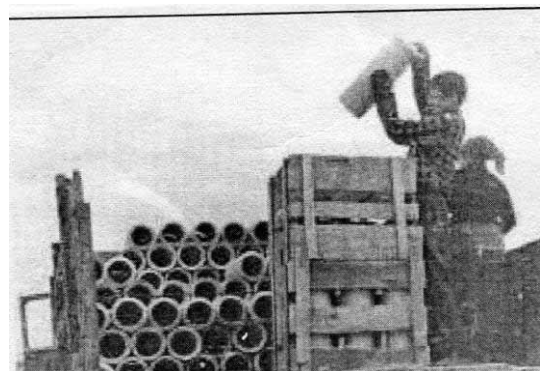
Рис. 3.9. Изготовление оснастки для отливки профильных поддонов на Янгиерском заводе



а) опытная партия труб с фасками на вагонетках для сушки труб



б) опытная партия труб с фасками на вагонетках для обжига



в) опытная партия труб с фасками на погрузке для отправки на объект строительства

Рис. 3.10. Отработка технологических процессов изготовления и транспортирования опытной партии труб с фасками (а, б, в)

Вторая схема представляет собой устройство, в котором для резки гончарных труб с фасками используются специальные профильные ножи. Оно также предназначено для установки на вертикальный трубный пресс.

Работает система под действием гидро- или пневмо-давления, которое в конкретных условиях (Янгиерский завод гончарных дренажных труб) удалось осуществить от индивидуальной установки с электроприводом.

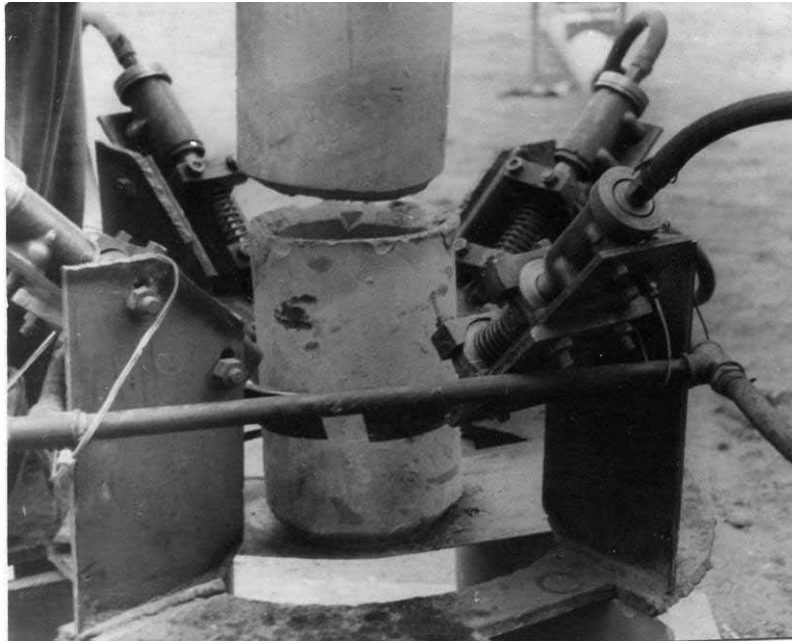


Рис. 3.11. Устройство для резки гончарных труб с помощью профильных ножей

Проведенные эксперименты позволили сделать выводы:

- Нарезку фасок наиболее легко производить на сырых трубах.
- Фаска на трубах, предварительно хорошо просушенных, при транспортировке и других операциях не деформируется и не ломается.
- Для сушки и транспортировки труб с прямыми торцами следует применять листовые перфорированные поддоны.
- Для транспортировки и сушки труб с фасками, лучше применять поддоны с профильными кольцами.
- Наличие фасок не влияет на режим и качество обжига труб.
- Острые кромки фасок при обжиге труб не сгорают и не оплавляются.
- Наличие фасок не увеличивает деформации круга труб.

Таким образом, проведенные опыты доказали, что фаски на гончарных дренажных трубах можно делать в процессе формовки на вертикальных трубных прессах одновременно с разрезкой их. Исходя из этого, авторами было составлено ТЗ на разработку и изготовление производственного образца оборудования для резки труб с фасками (1-й вариант), которое было выполнено ЭПП САНИИРИ, после чего началась отработка технологического процесса в целом.

Дальнейшие исследования показали:

- Оборудование для одновременной резки гончарных дренажных труб с фасками, разработанное САНИИРИ, является простым, работоспособным и производительным.
- Технологический процесс изготовления гончарных дренажных труб с фасками может быть принят заводом для серийного производства, для чего заводу необходимо проделать работу по подготовке и настройке технологического оборудования.
- Качество труб с фасками при налаженном серийном производстве по всем показателям можно ожидать лучшим, или, во всяком случае, не хуже качества труб с прямым торцом.



Рис. 3.12. Ложе на откосе траншеи для укладки дрены из труб с фасками

В 1979 г. Минводхозом СССР были утверждены ТУ 33-128-79 на трубы керамические дренажные. В процессе производственных исследований было построено 2 дрены при ручной укладке широкотраншейным способом в совхозе «Пахтакор» и 2 дрены траншейным способом с использованием дреноукладчика Д-301 в совхозе № 27, которые дали хорошие результаты.



Рис. 3.13. Раскладка дренажных фасочных труб по трассе дрены

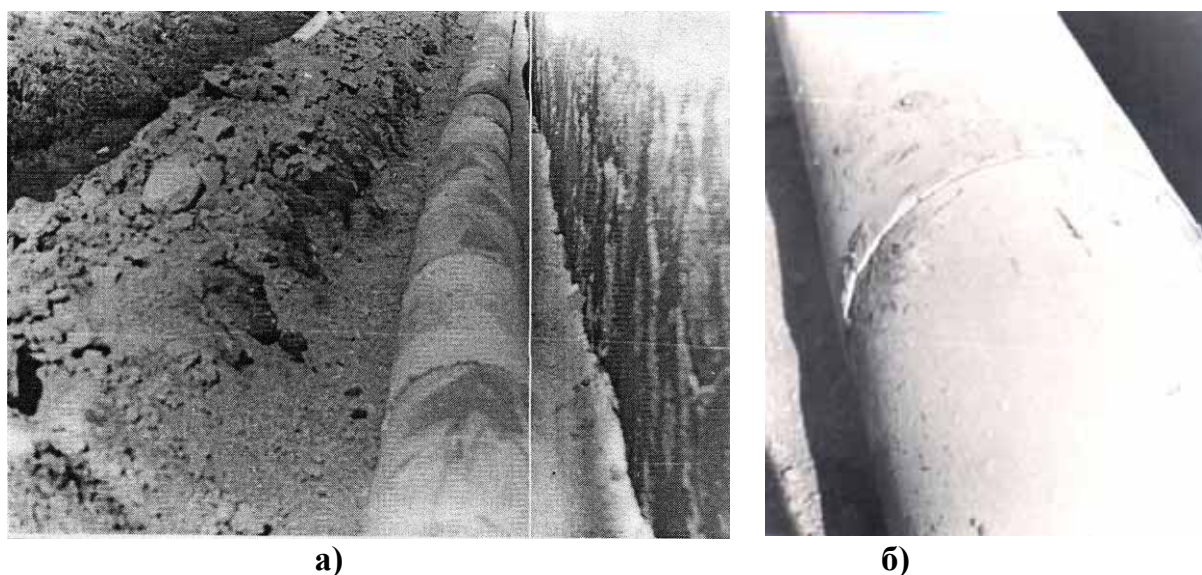


Рис. 3.14. Дренажная линия из фасочных труб до засыпки (а), стыковое соединение из фасочных труб (б)



Рис. 3.15. Укладка дренажной линии из фасочных труб траншейным дреноукладчиком

Литература:

- 3.1. Оборудование для резки гончарных дренажных труб с коническими фасками / В.Н. Бердянский, Ф.Ф. Беглов // сборник - Ташкент, 1966 г. - № 10 - с.23-25.
- 3.2. Технология и механизация изготовления гончарных дренажных труб с фасками / В.Н. Бердянский, Ф.Ф. Беглов, А.Н. Мирсагатов // Механизация водохозяйственных работ: сборник трудов САНИИРИ, Ташкент, 1970 г. № 122, с. 38-53.
- 3.3. Инструкция по изготовлению гончарных дренажных труб с коническими срезами и выступами (проект) / Ф.Ф. Беглов // ММ и ВХ СССР, САНИИРИ, Ташкент, 1972 г. - с. 18.
- 3.4. Изготовление гончарных дренажных труб (инструкция по изготовлению гончарных труб с коническими срезами и выступами) / Ф.Ф. Беглов // Буклет для ВДНХ СССР: ММ и ВХ СССР, САНИИРИ, Ташкент, 1973 г. - с. 16.
- 3.5. Трубы керамические дренажные фасковые с выступами / В.Н. Бердянский, У.Ю. Пулатов, М.Б. Зингоренко, Ф.Ф. Беглов // ТУ 33-128-79: Минводхоз СССР - Ташкент, 1979 г. - с. 17.
- 3.6. Лента дренажная из труб фасковых с выступами / Ф.Ф. Беглов // ВДНХ СССР: проспект - Ташкент, 1983 г. - с. 2.

3.2. Разработка технологии и оборудования для изготовления керамических дренажных труб с цилиндро-конусным ребристым раструбом в производственных условиях

За полтора десятилетия на строительстве дренажа были апробированы различные дренажные трубы, как по конструкции стыкового соединения, так и по материалу изготовления.

Наиболее широкое применение в последнее время в зоне орошения нашли керамические трубы с цилиндрическим раструбом (Среднеазиатские республики и Казахстан). В качестве фильтра использовалась в основном естественная песчано-гравийная смесь.

Опыт строительства закрытых горизонтальных дрен, в первую очередь в Голодной степи, показал, что трубчатая линия из раструбных труб имеет большую надежность, чем из гладких. Объясняется это, во-первых, отсутствием в стыках раструбных труб сквозных зазоров, что не допускает осыпания фильтра и грунта в полость труб, во-вторых, раструбное соединение полностью исключает возможные сдвиги труб относительно друг друга, что имеет большое положительное значение при прокладке дренажа в слабых и склонных к просадочности грунтах.

Благодаря этим положительным качествам дренажные трубы с раструбами получили широкое распространение в Средней Азии. Например, в Узбекистане раструбные трубы стали изготавливать Янгиерский (Главсредазирсовхозстрой), Каршинский (Госкомводстрой УзССР), Шорсуйский (Минводхоз УзССР) и Ташкентский (Минпромстройматериалов УзССР) заводы.

Однако, наряду с достоинствами применяемых дренажных труб с раструбами следует отметить и их недостаток в конструкции стыка. Зазоры, образуемые ими при стыковке, имеют в поперечнике форму полумесяца, достигая максимальной величины в верхней части сечения и сходя на нет в нижней (рис.3.12 а).

Основные размеры и предельные отклонения от размеров дренажных труб с раструбом, согласно ТУ 21 УзССР 13-80, даны в таблице 3.1.

Как показали исследования, при соответствующих допустимых отклонениях размеров диаметров ствола и раструба зазоры в верхней части стыка могут достигать значительных величин: у труб диаметром 100 мм – 32 мм, 150 мм – 40 мм и 200 мм – 46 мм, тогда как обычно зазоры не должны превышать 2-4 мм. В результате около половины стыка снизу не принимает грунтовых вод и для поддержания последних на заданном

уровне глубину заложения раструбных труб надо увеличивать примерно на $\frac{1}{2}$ их внутреннего диаметра, например, по отношению глубины заложения гладких дренажных труб. Кроме того, сходящиеся на нет зазоры в нижней части трубы подвержены быстрому заилению, а значительные зазоры в верхней части стыка способствуют заилению полости труб, вследствие заноса фильтра водой и илистыми частицами грунта засыпки.

Таблица 3.1.

Основные размеры и предельные отклонения от размеров труб

Ствол трубы				Толщина ствола и раструба, S		Раструб трубы			
Внутренний диаметр, d		Длина, L				Внутренний диаметр, d ₁		Глубина, l ₁	
номин.	допус. откл.	номин.	допус. откл.	номин.	допус. откл.	номин.	допус. откл.	номин.	допус. откл.
100	± 5	600	± 15	16	± 3	148	± 5	40	± 4
150	± 7	600	± 15	20	± 3	210	± 7	50	± 5
200	± 12	600	± 15	23	± 5	263	± 7	60	± 5

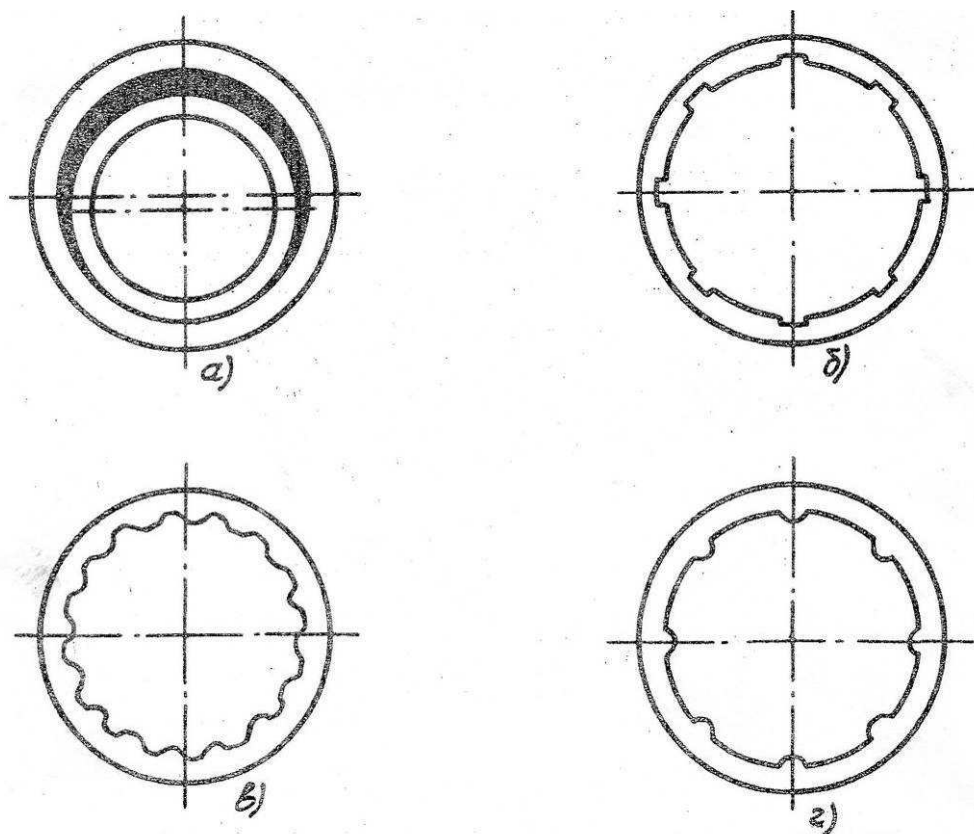


Рис.3.16. Поперечные сечения стыкового соединения применяемых раструбных труб (а) и раструбов новых конструкций (б, в, г)

Площадь зазора между трубами, которая зависит от установленного процента скважности и других показателей, можно найти по формуле:

$$S = 2\pi r\delta, \quad (3.1)$$

где: S – площадь зазора между трубами, м^2 ;

r - полусумма радиусов раструба и ствола трубы, мм;

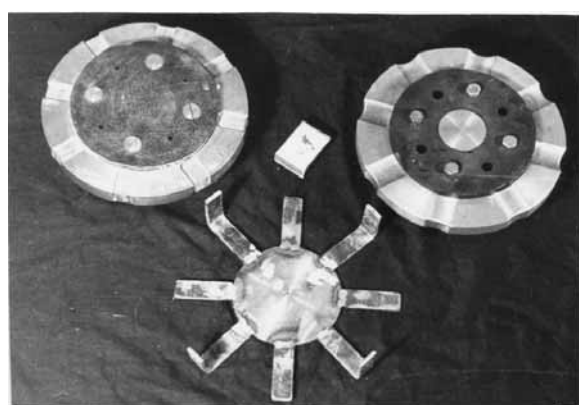
δ - величина зазора, обычно равная 2-3 мм.

В целях повышения надежности работы закрытых горизонтальных дрен в отделе нормативов и системы машин САНИИРИ автором под руководством У.Ю. Пулатова была разработана усовершенствованная конструкция дренажной раструбной трубы, у которой внутренняя поверхность раструба выполнена рельефной. В результате между наружной частью трубы, входящей в раструб, и внутренней поверхностью последнего образуется зазор, через который грунтовые воды поступают в полость дрены через нижнюю часть стыка труб. Рельефная внутренняя поверхность раструба обеспечивает относительно равномерный зазор по всему периметру стыка.

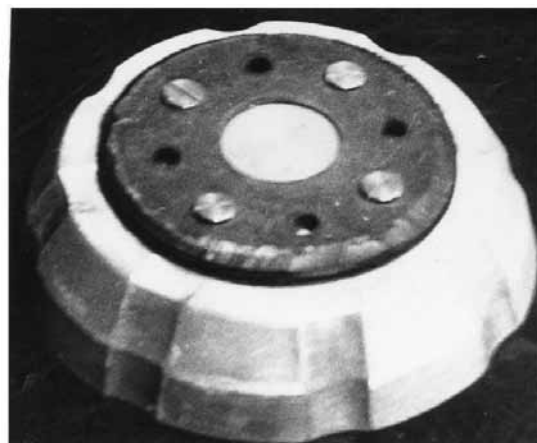
На Ташкентском заводе авторами были проведены исследования поискового характера с целью решения следующих технологических вопросов:

- установление возможности изготовления усовершенствованной конструкции труб на применяемых в настоящее время вертикальных прессах;
- выявление соответствия применяемого оборудования для выпуска труб новой конструкции;
- разработка способа получения заданной конфигурации внутренней поверхности раструба (рис. 3.17);
- установление размеров и допустимых отклонений рекомендуемой конструкции трубы.

Исследования показали, что выпуск труб с рельефным раструбом не требует капитальных переделок и его можно организовать на любом заводе гончарных дренажных труб, имеющем вертикальные трубные прессы. При этом не требуется специальной переделки формирующего устройства. Исключение составляет лишь приемный столик прессы, где взамен круглой тарели, именуемой «бабкой», устанавливается профильный поддон-раструбообразователь (рис. 3.18).



а)



б)



в)

**Рис. 3.17. Экспериментальная оснастка для выпрессовки
раструбной части трубы с выступами (а, б),
раструбная часть трубы с выступами (в)**

Формовка труб осуществляется по обычной технологии. В начальный период при формировании раструбной части, за счет профильного раструбообразователя, внутренняя часть раструба выпрессовывается с заданной конфигурацией.

В процессе исследований было изготовлено несколько вариантов профильных раструбообразователей и отформованы опытные образцы труб. На рис. 3.16 б, в, г даны поперечные сечения раструбной части трубы разной конфигурации: со шлицами, волнистые, с овальными зубьями. Однако с технологической точки зрения, а также водоприемной

способности стыка, наиболее приемлемыми являются зубья полукруглой формы. Время формования новой трубы то же, что и с обычным раструбом, в среднем для $\varnothing 150$ мм оно составляет 8-9 с. Осмотр готовых труб показал, что внутренняя рельефная поверхность раструба получается качественной и в процессе сушки и обжига не нарушается.

Одновременно велось дальнейшее совершенствование конструкции дренажной трубы. В частности, были проделаны конструкторско-технологические проработки по созданию трубы с коническим раструбом. Наружная часть трубы такой конструкции параллельна стволу, как и у обычной раструбной трубы, а внутренняя – выполнена конической рельефной-волнистой, со шлицами, рифленой и т.д. (рис. 3.19). Раструб подобной конструкции позволяет получить более надежное самоцентрирующееся стыковое соединение, что особенно важно при укладке труб по криволинейному трубопроводу дренаукладчика.

На основании проведенных исследований составлено техническое задание, согласно которому конструкторским отделом ЭПП САНИИРИ разработаны рабочие чертежи, экспериментально-механическими мастерскими изготовлена необходимая оснастка для формования опытной партии рекомендуемой конструкции.

По заданию «Главсредазирсовхозстроя» были проведены подготовительные работы к выпуску опытной партии труб с целью их всесторонней проверки в производственных условиях.

Один из разделов программы работ был посвящен лабораторным исследованиям стыкового соединения новой конструкции.

Исследования проводились при участии сотрудников отдела дренажа Г.Е. Батурина, Н.И. Горошкова.

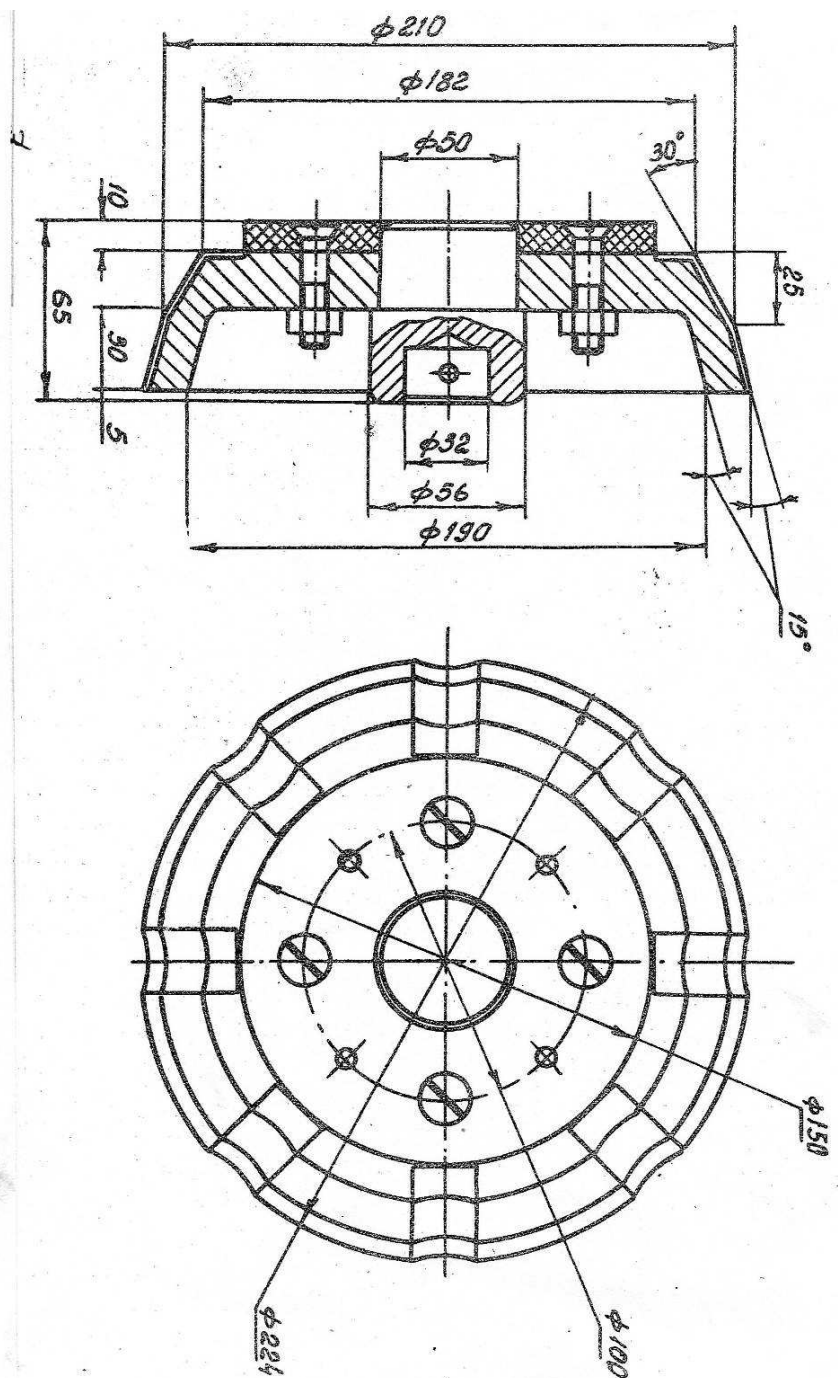


Рис. 3.18. Конструкция приемного стола-раструбообразователя для формования трубы с коническим рельефным раструбом на вертикальных трубных прессах

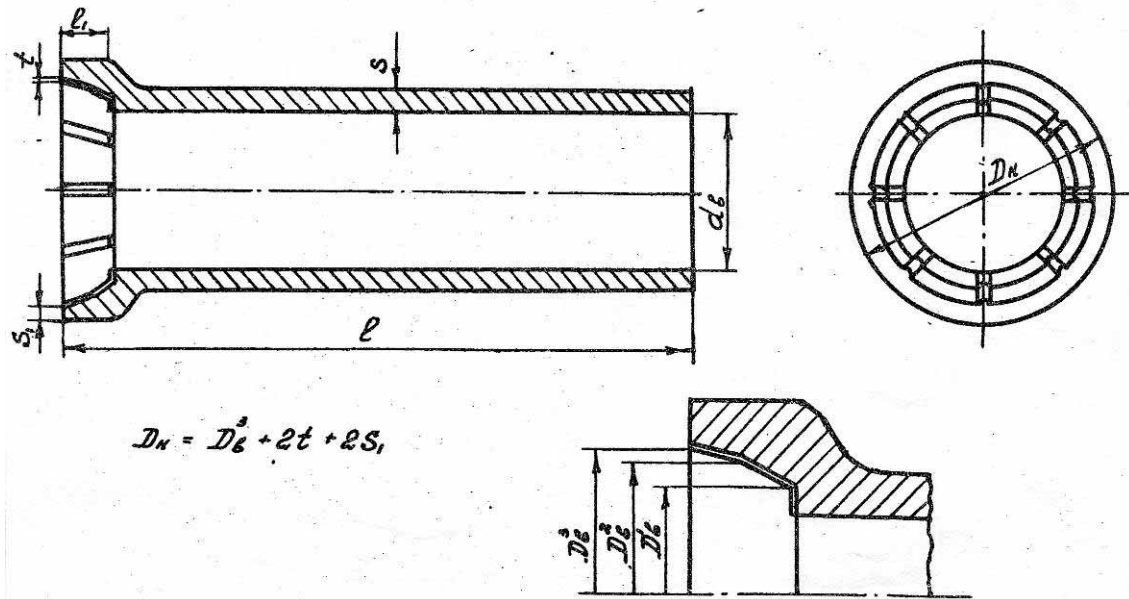


Рис. 3.19. Схема дренажной трубы с коническим рельефным раструбом

Для выполнения этих работ был специально сконструирован и изготовлен прямоугольный фильтрационный лоток (рис. 3.20, 3.21) с двумя изолированными секциями (1) размером 2,0 x 0,6 x 0,6 каждая.

Исследования стыкового соединения труб новой конструкции проводились в сравнении с серийно-выпускаемыми трубами с обычным цилиндрическим раструбом. Для этого в лоток параллельно и изолированно друг от друга укладывались два фрагмента дренажных линий из серийных (2) и опытных труб (3) в круговой обсыпке фильтром. В качестве последнего использовалась песчано-гравийная смесь Илансайского месторождения, применяемая при строительстве дренажа в Сырдарьинской и Джизакской областях. Характеристика материала фильтра приведена в таблице 3.2.

Каждый из фрагментов дренажной линии собирался из четырех труб и имел, соответственно, по три стыка. У среднего стыкового соединения были установлены по три пьезометра (4) – в основании, средней и верхней части, соединенных резиновыми трубами со шкалой (6).

В целях поддержания постоянного необходимого напора был изготовлен и смонтирован в верхней части лотка специальный бачок, который подключался к сети водопровода. Излишки воды, в случае увеличения напора в сети водопровода в различные часы суток, могли с помощью сливного устройства сбрасываться в канализацию. От бачка воды специальные трубопроводы с отверстиями (7), в одинаковом количестве подавались в каждую секцию и равномерно увлажняли уложенные фрагменты дренажных линий.

Подаваемый расход воды можно было, в случае необходимости, регулировать при помощи кранов. Подача воды в секции могла производиться и снизу через патрубки (8) на торце лотка. Исследовались два режима работы дренажных линий:

- поступление воды через нижнюю треть стыка;
- прием воды всем периметром стыка.

В первом случае фрагменты уложенных дренажных линий работали в безнапорном режиме при свободном истечении через водовыпускаемые отверстия, находящиеся в торцевой части фрагмента на уровне $1/3 D_B$. В данном случае поддерживался фильтрационный расход $3-5 \text{ см}^3/\text{с м}$, соответствующий максимальной средневегетационной нагрузке на дренах в условиях «новой зоны» орошения Голодной степи. Сначала водоподача осуществлялась в лоток через отверстия в нижней части модели до появления воды в полости дрены. Затем производилось переключение водоподачи на систему равномерного распределения воды, расположенной в верхней части фрагментов. После регулировки и стабилизации расходов ($3-5 \text{ см}^3/\text{с м}$) опыт длился в течение 10 суток.

Действующий напор фиксировался с помощью пьезометра. Фильтрационный расход измерялся объемным способом. До периода стабилизации расхода замеры производились через каждый час, а далее два раза в сутки.

Во втором случае фрагменты дренажной линии работали в напорном режиме при истечении воды через резиновые трубы, зафиксированные на 5 см выше верха дренажной трубы. Поддерживался фильтрационный расход $5-10 \text{ см}^3/\text{с м}$, соответствующий нагрузке на дренах при промывных поливах. Опыт длился 5 суток.

Таблица 3.2

Гранулометрический состав песчано-гравийной смеси Илансайского карьера

№ образца	Содержание фракций в %						
	> 10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5
1	9,74	4,85	6,90	20,05	18,88	22,70	9,78
2	7,24	9,86	9,69	26,44	16,15	14,60	5,82

№ образца	Содержание фракций в %						
	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001
1	4,44	1,31	0,48	0,56	0,05	0,08	0,18
2	5,26	2,71	0,72	0,83	0,14	0,24	0,29

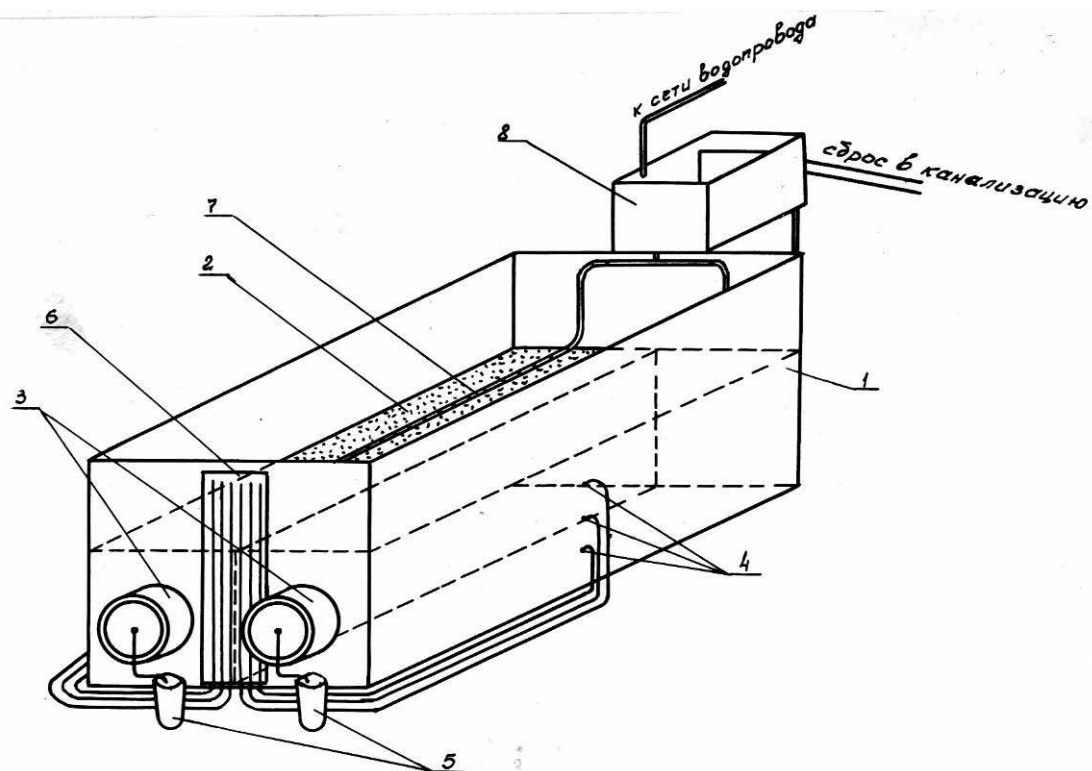
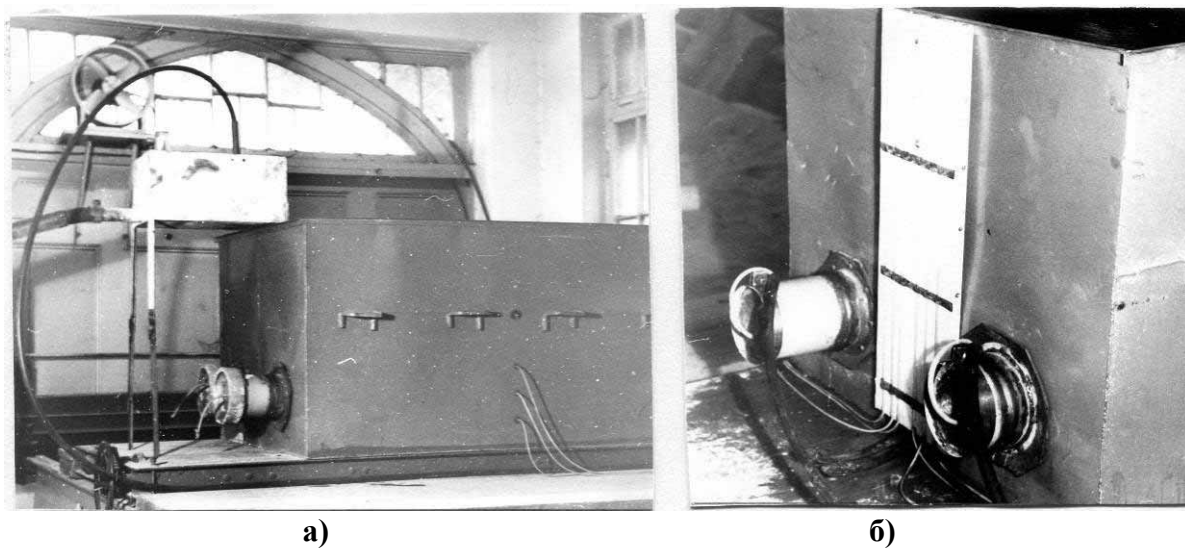


Рис. 3.20. Схема фильтрационного лотка



а)

б)

Рис. 3.21. Фильтрационный лоток
а - вид сбоку, б - торцевая часть лотка

Во время исследований проводились контрольные замеры зазоров, подразделяемых на радиальные и торцевые. Замеры радиальных зазоров проводились в четырех точках стыкового соединения испытываемых труб. Торцевые зазоры при стыковке труб новой конструкции определялись высотой продольных выступов во внутренней части раструба.

По завершении каждого опыта песчано-гравийный материал, проникший в полость фрагментов дренажных линий, собирался для определения объема выноса и гранулометрического состава с оценки устойчивости контакта песчано-гравийной обсыпки со стыком.

Наряду с исследованием различных вариантов поступления воды в полость трубчатой линии, были проведены опыты по установлению связи между фильтрационным расходом и действующим напором, характеризующим водоприемную способность дренажной трубчатой линии.

Первая серия лабораторных исследований образцов из опытной партии труб показала, что рекомендуемая конструкция трубы обеспечивает равномерные торцевой и радиальный зазоры по периметру стыка и благодаря лучшей центровке труб позволяет монтировать более прямолинейный дренажный трубопровод. Определено, что новая конструкция трубы позволяет получить необходимую скважность трубчатой линии (0,3-0,6 %).

По результатам первой серии лабораторных исследований было предложено выступы в донной части раструба ликвидировать, т.к. ствол стыкуемой трубы фиксируется в конусной части, не доходя практически до донной части примерно 15-20 мм. Высота выступов должна быть в пределах 2-2,5 мм.

Эти предложения были учтены и в конструкцию раструбной части трубы внесена соответствующая корректировка. В скорректированной конструкции (рис. 3.22) первая половина внутренней части раструба выполняется цилиндрической формы, а вторая - с конусностью. При этом цилиндрическая часть вначале (у трубы $\varnothing 100$ мм – 5 мм, $\varnothing 150$ мм – 10 мм) выполняется безреберной. Продольные же ребра, равномерно расположенные по периметру раструба и сокращенные в количестве до 5, заканчиваются в конце конической части и имеют высоту $t = 2-1,0$ мм (в керамической промышленности допуски даются с точностью до 1 мм). Донная часть раструба выполняется безреберной.

Согласно скорректированным ВТУ была разработана и изготовлена необходимая оснастка для формования труб, после монтажа которой на вертикальные трубные прессы, Янгирский ЗДТ приступил к выпуску опытной партии труб с усовершенствованной конструкцией раструба.

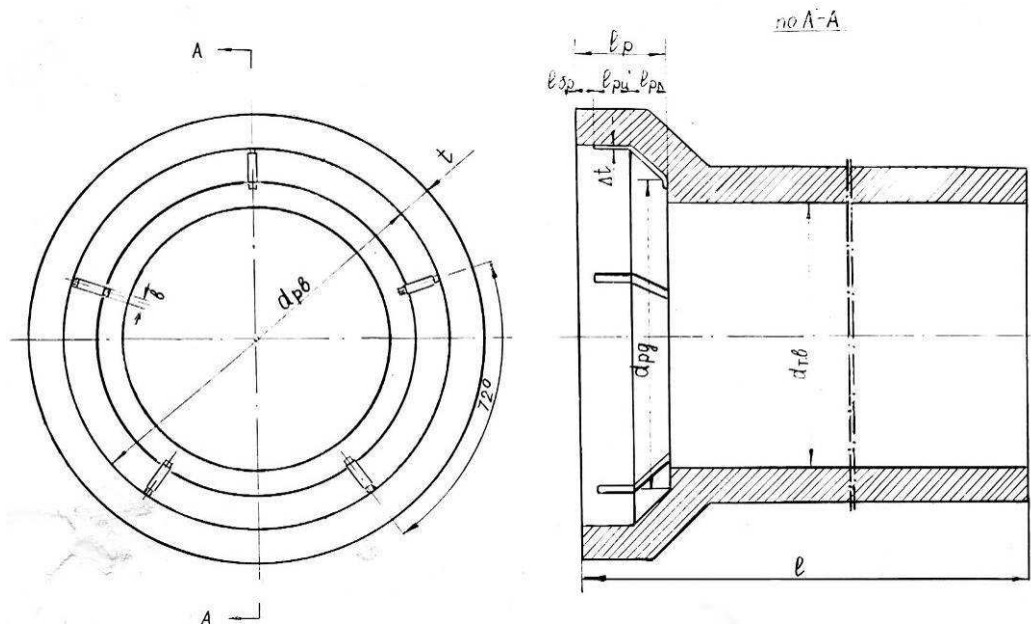


Рис. 3.22. Схема усовершенствованной конструкции трубы с цилиндро-конусным ребристым раструбом

В связи с этим возникла потребность проведения лабораторных исследований стыкового соединения образцов труб, выпускаемых по ВТУ с учетом корректировки.

Вторая и третья серии опытов производились в том же лотке по изложенной выше методике. Исследовались, как и в первой серии опытов, два режима работы фрагментов дренажных линий

Радиальные зазоры, замеренные в четырех точках стыкового соединения испытываемых труб, колебались в пределах 11-16 мм. Торцевые зазоры при стыковке труб равнялись 2-2,5 мм.

Песчано-гравийный материал, проникший в полость фрагментов дренажных линий, после окончания каждого опыта собирался, определялся объем выноса и его гранулометрический состав.

Результаты второй серии опытов представлены в таблице 3.3. и рис. 3.24.

Анализ результатов проведенных исследований показывает, что трубы с усовершенствованной конструкцией раструба за счет стабильного выдерживания величины торцевого зазора в пределах 2-2,5 мм позволяют значительно сократить вынос суффозионных частиц из фильтровой обсыпки в полость дренажной линии. Если при исследованиях фрагментов дренажной линии из труб с обычным цилиндрическим раструбом вес

наилка, отобранного по окончании опытов из полости линии составил 18,15-33,05 г, то у рекомендуемой конструкции труб этот же показатель изменялся в диапазоне 0,57-2,78 г, т.е. объем выноса частиц уменьшился в 10-30 раз.

Отложение наилка происходило, в основном, в зазорах между стволом трубы и раструбом, без выноса в полость трубы (рис. 3.23).

Таблица 3.3

**Гранулометрический состав песчано-гравийного материала,
поступившего в полости труб во 2 опыте**

№ образца	Содержание фракций в %						
	> 10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5
Фрагмент типовой	–	–	0,81	–	27,0	16,35	17,31
Фрагмент опытный	–	–	–	–	2,34	5,22	19,38

№ образца	Содержание фракций в %							
	> 10	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001
Фрагмент типовой	–	10,53	3,24	11,04	4,82	1,74	3,44	3,72
Фрагмент опытный	–	42,3	16,76	11,42	1,15	0,57	0,43	0,43

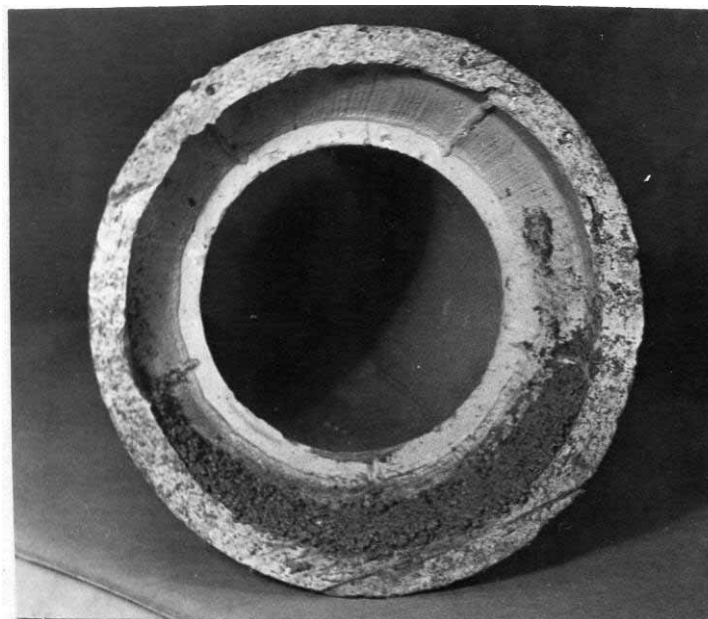


Рис. 3.23. Осадочные наилки в раструбной части трубы новой конструкции

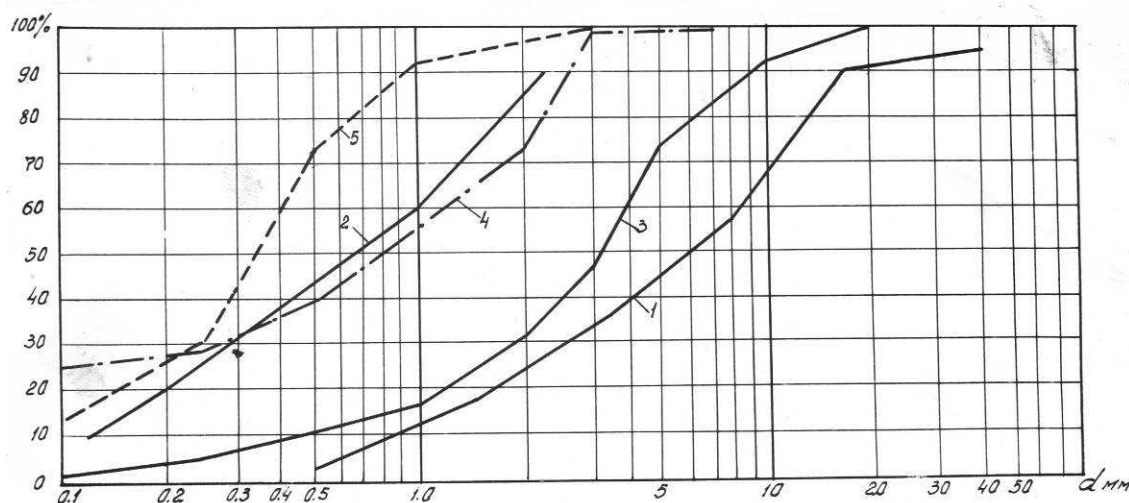


Рис. 3.24. Полуинтегральные кривые гранулометрического состава материала фильтровой обсыпки и наилка (2 опыт)

1, 2 - верхняя и нижняя границы допустимой области зернового состава фильтровой обсыпки; 3 - гранулометрический состав обсыпки Илансайского карьера; 4 - гранулометрический состав наилка в типовом фрагменте дренажной линии; 5 - гранулометрический состав наилка в опытном фрагменте дренажной линии.

Следует отметить и качественное изменение состава материала обсыпки, выносимого в полость исследуемых фрагментов дренажных линий в обеих сериях опытов. В трубах с обычным цилиндрическим раструбом количество частиц размером > 2 мм в составе наилка составляет 30-40 %, тогда как в трубах рекомендуемой конструкции процент количества частиц размером > 2 мм не превышает 10-20 %.

Можно отметить также, что выносы частиц размером более 3 мм в трубах цилиндрично-конусным ребристым раструбом не наблюдались, в то время как у труб с обычным цилиндрическим раструбом имелся вынос частиц размером до 7 мм.

Из приведенных данных следует, что при стыковке труб типовой конструкции из-за зазоров размером больше оптимальных допускается проникновение в полость дренажной линии материала фильтра, который по своему гранулометрическому составу попадает в область допустимого грансостава для фильтровой обсыпки закрытого дренажа, следствием чего является заиливание дрен.

При применении труб рекомендуемой конструкции за счет создания оптимальных размеров зазора в стыках в полость дренажной линии проникают лишь суффозионные частицы фильтра и в исключительных

случаях (при очень мелкозернистом составе обсыпки) частицы, составляющие скелет грунта обсыпки.

Во время проведения второй и третьей серий опытов с целью исследования внутренней полости фрагментов дренажных линий и стыковых соединений труб (серийных и опытных) была применена разработанная совместно автором и инж. Ю. Царевым самоходная телекамера. На самоходную минитележку с приводом от электродвигателя крепилась телекамера и специальная лампа освещения. Передвижение тележки осуществлялось от ручного пульта. Изображение передавалось на телевизионное устройство.

По окончании каждой серии опытов после спуска воды полость каждого фрагмента дренажной линии исследовалась передвижной телекамерой, с остановкой у каждого стыкового соединения и на монитор передавалось изображение количества проникших в стыки наносов (рис. 3.25).

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что конструкция трубы с цилиндро-конусным ребристым раструбом, изготовление которой ведется согласно ВТУ, обеспечивает необходимую скважность дренажной линии и при выдерживании размеров зазора в стыке практически предотвращает вынос суффозионного материала фильтровой обсыпки.

В процессе широких производственных исследований на Янгиерском заводе согласно программе предстояло осуществить ряд контрольных испытаний труб новой конструкции:

1) транспортирование труб

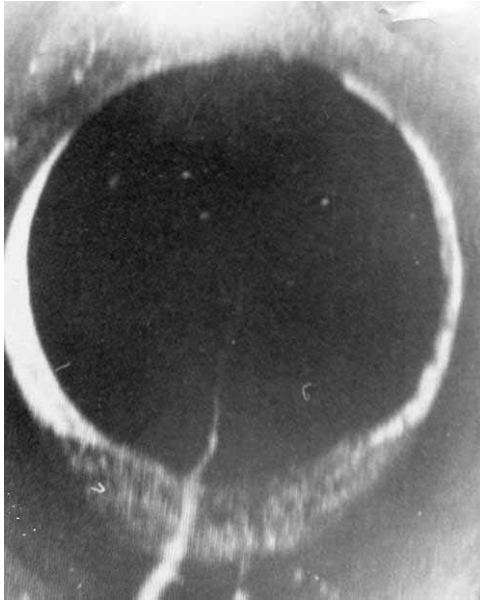
Исследованиями предстояло решить следующие вопросы:

- выявление рациональных транспортных средств;
- способа транспортирования;
- транспортабельность труб новой конструкции.

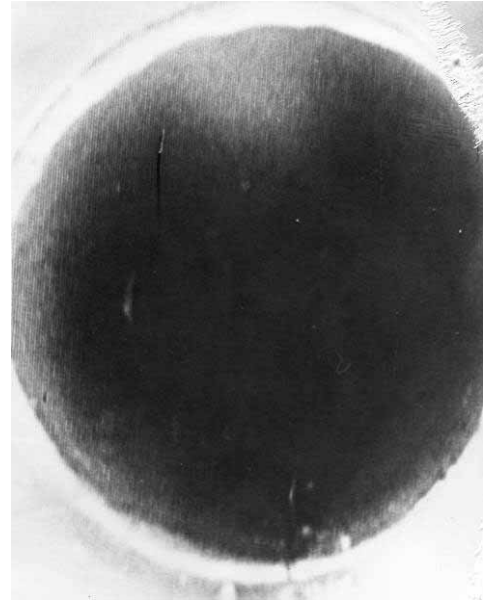
В качестве транспортных средств для проведения контрольных проверок были выбраны автомобили марки КамАЗ с полуприцепом, осуществляющие перевозку труб с завода на объекты строительства дрен в Сырдарьинской области.

Погрузка труб осуществлялась бригадой рабочих, осуществляющих погрузку труб с обычным раструбом, по идентичной схеме.

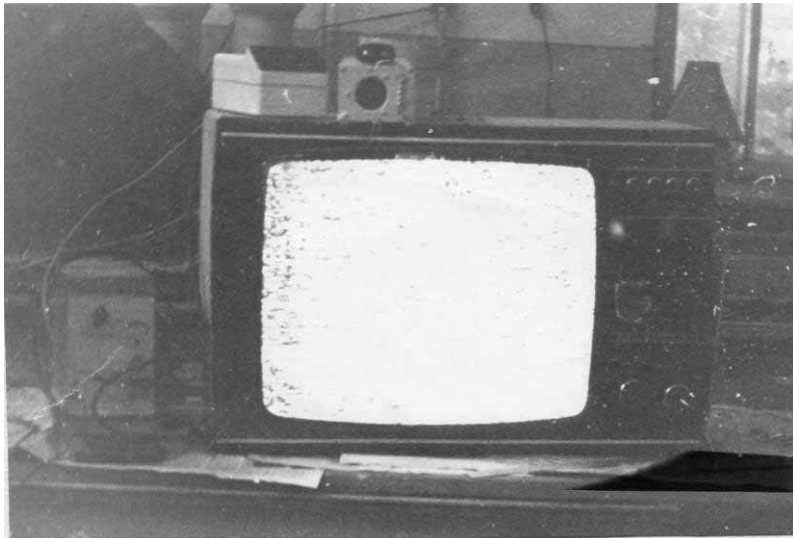
В качестве объекта транспортирования был выбран расположенный в 64 км от Янгиера совхоз № 5^а, где в момент контрольных испытаний велась укладка дрены 5^а-к-4-Д-267 траншейным способом.



а - стыковое соединение труб
с обычным раструбом (имеются
наносы)



б - стыковое соединение труб с
усовершенствованной конструкцией
раструба (наносы в небольшом
количестве)



в - телевизионное устройство

Рис. 3.25. Исследование внутренней полости стыковых соединений труб с обычным раструбом и труб с усовершенствованной конструкцией раструба с помощью передвижной телекамеры

По результатам испытаний был составлен акт комиссии в составе представителей завода, трестов «Промстройматериалов» и «Янгинрводстрой» и САНИИРИ, в котором констатировалось:

А) транспортирование керамических дренажных труб с цилиндро-конусным ребристым раструбом можно осуществлять автомобильным транспортом, как и трубы с обычным раструбом;

Б) при погрузочно-разгрузочных операциях соблюдать требования, регламентируемые государственным стандартом;

В) обратить особое внимание отдела технического контроля завода на тщательность выбраковки отгружаемых труб.

2) *центровку и установление зазоров в стыках труб при укладке дрен траншейным способом (дреноукладчиком)*

В испытаниях приняли участие представители трестов «Янгинрводстрой» и «Промстройматериалы» и САНИИРИ. Критерием определения качества укладки труб служили:

а) центровка труб при стыковке;

б) величина зазоров в стыке;

в) равномерность величины зазора по периметру стыка.

В качестве объекта для контрольной проверки было выбрано строительство в совхозе № 5^а дрена 5^а-к-4-Д-263, которое велось траншейным дреноукладчиком ЭД-3,0 по заранее спланированному «корыту».

Ширина отрываемой траншеи $b = 0,6$ м, глубина $h = 3,0$ м.

Дренажная линия укладывалась из труб рекомендуемой конструкции в круговой обсыпке песчано-гравийным фильтром Илансайского карьера. Величина подстилающего слоя фильтра 0,14 м, надтрубного слоя-0,13 м.

Гранулометрический состав представлен в таблице 3.4.

Таблица 3.4

Результаты механического анализа материала фильтра

Наименование материала	Содержание, %									
	> 10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	< 0,1
Гравийно-песчаная смесь Илансайского карьера	9,74	4,85	6,90	20,05	18,88	22,70	9,78	4,44	1,31	1,35

Таблица 3.5

Результаты контрольной проверки керамических дренажных труб с цилиндро-конусным ребристым раструбом

Диаметр ствола трубы внутр. $d_{\text{тв}}$	Толщина стенок ствола трубы t	Диаметр раструба внутренний		Глубина раструба				Параметры ребер			Длина трубы l	Проч- ность кг	Водопог- лощение, %	Вес труб, кг
				Общая	Безре- берная часть	С ребрами								
		цилиндри- ческая часть	донной части			цилиндри- ческая часть	коничес- кая часть	высота	ширина	кол- во				
$d_{\text{тв}}$	t	$d_{\text{рв}}$	$d_{\text{рд}}$	l_p	$l_{\text{бр}}$	$l_{\text{рц}}$	$l_{\text{рк}}$	Δt	B	n_o				
147-145	18	205-200	175x175	53	10	17	26	3	7	5	590	600	18,0	12270
144-145	18	198-198	173x175	54	8	18	28	3	7	5	575	650	16,7	12280
145-144	19	195-198	176x174	53	9	17	27	3	7	5	590	700	16,1	12450
148-147	20	205-202	175x174	51	8	16	27	3	7	5	570	720	17,8	13850
148-148	19	200-208	175x175	54	10	18	26	3	7	5	565	610	19,1	13580
95-95	17	143-148	126x125	44	2	24	18	3	7	5	635	750	18,0	7920
96-93	17	145-147	125x125	44	2	23	19	3	7	5	625	800	16,4	7710
93-94	18	147-150	124x125	45	1	26	18	3	7	5	625	1000	15,0	8220
97-96	17	149-147	124x127	43	2	24	17	3	7	5	630	1180	17,2	7450
98-93	17	150-148	125x125	44	1	24	19	3	7	5	625	890	17,9	7350

Таблица 3.6

**Результаты контрольных замеров зазоров в стыках керамических труб с цилиндро-конусным ребристым раструбом
уложенных в дренаж 5^а-к-4-Д-263**

Наименование зазора	Ед. изм.	Керамические трубы Ø 100 мм					Керамические трубы Ø 150 мм				
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1. Сверху	мм	9	6	7	6	6	13	12	12	17	13
2. Снизу	мм	5	5	5	6	4	10	11	14	11	10
3. Слева	мм	10	7	8	6	6	10	14	13	12	12
4. Справа	мм	8	8	10	5	7	11	17	16	15	12

Примечание: При контрольных замерах производилось измерение радиальных зазоров в четырех точках стыкового соединения труб. Торцевые зазоры при стыковке труб определялись заданной высотой продольных выступов по внутренней части раструба.



Общая протяженность дрены 805 м, в том числе 400 м из труб диаметром 100 мм, 370 м – из труб диаметром 150 мм и 35 м – устьевая часть уложена из асбоцементных труб диаметром 195 мм.

По длине дрены было выбрано 10 точек, где проводились контрольные замеры зазоров в стыках труб. Измерение радиальных зазоров проводилось в четырех точках (см. таблицу 3.6). Торцевые зазоры при стыковке труб определялись заданной высотой продольных выступов по внутренней части раструба. Результаты замеров представлены в таблице 3.6.

Контрольная проверка показала удовлетворительную центровку труб и относительно равномерную величину зазоров по периметру стыка. «Растаскивания» труб при укладке не наблюдалось.

Однако, как отметила комиссия, объективную оценку качества строительства дрены из труб новой конструкции, а следовательно ее работоспособность и надежность, можно дать не менее чем через один год ее эксплуатации. В связи с чем, комиссия, отмечая удовлетворительное качество механизированной укладки дрен из новых труб, рекомендовала провести в 1984 г. контрольное шурфование одной из построенных из опытных труб в х/с № 5^а дрен, проработавшей после сдачи в эксплуатацию не менее 1 года.

В заключение комиссия отметила, что научно-обоснованной оценкой эффективности и надежности новой конструкции дренажной трубы может служить размер уменьшения очистных и ремонтных работ на дренажной сети на больших площадях – по совхозу, району или области. Для этих целей рекомендована постановка специальных исследований за мелиоративным состоянием земель, на которых построены дрены из труб новой конструкции. При этом критерием будет служить отношение затрат на эксплуатацию 1 га земель с дренажем из старых и новых труб при нормальном мелиоративном состоянии эксплуатации земель.

Указанные результаты контрольной проверки отражены в акте, утвержденном начальником технического управления Голодностепстроя С.Н. Сафиным.

3) разработка устройства для формирования цилиндро-конусного ребристого раструба с облегченным съемом дренажной трубы

Формование раструбных труб на Янгирском заводе производилось на вертикальных трубных прессах SPFSA-350 фирмы «Кема» производства ГДР.

Конструкция этих прессов позволяет вести формование как канализационных длинномерных, так и дренажных труб.

По сравнению с серийно выпускаемыми трубами, где раструб имеет цилиндрическую форму, у дренажной трубы новой конструкции раструбная часть имеет усложненную конфигурацию – цилиндро-конусное с продольными ребрами. Поэтому для выпрессовки последней на приемном столе применялся раструбообразователь соответствующей конфигурации.

При существующей технологии формования отформованные дренажные трубы снимаются вручную. Съемщику необходимо прикладывать значительные усилия для преодоления сил, вызываемых упругими деформациями формируемого материала, обжимающего раструб, массой трубы и прилепаемостью вакуумированного глиняного сырья к металлу.

Разработанное авторами устройство облегчает съем изделия, предотвращает деформации внутренней части раструба.

Раструбообразователь состоит из двух половин (рис. 3.26). Верхняя часть 5 закреплена с помощью гайки 6 к подпружиненному толкателю 8, а нижняя 4 неподвижная – связана со штоком 2 силового цилиндра. В обычном положении составные части разомкнуты. Перед началом формования очередной трубы приемный стол-раструбообразователь подается вверх к мундштуку прессы, автоматически центрируется по оси диском 7 и плотно прижимается к мундштуку гидросиловым оборудованием, в результате чего составные части смыкаются. После выпрессовки раструба стол-раструбообразователь с отформованной раструбной частью начинает медленно опускаться для выпрессовки ствола трубы. В этот момент составные части под действием подпружиненного толкателя размыкаются, происходит отрыв внутренней поверхности раструбной части трубы от конической металлической поверхности раструбообразователя. Таким образом, контакт отформованной трубы со столом-раструбообразователем остается только с его подвижной частью в донной части раструба.

Для предотвращения смятия раструбной части трубы в конструкции ствола-раструбообразователя предусмотрен наклон в сторону для снятия трубы. С этой целью раструбообразователь шарниром 9 крепится к плите 3 приемного стола, а наклон осуществляется с помощью вертикальной штанги 1, неподвижно прикрепленной к полу. Для снятия очередной трубы штанга, упираясь в основание стола-раструбообразователя, поднимает и наклоняет его в сторону съемщика. После съема трубы стол принимает первоначальное положение и поднимается к мундштуку прессы. Цикл повторяется.

Предлагаемое устройство, разработанное авторами (а.с.1188007), внедрено на Янгийерском заводе дренажных труб.

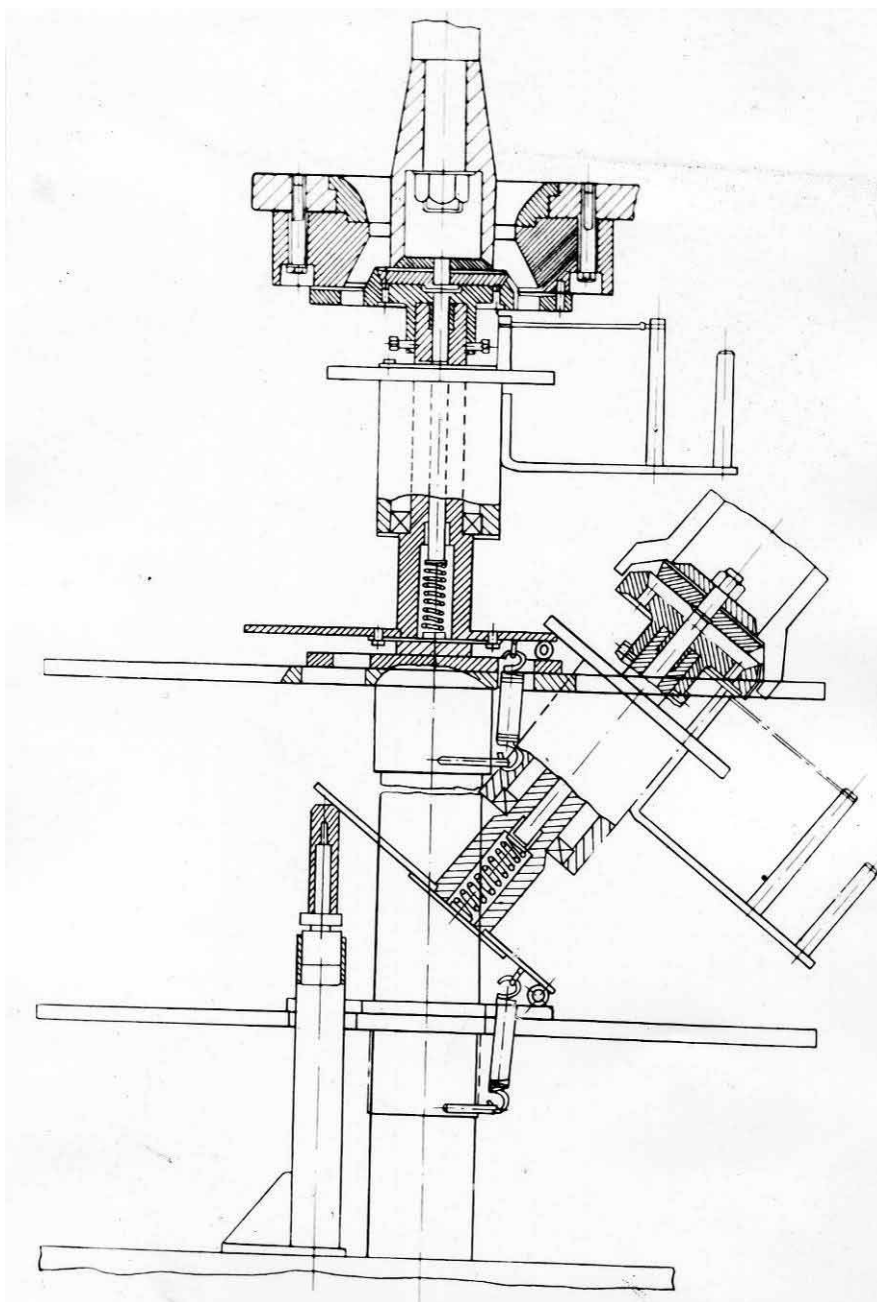


Рис. 3.26. Устройство для формования раструба керамических труб на вертикальных прессах

Внедрение предлагаемого устройства позволило повысить производительность труда, снизить процент брака, улучшить условия труда рабочих.

В завершении широких производственных исследований автором были разработаны технические условия на трубы керамические дренажные с цилиндро-конусным ребристым раструбом, согласованные Главсредазирсовхозстроем, ВНИИСТРОМ, Средазгипроводхлопком, Минводхозом УзССР, Госкомводстроем УзССР, Минпростроймате-

риалами УзССР, Промстройматериалами, Янгиерским заводом и утверждены Госстроем УзССР (ТУ 7 УзССР 53 - 84).

Автором также было разработано Руководство по изготовлению керамических труб с цилиндро-конусным ребристым раструбом и их применению для дренажа орошаемых земель (ВТР), утвержденное Главсредазирсовхозстроем.

Согласно плану новой техники Главсредазирсовхозстроя было изготовлено и уложено при строительстве дрен 150 км труб рекомендуемой конструкции.

Серийный образец трубы в 1984 г. был выставлен для экспозиции на ВДНХ Узбекистана (рис. 3.26а). Решением Совета выставки экспонат награжден Дипломом 3 степени.



Рис. 3.26а. Экспозиция трубы новой конструкции на ВДНХ Узбекистана

Литература:

- 3.7. Новая конструкция дренажной трубы /У.Ю. Пулатов, Ф.Ф. Беглов // Механизация водохозяйственных работ и новые строительные материалы в зоне орошения: сб. науч. трудов САНИИРИ, вып.164 - Ташкент,1981 - с. 28-34.
- 3.8. Усовершенствованная конструкция дренажной трубы /У.Ю. Пулатов, Ф.Ф. Беглов // Республиканская научно-практическая конференция по проектированию, строительству и эксплуатации закрытых дренажных систем в зоне орошения (дек. 1981): сб. тезисов докладов - Ташкент, 1981 - с. 42-43.
- 3.9. Труба керамическая дренажная с цилиндро-конусным ребристым раструбом / Ф.Ф. Беглов // Ирригационно-мелиоративное строительство: инф. о передовом производственном опыте - Ташкент: УзНИИНТИ, 1983 - 3 с.
- 3.10. Трубы керамические дренажные с цилиндро-конусным ребристым раструбом / У.Ю. Пулатов, Ф.Ф. Беглов // Технические условия ТУ 7 УзССР 53-84, утв. Госстроем УзССР: - Ташкент, 1984 - 14 с.
- 3.11. Устройство для формования раструба керамических дренажных труб / Ф.Ф. Беглов // инф. о научно-техническом достижении, № 85-139 - Ташкент: УзНИИНТИ, 1985 – 3 с.
- 3.12. Руководство по изготовлению керамических труб с цилиндро-конусным ребристым раструбом и их применение для дренажа орошаемых земель / Ф.Ф. Беглов // ВТР, утв. Главсредизирсовхозстроем: - Ташкент, 1985 - 35 с.
- 3.13. А.С.1188007, Устройство для формования раструба керамических труб на вертикальных прессах / У.Ю. Пулатов, Ф.Ф. Беглов, В.О. Волоховский, Э.Н. Афанасьев //, заявлено 21.04.1983, опублик. 30.10.85, бюл. № 40.

3.3. Совершенствование конструкции смотровых колодцев закрытых дренажных систем

Эффективная и долговечная работа элементов дренажных систем зависит от многих факторов, в частности от регулярного проведения комплекса технических мероприятий, направленных на поддержание сооружений в работоспособном состоянии.

Основной объем ремонтных работ на дренажных системах зоны орошения, представленных горизонтальными трубчатыми дренами, падает главным образом на два вида работ – очистку трубчатой линии от наносов (наилка) и очистку смотровых колодцев от наносов и посторонних предметов.

Если работы по очистке дренажного трубопровода, полностью механизированы и для этих работ созданы специальные отечественные машины (ПДТ-125 – для зоны орошения, Д-910 – зоны осушения), то

трудоемкая работа по очистке смотровых колодцев, глубина которых в зоне орошения достигает 6 м, выполняется вручную.

Смотровые колодцы диаметром 0,8 и 1 м очищают от заиления и мусора бригада из трех рабочих, один из которых находится в колодце, а двое других-на поверхности земли (рис. 3.27). Рабочий, находящийся на дне колодца, загружает опускаемое вторым рабочим, стоящим на устроенном поверх колодца специальном настиле, порожнее ведро, которое при подъеме подхватывает третий рабочий и опорожняет его. В зависимости от величины заполнения грунтом бригада из трех человек очищает за один день 1-3 колодца. При проведении очистных работ необходимо соблюдать правила по технике безопасности. В частности, рабочий, занятый на погрузке наносов на дне колодца, должен быть защищен козырьком. Нельзя допускать спуска человека в смотровой колодец, имеющий признаки застоя воды и специфический запах.



Рис. 3.27. Очистка смотровых колодцев бригадой рабочих

При строительстве закрытых горизонтальных дренажных систем, оснащенных смотровыми дренажными колодцами, в среднем на километр дрены приходится по 2 колодца.

Первые 2-3 года эксплуатации до полной стабилизации грунта обратной засыпки и фильтра дрены наблюдается вынос отдельных мелких частиц в трубчатую линию и в колодец, где за счет уменьшения скорости тока воды они оседают в отстойной части.

В дальнейшем, по мере стабилизации грунта обратной засыпки и фильтра дрены, вынос частиц прекращается. Однако довольно часто при проведении тех или иных сельскохозяйственных работ наблюдается разрушение верхней части дренажных колодцев, эрозия грунта обратной засыпки, сброс излишней воды при поливе в колодцы и др. в результате часть колодцев заиливается, засоряется и требует ремонта и очистки.

Малопроизводительный тяжелый ручной труд и рассредоточенность объектов работ на большой территории выявили острую необходимость скорейшего разрешения проблемы механизации очистки смотровых колодцев закрытых горизонтальных дрен.

В НПО «ВНИИЗеммаш» разработано и изготовлено дополнительное сменное оборудование к одноковшовому экскаватору ЭО-2621А для очистки смотровых колодцев, состоящее из двух сменных рабочих органов: грейфера и землесоса.

Управление рабочими органами осуществляется из кабины экскаватора. Привод их гидравлический. Испытания оборудования показали хорошие результаты. Грейфером смотровые колодцы очищаются на 70 %. Повреждения бетонных стенок колодцев и выступающих частей дренажных трубок не наблюдаются. Очистка колодцев землесосным оборудованием при заполнении колодца слоем воды на 0,5 м обеспечивается до 90 %. Техническая характеристика указанного оборудования приведена в таблице 3.7.

Аналогичная машина для очистки смотровых колодцев под маркой КОРД-5 разработана в ГСКБ по ирригации. В состав машины входит: напорная насосная станция для размыва грунтовых отложений, обеспечивающая напор 0,62 МПа (62 м вод.ст.) и расход не менее 30 м³/ч; насосная станция для откачивания и транспортирования гидросмеси на расстояние не менее 25 м; гидравлическая размывная головка для проведения грунтовых отложений в состояние гидросмеси; грузоподъемное неполноповоротное устройство грузоподъемностью 150 кг, высотой подъема до 2 м, радиусом поворота 2,5 м и углом поворота 250° (рис. 3.28).

Перечисленное оборудование размещено на колесном тракторе класса 1,4 типа «Беларусь» МТЗ-8211. Совместно с машиной агрегатируется также прицепная на пневмоколесном ходу емкость для воды вместимостью 4 м³.

Таблица 3.7

Техническая характеристика экскаватора ЭО-2621А с оборудованием КМ-903

Показатели	Значение показателей
Рабочее давление в гидросистеме, МПа	10
Длина стрелы, м	3,86
Ход гидроцилиндров выдвижения, м:	
первого телескопа	1,7
второго телескопа	1,8
Сменные рабочие органы:	
емкость грейфера, м ³	0,035
ширина челюсти, мм	500
ширина захвата, мм	500
масса, кг	15
Землесос:	
диаметр рабочего колеса, мм	200
производительность (по пульпе), м ³ /ч	до 25
масса, кг	не более 175
Масса оборудования с рабочим органом –	
землесосом, т	0,775
грейфером, т	0,610

Техническая производительность машины на очистке смотровых колодцев от грунтовых отложений-3,7 м³/ч. Машина позволяет очищать до 8 колодцев в смену со степенью заилиения 50 % по высоте. Обслуживающий персонал – 2 человека: тракторист и рабочий.

Работы выполняются в следующей последовательности. Трактор «Беларусь» МТЗ-8211 с навесным оборудованием подъезжает к смотровому колодцу. Напорный шланг опускается в колодец. Во избежание затекания пульпы в полость трубчатой линии оба оголовка дренажных труб в колодце закупориваются. Включается насос и под напором происходит размыв грунтовых отложений. По мере превращения грунта в пульпу в колодец опускается шланг для откачивания и транспортирования гидросмеси наносов.

При наличии посторонних предметов в колодце применяется специальное устройство с гидравлическим клещевым захватом грузоподъемностью 150 кг. Устройство выполнено неполноповоротным, с углом поворота 250°. Высота подъема 2 м, радиус поворота – 2,5 м.

Обе конструкции машин прошли производственные испытания.

В САНИИРИ разработана конструкция дренажного колодца (авторы У.Ю. Пулатов, Р.М. Давляканов, Ф.Ф. Беглов, Э.Н. Афанасьев и

А.Я. Рахимов), способ очистки которой позволяет исключить тяжелый ручной труд при выполнении этого вида ремонтных работ.

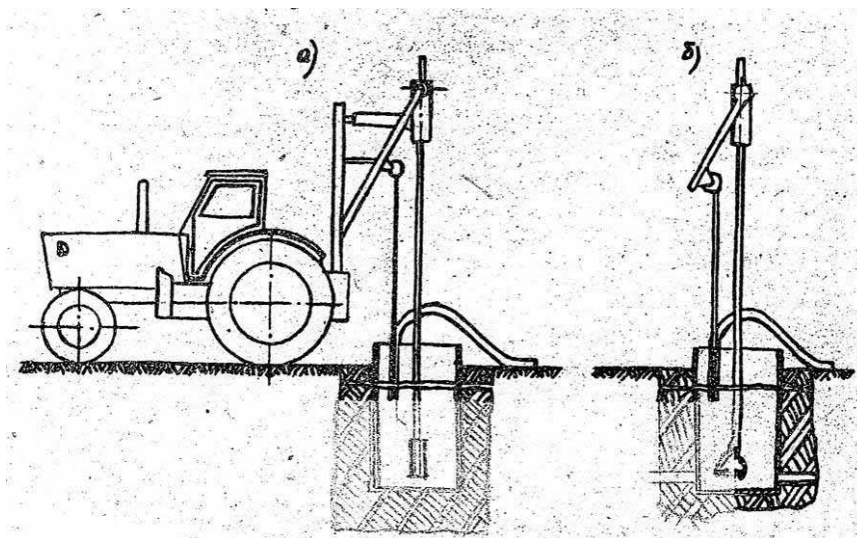


Рис. 3.28. Схема машины КОРД-5 для очистки дренажных колодцев со сменными рабочими органами: землесосом (а) и грейфером (б)

Сущность состоит в том, что на дно колодца помещается емкость соответствующих размеров для накопления наносов и мусора, которая периодически, после заполнения, извлекается на поверхность для опорожнения. Подъем емкости и опускание ее на дно производится с помощью грузоподъемного оборудования.

Емкость имеет в плане круглую форму. Высота бортов не должна превышать глубину донной части (отстойника) колодца. Материал емкости должен обладать антикоррозийной стойкостью. Наиболее подходящим материалом служит железобетон из сульфатостойкого цемента с добавками, например, фурфурола. Тяги и кольца выполняются с антикоррозионным покрытием.

Перспективным является применение стеклопластика, полимербетона и др. На рис. 3.29 показан в разрезе промежуточный смотровой колодец I закрытого горизонтального дренажа из цельной железобетонной трубы диаметром $\varnothing 0,8$ или 1 м, длиной $H = 5$ м, к которому с двух сторон подключены уложенные в фильтровую обсыпку 2 дренажные трубы 3. Наземная часть колодца снабжена крышкой 5, расположенной над поверхностью земли на высоте $h_1 = 0,6-1,0$ м. Дно смотрового колодца 6 располагается ниже дренажных труб на глубине $h_2 = 0,5-0,6$ м, образуя донную камеру.

Для аккумуляции наносов и мусора на дне колодца установлена специальная емкость 7, снабженная для подъема и опускания

металлическими тягами 8. Тяги соединены сверху в один узел при помощи кольца 9, для зацепа крюка грузоподъемного устройства.

Очистка дренажных колодцев осуществляется следующим образом. После монтажа колодца I, при строительстве дренажа, а также после очистки существующих и эксплуатирующихся колодцев на дно 6, при помощи кранового оборудования (например, крана-укосины), установленного на тракторном шасси, опускается емкость 7.

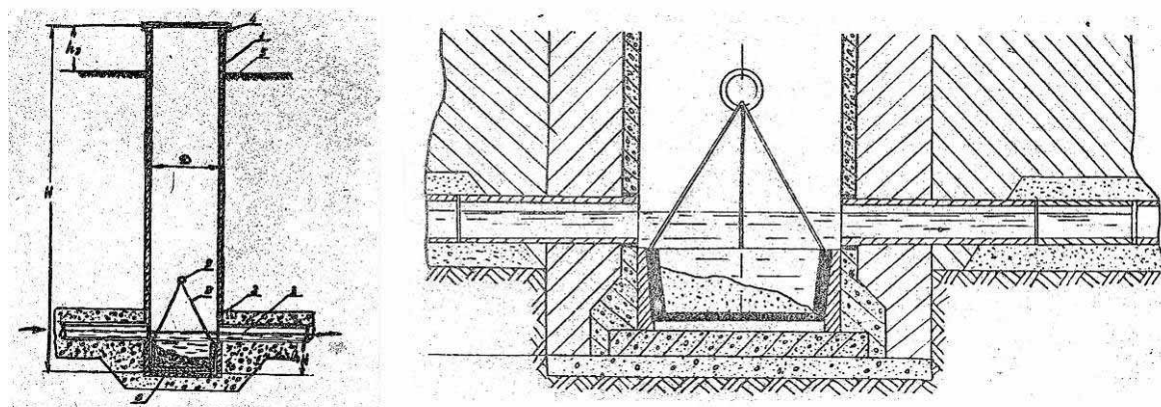


Рис. 3.29. Схема дренажного колодца с донной емкостью для удаления наносов

При работе дрены отводимая вода поступает в колодец I по трубам 3. За счет уменьшения скорости тока воды взвешенные частицы грунта и влекомые донные наносы оседают в емкости 7. По наполнении емкости до соответствующего уровня, что устанавливается техником-смотрителем, емкость 7 при помощи крана поднимается на поверхность земли и опорожняется.

После освобождения емкости от наносов и мусора она снова опускается на дно колодца. Через 2-3 года работы, когда грунт обратной засыпки дрены стабилизируется, вынос частиц фильтра и грунта в смотровой колодец прекращается, емкость переносится на новую прокладываемую дрину. При сроке службы емкости 25-30 лет ее оборачиваемость равна 10.

Использование предлагаемой конструкции позволит ликвидировать тяжелый ручной труд на очистке колодцев, полностью механизировать этот процесс и поднять надежность и эффективность закрытого горизонтального дренажа.

Литература:

- 3.14. К вопросу очистки смотровых колодцев закрытых дрен / Ф.Ф. Беглов, А.А. Рахимов // Эксплуатация гидромелиоративных систем и ремонтно-эксплуатационные работы: сборник научных трудов САНИИРИ - Ташкент, 1984 - с. 105-110.
- 3.15. Усовершенствование конструкции смотровых колодцев закрытых дренажных систем /Ф.Ф. Беглов // инф. о передовом производственном опыте. Серия ирригационно-мелиоративное строительство - Ташкент: УзНИИНТИ, 1986 - 3 с.

Глава IV. Исследование механического уплотнения грунтов обратной засыпки дренажных траншей на полную глубину с целью обоснования параметров грунтоуплотняющей машины

Проведенные исследования показали, что в условиях рыхлого сложения обратных засыпок закрытый дренаж часто повреждается и заиливается. При этом заиливание дренажа до состояния полной закупорки труб и фильтра происходит обычно не в результате размыва грунтовой водой дренируемой толщи, а за счет разрушения рыхлых грунтов обратной засыпки траншей поверхностной оросительной водой.

Уплотнение грунтов обратной засыпки в траншеях повысит устойчивость типовых конструкций закрытого дренажа. Но для выполнения грунтоуплотнительных работ необходимы специальные машины, конструкция и параметры которых учитывали бы особенности производства работ в узких и глубоких дренажных траншеях. Создание таких машин требует в свою очередь разработку технических требований, основанных на учете особенностей конструкций закрытого дренажа, опыта комплексно – механизированного строительства в орошаемой зоне и современных тенденций в области развития конструкций машин для уплотнения грунта. Первым практическим шагом на пути выработки научно обоснованных технических требований явилась постановка натурных исследований на опытном полигоне отдела ОМВР САНИИРИ в 1967-1969 гг. целью которых явилось установление оптимальных параметров рабочих органов и режимы работы трамбующих машин на уплотнении грунта обратной засыпки в траншеях закрытого дренажа.

4.1. Современные способы уплотнения и омоноличивания грунта в строительстве

Для обоснования рационального способа уплотнения траншейных засыпок закрытого дренажа необходимо учитывать не только условия производства работ и свойства грунта, но и реальные возможности современных способов его технической мелиорации, которые в различных отраслях строительства, в том числе и на водохозяйственных объектах получили большое развитие. В сложных гидрогеологических условиях применяются различные прогрессивные методы закрепления и упрочнения грунта. Непрерывно развивается и совершенствуется, широко используемое в строительной практике, механизированное уплотнение грунта. На отдельных объектах при наличии определенных условий производится гидравлическая укладка суглинков и супесей. В настоящей работе нами дана общая оценка способов механического уплотнения и анализируется возможность использования этого способа на объектах дренажного строительства.

4.1.1. Вопросы терминологии

В литературе даются различные толкования термина «уплотнение», «закрепление» и «консолидация».

Например, Г.П. Чеботарев [4.1] под закреплением подразумевает «любой искусственный метод, используемый для улучшения с помощью соответствующей пересортировки или специальных добавок таких свойств грунта, какими определяются его сопротивляемость сдвигу, объем и даже вид».

Учитывая, что мы рассматриваем вопрос уплотнения и омоноличивания траншейных засыпок закрытого дренажа, термин «уплотнение» используется нами при «искусственном увеличении плотности естественного грунта механическими средствами» [4.1], т.е. при поверхностном уплотнении обратной засыпки дрен.

Таким образом, рассмотрим способы механического уплотнения, применяемые в различных отраслях строительства.

4.1.2. Способы механического уплотнения грунта

При механическом уплотнении сближение частиц – скелета и вытеснение воздуха происходит под активным действием внешних сил. Для уплотнения применяют различные нагрузки. К основным параметрам

уплотняющей нагрузки относятся ее величина, время действия и размер площади контакта, через которую она передается на уплотненную поверхность. Перечисленные параметры нагрузки определяют степень и глубину уплотнения.

Воздействие нагрузки обычно оценивается величиной напряжений, возникающих в уплотненной толще. Каждый вид грунта, как известно, способен воспринимать напряжение определенной величины. Предел прочности σ_p характеризует величину предельного напряжения, которое может выдержать данный грунт. При механическом уплотнении, по выражению Н.Я. Хархуты [4.2], должно соблюдаться одно общее правило, согласно которому напряжение на уплотняемой поверхности не должно превышать предела прочности:

$$\sigma < \sigma_p \quad (4.1)$$

В противном случае начинается разрушение поверхностных слоев.

В то же время, для достижения требуемой степени уплотнения напряжения, развиваемые уплотняющим рабочим органом, должны быть по величине возможно близкими пределу прочности:

$$\sigma = (0,9 - 1,0)\sigma_p \quad (4.2)$$

Пределы прочности при различных видах нагрузок приведены в литературе [4.2, 4.3] и могут быть использованы для расчета рабочих органов уплотняющих машин.

Глубина уплотнения H в значительной мере, определяется размерами площади рабочего органа, через которую эта нагрузка передается. С увеличением (до определенного предела) площади при одних и тех же величинах напряжений возрастает и глубина уплотнения:

$$H = B_{\min} \quad (4.3)$$

где, $B_{\min}$ – минимальный поперечный размер рабочего органа в плане.

Деформация уплотняемого грунта происходит во времени. В связи с этим продолжительность действия нагрузки оказывает существенное влияние на эффективность уплотнения. Для каждого грунта имеется оптимальный вид нагрузки или сочетания ряда нагрузок, под воздействием которых он лучше всего уплотняется.

В зависимости от вида нагрузок различают следующие способы механического уплотнения:

1. укатка (статическая нагрузка);
2. трамбование (ударная нагрузка);

3. вибрирование (вибрационная нагрузка).

Разработаны ряд способов, сочетающих два различных воздействия на уплотняемый грунт:

1. виброукатка (статическая и вибрационная нагрузка);
2. вибротрамбование (вибрационная и ударная нагрузки);
3. ударно-статический способ (статическая и ударная нагрузки).

При строительстве качественных насыпей широко применяется укатка. При этом уплотнение осуществляется за счет многократного перекатывания катков по заранее отсыпаемым и спланированным слоям.

При укатке зависимость (4.1) приводится к виду

$$\sqrt{\frac{qE_o}{R}} < \sigma_p \quad (4.4)$$

где, q – удельное линейное давление катка, кг/см;

E_o – модуль деформации, согласно работе [4.2] изменяется от 100 до 200 кг/см², в зависимости от связности грунта;

R – радиус вальца или пневмокатка, см.

Рабочими органами уплотняющих катков являются вальцы или колеса. Различают катки с гладкими вальцами, пневматические, кулачковые, сегментные и решетчатые катки.

Вибрированием уплотняют, главным образом, несвязные грунты. Сущность этого способа состоит в том, что частицы несвязного грунта под воздействием колебательных движений, передаваемых поверхностным или глубинным вибратором, начинают перемещаться и заполнять пустоты, увеличивая тем самым плотность грунта.

Рабочим органом поверхностного виброуплотнителя, обычно, является плоская плита, на которой закреплен вибратор, служащий источником вибрации. Наибольшее распространение имеют механические вибраторы эксцентрикового типа

Режим работы виброуплотнителя выбирается таким, чтобы амплитуда колебаний имела максимальную возможную величину, при которой еще не наступает значительный отрыв уплотнителя от грунта. Считается, что для этого соотношение между величиной возмущающей силы P и весом колеблющихся частей вибратора Q должно быть равным

$$\frac{P}{Q} = 0,9 \quad (4.5)$$

Универсальным способом уплотнения является трамбование. Основное преимущество трамбующих машин, по сравнению с катками и виброуплотнителями, заключается в возможности уплотнений грунта на большую глубину до 1,5–2 м в плотном теле. Трамбующие машины менее чувствительны к влажности и могут применяться для уплотнения как связных, так и несвязных грунтов [4.3].

Трамбующие машины делятся на две группы. К первой группе могут быть отнесены машины с рабочим органом, выполненным в виде свободно-падающей трамбовки, а ко второй – дизельные, пневматические и электрические рабочие органы, производящие удары по грунту не только за счет падающей массы. В том и другом случае взаимодействие рабочего органа с уплотняемой поверхностью характеризуется явлением удара.

Основными параметрами машин, снабженных рабочими органами первого вида, являются вес рабочего органа q , размеры площади его основания F , и минимальный поперечный размер в плане B_{min} . К параметрам режима уплотнения относят высоту падения трамбуемого органа H и число наносимых ударов n .

При анализе процесса ударного уплотнения используют, кроме того, удельные параметры трамбования, а именно, удельное статическое давление трамбуемого органа q , удельную работу и удельный импульс удара.

В последнее время значительное внимание обращают на совмещение в одной уплотняющей машине или одном агрегате двух отличных друг от друга способов воздействия на грунт. Это интенсифицирует процесс уплотнения и соответствующим образом повышает эффективность уплотнения. Наиболее известным является совмещение укатки и вибрации, а также трамбования в вибрации.

Вибрационные катки в СССР выпускались серийно. Они уплотняют не только малосвязные грунты, но при значительном повышении статического линейного удельного давления до 40 кг/см и выше могут применяться и для уплотнения связных грунтов.

За рубежом использовались различные комбинации статических и вибрационных катков. Например, в США выпускались многовальцовые катки, в которых один из вальцов, обычно средний, являлся вибрирующим. Широко применялись также вибрационные кулачковые катки.

Другие варианты использования комбинированного уплотняющего оборудования, известные из литературы [4.4, 4.5], состоят в том, что за обычными катками с гладкими вальцами устанавливают прицепные виброуплотнители, за пневмокатками – виброкатки с гладкими вальцами и

т.д. Таким образом, вибрационный принцип работы в той или иной форме внедряется за рубежом на катках различных типов.

Преимущество виброкатков с гладкими вальцами состоит в том, что по сравнению с аналогичными катками, работающими без вибрации, здесь толщина уплотняемого слоя может быть увеличена на 40-50 % при уплотнении несвязных и на 20-30 % – при уплотнении связных грунтов. Повышение толщины уплотняемого слоя вызывается вибрацией и, связанным с нею, более значительным погружением катков в грунт, что повышает площадь контакта с грунтом [4.3].

В строительстве имели широкое применение и вибротрамбующие машины, сочетающие вибрационное и ударное воздействие на грунт. Если увеличивать возмущающую силу вибрационной машины, то происходит рост амплитуды колебаний вибратора и грунта до тех пор, пока уплотняющая плита машины не начнет совершать периодические удары по уплотняемой поверхности. Такой режим работы вибрационной машины, по существу, является виброударным. Выпускались также вибротрамбующие машины специального назначения. От трамбующих машин они отличаются в основном, небольшими импульсами наносимых ударов и большой их частотой.

При работе вибротрамбующих машин напряжение на поверхности не превышает $0,5-0,8 \text{ кг/см}^2$, то – есть в десятки раз ниже, чем при работе трамбующих машин. Однако, ввиду тиксотропных превращений грунтов даже незначительные нагрузки при благоприятных условиях приводят к получению высокого эффекта [4.3]. Вибротрамбующие машины, так же как и вибрационные, применялись для уплотнения несвязных и малосвязных грунтов. В заключение следует отметить, что в СССР были разработаны катки с падающими грузами системы инж. Стригина, являющиеся одной из разновидностей трамбующего оборудования. Эти катки обеспечивают нормальное к поверхности уплотняемого грунта направление удара и, по существу, работают как обычно трамбующие машины. Каток с подающими грузами может уплотнять связные и несвязные грунты на глубину до 1 м. Недостатком этих катков является сложность конструкции и плохая работа на переувлажненных грунтах.

Таким образом, изложенное выше показало, что для механизированного уплотнения грунтов в строительстве выпускается большая номенклатура машин, использующая принципы вибрации, трамбования и укатки. Преобладающая часть серийных машин предназначена для послойного уплотнения насыпного грунта в обычных, не стесненных условиях.

4.1.3. Обоснование рационального способа уплотнения обратных засыпок дренажных траншей

Для обоснования рационального способа механического уплотнения траншейных засыпок целесообразно проанализировать технические возможности всех современных способов «сухого» уплотнения грунта. Приступая к такому анализу, прежде всего, нужно отметить, что в районах строительства закрытого дренажа распространены, в основном, связанные грунты. Это обуславливает применение на рассматриваемых работах только двух способов – укатки и трамбования.

Из всех средств уплотнения грунта наибольшее распространение на сегодняшний день получили катки, отличающиеся значительной производительностью и низкой стоимостью работ. Известны отличительные особенности катков. Ими можно уплотнять грунты при сравнительно малых толщинах слоев и, кроме того, для рентабельной их работы требуется наличие определенного фронта работ [4.3]. По этим причинам можно будет сделать отрицательное заключение о возможности применения катков на уплотнении грунта в траншеях.

Тем не менее, попытки использовать катки для указанной выше цели не прекращаются. В СССР и за рубежом разработан ряд траншейных катков с гладкими и кулачковыми вальцами.

Работа траншейного катка (рис. 4.1) исследовалась, в частности, САНИИРИ [4.6]. Исследования показали, что за один проход гладкого катка с удельным линейным давлением 40 кг/см плотность грунта приближается к «материковой» при толщине слоя уплотненной засыпки 6 см. Изменение толщины слоя с 6 до 40 см (в плотном теле) уменьшает достигнутую плотность с 1,5 до 1,3 г/см³.

Для уплотнения грунта в дренажных траншеях предложена специальная конструкция кулачного катка с выдвижными кулачками [4.7]. Такие катки, очевидно, могут дать значительный эффект в том случае, когда необходимо разрушить комья связного грунта с тем, чтобы создать монолитную толщу после обратной засыпки дренажных траншей. К сожалению, такие катки еще не испытывались. Однако, можно полагать, что они не приведут у существенному увеличению толщи уплотняемого слоя.

Н.Я. Хархута [4.3] указывает, что даже при значительном увеличении веса глубина активной зоны, а, следовательно, и толщина связного грунта в плотном теле при уплотнении его катками с гладкими и кулачковыми вальцами практически не может быть более 30 см.

Дополнительное применение вибрации при укатке, очевидно, не приведет к существенному повышению толщины уплотняемого слоя. Более эффективными с этой точки зрения являются пневматические катки. При использовании на катках шин больших размеров глубина активной зоны может быть увеличена до 85 см [4.3]. Однако в условиях траншей ограниченной ширины ($b = 0,6$ м) габариты пневматика нельзя увеличивать до требуемых размеров и, в связи с этим толщину связного грунта, уплотняемого в траншее, практически можно довести до 0,5 м.

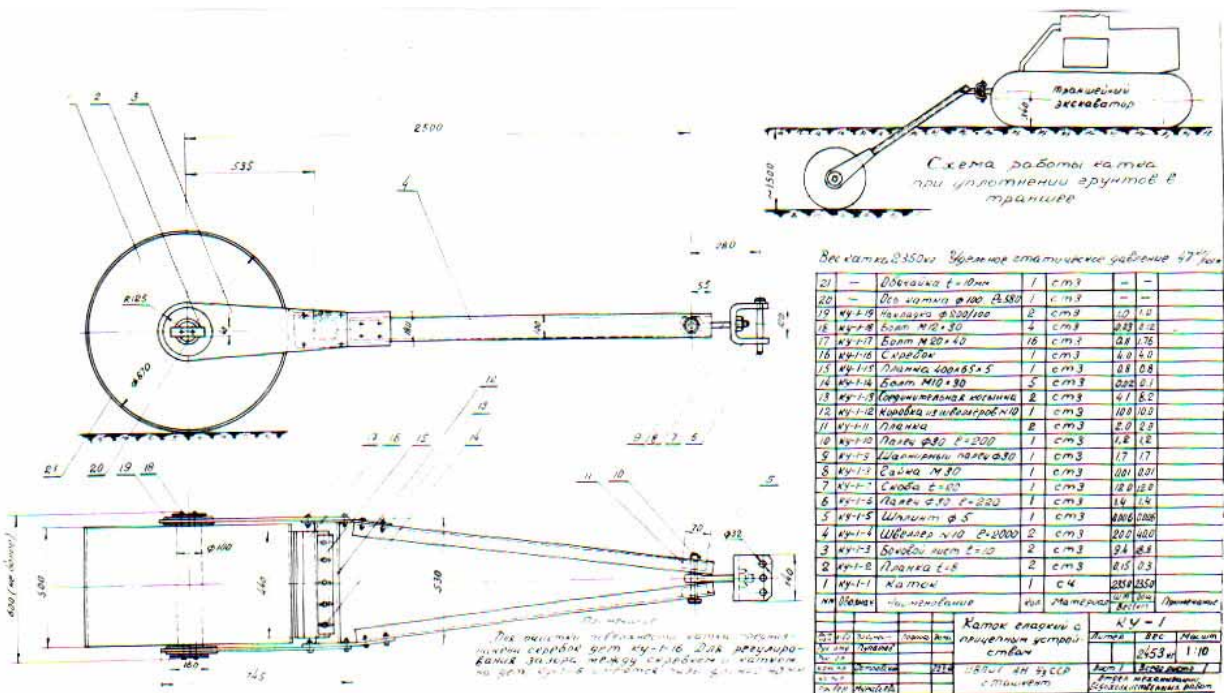


Рис.4.1. Конструкторская разработка катка с прицепным устройством для уплотнения грунтов в траншеях дрен (а), испытания катка в производственных условиях (б), САНИИРИ – ИВП АН УзССР, 1960 г.

В результате проведенного анализа можно констатировать, что возможности современных катков в смысле толщины уплотняемого слоя являются весьма ограниченными и для траншей шириной 0,6 м практически не превышают 0,5 м. Для послойной укатки всей толщи обратной засыпки дренажная траншея должна заделываться не менее, чем в 4-5 слоев. Следовательно, общее число необходимых проходов катка достигает как минимум 16-25. Если учесть, что многократные проходы катка приводят к обрушению вертикальных стенок траншей и что значительные затруднения вызывает планировка отсыпаемых слоев и высокая чувствительность укатки к влажности грунта, то становится очевидным, что послойная укатка грунта в условиях дренажных траншей является совершенно неприемлемой.

Поэтому, как уже отмечалось выше, универсальным способом уплотнения является трамбование. Известны различные технологические схемы трамбования грунта. При послойном трамбовании связного грунта наиболее целесообразной толщиной слоя с точки зрения минимума затрат энергии на уплотнение единицы объема грунта по рекомендации Н.Я. Хархуты [4.3], является слой в 0,6–0,8 м. Указанная величина является основным исходным показателем при расчете размеров рабочего органа трамбующих машин, а также веса, высоты сбрасывания, числа наносимых ударов и т.д.

Вторая, менее изученная технологическая схема относится к случаю поверхностного трамбования грунта на значительную глубину до 2,0 и более метров [4.2].

По такой схеме производится, например, трамбование естественных оснований под сооружениями. Уплотнение же грунта в насыпях по такой схеме обычно не производится. Тем не менее, в литературе высказывались различные соображения по вопросу поверхностного трамбования грунта слоями большой толщины.

В частности, Н.П. Вошинин анализирует двухстадийную схему уплотнения грунта. Предварительно тяжелой трамбовкой грунт уплотняется с поверхности на максимально возможную глубину. Верхние слои при этом неизбежно разрыхляются. Затем с помощью более легкой трамбовки или путем уменьшения высоты ее сбрасывания уплотняется верхний разрыхленный слой.

Такая схема уплотнения несомненно энергетически менее выгодна, чем предыдущая, но при этом можно прорабатывать слои большей толщины, что является весьма перспективным.

Нужно сказать, что описанная схема производства работ не применялась в условиях узких и глубоких траншей. Однако, нам представляется, что именно она весьма удачно вписывается в технологический процесс строительства закрытого горизонтального дренажа. Целесообразность поверхностного трамбования обратных засыпок в дренажных траншеях можно обосновать, кроме того, и тем обстоятельством, что здесь можно, по-видимому, отказаться от доуплотнения верхнего разрыхленного слоя.

Справедливость данного положения может быть подтверждена результатами натурных исследований, выполненных на объектах строительства закрытого дренажа в 1963 г. [4.6]. Трамбование обратной засыпки в дренажной траншее производилось через слой насыпного грунта в «корыте». Благодаря этому исключалась необходимость вписывания трамбовки в габариты траншеи.

Уплотнение производилось трамбовкой, весом 5,3 т. Диаметр ее основания равен 1,3 м. Ширина корыта 3 м, глубина достигала 1,0 м. Траншея шириной 0,6 м имела глубину 2,2 м. Учитывая наличие в нижней части траншеи дренажной линии, общая высота обратной засыпки составила 1,7 м, а с учетом слоя грунта в «корыте» – 2,7 м (в рыхлом состоянии).

Результаты выполненных производственных исследований позволяют констатировать принципиальную возможность поверхностного трамбования обратной засыпки сразу на полную глубину дренажной траншеи. Вместе с тем были выявлены ряд недостатков. Прежде всего, следует отметить большие затраты энергии на уплотнение единицы объема грунта. По одному следу наносилось 6-9 ударов трамбовкой, весом 5,3 т, сбрасываемой с высоты 3 м. Нужно сказать, что определенная часть энергии удара трамбования расходовалась на уплотнение естественного грунта в стенках траншеи. Причиной этого являлось несоответствие между размерами трамбовки и габаритами траншеи.

В процессе исследований было установлено, что толщина разрыхленного слоя в верхних горизонтах обратной засыпки достигает 0,9 м. Причем объяснялось это не только значительными напряжениями, создаваемыми в верхних горизонтах толщи, но также и раскачиванием трамбовки при ударах, а также сложностью ее центровки по центру траншеи.

Выполненные исследования позволяют нам рекомендовать – при разработке трамбующего оборудования для уплотнения дренажных траншей обеспечить вписывание трамбовки в габариты траншеи и создание направленного удара по поверхности засыпки.

Кроме того, исследования показали также, что применение вибротрамбования на этих работах потребует послойной проработки обратной засыпки и по этой причине является неприемлемым для использования на объектах строительства закрытого горизонтального дренажа.

Таким образом, краткий обзор литературы, а также опыт проведенных исследований в этом направлении позволяет нам сделать следующие выводы:

- выбор рационального способа уплотнения зависит от структуры и вида грунта, назначения и характера объекта, условий производства работ, экономических и других факторов;
- уплотнение связного грунта в узких и глубоких траншеях можно производить путем укатки или трамбования. Важное значение имеет вопрос толщины уплотняемого слоя. В результате проведенного

анализа можно констатировать, что возможности современных катков в смысле толщины уплотняемого слоя являются ограниченными и для траншей, шириной 0,6 м, практически не превышают 0,5 м;

- в зависимости от толщины уплотняемого слоя можно рассматривать две технологические схемы уплотнения грунта в траншеях, первая из которых относится к послойному уплотнению, а вторая менее изученная схема, к поверхностному уплотнению засыпки сразу на полную глубину. Если исходить не с энергетических позиций, а с точки зрения условий производства работ, то более приемлемой для дренажных траншей является вторая схема;
- принципиальная возможность поверхностного трамбования обратной засыпки сразу на полную глубину дренажной траншеи доказана поисковыми исследованиями. Наряду с этим выявлена необходимость вписывания трамбовки в траншею и создания направленного удара по центру траншеи;
- способ поверхностного трамбования грунта в дренажных траншеях нами принят для дальнейшей разработки. Для определения основных параметров поверхностного трамбования грунта в траншеях запланированы натурные исследования.

4.2. Обоснование требуемой плотности и распределения ее по глубине дренажной траншеи для условий поверхностного трамбования обратной засыпки

В результате обследования дренажных систем в Голодной степи, а также анализа лабораторных и натурных исследований были разработаны общие требования к обратной засыпке закрытого дренажа, прокладываемого траншейным способом [4.13], наиболее важные из которых, на наш взгляд, приведены ниже [4.14]:

- Плотность обратной засыпки в дренажных траншеях определяется условиями поверхностного затопления наддренных полос.
- В целях повышения устойчивости дренажа на орошаемых землях рекомендуется уплотнять обратные засыпки в дренажных траншеях. В зависимости от фильтрационной устойчивости грунта толщина уплотняемого слоя засыпки, считая от верхней кромки дренажного фильтра, должна быть порядка 0,5-1,5 м. На устьевых участках, а также вокруг контрольно-смотровых колодцев уплотнению должна подвергаться вся толща обратной засыпки.

- Цель уплотнения состоит в достижении такой плотности, которая с одной стороны, обеспечивает отсутствие просадок, с другой – достаточную фильтрационную устойчивость грунта.
- При уплотнении допускается получение неравномерной плотности обратной засыпки по глубине дренажной траншеи. При этом минимальную плотность, достаточную для предотвращения просадок, необходимо проверить на фильтрационную устойчивость при совместной работе с применяемым дренажным фильтром.

Изложенные требования явились основой для рекомендации поверхностного трамбования грунта в дренажных траншеях. Естественно, что в связи с этим вопросы назначения требуемой плотности и распределения плотности по глубине обратной засыпки в дренажной траншее должны разрабатываться применительно к специфическим особенностям принятого способа уплотнения обратной засыпки.

К числу наиболее важных особенностей поверхностного трамбования следует отнести уплотнение грунта значительными слоями и получение максимальной плотности в горизонтах несколько удаленных от уплотняемой поверхности. Следовательно, при разработке рекомендаций необходимо, с одной стороны, нормировать плотность в наиболее уплотненной зоне (т.н. ядре уплотнения), с другой – минимальную плотность за пределами указанной зоны в нижних горизонтах обратной засыпки, примыкающих к дренажной линии.

В соответствии с вышеуказанным, рекомендуемое распределение плотности уплотненного грунта в дренажных траншеях представлено в графическом виде (рис. 4.2). Высота обратной засыпки в рыхлом состоянии принята равной 2,5 м, а объемный вес скелета неуплотненного грунта – 1,2 г/см³. Для указанных условий расчетная бытовая нагрузка в нижних горизонтах обратной засыпки составляет 0,3 кг/см².

При этом необходимо отметить, что в толще обратной засыпки целесообразно создать так называемый уплотненный противофильтрационный экран, как это делается на оросительных каналах, толщиной 0,5-0,7 м. Плотность грунта в противофильтрационном экране должна быть не ниже плотности естественного грунта, которая для верхней 3-х метровой дренируемой толщи в Голодной степи в среднем составляет $\delta_{ск} = 1,5-1,55$ г/см³.

При достижении указанной плотности фильтрационная способность уплотненной обратной засыпки резко снижается. Во всяком случае, она становится значительно ниже, чем фильтрационная способность грунта естественного сложения.

Более высокое уплотнение грунта обратной засыпки представляется нецелесообразным еще и потому, что дальнейшее уплотнение вызовет рост плотности естественного грунта в стенках траншеи и, следовательно, существенно увеличится энергоемкость грунтоуплотнительных работ.

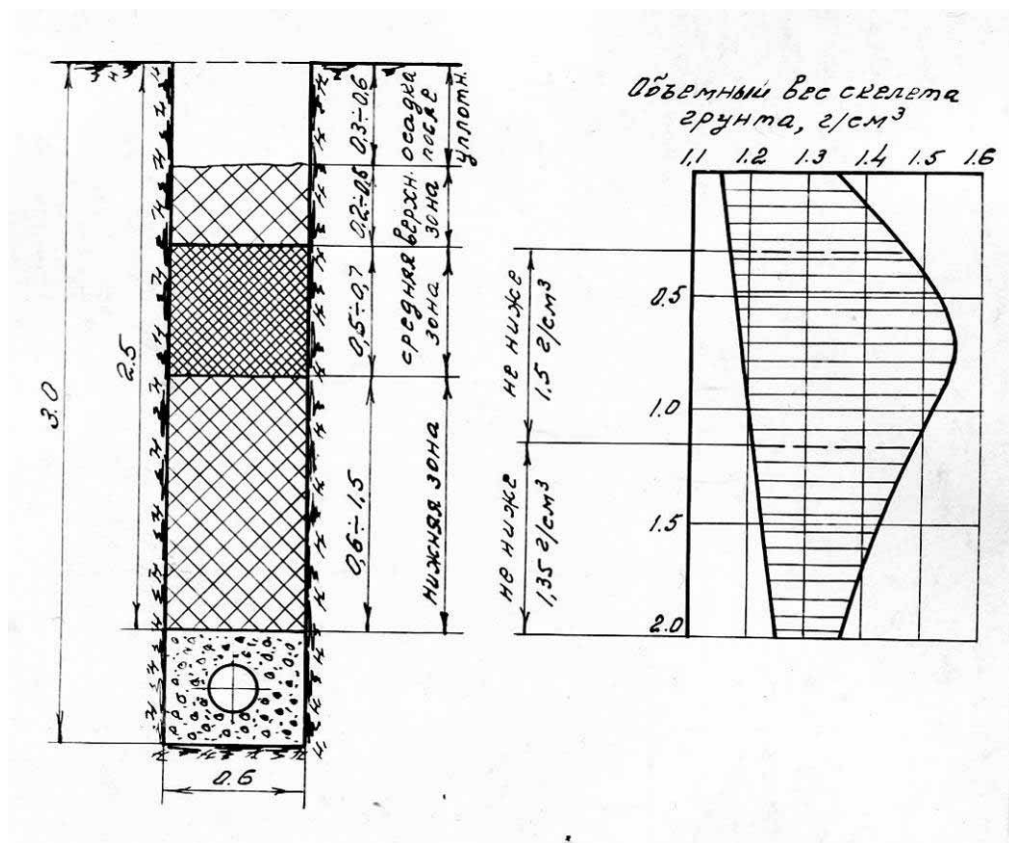


Рис.4.2. Рекомендуемое распределение плотности уплотненной засыпки при поверхностном трамбовании грунта на полную глубину дренажной траншеи

За пределами противофильтрационного экрана допускается более низкая плотность. Толщина нижнего слоя, непосредственно контактирующего с дренажной линией, довольно значительная и достигает 1,3 м. Под действием доувлажнения грунта и бытовой нагрузки указанный слой может дать просадку, что, в конечном счете, может привести к явлениям сводообразования на границе между верхними, более уплотненными, и нижними, менее уплотненными слоями со всеми вытекающими отсюда отрицательными последствиями.

Для определения минимально допустимой плотности грунта в нижних горизонтах обратной засыпки были выполнены исследования просадочных свойств уплотненного грунта под действующими в дренажных траншеях бытовыми нагрузками. В опытах использовался грунт, гранулометрический и солевой состав которого уже рассмотрен выше. Контрольные образцы уплотнялись на лабораторном копре до

плотности 1,4–1,7 г/см³. Уплотнение выполнялось при влажности грунта близкой к оптимальной.

Компрессионные испытания подготовленных образцов выполнялись по общепринятой методике под нагрузкой 0,3 кг/см², соответствующей бытовой нагрузке на глубине 2,5 м, без воды, а также при наличии воды. Изменение относительной деформации в зависимости от плотности грунта приводится в таблице 4.1.

Из таблицы следует, что уплотненный до плотности $\delta_{ск} = 1,4$ г/см³ грунт обратной засыпки под действием бытовой нагрузки и увлажнении дает незначительную относительную деформацию (1,42 мм/м), практически обеспечивающую отсутствие явлений свободообразования в толще засыпки.

Таблица 4.1.

Относительная деформация, мм/м Нагрузка, кг/см²	Плотность грунта, г/см ³			
	1,4	1,5	1,6	1,7
0,3	0,23	0,1	0,1	0,08
0,3 + вода	1,42	0,58	0,2	0,11

Далее указанная предполагаемая минимальная плотность, достаточная для предотвращения просадок, была проверена на фильтрационную устойчивость при совместной работе с применяемым дренажным фильтром. Исследования показали, что при плотности уплотненного грунта 1,35–1,4 г/см³ и применении в качестве фильтра крупнозернистого песка Агалыксайского карьера обеспечивается достаточная фильтрационная устойчивость практически всех разновидностей связных грунтов, слагающих верхние дренируемые толщи на орошаемых массивах Голодной степи [4.14].

Исходя из полученных данных может быть сделан важный, на наш взгляд, вывод о том, что при поверхностном трамбовании обратной засыпки в нижних горизонтах достаточно получать плотность порядка 1,35–1,4 г/см³. Еще более низкую плотность допускается получать в верхних горизонтах обратной засыпки, которые выполняют по отношению и нижележащему противοфильтрационному экрану роль защитного слоя, предохраняющего уплотненный слой от промерзания, а также попеременного увлажнения и высыхания. Толщина верхнего рыхлого слоя, как это обычно происходит при трамбовании грунта на значительную глубину, может достигать 0,5 м (рис. 4.2).

Защитный слой может быть увеличен еще на 0,3–0,6 м, т.е. на величину осадки грунта в траншее, и, следовательно, общая толщина защитного слоя достигает 0,5–1,1 м.

Таким образом, толща обратной засыпки после уплотнения представляется нам разделенной на три зоны, каждая из которых имеет свои отличительные признаки (рис. 4.2).

Первая зона расположена в верхних слоях обратной засыпки. Плотность здесь $\delta_{ск} \leq 1,4 \text{ г/см}^3$. Во второй или средней зоне обратная засыпка уплотняется до плотности не ниже средней плотности естественного грунта $\delta_{ск} = 1,5–1,55 \text{ г/см}^3$. Толщина средней зоны, по аналогии с уплотненными противифльтрационными экранами на оросительных каналах, принимается равной 0,5–0,7 м.

В третьей или нижней зоне минимально допустимая плотность грунта составляет $\delta_{ск} = 1,35–1,4 \text{ г/см}^3$. Толщина данной зоны ограничивается размером 1,3 м.

В заключение следует отметить, что полевые и лабораторные исследования свидетельствуют о том, что уплотнение обратной засыпки в дренажных траншеях до рекомендуемой плотности является достаточным для качественной проработки грунта в траншее и надежной работы закрытой дрены.

4.3. Вопросы методики исследования поверхностного трамбования обратной засыпки на полную глубину дренажной траншеи

Как уже отмечалось выше, поверхностное трамбование грунта в дренажных траншеях на полную глубину имеет принципиальные отличия от других известных схем ударного уплотнения грунта. Это объясняется, прежде всего, локальным характером уплотнения грунта в узком пространстве, ограниченным вертикальными стенками траншеи.

Анализ принятой схемы показывает, что она отличается от теоретической задачи поверхностного трамбования грунтового полупространства. Для случая уплотнения грунта обратной засыпки в траншее полупространство в поперечном направлении ограничивается стенками траншеи, а деформация уплотнения распространяется, главным образом, в продольном направлении, т.е. по слою насыпного грунта. Существенным является также и то, что ставится задача проработки всей толщи обратной засыпки в дренажной траншее. Соответственно этому и методика натурного исследования поверхностного трамбования грунта имеет свои характерные особенности.

Выше уже обсуждались некоторые вопросы методики натурных исследований. В частности, подчеркивалось, что условия выполнения этих исследований следует максимально приблизить к фактическим условиям производства работ в дренажных траншеях. В соответствии с этим, методика исследований предусматривает строительство опытных дрен с шириной траншеи 0,6 м и глубиной до 2,5 м. В процессе их строительства через 2,5 м нивелируются дно траншеи, а также верхние кромки дренажных труб (в двух крайних точках), репера на поверхности фильтра, промежуточные репера в толще обратной засыпки, устанавливаемые через 0,5 м на высоте.

Важное значение уделяется вопросу ширины дренажных траншей. В зависимости от податливости вертикальных стенок траншеи будет существенно изменяться и характер деформирования уплотняемого грунта. В настоящих исследованиях поверхностное трамбование обратной засыпки рассматривается как процесс динамического сжатия столба грунта ограниченной ширины и в соответствии с этим опыты проводятся в траншеях с недеформируемыми стенками. Для фиксации взаимного расположения стенок до и после трамбования на различных горизонтах устанавливаются боковые репера и определяется точная ширина траншеи. Наряду с этим определяются сезонные характеристики естественного грунта из стенок траншеи, в частности, гранулометрический и солевой состав, угол внутреннего трения и сцепление грунта, плотность, прочность и влажность. Объемный вес естественного грунта, ввиду низкой влажности, определяется методом парафинирования по формуле ГОСТ 5182–64 [4.15].

$$\delta_{\text{вл}} = \frac{g\gamma_n\gamma_b}{\gamma_n(g_1 - g_2) - \gamma_b(g_1 - g_2)} \quad (4.6)$$

где,

- g – вес образца грунта до парафинирования, г;
- g_1 – вес образца грунта с парафиновой оболочкой, г;
- g_2 – вес образца грунта в воде, г;
- γ_n – удельный вес парафина, принимаемый равным 0,9 г/см³
- γ_b – удельный вес воды, принимаемый равным 1,0 г/см³.

Объемный вес скелета грунта вычисляемый по формуле:

$$\delta_{ск} = \frac{\delta_{вл}}{1 + 0,01W} \quad (4.7)$$

где, W – влажность грунта в % .

Прочность естественного грунта определялась с помощью пенетromетра ДИИТ–4. Применялся наконечник с углом заострения конуса 60° . Забивка пенетromетра производилась на расстоянии одного метра от бровки траншеи.

Выше уже отмечалось важное значение вопросов достижения требуемой плотности уплотненного грунта и регулирование в определенных пределах толщины выделенных зон в общей толще обратной засыпки и, в частности, толщины нижней и особенно средней зоны (рис. 4.2). Регулирование толщины указанных зон планировалось производить путем применения различных режимов уплотнения и изменения параметров трамбующего органа.

В связи с этим, в принятой методике исследований большое внимание уделяется вопросам установления характера распределения плотности уплотненного грунта в дренажной траншее в зависимости от изменения одного из перечисленных параметров: Q – веса, H – высоты сбрасывания, n – числа ударов, L – длины трамбующего органа.

Для этого фиксируется поударная деформация поверхности грунта, деформация отдельных слоев засыпки, а также плотность, прочность и влажность уплотненного грунта. Деформация поверхности грунта определяется путем нивелирования трамбующего органа до и после удара, послойная деформация устанавливается путем нивелирования реперов, заложенных в уплотненной толще. Через каждые 0,5 м закладывается по два репера. Объемный вес влажного грунта определяется методом режущего кольца (ГОСТ 5182-64) по формуле:

$$\delta_{вл} = \frac{g - g_1}{V} \quad (4.8)$$

где,

g – вес влажного образца с бьюксой, г;

g_1 – вес бьюксы, г;

V – объем грунта, заключенного в бьюксе, см^3 .

Для расчета объемного веса скелета грунта $\delta_{ск}$ используется формула (4.8).

Плотность грунта определяется через каждые 0,25 м по глубине в трех точках на каждом горизонте уплотненной толщи. Начальная плотность насыпного грунта, уложенного в траншею δ_H устанавливается расчетом по данным плотности уплотненного грунта δ_y в различных слоях обратной засыпки

$$\delta_H = \frac{\delta_y}{K} \quad (4.9)$$

где, K – коэффициент уплотнения грунта.

Указанный коэффициент устанавливается по величине осадки реперов, уложенных в толщу засыпки

$$K = \frac{h_1 - h_2}{h'_1 - h'_2} \quad (4.10)$$

где,

h_1, h_2 – верхняя и нижняя отметки определенного слоя грунта до уплотнения;

h'_1, h'_2 – тоже после уплотнения.

Одной из особенностей настоящих исследований является установление неравномерности плотности уплотненного грунта в различных зонах обратной засыпки (рис. 4.2). Распределение плотности уплотненного грунта оценивается коэффициентом неравномерности плотности грунта. Указанный показатель рассчитывается по формуле:

$$C_{онт} = \frac{\delta_{max} \delta_{оср}}{\delta_{оср}} \quad (4.11)$$

где,

$\delta_{max}, \delta_{оср}$ – соответственно максимальное и осредненное значение объемного веса скелета грунта в пределах данной зоны.

Одним из кардинальных вопросов методики проводимых исследований являлся выбор рационального уплотняющего оборудования.

После рассмотрения всех теоретических предпосылок были разработаны требования к экспериментальной трамбующей установке для уплотнения грунта в дренажных траншеях, которые заключались в следующем. Удар по поверхности грунта должен наноситься свободно падающим трамбующим органом. Установка должна обеспечивать центровку ударов по оси траншеи, а также, что очень важно, позволять наносить направленные (без раскачки) удары по поверхности обратной засыпки.

В соответствии с указанными требованиями была спроектирована и изготовлена экспериментальная трамбующая установка (ЭТУ). Она состоит из сварной фермы, внутри которой по направляющим перекатывается тележка с закрепленным комплектом трамбующих плит (рис. 4.3). Продольная ось трамбующего органа совпадает с осью уплотняемой траншеи, а края трамбующего органа при сбрасывании не задевают бортов траншеи.

ЭТУ может перемещаться волоком на специальных полозьях, выполненных из швеллеров, либо переставляться с одной позиции на другую так, что трамбующий орган всегда занимает одно и то же положение по отношению к оси дренажной траншеи.

Экспериментальная установка состоит (рис. 4.3) из направляющей фермы (1), направляющей тележки трамбующего органа (2), аутригеров (7), комплекта главных (6) и съемных (4) плит и стяжных болтов (5).

Направляющая ферма (рис. 4.4) представляет собой сварную конструкцию из профильного металла высотой 5,21 м, длиной 4,5 м и шириной 1,96 м. Основание выполнено из двух продольных швеллеров № 20 и поперечных связей. На основании закреплены нижняя секция направляющей фермы и кронштейны для установки выносных аутригеров. Последние служат для повышения поперечной устойчивости направляющей фермы при перемещении ее волоком вдоль траншеи.

Собственно направляющая ферма собрана из пяти секций, длиной 1,0 м каждая. К секциям с помощью болтовых соединений закреплены две пары направляющих уголков, установочные размеры между которыми соответственно равны 1760 и 390 мм. Нижние концы направляющих уголков имеют скосы для возможности выхода и входа направляющей тележки трамбующего органа при значительной осадке грунта в траншее. Общий вес металлоконструкции направляющей фермы составляет 1533 кг.

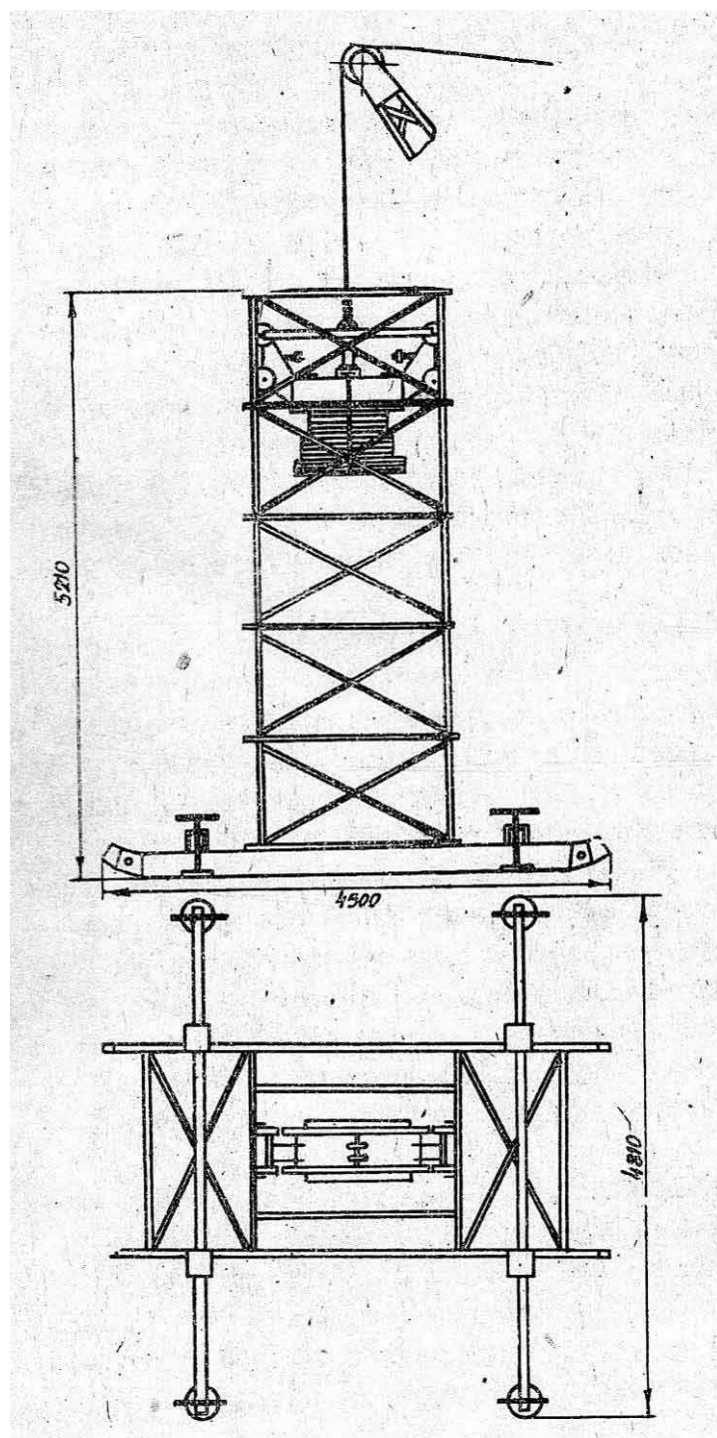


Рис. 4.3. Общий вид экспериментальной трамбующей установки (ЭТУ)

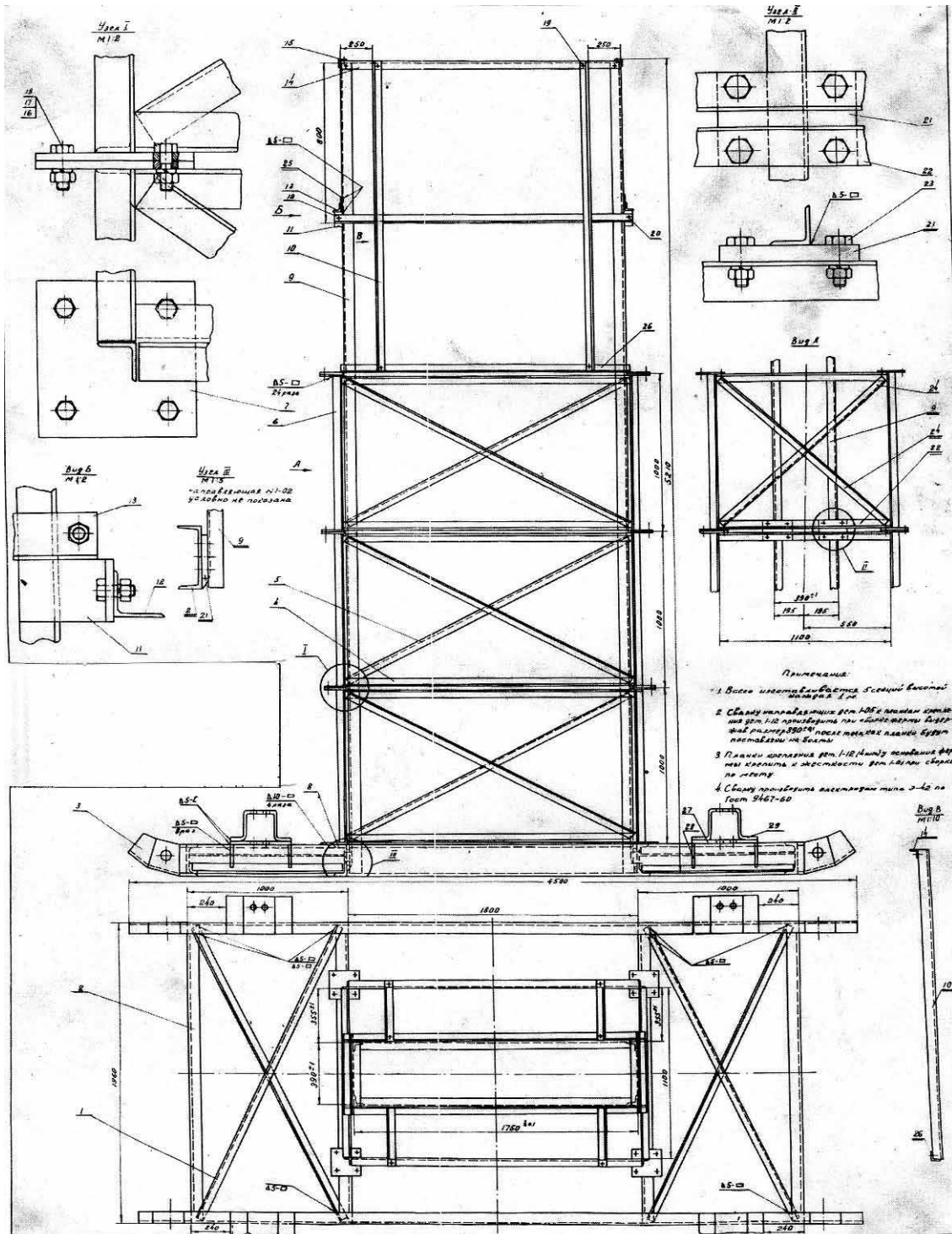


Рис. 4.4. Общий вид направляющей фермы

Трамбующий орган (рис. 4.5), выполнен в виде направляющей тележки, к которой с помощью стяжных болтов крепится комплект главной и съемных плит. Направляющая тележка (рис. 4.6) состоит из фигурной сварной конструкции, снабженной четырьмя парами подпружиненных катков. Имеется возможность регулирования пружин.

Катки направляющей тележки перекатываются по уголкам направляющей фермы, обеспечивая направленность наносимых ударов. Вес металлоконструкции направляющей тележки составляет 740 кг. Общий вес трамбуемого органа с комплектом плит может быть доведен до 4,0 т. Исходя из этого, подобран вес главных и съемных плит, предназначенных для установки на направляющей тележки (рис. 4.7).

Габаритные размеры главных плит рассчитаны, исходя из требуемой глубины уплотнения насыпного слоя грунта в траншее. Для обеспечения реальной возможности уплотнения всей толщи насыпного грунта минимальная длина трамбуемого органа определяется из выражения:

$$L_{\min} = \frac{H_m}{K} \quad (4.12)$$

где,

H_m – требуемая глубина уплотнения. В соответствии с материалами проектных организаций и опытом строительства $H_m = 2-2,5$ м. Средняя величина H_m принята равной 2,25 м;

K – коэффициент пропорциональности в формуле

$$H_{\max} = K d_{\text{ш}} \quad (4.13)$$

где,

$d_{\text{ш}}$ – диаметр штампа;

H_m – максимальная глубина действия ударной нагрузки. По данным Н.И. Иванова K изменяется от 3 до 3,5. Принимаем $K = 3,25$

Получаем

$$L_{\min} = \frac{2,25}{3,25} = 0,7 \text{ м}$$

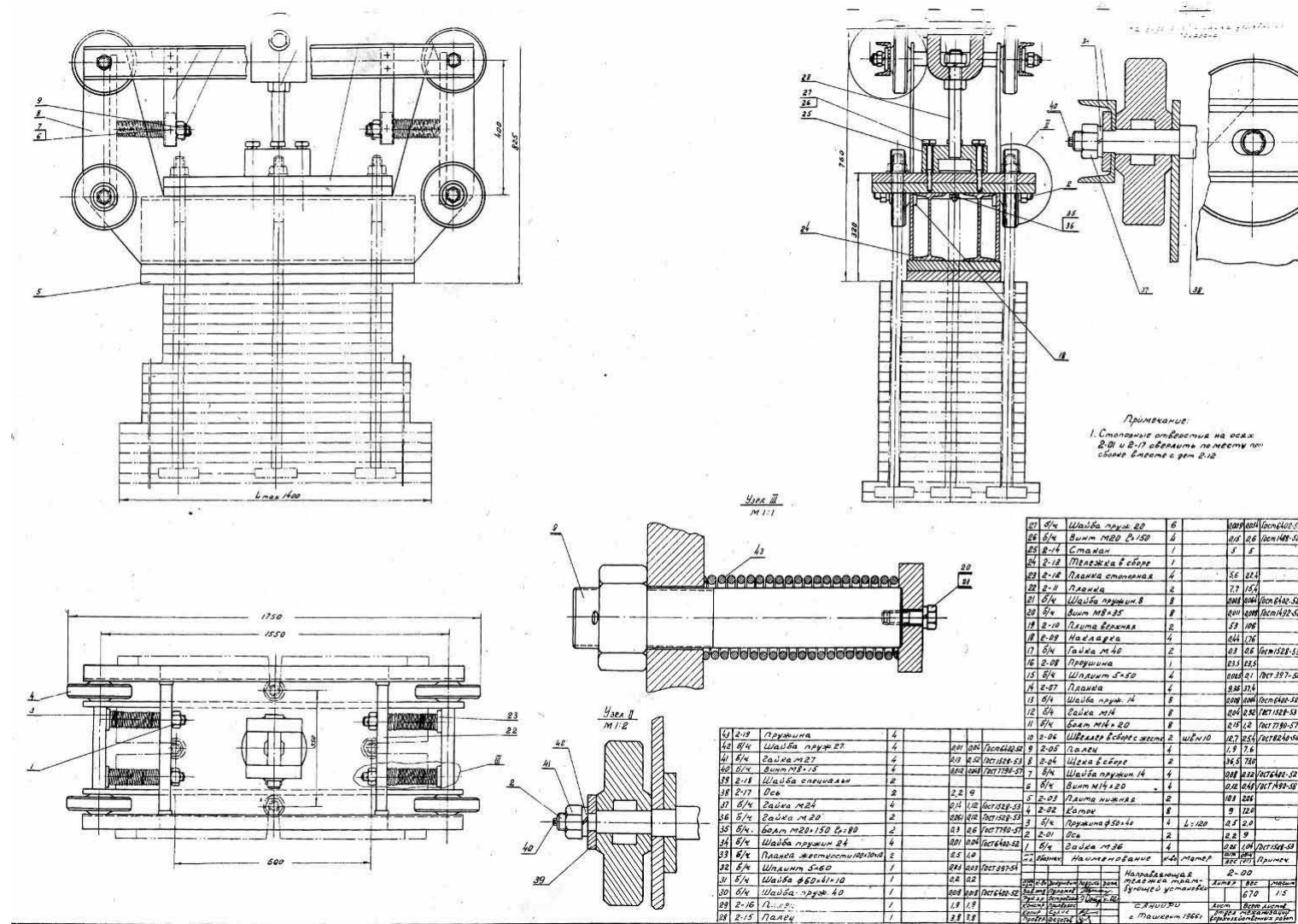


Рис. 4.5. Общий вид трамбующего органа в сборе

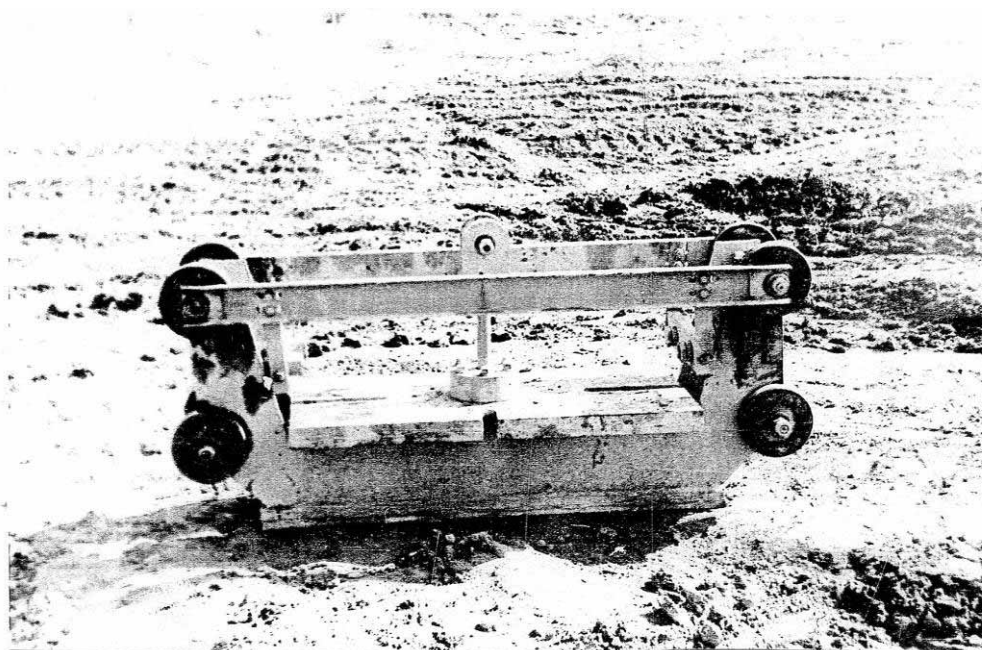


Рис. 4.6. Общий вид направляющей тележки трамбующего органа

Согласно теории распределения напряжений в грунте под жестким штампом толщина уплотняемого слоя $H_{упл}$ зависит от размера L_{min} , который для случая уплотнения грунтового полупространства представляет собой минимальный поперечный размер трамбующего органа в плане.

Другой габаритный размер, ширина B трамбующего органа, в соответствии с габаритами уплотняемой траншеи, принят равным 0,55 и 0,45 м с тем, чтобы при направленном свободном ударе трамбующий орган, вписываясь в габариты траншеи, не перекатывался и не заклинивался. При указанных размерах обеспечивается достаточный зазор между трамбующим органом и стенками траншеи.

Таким образом, можно констатировать, что при длине 0,7 м и ширине 0,55 м, имея в виду, что ширина дренажных траншей обычно превосходит номинальный размер 0,6 м, практически обеспечивается квадратная форма уплотняемого следа. Такая форма основания трамбующего органа рекомендуется литературой.

Для исследования уплотнения грунта в траншеях изготавливаются, кроме того, трамбующие органы, с длиной уплотняющего профиля 1,05 и 1,4 м. В этом случае форма уплотняемого слоя получается прямоугольной.

Из таблицы на рис. 4.7 видно, что в зависимости от площади основания вес изменяется таким образом, что удельное статическое давление трамбующего органа в плитах можно варьировать в достаточно широких пределах от 0,17 до 0,5 кг/см².

Ведомость главных и съемных плит, использованных в настоящих исследованиях, представлена в таблице 4.2.

Параметры трамбующих органов без съёмных плит

№ № лаут	Размер лаута в мм	Г.м.п. Вес поролоновых лаут в кг	Г.т. Вес телячьих лаут в кг	Г. Средняя длина блат в мм	Г.б. Вес блатов в кг	Г.общ Общий вес в кг	Г. Площадь осно- вания в см²	Г.м.п. Минимум использую- емых лаут в кг/см²
№ 1	450×700	110,0	670	700	12	792	315 0	0,25
№ 2	450×1050	147,0	670	900	12	829	472 5	0,17
№ 3	450×1400	190,0	670	1000	12	872	630 0	0,14
№ 1.2	550×700	134,0	670	700	12	816	385 0	0,20
№ 2.2	550×1050	191,0	670	900	12	873	577 5	0,15
№ 3.2	550×1400	246,0	670	1000	12	928	770 0	0,12
		1012						

Основные данные комплектов съемных плит

[illegible]

Пределы изменения параметров
требующих органов

№ п.п.	Наименование	Ед. изм.	Предельное изменение
1	Общий вес	кг	792-386
2	Площадь	м ²	0,31-0,77
3	Уд. статическое давление	кг/см ²	0,17-0,51

				Таблица 3-му экспертного применения договора	ЭТЧО-00	
					Код	Вс
Имя	Фамилия	Пол	Возраст	САНЦИ и таможня	Имя	Вс
Субъект	Объект	Субъект	Объект		Имя	Вс
Субъект	Объект	Субъект	Объект		Имя	Вс
Субъект	Объект	Субъект	Объект		Имя	Вс
Субъект	Объект	Субъект	Объект		Имя	Вс

Рис. 4.7. Характеристика главных и съемных плит

Вес главных и съемных плит определялся путем взвешивания на большегрузных (500 кг) весах. Общий вес плит, согласно таблице, составляет 5319 кг. На каждой из плит представлен, указанный в графе № 2, номер (рис. 4.8). Подбор необходимого комплекта плит производится по таблице.

Таблица 4.2

Тип	Номер	Размер в плане, мм	Вид плиты	Толщина, мм	Вес, кг
1	1	450 x 700	Главная съемная	60	139
2а	2	– "–	– "–	20	48
2б	3	– "–	– "–	20	48
2в	4	– "–	– "–	20	47
2г	5	– "–	– "–	20	47
2д	6	– "–	– "–	20	47
2е	7	– "–	– "–	20	45
3а	8	– "–	– "–	30	65
3б	9	– "–	– "–	30	64
3в	10	– "–	– "–	30	64
3г	11	– "–	– "–	30	66
3д	12	– "–	– "–	30	65
4а	13	– "–	– "–	40	96
4б	14	– "–	– "–	40	96
5	15	450 x 1050	Главная съемная	60	201
6а	16	– "–	– "–	30	100
6б	17	– "–	– "–	30	97
6в	18	– "–	– "–	30	100
7а	19	– "–	– "–	40	144
7б	20	– "–	– "–	40	147
7в	21	– "–	– "–	40	143
7г	22	– "–	– "–	40	152
8	23	450 x 1400	Главная съемная	60	270
9а	24	– "–	– "–	30	129
9б	25	– "–	– "–	30	125
10а	26	– "–	– "–	40	194
10б	27	– "–	– "–	40	178
10в	28	– "–	– "–	40	191
11	29	550 x 700	Главная съемная	60	174
12а	30	– "–	– "–	20	63
12б	31	– "–	– "–	20	63
12в	32	– "–	– "–	20	61
12г	33	– "–	– "–	20	61
12д	34	– "–	– "–	20	61

Тип	Номер	Размер в плане, мм	Вид плиты	Толщина, мм	Вес, кг
13	35	— "—	— "—	40	120
14	36	550 x 1050	Главная съемная	60	249
15а	37	— "—	— "—	20	86
15б	38	— "—	— "—	20	82
15в	39	— "—	— "—	20	85
15г	40	— "—	— "—	20	86
16	41	550 x 1400	Главная съемная	60	320
17а	42	— "—	— "—	40	240
17б	43	— "—	— "—	40	228
17в	44	— "—	— "—	40	232

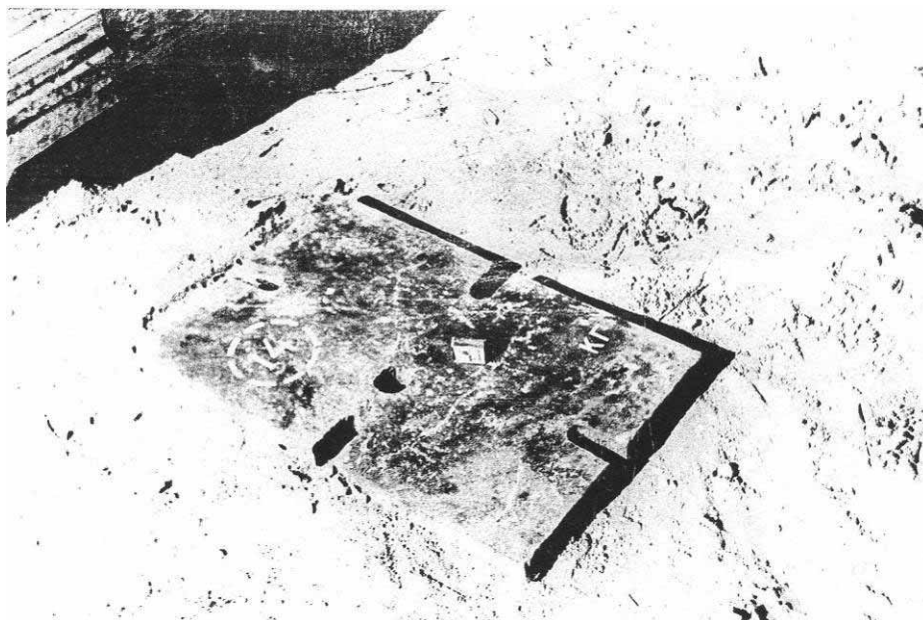


Рис. 4.8. Съемная плита

При монтаже трамбующего органа внизу устанавливается одна из главных плит (№1, 15, 23, 29, 36 и 41), а сверху накладываются съемные плиты (рис. 4.9). Закрепление направляющей тележки производится с помощью четырех стяжных болтов, нижние фрезерные концы которых вдвигаются в трапециидальные пазы главной плиты (рис. 4.10).

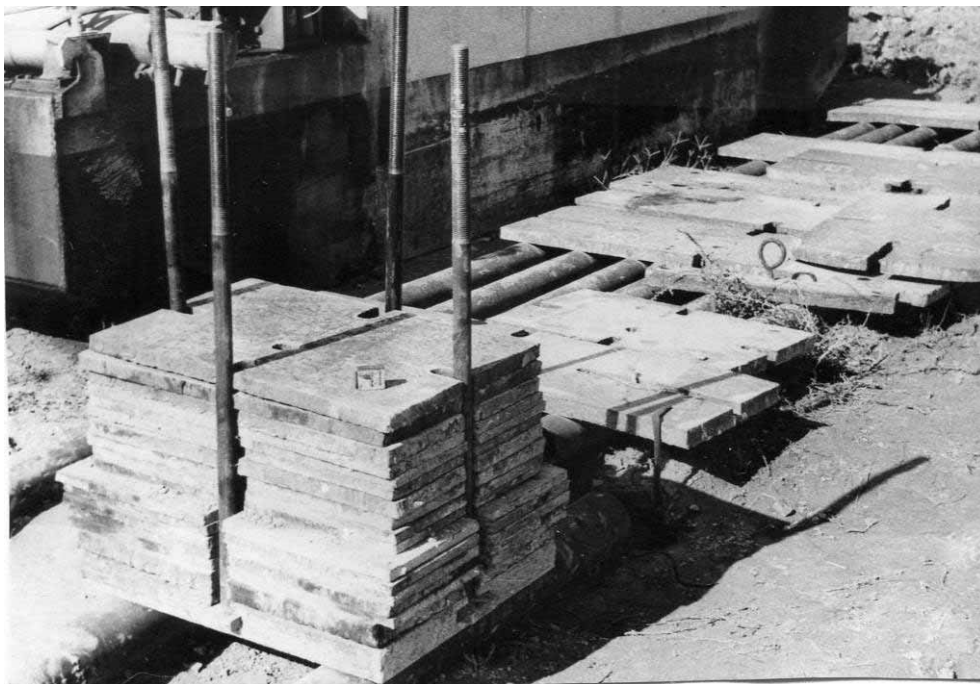


Рис. 4.9. Монтаж трамбующего органа

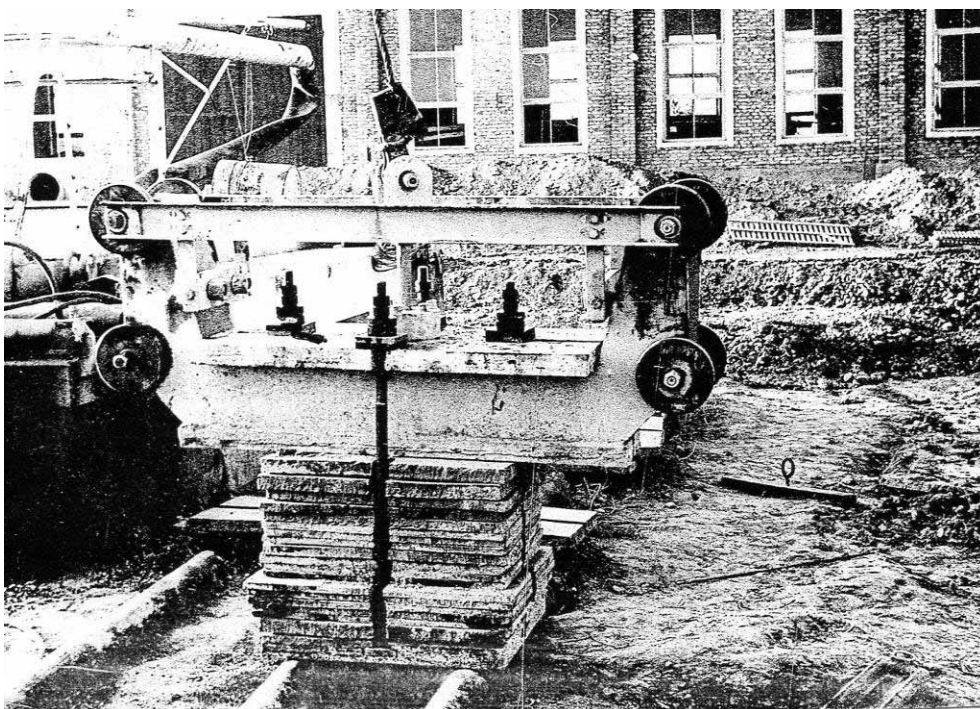


Рис. 4.10. Общий вид трамбующего органа в сборе

Для контроля общий вес трамбующего органа уточняется путем взвешивания пружинного указывающего динамометра (рис. 4.11, 4.12). Использовались динамометры марок ДПУ–2 и ДПУ–5. Динамометр ДПУ–2 имеет допускаемую погрешность показаний ± 40 кгс, а пределы измеряемых усилий – от 200 до 2000 кгс (II класс точности по ГОСТ 9409-60).

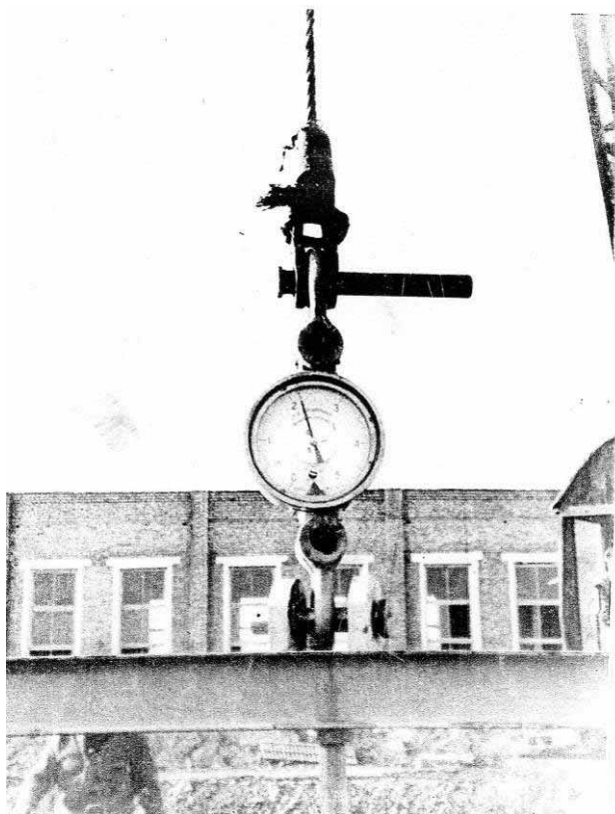


Рис. 4.11. Динамометр ДПУ-5

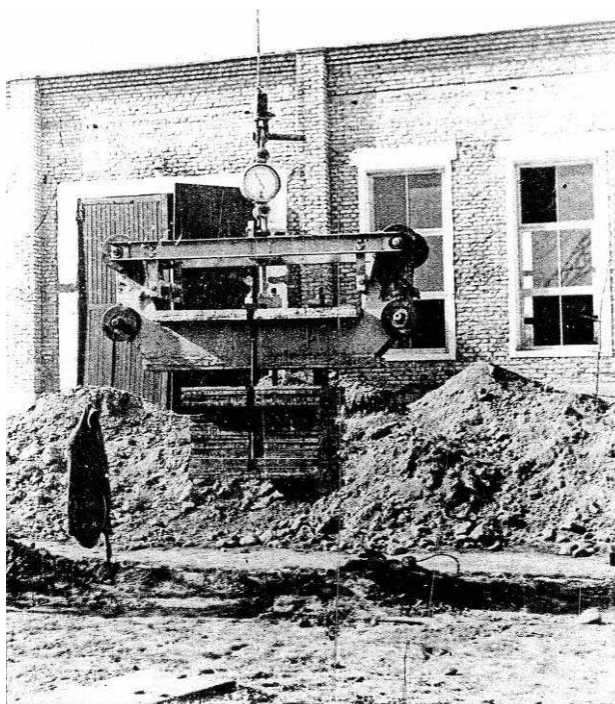


Рис. 4.12. Взвешивание трамбующего органа

Большое значение с точки зрения методичности натурных исследований имеют вопросы рациональной подготовки опытных дрен и траншей. На рис. 4.13 представлен технологический процесс строительства опытной дрены и поверхностного трамбования обратной засыпки в дренажной траншее, в соответствии с которым выполняется ряд подготовительных операций.

При выполнении опытных работ было принято решение спланировать трассу для прохода траншейного экскаватора, разрабатывающего траншею. От увлажнения грунта по трассе разрабатываемой траншеи отказались с тем, чтобы не увеличивать податливости стенок траншеи при трамбовании грунта. Разработка траншеи производится экскаватором (2) типа ЭТН–251 (рис. 4.13). По дну траншеи прокладывается дренажная линия, конструктивное выполнение которой видоизменяется на различных участках. В начале дрены устанавливается контрольно-смотровой бункер, а у излива – устьевая труба.

С целью предварительного увлажнения грунта, укладываемого в основную траншею, параллельно оси дрены с помощью канавокопателя (1) устраивается борозда, которая заливается водой. Затем экскаватор (2) производит разработку влажного грунта, который с отвального транспортера подается на отражательный щит и, скатываясь вниз, заполняет дренажную траншею. При работе по такой схеме расстояние между основной и вспомогательной траншеями должно быть равным 4,5 м (рис. 4.13).

По мере заделки в траншее устанавливаются репера, меловые прослой, вертикальные меловые столбики и контрольные репера (рис. 4.14). После завершения этих работ наддренная полоса вновь планируется. Причем поверхность обратной засыпки выравнивается с поверхностью земли (рис. 4.15).

После завершения всех подготовительных работ производится поверхностное трамбование обратной засыпки. Тягач (3) перемещает экспериментальную трамбуемую установку (4) над траншеей, а экскаватор Э–505 (5) по мере продвижения производит подъем и сбрасывание трамбуемого органа (рис. 4.13). С целью повышения поперечной устойчивости ЭТУ перемещается с выдвинутыми опорами аутригеров (рис. 4.16).

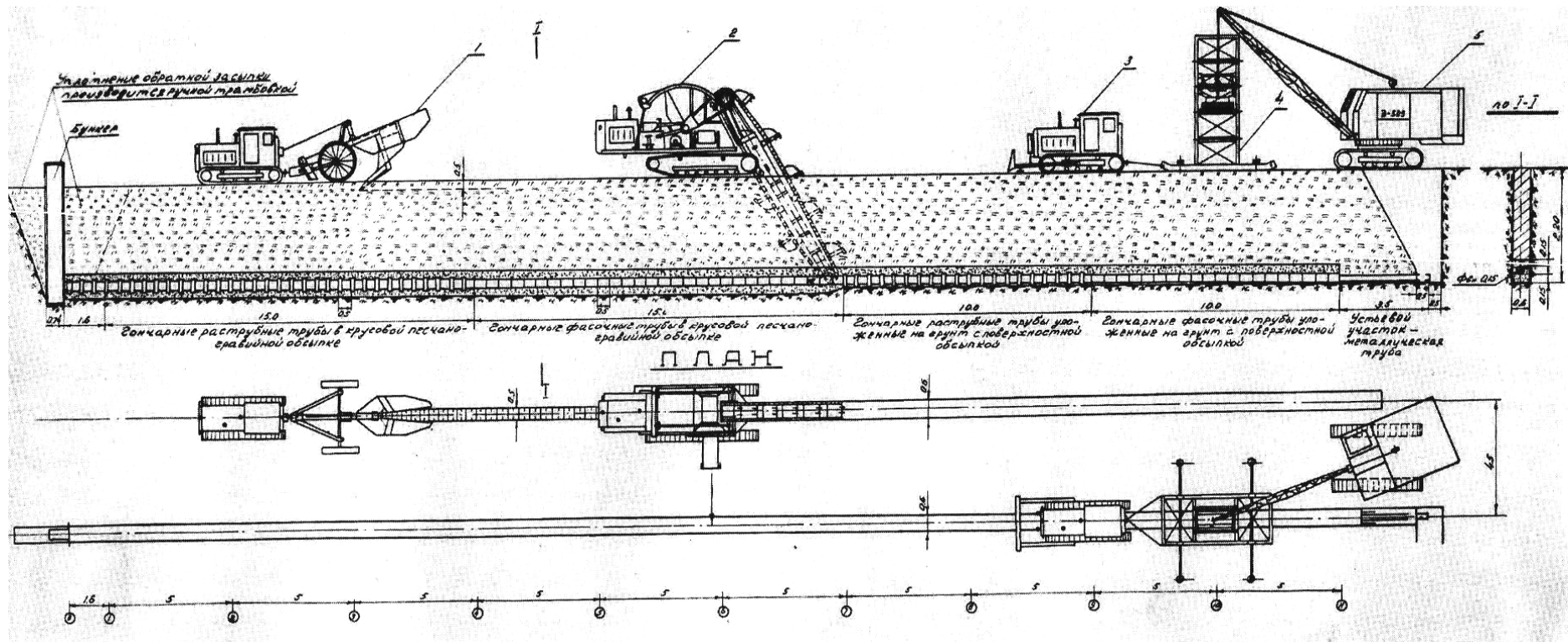


Рис. 4.13. Схема технологического процесса строительства опытной дрена и поверхностного трамбования обратной засыпки в дренажной траншее

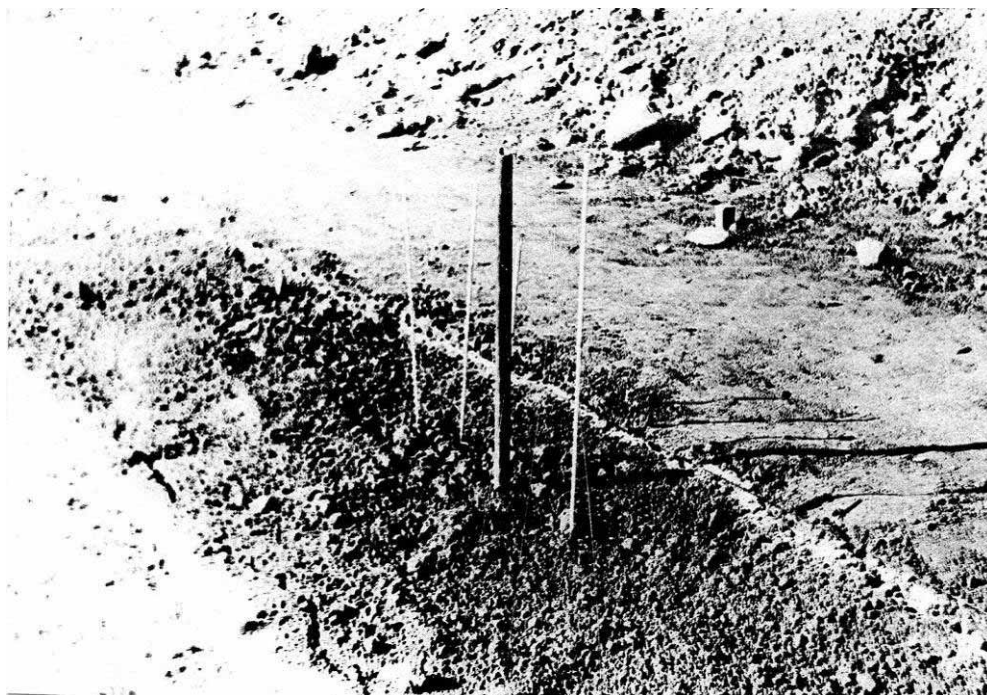


Рис. 4.14. Установленные контрольные репера в толще обратной засыпки



Рис. 4.15. Наддренная полоса после планирования

Существенное влияние на уплотнение траншейных засыпок оказывает технологическая схема производства работ. Поверхностное трамбование обратной засыпки можно осуществлять по различным схемам. Наиболее простой является схема, когда экспериментальная установка перемещается на величину длины трамбуемого органа и с одной позиции производит требуемое число ударов. Можно перемещать установку на часть длины, например, на половину длины трамбуемого органа. Тогда увеличивается в два раза количество передвижек, но с каждой позиции производится в два раза меньше ударов. И, наконец, можно передвигать установку на l/n длины трамбуемого органа, где n – требуемое число ударов по одному мосту. Тогда с одной позиции производится один удар. Такая схема производства работ по существу приближается к непрерывному принципу производства работ, ибо скорость перемещения трамбующей машины может быть, таким образом, согласована с частотой ударов, что за один проход вдоль траншей по одному следу будет наноситься требуемое количество ударов.

Поверхностное трамбование обратной засыпки можно осуществлять с шахматным расположением ударов. Известна так называемая схема уплотнения грунта по одиночным следам.

Не останавливаясь на вопросах оценки перечисленных технологических схем производства грунтоуплотнительных работ, отметим, что в настоящих исследованиях планируется использовать наиболее доступную схему, когда каждый последующий удар наносится на границе предыдущего следа.

При продвижении трамбуемого органа на уплотненный грунт и многократных ударах по одному следу возможно значительное осыпание рыхлого грунта с еще неуплотненного участка на уплотняемый след, что, естественно, может отразиться на результатах опытов. В связи с этим уплотнение траншеи осуществляется за два прохода. Во время первого прохода наносится один удар по одному следу, а во время второго прохода – остальные удары.

Необходимо остановиться на вопросе определения поударной осадки поверхности уплотняемого грунта. Для этого до начала уплотнения замеряется высота трамбуемого органа в двух точках от нижней кромки главной плиты до уровня горизонтального швеллера направляющей тележки (рис. 4.17). В процессе опытов после удара путем взятия отметок двух крайних точек горизонтального швеллера фиксируется положение швеллера, что позволяет с достаточной точностью даже в случае переноса трамбуемого органа судить о величине деформации поверхности засыпки.

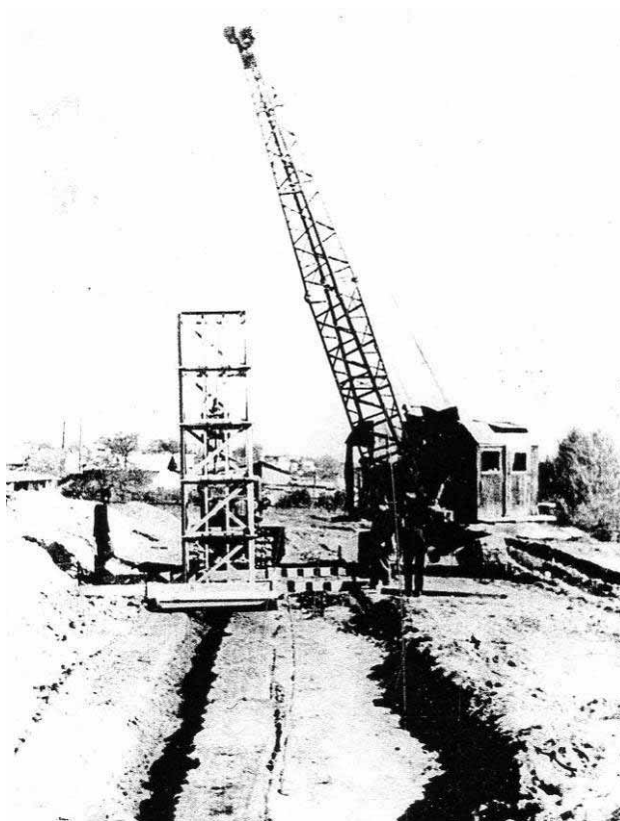


Рис. 4.16. Экспериментальная трамбующая установка в работе

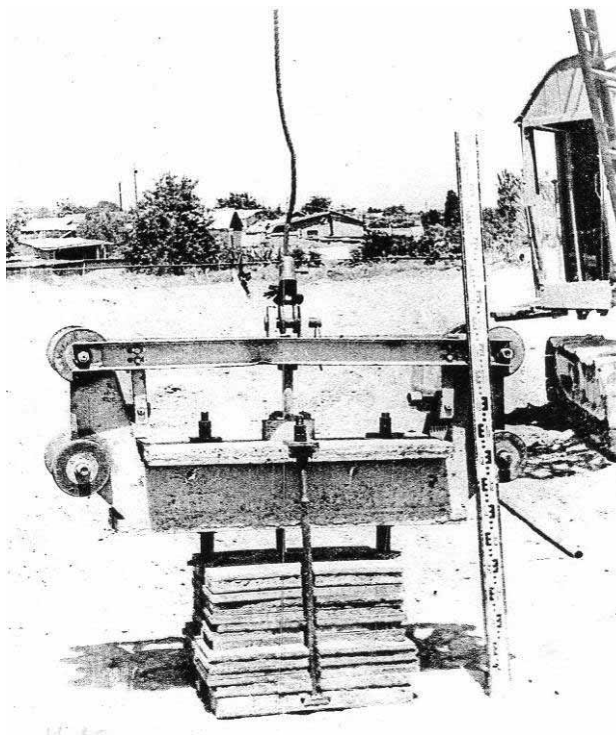


Рис. 4.17. Измерение высоты трамбующего органа от кромки главной плиты до горизонтального швеллера направляющей тележки

Глубина и степень проработки грунта, а также производительность уплотняющей машины в значительной мере определяются геометрическими размерами ее рабочего органа. В связи с этим методика исследований предусматривает установление влияния длины трамбующего органа по уплотнению грунта в траншеях. Уплотнение при этом осуществляется по одиночным площадкам. Расстояние между центрами уплотняемых площадок принимается равным 5,0 м при максимальной длине трамбующего органа не более 1,4 м. Исследования по уплотнению одиночных площадок выделяются в отдельный цикл опытов, которым может быть присвоен индекс II. К третьему циклу относятся исследования взаимодействия трамбующего органа с грунтом. Уплотнение грунта в траншее производится при этом по одиночным следам. По одному следу наносится до девяти ударов. Перемещение нижней кромки трамбующего органа фиксируется с помощью скоростной киносъемки. Скорость киносъемки в зависимости от высоты сброса трамбующего органа варьирует в пределах 1600–3000 кадров в секунду. По кинограммам, по методике Л.М. Бобылева [4.16], строятся графики перемещения или пути, проходимого нижней кромкой трамбующего органа в процессе удара.

Затем путем графического дифференцирования графика пути находятся графики скоростей и ускорений трамбующего органа в процессе удара. При этом при построении указанных графиков наносятся также точки кривых, которые находятся расчетом:

1. Точка пересечения кривой скорости с осью ординат находится по формуле:

$$V = \sqrt{2gH} \quad (4.14)$$

2. Точка пересечения кривой скорости с осью абсцисс (точка максимального заглубления трамбующего органа) при $V = 0$.
3. Скорость в момент отрыва трамбующего органа от грунта при движении ее вверх:

$$V_1 = \sqrt{2gh_2} \quad (4.15)$$

где: h_2 – величина свободного движения трамбующего органа вверх.

4. Учитывается, что на участке свободного взлета и падения трамбующего органа наклон графика скорости должен быть параллелен прямой этого же графика на участке свободного падения трамбующего органа до удара о грунт.
5. Максимальное значение ускорения находится по точке перегиба кривой скорости. Сама точка перегиба определяется по экспериментальной кривой пути.

6. На участке свободного падения и взлета трамбующего органа ускорение плиты равно $g = 9,81 \text{ м/сек}^2$
7. По скорости трамбующего органа вблизи момента ее соударения с поверхностью грунта находится фактическая скорость киносъемки (в кадрах в секунду). Возможность корректирования скорости обосновывается тем, что падение трамбующего органа вблизи момента соударения с грунтом является свободным и ее скорость может быть определена по формуле $V = \sqrt{2gH}$ и следовательно, время прохождения

$$t = \frac{S}{V} \text{ сек} \quad (4.16)$$

где: V – скорость свободного падения трамбующего органа, м/сек.

По числу кадров n , соответствующему данному участку по кинограмме, определяется действительная скорость киносъемки

$$V_K = \frac{n}{t} \text{ кадров/сек} \quad (4.17)$$

По графикам пути, скорости и ускорения трамбующего органа в процессе удара определяются следующие показатели [4.16]:

- τ_1 – время от момента соприкосновения до максимального заглубления трамбующего органа в грунт, с;
- τ_2 – время от максимального заглубления трамбующего органа до момента отрыва трамбующего органа от грунта при движении его вверх (подскок), с;
- τ_3 – время от момента отрыва трамбующего органа от грунта до вторичного его падения на поверхность грунта, с;
- τ_σ – время от начала удара до максимального значения ускорения, с;
- h_n – величина остаточной деформации грунта, см;
- h_y – величина упругой деформации, см;
- h_2 – величина свободного движения трамбующего органа вверх (при подскоке), см;
- h_1 – величина совместного движения вверх трамбующего органа с грунтом, см;
- h_σ – осадка грунта в момент максимальной деформации грунта, см;
- V_1 – скорость трамбующего органа в момент отрыва его от поверхности грунта, м/с;

- a – максимальное ускорение трамбующего органа в долях, g ;
 τ_a – максимальное напряжение на поверхности грунта, вычисленное по ускорениям трамбующего органа, кг/см^2 ;
 V – скорость свободного падения трамбующего органа, м/с

Одним из основных показателей, характеризующим качество уплотнения обратной засыпки является плотность уплотненного грунта. Учитывая, что отдельные определения объемного веса могут дать случайные результаты, обусловленные неоднородностью обратной засыпки и рядом других факторов, было признано целесообразным произвести обработку результатов исследований по плотности грунта с использованием методов математической статистики [4.17].

С этой целью результаты натурных исследований представляются в виде таблиц распределения или рассеяния объемных весов скелета уплотненного грунта по каждому из горизонтов. Форма одной из таблиц представлена ниже.

Таблица 4.3

$\delta_{ск} \text{ г/см}^3$	1,18	1,22	1,23	1,25	1,26	1,29	1,30	1,31	1,32	1,36	1,62	Σ
Частоты, N	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	1	15
Частности, %	6,25	6,25	12,5	12,5	6,25	6,25	12,5	12,5	6,25	6,25	6,25	100

По таблицам производится вычисление следующих показателей:

1. Средний объемный вес скелета уплотненного грунта определяется как среднее арифметическое всех значений $\delta_{ск}$

$$\delta_{ск}^{cp} = \frac{\sum \delta_{ск}}{N} \quad (4.18)$$

2. Дисперсию

$$\sigma^2 = \frac{N_1(\delta_{ск}^{cp} - \delta_1)^2 + \dots + (\delta_{cp} - \delta_n)^2}{N - 1} \quad (4.19)$$

3. Среднее квадратичное отклонение

$$|\sigma| = \sqrt{\frac{N_1(\delta_{ск}^{cp} - \delta_1)^2 + \dots + (\delta_{cp} - \delta_n)^2}{N - 1}} \quad (4.20)$$

4. Коэффициент вариации

$$V_{\sigma} = \frac{\sigma}{\delta_{ск}^{cp}} 100 \quad (4.21)$$

5. Вариационный размах

$$R = \delta_{наиб.} - \delta_{наим.} \quad (4.22)$$

В связи с тем, что среднее арифметическое значение δ_{cp} вычисляется по небольшому количеству частных показателей, оно определяется всегда с ошибкой [4.17]. Эта ошибка тем больше, чем меньше частных показателей и чем разнороднее грунт по показателю плотности.

Ошибку, допущенную при вычислении среднего арифметического, определяют по формуле:

$$m_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (4.23)$$

где, m_x – средняя ошибка.

Зная среднее арифметическое и размер его ошибки, судят о достоверности вычисленного показателя.

Влажность грунта по глубине уплотняемой толщи колеблется в определенных пределах. В связи с этим представляет значительный интерес корректировка полученных значений с целью приведения плотности к одной средней влажности. В постоянных исследованиях предпринята попытка осуществлять такую корректировку.

Тем не менее, результаты опытных работ анализируются нами как по некорректированным, так и по скорректированным графикам, которые представляются в виде зависимости плотности уплотненного грунта от параметров Q, H, L .

4.4. Исследование влияния числа ударов трамбуемого органа при уплотнении грунта обратной засыпки дренажных траншей

Основная цель натурных исследований первого этапа состояла в установлении оптимального веса трамбуемого органа для уплотнения грунтов обратной засыпки до требуемой плотности. При методически строгой постановке исследований для этого необходимо было вначале провести опыты с трамбуемыми органами различного веса, а затем найти

для оптимального веса требуемую высоту сбрасывания и число ударов по одному следу.

В наших исследованиях были внесены некоторые коррективы.

Учитывая поисковый характер исследований, было признано целесообразным получить на траншее № 1 первые исходные данные, которые можно было бы использовать при назначении параметров трамбуемого органа в дальнейших опытах. В связи с этим поверхностное трамбование обратной засыпки в траншее № 1 осуществлялось трамбуемым органом весом 1 т (рис. 4.18). Высота сбрасывания $H = 2$ м, длина трамбуемого органа 0,7 м и ширина 0,55 м во всех опытах оставались также постоянными. В связи с большой трудоемкостью подготовительных работ в исследованиях на траншее № 1 была, кроме того, поставлена задача установить при указанных выше параметрах Q и H влияние числа повторностей приложения ударной нагрузки на уплотнение грунта в траншеях. Число наносимых ударов по одному следу при этом варьировало от одного до девяти.

Но, вначале о грунтовых условиях полигона. Он расположен в Сергелийском районе г. Ташкента. Полигон примыкает к каналу Джун. Однако, в высотном отношении его отметки расположены на 9-10 метров выше горизонта воды в канале.

Результаты гранулометрического анализа грунтов, выполненные методом «Сито–Робинзон–Собанин» с применением в качестве стабилизатора пятипроцентного раствора пирофосфата натрия, даны в таблице 4.4.

По гранулометрическому составу грунты полигона являются типичными пылеватými супесями и суглинками. Плотность естественного грунта в пределах полигона изменяется в широких пределах от 1,27 до 1,56 г/см³. Влажность грунта на разведанную глубину 2-2,5 м изменяется в пределах от 6 до 9 %.

Сцепление и угол внутреннего трения (рис. 4.19) изменяются в зависимости от влажности грунта в довольно широких пределах. В этой связи следует отметить, что от предварительного увлажнения грунта по трассе траншеи потребовалось отказаться с тем, чтобы не увеличивать податливости стенок траншеи при трамбовании обратной засыпки.

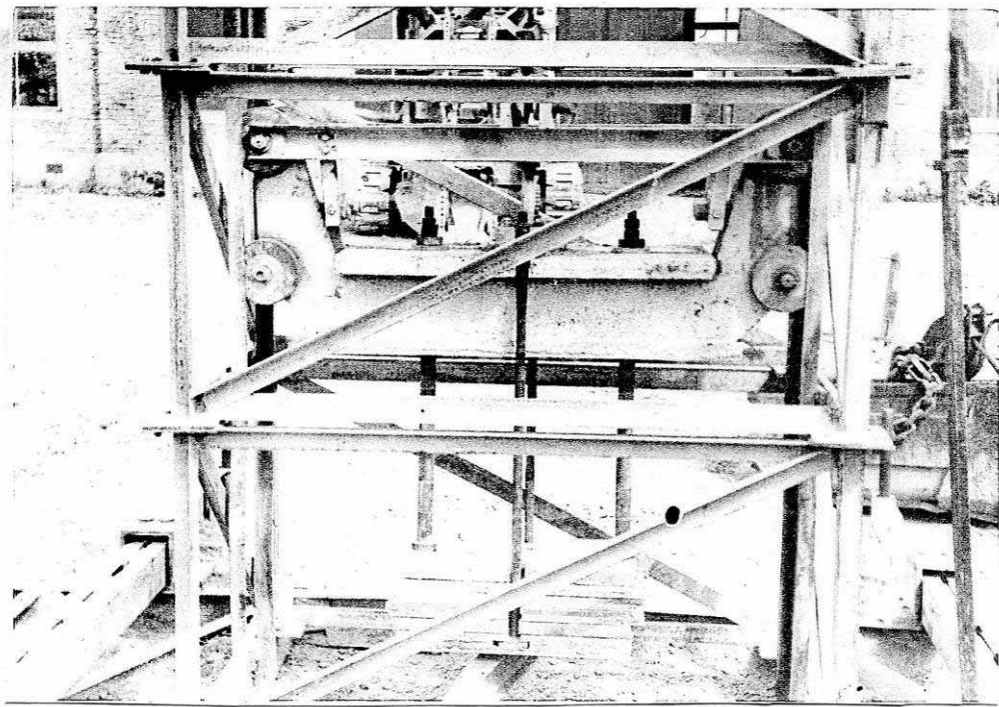


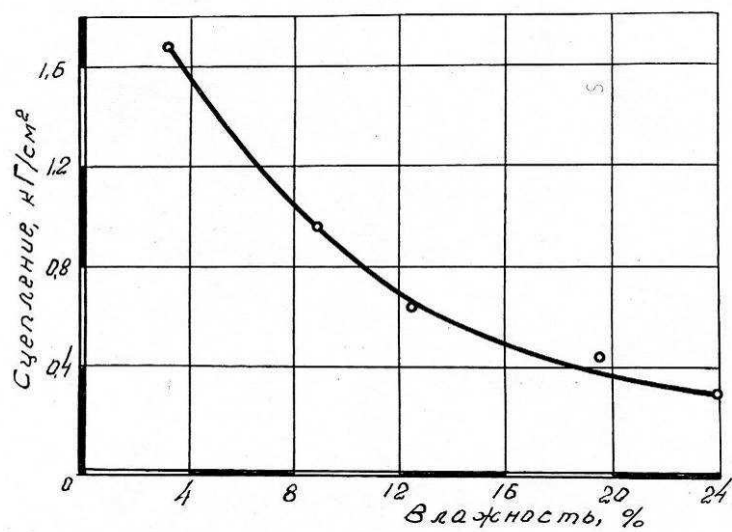
Рис. 4.18. Трамбующий орган, весом 1 т, использованный для уплотнения траншеи № 1

По трассе траншеи было произведено планирование полосы шириной 5 м для прохода траншеекопателя (рис. 4.19 а). Траншея была разработана экскаватором ЭТН-251. Длина траншеи 45 пог. м, глубина 2,2 м, ширина 0,6 м. Траншея разбита на шесть участков, которым присвоены индексы от 1 до 6. Длина одного участка принята из расчета, чтобы здесь могло разместиться десять смежных следов трамбующего органа $l_{уч} = 0,7 \times 10 = 7,0 \text{ м}$.

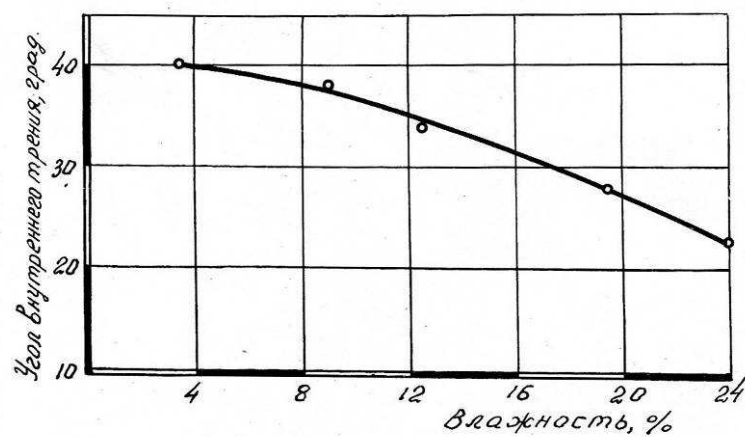
Для определения основных характеристик грунта и результатов достигнутого уплотнения внутри каждого участка заложено по два контрольных створа, которым присвоен индекс от № 1 до № 12. По каждому створу зафиксирована точная ширина траншеи. Учитывая низкую влажность грунта, образцы для определения плотности отобраны методом парафинирования. Полученные данные по плотности грунта в стенках траншеи приведены в таблице 4.5.

Таблица 4.4

Номер пробы	Фракции на ситах			Фракции по Собанину		Фракции по Робинзону			Отмытые соли, %	Сумма фракций, %
	Размерность, в мм									
	> 0,5	0,5 ÷ 0,25	0,25 ÷ 0,1	0,1 ÷ 0,05	0,05 ÷ 0,01	0,01 ÷ 0,005	0,005 ÷ 0,001	< 0,001		
	Содержание в %									
1	1,25	0,23	1,83	0,72	62,3	10,42	9,61	12,52	1,02	100
2	1,63	4,08	1,16	25,12	30,55	5,68	4,71	10,43	16,55	100
3	0,53	0,24	1,88	15,39	59,75	5,7	5,94	9,99	0,58	100
4	2,14	1,69	4,29	20,22	47,67	3,92	5,69	9,14	5,24	100
5	0,26	0,57	0,66	5,48	48,90	14,85	10,62	18,48	0,18	100
6	0,14	1,72	3,45	12,54	47,25	9,40	8,78	16,15	0,57	100
7	0,09	0,25	1,98	5,95	48,80	14,86	5,28	15,22	7,57	100
8	0,27	0,63	1,40	10,77	48,33	13,77	10,27	14,31	0,14	100
9	0,19	0,35	0,39	10,07	57,25	9,15	9,51	12,53	0,49	100



а)



б)

Рис. 4.19. Зависимость сцепления (а) и угла внутреннего трения (б) от влажности грунта

Таблица 4.5

Глубина, м	Объемный вес скелета, г/см ²	Номер участка						
		1	2	3	4	5	6	средний
0		1,57	1,48	1,82	1,82	1,81	2,00	1,67
0,5		1,48	1,46	1,43	1,42	1,40	1,50	1,44
1,0		1,42	1,44	1,33	1,38	1,50	1,43	1,41
1,5		1,42	1,43	1,46	1,36	1,40	1,47	1,42
2,0		1,68	1,47	1,41	1,44	1,44	1,43	1,44
2,2		1,89	1,39	1,40	1,44	1,63	2,05	1,53

По данным таблицы 4.5. плотность естественного грунта в стенках траншеи практически однородна (1,41–1,44 г/см³) за исключением верхнего и нижнего горизонта. При указанной плотности и низкой влажности грунта обеспечивается, как показали опыты, достаточно высокая устойчивость стенок дренажной траншеи против воздействия ударной нагрузки.

С целью изучения влияния влажности на эффект трамбования на участке длиной 30 пог. м было произведено доувлажнение грунта, а на оставшихся 12 пог. м в траншею был уложен грунт естественной влажности.

Укладка грунта в траншею производилась экскаватором Э–153. Грунт подавался на решетку, установленную над траншеей. С решетки он осыпался вниз в траншею. Благодаря этому, во–первых, удалялись из засыпки каменистые включения, во–вторых, снижались явления самоуплотнения грунта и, в–третьих, производилось частичное перемешивание различных слоев, что было целесообразным, т.к. принятый способ доувлажнения грунтов непосредственно в отвале путем заливки чеков не обеспечивал равномерного увлажнения грунта.

Ниже приводятся данные, характеризующие фактическое распределение влажности по глубине засыпки, по всем створам траншеи № 1 (табл. 4.6).

Таблица свидетельствует о значительных колебаниях влажности в пределах уплотняемой толщи. На первых девяти створах она изменяется от 10 до 17 %. В то же время средняя по всей глубине уплотняемой толщи величина влажности колеблется в сравнительно узких пределах: на первых девяти створах от 12,4 до 14,6 % и на последних трех створах от 8,2 до 9,8 %.

Во время уплотнения траншеи ЭТУ перемещалась в направлении от участка № 1 к участку № 6. Было сделано два прохода. Общее число ударов составило на участке № 1 – один, на участке № 2 – два, на участке № 3 – три, на участке № 4 – пять и в створе № 9 участка № 5 – девять ударов по одному следу. Средняя влажность грунта на данном отрезке траншеи была равна 13,7 %.

Створ № 10 участка № 5 был уплотнен девятью ударами, а участок № 6 – тремя ударами по одному следу. Здесь средняя влажность грунта засыпки составила 9 %.

Таблица 4.6

Влажность весовая W, % Глубина от поверхности, см	Номер створа											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	16	15	17	16	16	16	16	17	16	10	10	15
	15	16	17	17	16	16	16	16	14	9	12	13
25	13	14	14	15	14	13	15	16	14	9	9	12
	13	12	15	15	14	14	15	16	14	7	8	13
50	13	12	12	14	13	13	15	15	14	8	9	8
	11	11	13	14	13	14	14	15	13	7	6	9
75	13	12	13	14	13	14	15	15	14	9	7	6
	11	11	14	14	13	14	13	15	13	8	6	8
100	12	12	14	14	13	14	14	14	15	10	8	7
	12	11	13	14	13	13	14	13	12	8	6	7
125	12	11	14	14	12	14	13	14	15	12	9	–
	12	11	13	13	13	14	13	13	13	8	7	–
150	11	11	13	14	13	13	13	12	14	13	9	–
	10	11	13	14	12	14	13	13	12	9	9	–
W_{cp}	12,4	12,6	13,9	14,4	13,4	14,0	14,2	14,6	13,6	9,1	8,2	9,8

При выполнении настоящих исследований значительное внимание обращалось на установление характера деформирования грунта внутри траншеи. Для этого по мере укладки грунта по дну траншеи, а также в толще засыпки устанавливались репера и меловые горизонтальные прослой. Обратная засыпка с помощью реперов была «условно» расчленена на пять горизонтальных слоев, показанных на рис. 4.21.

Для фиксации ширины дренажных траншей на тех же горизонтах были установлены боковые репера, полученные данные представлены в таблице 4.7.

Ширина траншеи на различных горизонтах изменялась в пределах от 629 до 665 м. Причем указанный размер получен по впадинам вырезаемой стружки.

Осредненное значение ширины траншеи получено равным 644,5 мм. После уплотнения грунта расстояние между боковыми реперами вновь замерялись. В таблице 4.8 приводятся результаты замеров по трем створам.

Из таблицы видно, что отклонения оказались незначительными, причем закономерности в отклонении ширины траншеи обнаружено не было. Исходя из этого, может быть сделан вывод о том, что вертикальные стенки траншеи не подвергались деформации несмотря даже на большую повторность ударов. Это обстоятельство имеет важное значение, так как в случае податливости стенок на различных участках изменялся бы и характер уплотнения обратной засыпки внутри траншеи.



а)



б)



в)

Рис. 4.20. Общий вид участка до разработки траншеи № 1 (а), после разработки траншеи (б) и после заделки траншеи (в)

Таблица 4.7

Ширина траншеи, мм Номер горизонта	Номер створа												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	среднее
1	639	651	636	648	629	628	641	637	641	639	660	640	641
2	639	652	642	664	639	634	659	639	652	649	640	646	646
3	636	657	648	652	629	641	632	649	660	656	651	648	647
4	636	655	648	665	632	642	632	641	641	647	652	638	644
	Осредненное значение по четырем горизонтам												644,5

Таблица 4.8

Номер горизонта (после уплотнения траншеи)	Номер створа					
	6		10		11	
	ширина, мм	отклонение	ширина, мм	отклонение	ширина, мм	отклонение
1	614	– 14	639	0	660	0
2	682	– 2	652	+ 3	645	+ 5
3	639	– 2	658	+ 2	649	– 2
4	642	0	647	0	651	– 1

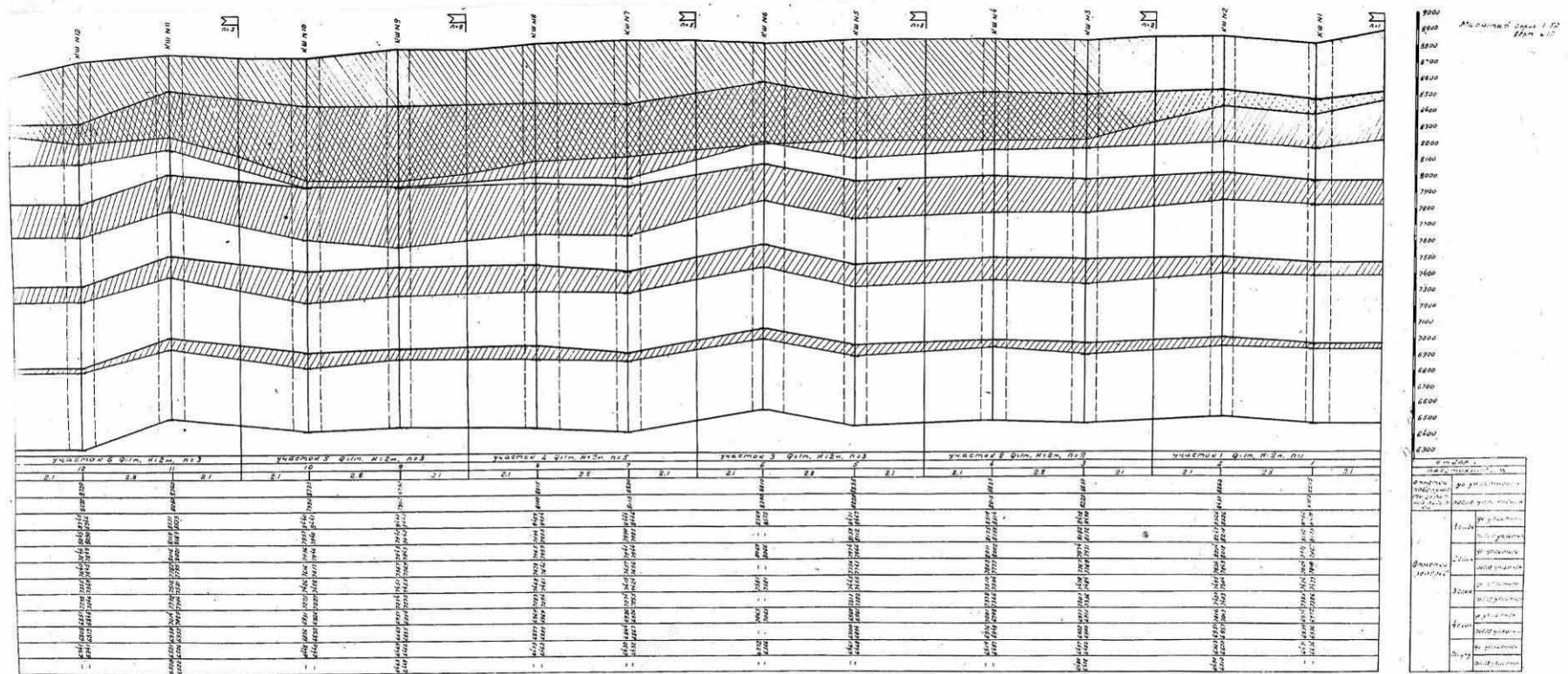


Рис. 4.21. Продольный профиль опытной траншеи № 1

Картину деформирования грунта в траншеях можно проследить по графикам деформирования меловых прослоек в толще уплотненной засыпки по каждому из 11 створов (пример рис. 4.22 а) на графиках. Общая деформация грунта представлена заштрихованной площадью. Рыхлый поверхностный слой грунта обозначен двойной штриховкой. На графиках показано положение меловых прослоек до и после уплотнения обратной засыпки. Полученные данные свидетельствуют о том, что после трамбования верхние от поверхности прослойки получают провальную деформацию во всех точках, т.е. и по оси и на участках вблизи от стенок траншеи. Нижележащие прослойки, напротив получают лишь характерную изогнутость, которая всегда направлена вниз и обычно симметрична по отношению к оси траншеи. Причем больше всего деформировались меловые прослойки посередине, т.е. по оси траншеи, что указывает на то, что за счет трения между уплотняемой засыпкой и стенками траншеи происходит значительное снижение деформации в пристенной зоне. С удалением от поверхности изогнутость меловых прослоев уменьшается, что указывает на снижение уплотняющего действия трамбующего органа.

Вместе с тем, графики показывают, что все без исключения прослойки претерпевают ту или иную деформацию и, следовательно, вся уплотняемая толща в той или иной мере прорабатывается в процессе трамбования ее поверхности. Во время уплотнения траншеи №1, кроме того, фиксировались размеры искривления вертикальных меловых столбиков, отсыпанных в толще засыпки по оси, а также на расстоянии 15 см влево и вправо от стенок траншеи. Характерные графики деформирования вертикальных меловых столбиков представлены на рис. 4.22 б.

Графики показывают, что меловые столбики деформируются по ходу движения трамбующего органа. Зона максимальной деформации находится на глубине 20–40 см, а наибольший размер отклонения мелового столбика достигает 25,5 см. Такой значительный выпор мелового столбика, а, следовательно, и уплотняемого грунта по направлению движения трамбующего органа объясняется, очевидно, явлениями пластических деформаций, которые протекают в период уплотнения смежного следа. После первого и второго прохода определялись фактические размеры перемещения трамбующего органа на новый след.

В приводимой ниже таблице 4.9. даны размеры перемещения трамбующего органа и соответствующая величина осадки поверхности уплотняемого грунта.

Таблица 4.9

Номер участка	Порядковый номер	Номер ударов										
		1		2		3	4	5	6	7	8	9
		длина перемещения, м	осадка, см	длина перемещения, м	величина осадки поверхности уплотняемой засыпки, см							
1	1	0,7	47									
	2	1,48	43									
	3	2,17	47									
	4	2,89	46									
	5	3,62	45									
	6	4,39	39									
	7	5,11	37									
2	8	5,82	42	0,71	14,4							
	9	6,53	45	1,43	13,6							
	10	7,23	48	2,18	13,0							
	11	7,95	49	2,9	15,1							
	12	8,69	45	3,62	13,2							
	13	9,39	43	4,33	14,8							
	14	10,1	52	5,07	14,1							
	15	10,81	52	5,82	13,8							
	16	11,55	44	6,57	14,0							
	17	12,28	48	7,28	13,9							
3	18	13,01	44	8,0	12,3	4,3						
	19	13,76	42	8,73	14,0	5,5						
	20	14,45	40	9,47	15,2	3,8						
	21	15,18	41	10,25	14,7	4,3						
	22	15,9	37	11,0	13,5	4,8						
	23	16,62	35	11,69	14,0	6,0						
	24	17,38	42	12,43	14,2	6,1						

Номер участка	Порядковый номер	Номер ударов										
		1		2		3	4	5	6	7	8	9
		длина перемещения, м	осадка, см	длина перемещения, м	величина осадки поверхности уплотняемой засыпки, см							
	25	18,1	45	13,15	13,8	4,8						
	26	18,85	44	13,86	14,0	5,4						
	27	19,57	46	—	13,9	6,5						
	28	20,37	41	14,66	15,2	6,5	4,8	4,0				
4	29	21,1	42	15,4	14,1	4,9	4,3	3,7				
	30	21,84	42	16,5	17,0	7,7	3,9	3,3				
	31	22,57	38	17,23	15,0	6,3	5,0	4,1				
	32	23,3	41	18,06	13,4	6,2	4,4	3,1				
	33	24,03	39	18,78	12,7	6,7	4,6	3,4				
	34	24,76	39	19,47	17,2	6,6	4,6	4,0				
	35	25,49	42	20,2	15,5	6,1	5,5	3,8				
	36	26,28	42	20,89	16,1	5,9	5,4	3,2				
5	37	26,91	40	21,63	15,4	5,2	3,6	4,4	3,6	2,5	2,7	1,2
	38	27,62	43	22,46	13,0	5,6	4,6	3,5	3,4	2,4	2,8	1,9
	39	28,37	49	23,23	14,2	5,2	4,1	3,8	3,7	3,3	2,1	3,0
	40	29,06	48	23,96	14,7	5,1	4,2	3,8	2,8	2,5	1,9	2,1
	41	29,79	47	24,67	15,1	5,1	4,1	3,5	3,6	1,3	2,6	—
	42	30,52	44	25,45	13,0	3,9	3,0	3,7	1,8	2,1	2,4	2,5
	43	31,24	42	26,19	12,9	3,5	4,1	2,9	2,6	2,4	2,0	2,5
	44	31,95	36	27,02	14,1	4,6	4,1	3,3	2,9	1,7	2,7	1,9
	45	32,72	40	27,83	12,8	4,5	3,9	2,7	3,7	3,0	2,3	2,3
	46	33,47	35									
6	47	34,18	28	28,52	15,2	4,1						
	48	34,89	41	29,26	13,5	4,4						
	49	35,61	34	30,0	18,1	4,4						
	50	36,31	33	30,73	10,7	4,7						

Номер участка	Порядковый номер	Номер ударов										
		1		2		3	4	5	6	7	8	9
		длина перемещения, м	осадка, см	длина перемещения, м	величина осадки поверхности уплотняемой засыпки, см							
	51	37,04	34	31,44	11,8	3,5						
	52	37,76	32	32,23	9,6	4,9						
	53	38,51	26	32,95	91	4,9						
	54	39,21	24	33,62	12,2	5,5						

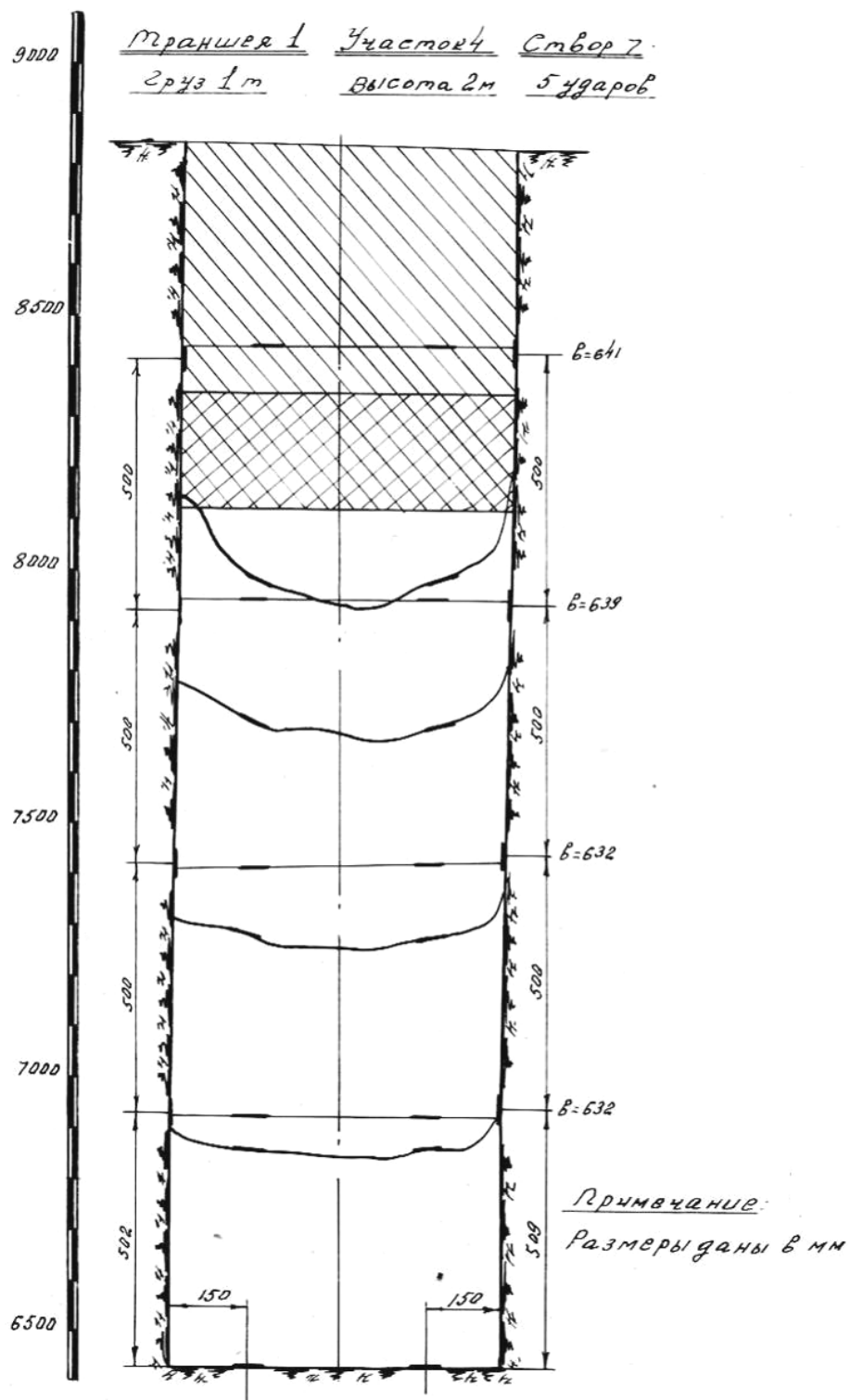


Рис. 4.22 а. Деформирование меловых прослоев
в толще уплотняемой засыпки

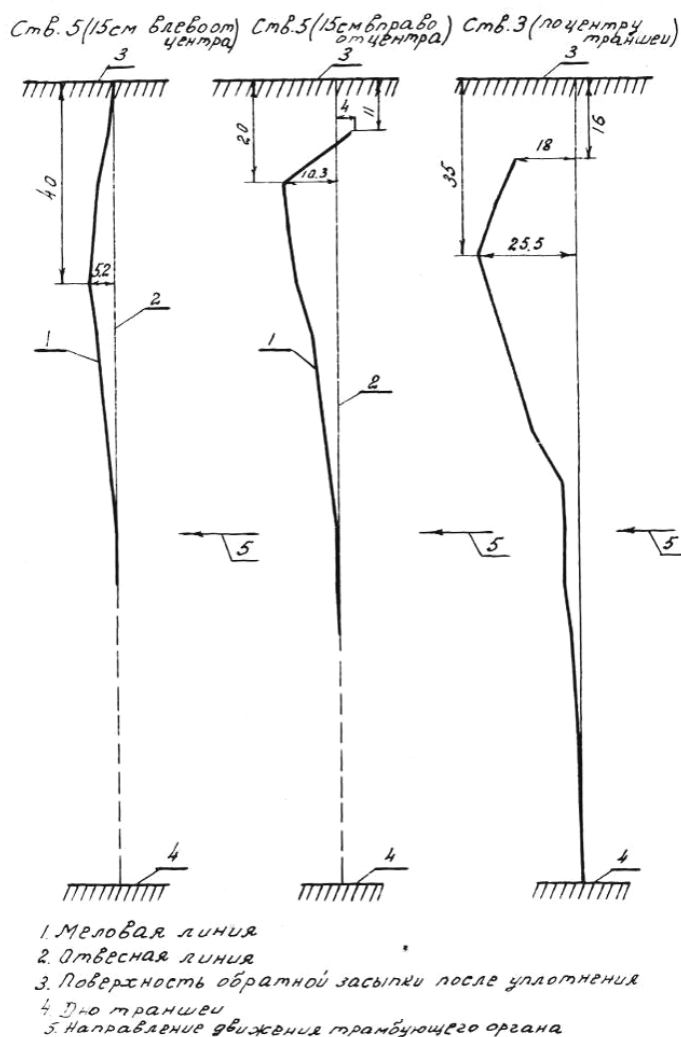


Рис. 4.22 б. Деформация вертикальных меловых столбиков после уплотнения обратной засыпки

Таким образом, всего было произведено 54 перестановки трамбующего органа на участке длиной 39,2 пог. м. Длина одного перемещения составила в среднем 72,6 см при длине трамбующего органа 70 см, следовательно, в среднем величина зазора между смежными следами ударов была равна 2,6 см. Нам представляется, что это свидетельствует о тщательности проведения опытов, ибо абсолютно точно совместить следы смежных ударов практически невозможно.

Для того, чтобы проанализировать рост деформации по ударам, а также влияние влажности на уплотнение грунта, сопоставляемые значения осадки были внесены в отдельную таблицу 4.10. В указанной таблице приводятся средние значения осадки поверхности уплотняемой засыпки. Причем, поударная деформация суммируется с нарастающим итогом от первого удара к девятому.

Таблица 4.10

Номер участка	Номер створа	Влажность уплотняемого грунта, %	Порядковый номер удара								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
			Суммарная поударная осадка поверхности уплотняемой засыпки, см								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1; 2	13,7	43								
2	3; 4	13,7	47	61							
3	5; 6	13,7	42	56	61						
4	7; 8	13,7	41	56	62	67	71				
5	9	13,7	45	59	64	68	72	75	77	79	81
	10	9,0	37	50	54	58	61	64	66	68	70
6	11; 12	9,0	33	45	50						

Общая осадка поверхности была накоплена за счет деформации всех слоев уплотняемой засыпки (рис. 4.20). Причем осадка поверхности, как это видно из таблицы, определялась не только числом наносимых ударов, но и свойствами уплотняемого грунта, в частности, его влажностью. Для установления размеров влияния влажности на процесс уплотнения обратной засыпки были определены средние значения поударной деформации на отрезках опытной траншеи и влажностью грунта 13,7 и 9%. Полученные данные приведены в таблице 4.11.

Таблица 4.11

№ №	Средняя влажность грунта по отрезку траншеи	Средняя величина осадки (см) в зависимости от номера удара								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	13,7 %	44	14	5	5	4	3	2	2	2
2	9 %	35	12	4	4	3	3	2	2	2

После пятого удара прирост деформации уже не зависит от влажности уплотняемого грунта (табл. 4.11 и рис. 4.23). Это свидетельствует о том, что собственно процесс уплотнения грунта после первых пяти ударов практически завершается.

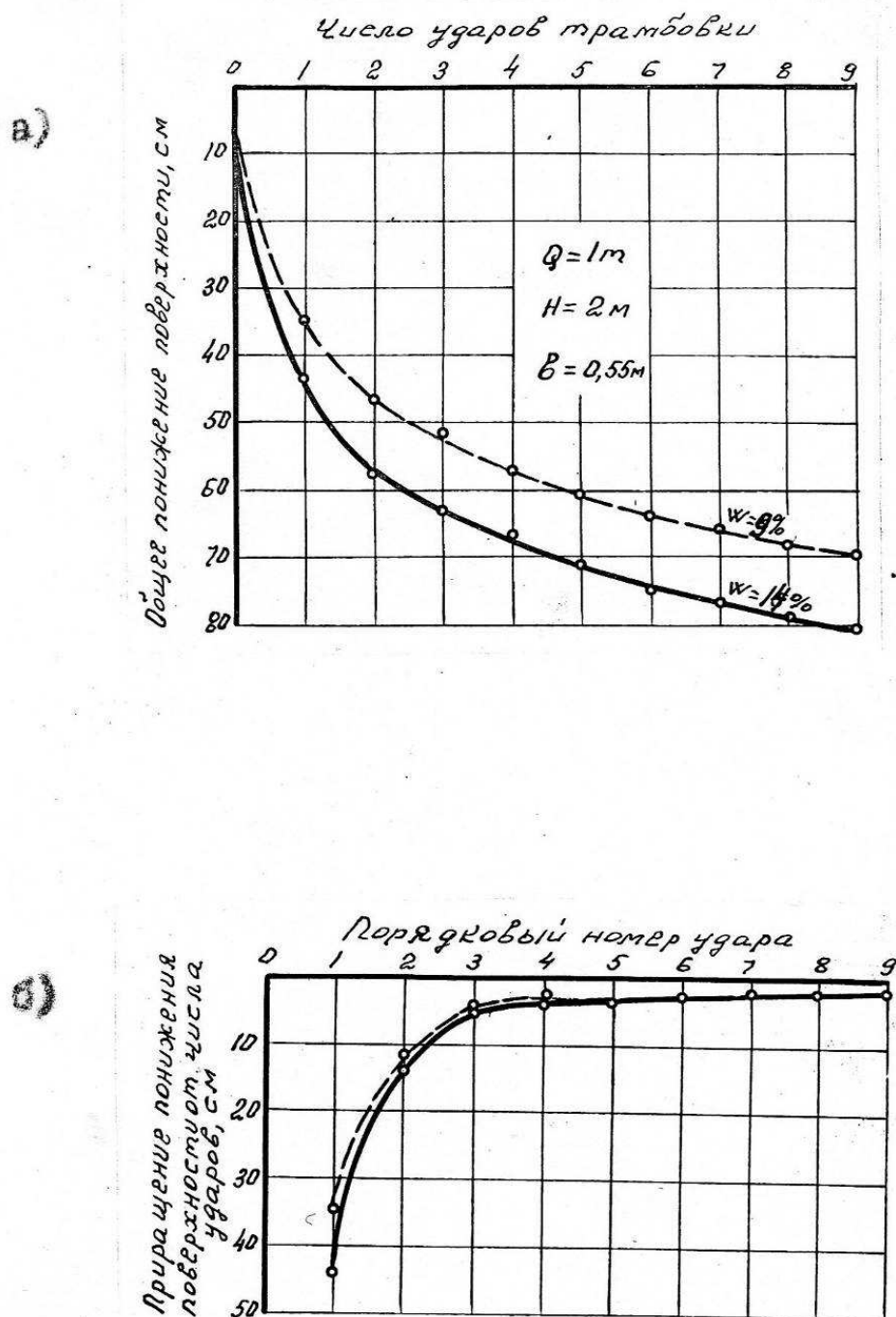


Рис. 4.23. Графики зависимости общей деформации (а) и приращения понижения поверхности (б) от числа ударов

Плотность уплотненного грунта $\delta_{ск}$ по всем створам траншеи № 1 представлена в таблице 4.12. Здесь же приведены результаты математической обработки показателей объемного веса скелета грунта на различных горизонтах.

Анализ данных таблицы 4.12 свидетельствует о том, что несмотря на определенные колебания в размерах плотности уплотненного грунта в различных точках толщи обратной засыпки, средняя плотность $\delta_{ск}^{cp}$ закономерно растет с ростом числа ударов. Следует подчеркнуть, что построенная на графике (рис. 4.24 а) зависимость плотности уплотненного грунта от числа наносимых ударов получена путем обработки данных по всем створам траншеи, влажность грунта на которых изменяется в пределах, рассмотренных в таблице 4.6. С целью приведения плотности уплотненного грунта к одной влажности $W_{прив} = 12 \%$ была произведена корректировка величин плотности $\delta_{ск}^{cp}$ и построен график (рис. 4.24 б). Нам представляется, что зависимость плотности грунта $\delta_{прив}$ от числа ударов более объективно характеризует рост плотности уплотненного грунта от числа повторностей приложения ударной нагрузки.

Из рассмотрения построенных графиков следует, что для достижения требуемой плотности и близкого к рекомендуемому распределению плотности по глубине уплотненной засыпки необходимо нанести по одному следу не менее девяти ударов трамбующим органом, весом 1 т, с высоты 2 м. Такой режим уплотнения следует признать неприемлемым ввиду значительной повторности ударов.

Резюмируя итоги выполненных исследований, можно сделать следующие выводы и предложения:

1. Экспериментальная трамбующая установка отвечает тем требованиям, которые были поставлены при ее проектировании. Характер деформирования грунта внутри траншей позволяет считать, что обеспечивается достаточно надежная центровка удара по оси траншеи.
2. Несмотря на большую повторность приложения ударных нагрузок, вертикальные стенки уплотняемой траншеи в рассматриваемых исследованиях не подвергались деформации, что позволяет рассматривать поверхностное трамбование обратной засыпки как процесс динамического сжатия столба грунта ограниченной ширины.
3. С ростом числа ударов повышается плотность грунта в верхних слоях засыпки и, наряду с этим увеличивается глубина уплотнения. Анализ поударной деформации грунта свидетельствует о том, что

при $Q = 1$ т, $H = 2$ м и $L = 0,7$ м за первые пять ударов реализуется, в основном, вся уплотняющая способность используемого трамбующего органа.

4. В дальнейших исследованиях рекомендуется, прежде всего, установить оптимальный вес трамбующего органа, обеспечивающий достижение требуемой плотности при числе ударов по одному следу не более пяти.
5. Влажность оказывает существенное влияние на процесс поверхностного трамбования грунта в траншеях. При значительном снижении влажности до 9 % и ниже резко ухудшаются показатели качества уплотнения.
6. Обращает на себя внимание, что при использовании трамбующего органа, весом 1 т, верхний слой засыпки при направленных ударах трамбующего органа разрыхляется незначительно.

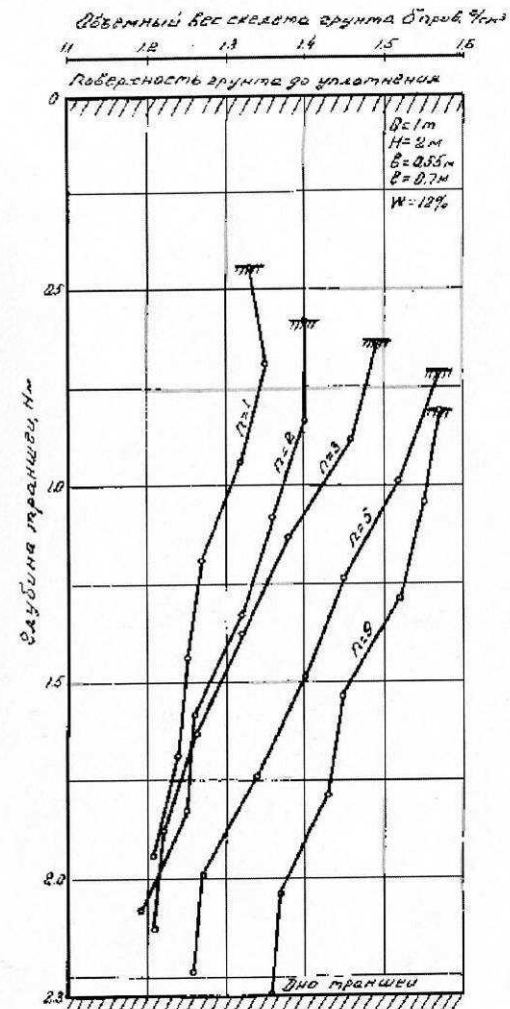
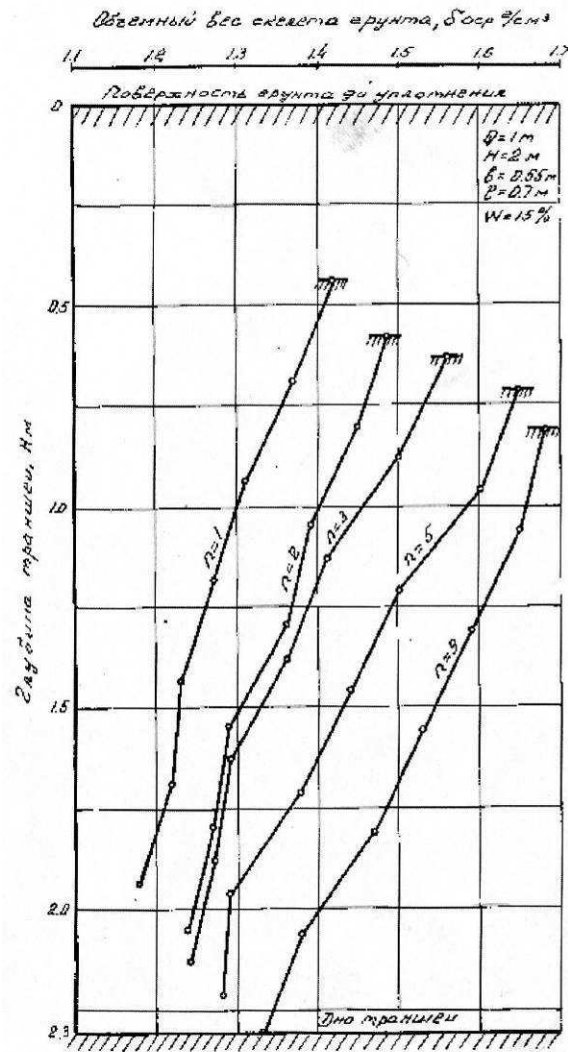


Рис. 4.24. График зависимости плотности грунта $\delta_{оср}$ (а) и $\delta_{прив}$ (б) от числа ударов при $Q = \text{Const}$ и $H = \text{Const}$

Таблица 4.12

Створ 1^а, 1^б, 2^а, 2^б, n = 1. Глубина отбора проб 0 см

$\delta_{ск}, \text{ г/см}^3$	1,20	1,26	1,29	1,31	1,32	1,36	1,37	1,38	1,40	1,42	1,43	Σ	$\delta_{ск}^{cp}$	σ	3σ	$V\sigma$	R
Частоты, N	1	1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	15	1,33	0,06	0,18	4,51	0,23
Частости, %	6,67	6,67	13,33	26,64	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	100					

Глубина отбора проб 25 см

$\delta_{ск}, \text{ г/см}^3$	1,26	1,27	1,28	1,31	1,33	1,36	1,37	1,38	1,40	1,41	1,42	1,44	Σ	$\delta_{ск}^{cp}$	σ	3σ	$V\sigma$	R
Частоты, N	1	1	1	2	1	3	1	1	2	1	1	1	16	1,35	0,06	0,18	4,43	0,18
Частости, %	6,25	6,25	6,25	12,50	6,25	18,75	6,25	6,25	12,50	6,25	6,25	6,25	100					

Глубина отбора проб 50 см

$\delta_{ск}, \text{ г/см}^3$	1,24	1,26	1,27	1,28	1,29	1,34	1,35	1,36	1,40	Σ	$\delta_{ск}^{cp}$	σ	3σ	$V\sigma$	R
Частоты, N	1	1	1	3	2	4	1	1	2	16	1,32	0,05	0,15	3,79	0,16
Частости, %	6,25	6,25	6,25	18,75	12,50	25,0	6,25	6,25	12,50	100					

Глубина отбора проб 75 см

$\delta_{ск}, \text{ г/см}^3$	1,18	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,36	Σ	$\delta_{ск}^{cp}$	σ	3σ	$V\sigma$	R
Частоты, N	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	15	1,27	0,05	0,15	3,93	0,18
Частости, %	6,67	6,67	6,67	6,67	13,33	6,67	13,33	13,33	13,33	13,33	100					

Глубина отбора проб 100 см

$\delta_{\text{ск}}, \text{ г/см}^3$	1,19	1,21	1,22	1,23	1,24	1,26	1,27	1,28	1,33	1,34	Σ	$\delta_{\text{ск}}^{\text{cp}}$	σ	3σ	$V\sigma$	R
Частоты, N	1	2	1	4	1	1	3	1	1	1	16	1,25	0,04	0,12	3,20	0,15
Частости, %	6,25	12,50	6,25	25,0	6,25	6,25	18,75	6,25	6,25		100					

4.5. Исследование влияния веса трамбуемого органа при уплотнении грунта обратной засыпки дренажных траншей

Основная задача второго этапа исследований состоит в определении оптимального веса трамбуемого органа при постоянных параметрах H и L , обеспечивающего при поверхностном трамбовании требуемую плотность уплотненного грунта на различных горизонтах обратной засыпки. Имея ввиду, что в настоящих исследованиях потребуется значительное увеличение веса трамбуемого органа могут возникнуть опасения в смысле возможности разрушения трубчатой линии по дну дренажной траншеи. Поэтому было принято решение в траншее № 2 проложить дренажную линию, а после трамбования обратной засыпки проверить работоспособность закрытой дрены и тем самым подтвердить целостность трубчатой линии и надежность стыковых соединений между звеньями дренажных труб.

Строительство опытной дрены велось в следующей последовательности. Была разработана траншея длиной 63,5 пог.м. С целью испытания различных методов строительства дренажа конструкция дренажной линии видоизменялась на различных участках траншеи. На участках № 1 и № 2 (рис.4.25) трубы помещались в круговой гравийно-песчаной обсыпке, при этом на участке № 1 использовались раструбные, а на участке № 2 – фасочные трубы. На участках № 3 и 4 дренажные трубы укладывались на дно траншеи, а сверху производилась обсыпка их фильтром. На участке № 3 использовались раструбные, а на участке № 4 – фасочные трубы. Длины участков соответственно 15, 15, 10 и 10 пог.м.

Гончарные трубы для строительства опытной дрены были доставлены с Хавастского (Янгиерского) керамического завода Главсредазирсовхозстроя. При монтаже трубчатой линии важное значение имеет размер и форма стыка между звеньями дренажных труб. С целью получения данных, характеризующих указанный стык, в процессе настоящих исследований замерялись все конструктивные размеры труб, указанные на рис. 4.26 и фиксировались в журнале.

Все трубы перед укладкой их в дренаж были пронумерованы (рис. 4.27). Каждая труба была занивелирована в двух точках (в начале и в конце).

В качестве фильтра для строительства дрены применена искусственная смесь, состоящая из крупнозернистого песка Агалыксайского карьера и мелкофракционного гравия. Соотношение между указанными компонентами 2 : 1. Гранулометрический состав фильтра приведен в таблице 4.13.

Таблица 4.13

№№	Размер фракций в мм									Сумма фракций, %
	20 – 10	10 – 7	7 – 5	5 – 2	2 – 1	1 – 0,5	0,5 – 0,25	0,25 – 0,1	<0,1	
	Гранулометрический состав в %									
1	32,5	4,63	4,02	23,9	16,9	8,1	6,87	2,17	0,91	100
2	30,97	5,59	4,03	23,4	17,46	8,04	7,2	2,22	1,10	100
3	3,01	2,79	6,74	35,9	22,39	9,26	9,2	3,17	2,53	100
4	4,23	2,69	5,67	33,7	25,8	12,58	9,82	3,13	2,38	100
5	0,64	2,53	5,64	34,34	26,03	10,85	8,64	2,44	1,83	100

На рис. 4.28 представлены граничные кривые гранулометрического состава фильтра, использованного для строительства опытных дрен. Представленные данные свидетельствуют о том, что для строительства дрены был применен фильтр, который широко используется в Голодной степи.

Визуальные наблюдения показали, что фильтр способен к доуплотнению. Доуплотнение фильтра при трамбовании обратной засыпки может показать результаты проведенных исследований. В связи с этим после укладки дренажной линии производилось увлажнение гравийно-песчаного фильтра.

В результате увлажнения фильтр дал осадку, которая была зафиксирована нивелированием поверхности.

Для наблюдения за работой на опытной дрене был смонтирован металлический контрольно-смотровой бункер, к которому было подсоединено начало трубчатой линии дрены (рис. 4.29 а). В устье опытной дрены была установлена асбестоцементная труба, длиной 3 м (рис. 4.29 б).

С целью определения фактических условий производства грунтоуплотнительных работ, изучались свойства естественного грунта из стенок дренажной траншеи. По четырем сторонам опытной траншеи был произведен троекратный отбор образцов грунта через 25 см по глубине и методом парафинирования определен объемный вес скелета естественного грунта. Полученные данные приводятся в таблице 4.14.

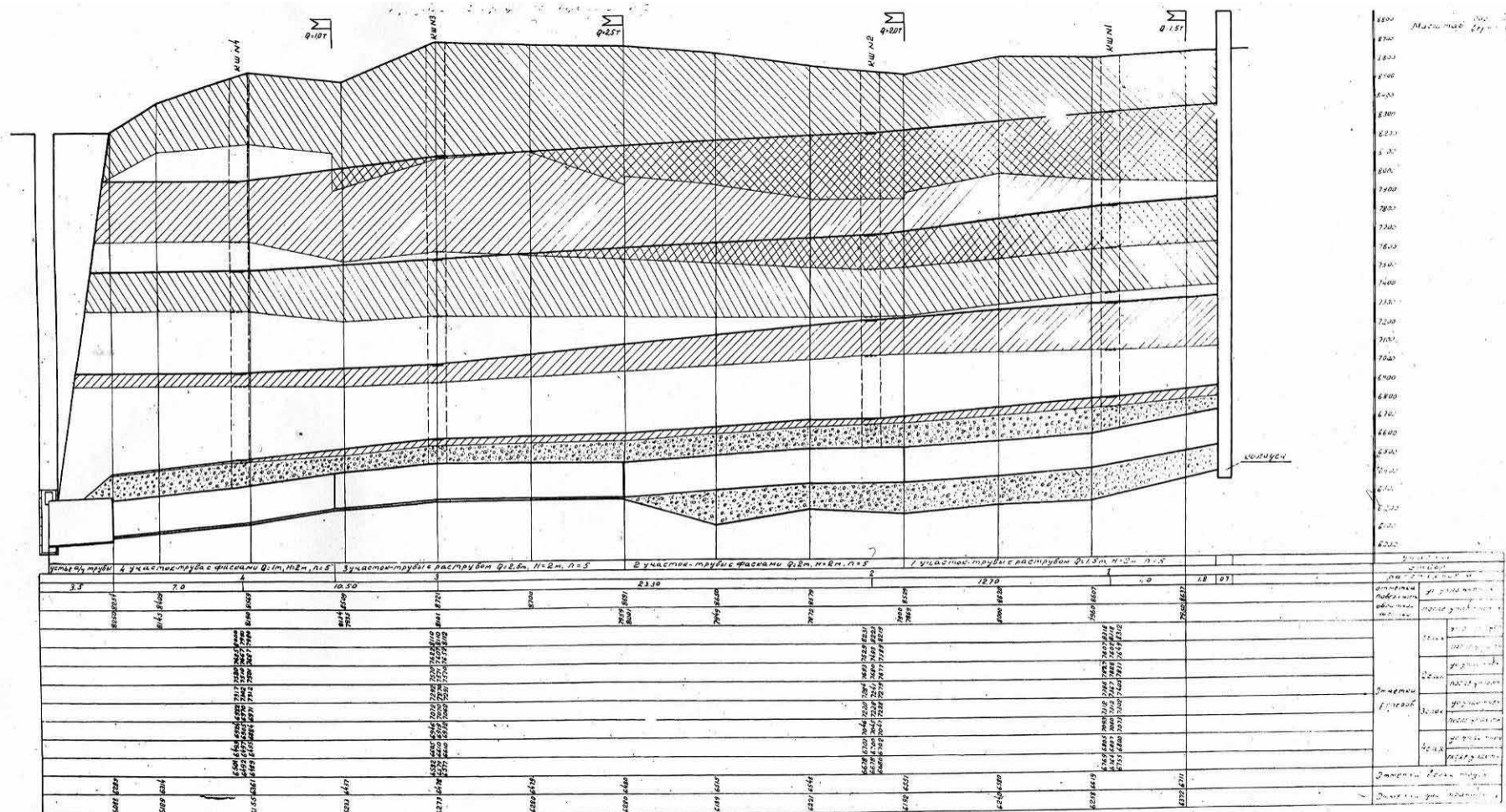


Рис. 4.25. Продольный профиль опытной дрены № 2

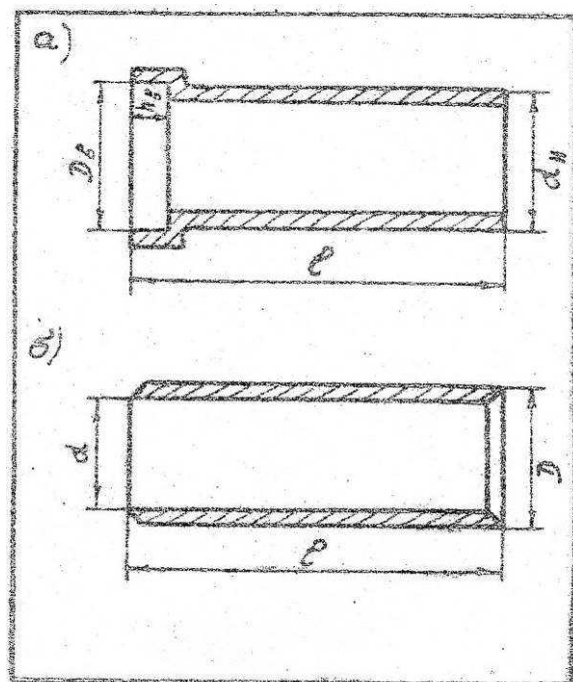


Рис.4.26. Схема дренажных раструбных (а), и фасочных (б) труб

Таблица 4 14

Глубина от поверхности, м	Объемный вес скелета естественного сложения	Номер створа				Средняя величина объемного веса скелета естественного грунта, г/см ³
		1	2	3	4	
0		1,62	1,35	1,75	1,52	1,55
0,25		1,60	1,58	1,43	1,63	1,55
0,50		1,40	1,42	1,37	1,35	1,39
0,75		1,40	1,43	1,30	1,37	1,40
1,00		1,39	1,36	1,40	1,36	1,38
1,25		1,44	1,40	1,42	1,38	1,41
1,50		1,40	1,41	1,42	1,34	1,39
1,75		1,40	1,38	1,40	1,34	1,38
2,00		1,44	1,35	1,38	1,37	1,39
2,20		1,40	1,35	1,42	1,36	1,38

Таким образом, объемный вес скелета грунта за исключением верхнего (0,25 м) слоя практически по всей исследуемой глубине изменяется в довольно узких пределах от 1,38 до 1,41 г/см³. Это свидетельствует об однородной плотности грунтов по глубине.

По указанным выше четырем створам было, кроме того, произведено зондирование толщи естественного грунта с помощью пенетрометра ДИИТ–4 (рис. 4.30). Скважины пробивали на расстоянии 1,5 м от траншеи. По каждому створу произвели три зондирования. Расстояние между смежными скважинами 1,0 м. Ниже приводятся результаты зондирования грунтовой толщи по каждому из указанных створов (таблица 4.15).

Таблица 4.15

Количество ударов, необходимое для погружения пене- трометра на 10 см Глубина от поверхности, см	Номер створа				Среднее значение по всем створам
	I	II	III	IV	
1	2	3	4	5	6
10	20	32	15	15	20
20	12	41	21	13	22
30	13	17	16	9	14
40	13	13	11	13	12
50	12	10	11	13	12
60	13	11	10	14	12
70	12	9	11	13	11
80	12	8	14	11	11
90	11	9	16	11	11
100	10	12	14	12	12
110	11	10	12	12	11
120	12	10	12	13	12
130	13	13	14	15	14
140	12	12	13	15	13
150	13	13	12	14	13
160	13	14	12	15	13
170	14	13	13	14	14
180	15	14	13	14	14
190	17	13	13	16	15
200	17	11	13	21	15
210	17	12	14	26	17
220	18	15	16	25	18
Общее число ударов	300	297	293	324	295

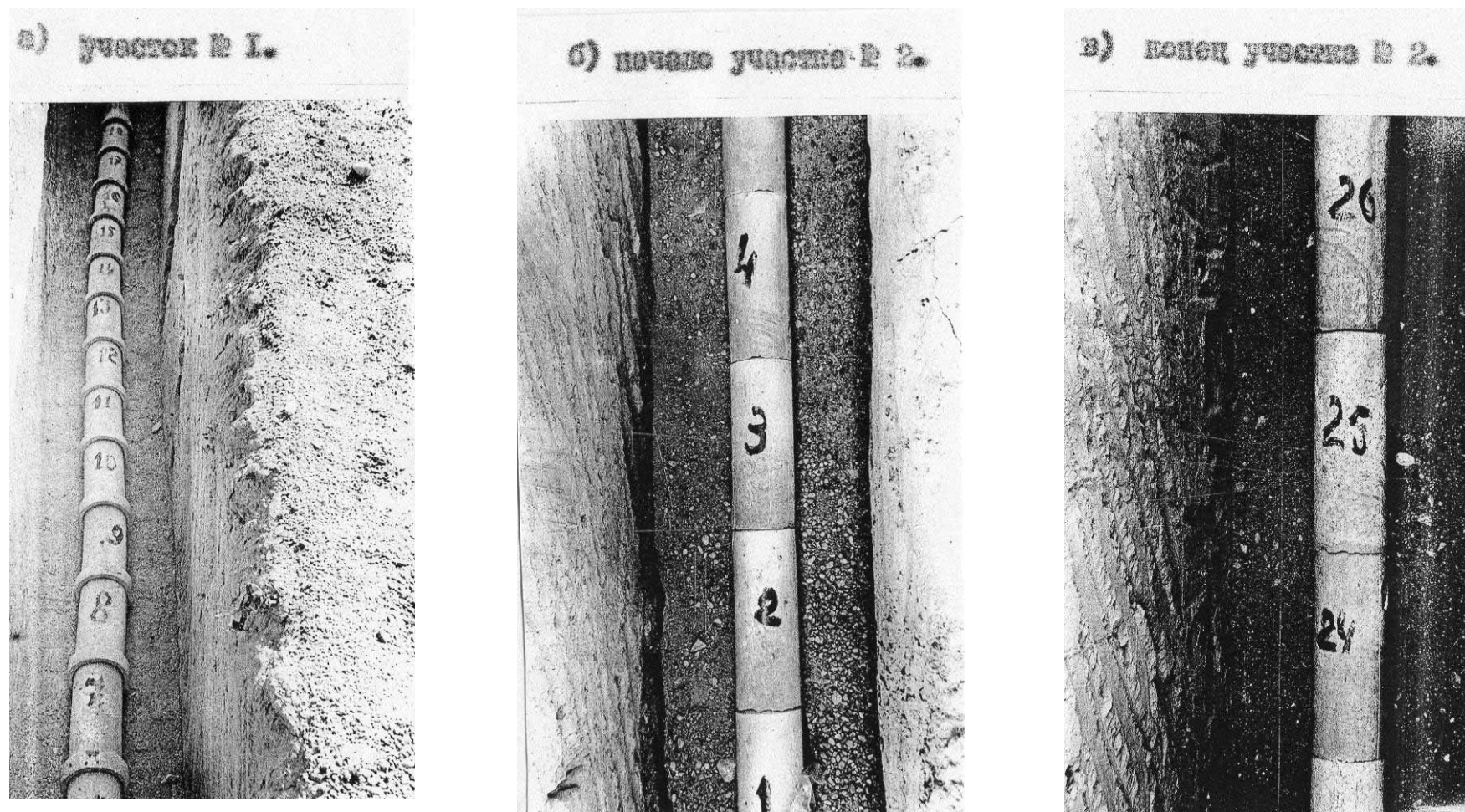


Рис. 4.27. Трубчатая линия дрены из гончарных раструбных (а) и фасочных (б, в) труб

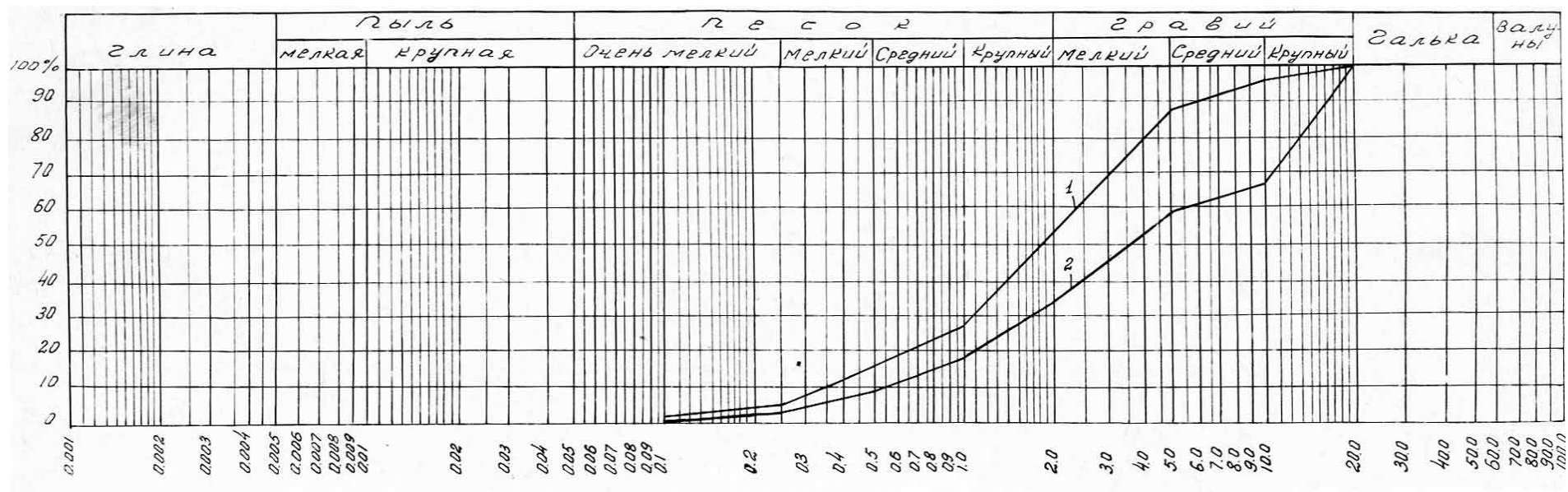


Рис. 4.28. Граничные кривые гранулометрического состава фильтра, использованного для строительства опытных дрен

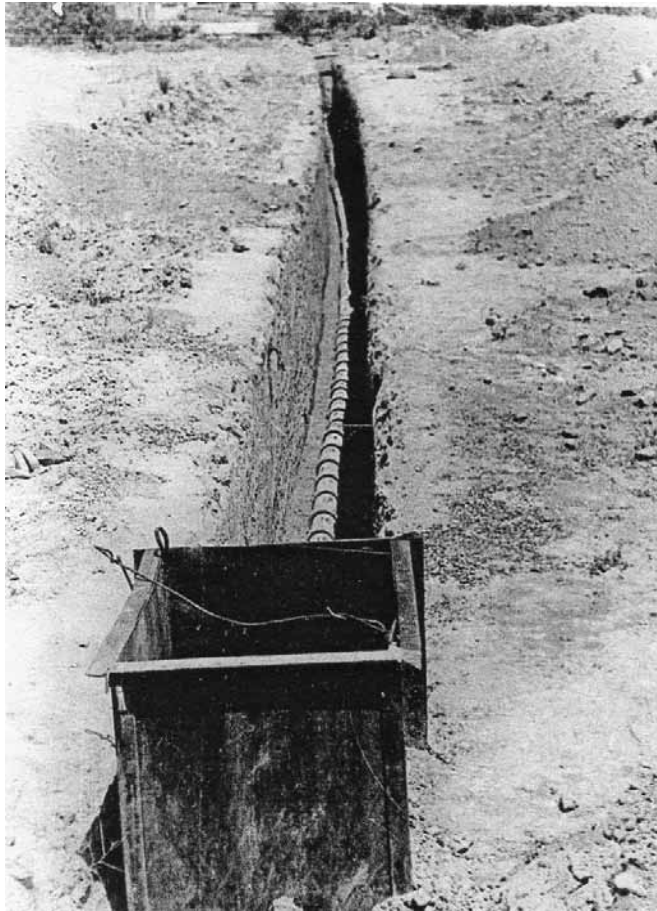


Рис. 4.29 а. Общий вид опытной дрены со стороны контрольно-смотрового бункера



Рис. 4.29 б. Устьевая труба опытной дрены

Данные таблицы свидетельствуют о сравнительно однородной плотности грунтовой толщ по глубине и, следовательно, подтверждают результаты исследования объемного веса скелета грунтов по тем же створам опытной дрены.

В отличие от предыдущих исследований на опытной дрене № 2 заделка траншеи производилась грунтом естественной влажности. Экскаватор ЭТН–251 разрабатывал карьерную выемку, перемещаясь параллельно оси дрены и грунт с отдельного транспортера экскаватора, попадая на отражательный щит, установленный на противоположной стороне траншеи, скатывался вниз, заполняя траншею дрены. По такой схеме была заделана траншея на протяжении первых 37 пог. м (начиная от контрольно–смотрового бункера). Концевая часть дрены заполнялась с помощью бульдозера, который сталкивал грунт небольшими порциями. По мере заполнения траншеи в толщу обратной засыпки были заложены репера, которые позволяли расчленять засыпку на четыре «условных» слоя. После завершения строительства наддренная полоса была распланирована (рис. 4.31). Общая высота засыпки составила 1,8 м при глубине траншеи 2,2 м (рис. 4.25).

Исходя из основной задачи исследований по второму этапу, вес трамбуемого органа, используемого для уплотнения грунта в траншее, заменяли в пределах от 1,0 до 2,5 т: на участке № 4 – 1,0 т, на участке № 1 – 1,5 т, на участке № 2 – 2,0 т и на участке № 3 – 2,5 т. Высота сброса трамбуемого органа оставалась постоянной ($H = 2$ м) во всех опытах при длине уплотняющего профиля $L = 0,7$ м и пяти ударах по одному следу, выполняемых за два прохода ЭТУ вдоль траншеи.

Уплотнение велось по описанной выше схеме надвижения трамбуемого органа на уплотняемый грунт. Прежде чем привести результаты исследований по осадке поверхности уплотняемой засыпки, необходимо остановиться на методике оценки деформирования грунта при уплотнении его в траншее. Представляется, что прежде всего необходимо установить минимальную осадку, которую следует фиксировать в опытах и которая будет достоверно отражать процесс деформирования грунта. Для этого сделан следующий расчет. За исходный показатель принята высота насыпного слоя грунта в траншее, равная 1,8 м. Если при этом считать, что начальный объемный вес рыхлого насыпного грунта равен $1,2 \text{ г/см}^3$, а конечный (после уплотнения) – $1,6 \text{ г/см}^3$, то, учитывая точность определения объемного веса режущим кольцом, которую принимаем равной 2 %, можно подсчитать, что повышение объемного веса скелета грунта на 2 % соответствует осадке поверхности засыпки на 3,6 см. Исходя из этого, было установлено, что для возможности сравнения между собой результатов опытов по достигнутой плотности уплотненного грунта и по

осадке поверхности засыпки необходимо в опытах фиксировать осадку поверхности за один удар величиной не менее 36 мм.



Рис. 4.30. Пенетромтр ДИИТ–4 погруженный в уплотненный грунт



Рис. 4.31. Опытная дрена № 2 после засыпки и планирования наддренной полосы. Спереди виден контрольно–смотровой бункер

Фактическая поударная осадка поверхности уплотняемой засыпки по всей трассе опытной траншеи № 2 представлена в таблице 4.16

Таблица 4.16

Номер следа	Номер участка и параметры трамбования	Осадка (мм) за удар				
		первый удар	второй удар	третий удар	четвертый удар	пятый удар
1	Участок № 1 $Q = 1,5 \text{ т}$ $H = 2,0 \text{ м}$ $n = 5$ $L = 0,7 \text{ м}$	443	202	63	42	31
2		352	177	72	54	44
3		325	170	72	48	38
4		347	142	67	50	45
5		350	141	69	57	45
6		350	169	71	44	39
7		334	166	76	57	43
8		349	140	74	58	40
9		338	128	65	52	46
10		308	134	67	52	43
11		339	126	64	54	44
12		315	141	74	57	46
13		333	155	71	53	35
14		348	168	60	33	32
15		320	160	70	47	32
16		369	128	75	42	29
17		379	132	71	44	37
18		367	152	56	39	40
19		375	163	60	49	30
20		351	145	60	43	41
Средняя		345	152	68	49	39
1	Участок № 2 $Q = 2,0 \text{ т}$ $H = 2,0 \text{ м}$ $n = 5$ $L = 0,7 \text{ м}$	237	136	94	48	38
2		354	170	61	46	38
3		383	176	71	47	39
4		405	168	60	52	37
5		397	149	70	54	21
6		360	162	66	45	35
7		376	158	63	47	35
8		367	160	58	42	39
9		387	164	70	50	41
10		399	163	88	51	44
11		411	164	71	37	43
12		399	169	58	47	48
13		396	173	67	51	45
14		384	188	72	54	39
15		373	164	56	40	36
16		399	167	63	32	38
17		407	160	49	46	37
18		390	165	64	39	38

Номер следа	Номер участка и параметры трамбования	Осадка (мм) за удар				
		первый удар	второй удар	третий удар	четвертый удар	пятый удар
19		386	161	62	41	40
20		359	178	57	52	40
21		384	188	70	49	43
22		350				
Средняя		378	158	63	44	37
1	Участок № 3 $Q = 1,5 \text{ т}$ $H = 2,0 \text{ м}$ $n = 5$ $L = 0,7 \text{ м}$	301	138	49	51	34
2		415	156	69	63	36
3		400	207	78	62	50
4		401	139	59	49	39
5		404	184	78	56	40
6		366	114	63	35	33
7		341	157	50	37	28
8		326	176	60	48	40
9		352	113	49	34	28
10		303	151	58	36	32
11		325	96	56	35	26
12		367	175	52	29	30
13		354	157	42	42	39
14		330	141	49	49	31
15		323	81	37	35	26
16		363	165	39	32	34
17		285	97	41	26	29
18		270	131	49	49	40
19		210	155	61	64	44
20		241	186	68	62	49
21		194	188	60	59	46
22		245	154	80	66	48
Средняя		323	148	57	46	36
1	Участок № 4 $Q = 1,0 \text{ т}$ $H = 2,0 \text{ м}$ $n = 5$ $L = 0,7 \text{ м}$	153	111	51	36	35
2		99	129	46	36	39
3		93	99	42	29	26
4		126	96	32	25	25
5		136	59	33	26	25
6		109	116	44	33	19
7		132	102	48	32	25
8		105	96	35	36	19
9		71	95	39		
10		69				
11		90				
12		78				
Средняя		105	100	41	32	27

Поставленное выше условие, которое следует соблюдать при измерении осадки поверхности уплотняемой засыпки, как видно из таблицы, выдержано во всех опытах, исключая лишь участок № 4, на

котором средняя величина осадки после четвертого удара составила 32 мм и после пятого удара – 27 мм.

Анализируя данные таблицы, обращают на себя внимание определенные колебания в размерах по отдельным следам удара на одном и том же участке, уплотненным трамбуемым органом одного веса. Например, на участке № 1 осадка изменялась соответственно от первого к пятому удару в следующих размерах: 315–375, 128–177, 56–76, 39–58, 29–46 мм. Указанные колебания в размерах осадки объясняются многими причинами. Наиболее важные из них: влажность уплотняемого грунта колебалась в широких пределах, принятый способ заделки траншеи не обеспечил создания однородной начальной плотности грунта в траншее, при надвижении трамбующего органа на уплотняемый грунт происходит осыпание рыхлого грунта на еще не уплотненный след. Все это в той или иной мере отразилось на размерах осадки по отдельным следам удара и обусловило колебание в размерах осадки поверхности.

Из таблицы 4.16 видно, что значения осадки, осредненные для каждого из участков, дают объективную оценку уплотняющей способности трамбующих органов. В сводной таблице 4.17 представляется осредненная осадка по каждому из участков в виде нарастающего значения от удара к удару.

Таблица 4.17

№ № п.п	Номер участка	Вес трамбующего органа, т	Суммарная величина осадки в мм за				
			первый удар	второй удар	третий удар	четвер- тый удар	пятый удар
1	4	1,0	105	205	246	278	305
2	1	1,5	345	497	565	614	653
3	2	2,0	378	526	599	643	690
4	3	2,5	323	471	528	574	610

По размеру общего понижения уплотняемой поверхности (рис. 4.32) может быть сделан вывод о том, что вес трамбующего органа $Q = 1$ т недостаточен для уплотнения обратной засыпки. Наибольшая осадка поверхности достигается при весе трамбующего органа $Q = 2$ т. Дальнейшее повышение веса до $Q = 2,5$ т приводит к некоторому снижению осадки. По-видимому, это может быть объяснено более значительным разуплотнением поверхностного слоя.

Снижение веса трамбующего органа до 1,5 т практически не дает снижения осадки и в соответствии с этим можно заключить, что при данных параметрах H , n , L оптимальным при трамбовании обратной

засыпки в траншее заданных габаритов является вес трамбующего органа, равный 1,5 т.

Значительный интерес представляет анализ распределения осадки по различным слоям уплотняемой засыпки. Развитие деформации внутри засыпки прослеживается по осадке промежуточных реперов. Последние устанавливались по четырем горизонтам, так как это показано на рис. 4.25.

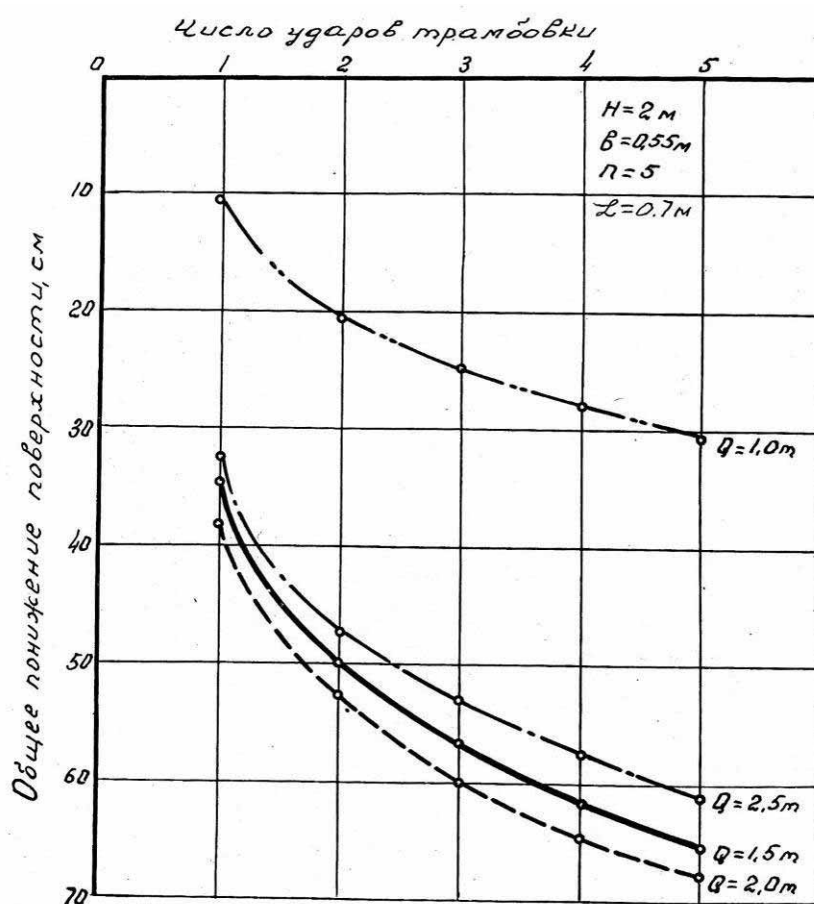


Рис. 4.32. График зависимости общей деформации грунта от веса трамбовки

Нижние репера закладывались на небольшом расстоянии от гравийно-песчаного фильтра и в связи с этим в обратной засыпке были фактически выделены три полуметровых слоя, а четвертый слой, который имел существенные колебания по высоте, находился между верхним рядом реперов и поверхностью засыпки. Таким образом, может быть проанализировано развитие деформации по четырем слоям засыпки.

Толщины трех нижних слоев, заключенных между реперами, не были точно равны 0,5 м, а колебались с небольшими отклонениями. Для анализа распределения деформации между указанными слоями следовало бы учитывать эти колебания, определяя относительную деформацию, т.е. относя фактическую величину осадки к толщине уплотненного слоя.

В приводимой ниже таблице 4.18 даны средние размеры осадки промежуточных реперов, уложенных в толще обратной засыпки (среднее из трех определений по каждому слою).

Таблица 4.18

Осадка, мм Номер слоя	Вес трамбуемого органа, Q т			
	1,0	1,5	2,0	2,5
	Номер участка			
	4	1	2	3
1	310	697	697	464
2	200	443	415	266
3	70	233	179	135
4	6	42	24	29

Распределение послойной деформации в процентах от общей осадки поверхности уплотненной засыпки приводится в таблице 4.19.

Таблица 4.19

Осадка, % Номер слоя	Вес трамбуемого органа, Q т			
	1,0	1,5	2,0	2,5
	Номер участка			
	4	1	2	3
1	35	37	40	41
2	42	30	34	31
3	20	27	22	22
4	3	6	4	6

Поверхность уплотняемой засыпки осаживается за счет деформации всех слоев грунтовой толщи. Разность между наибольшей и наименьшей величинами послойной деформации при весе трамбуемого органа $Q = 1,5$ т составляет порядка 31 %, в то время как при $Q = 2; 2,5$ и 1 т эта разность достигает 35–39 %. Отмеченное также служит одним из показателей рациональности применения трамбуемого органа, весом 1,5 т.

Одним из важных вопросов настоящих исследований является анализ распределения достигнутой плотности в толще уплотняемой обратной засыпки. Прежде чем перейти к этому вопросу, рассмотрим результаты зондирования уплотненной засыпки внутри траншеи с помощью пенетрометра ДИИТ–4. Для сравнения в приводимой ниже таблице 4.20 даны результаты зондирования насыпного грунта до и после уплотнения, а также зондирования естественного грунта на расстоянии 1,5 м от стенки траншеи.

Таблица 4.20

Кол-во ударов, необходимое для погружения на 10 см Глубина от поверхности, см	Неуплотненная обратная засыпка траншеи					Уплотненная обратная засыпка						Естественный грунт на расстоянии 1,5 м от бровки траншеи				Уплотнен- ная обратная засыпка	
						Уч-к № 3 $Q = 2,5 \text{ т}$ $n = 1$				Уч-к № 1 $Q = 1,5 \text{ т}$ $n = 5$						Уч-к № 2 $Q = 2 \text{ т}$ $n = 5$	
10	1	1	2	2	1	7	7	7	7	8	4	20	32	15	15	4	2
20	1	2	2	1	2	13	11	14	16	17	12	12	41	21	13	19	17
30	1,5	1	3	1	2	14	14	14	16	12	15	13	17	16	9	23	28
40	1,5	1	1	0,5	1,5	14	13	12	16	15	18	13	13	11	13	21	26
50	1	1	1,5	0,5	2	12	10	12	14	14	19	12	10	11	13	24	24
60	0,5	1	1,5	1	0,5	12	9	11	14	14	20	13	11	10	14	19	19
70	0,5	0,5	1,5	0,5	1	9	7	8	12	13	14	12	9	11	13	18	21
80	1	0,5	1,5	0,5	1	8	6	8	10	10	14	12	8	14	11	16	22
90	1	0,5	1	1	1	8	5	7	9	10	10	11	9	13	11	15	22
100	1	0,5	1	1	0,5	7	5	6	8	8	9	10	12	14	12	15	16
110	0,5	1	1	0,5	0,5	5	4	5	7	8	8	11	10	12	12	15	16
120	0,5	0,5	1	0,5	1	4	3	5	6	9	6	12	10	12	13	12	11
Общее кол-во ударов	11	10,5	18	9	13	113	94	109	135	138	149	151	182	160	149	201	224
Среднее число ударов по уч-ку	15					113				144		160				212	

Данные таблицы свидетельствуют о том, что с помощью пенетрометра достаточно хорошо просматривается упрочнение грунта в траншеях. Если для погружения пенетрометра на глубину 120 см в неуплотненный грунт требуется порядка 15 ударов, то после одного удара трамбующим органом, весом 2,5 т для этого требуется нанести уже 113 ударов.

Плотность обратной засыпки, уплотненной пятью ударами трамбующего органа, весом 1,5 т, практически равна плотности естественного грунта. При уплотнении засыпки трамбующим органом, весом 2т, плотность насыпного грунта значительно превосходит плотность естественного грунта, требуется нанести соответственно 212 и 160 ударов, чтобы погрузить пенетрометр на глубину 120 см.

По результатам погружения пенетрометра можно, кроме того, проследить распределение плотности после заделки и уплотнения траншеи. Неуплотненный грунт практически имеет однородную плотность по всей глубине засыпки (для погружения пенетрометра на 10 см требуется нанести 2 – 0,5 удара). В уплотненной засыпке плотность распределяется неравномерно. Вначале требуется наносить от 2 до 8 ударов, затем до 28 ударов, а в нижних слоях от 3 до 13 ударов.

Результаты выполненных исследований, выраженные в виде изменения объемных весов скелета уплотненного грунта, включая и данные математической обработки показателей плотности в пределах каждого из слоев, приводятся в таблице 4.21.

Таблица 4.21

Створ 4^а, 4^б; $Q = 1$ т; глубина отбора проб – 12,5 см

$\delta_{ск}$, г/см ³	1,52	1,57	1,58	1,62	1,63	1,67	Σ		σ	3σ	$V\sigma$	R
Частоты, N	1	1	1	1	1	1	6	1,60	0,05	0,15	3,13	0,18
Частоты, %	16,66	16,66	16,67	16,67	16,67	16,67	100					

Анализ распределения объемного веса скелета грунта $\delta_{ск}$ на различных участках опытной дрены свидетельствует о том, что достигаемая в результате уплотнения плотность определяется не только весом трамбующего органа Q , но также свойствами уплотняемой засыпки и, в частности, влажностью грунта. Ввиду этого представляется целесообразным вначале проанализировать распределение влажности в толще уплотненного грунта на различных участках.

Таблица 4.22

Глубина от уплотненной поверхности, см	Влажность грунта весовая, %	Вес трамбуемого органа, т			
		1,0	1,5	2,0	2,5
		Номер участка			
		4	1	2	3
12,5		8	—	—	—
25,0		9	—	—	—
37,5		9	8	8	8
50,0		9	13	10	8
62,5		9	13	12	8
75,0		10	14	14	8
87,5		10	14	14	8
100,0		10	13	15	9
112,5		10	14	15	10
125,0		10	14	15	10
137,5		10	14	15	10
150,0		10	14	16	10
Средняя величина		9	13,5	13,5	9

Таблица характеризует важную особенность распределения влажности грунта. В пределах одного участка она на глубине обратной засыпки изменяется в достаточно узких пределах. Например, на участках № 3 и 4 практически влажность может быть принята 9 % по всей глубине уплотненной толщи (пределы изменения от 8 до 10 %).

Вместе с тем, влажность грунта на участках № 1 и 2 значительно отличается от влажности грунта на участках № 3 и 4. Здесь влажность грунта, осредненная в пределах всей уплотняемой толщи, может быть принята равной 13,5 %. Учитывая такое значительное различие в размерах влажности уплотненного грунта, представляется целесообразным отдельно рассматривать изменение плотности грунта на участках № 1 и 2 и участках № 3 и 4. В соответствии с указанными соображениями и построен график рис. 4.33 а

Анализ кривых на графике позволяет сделать заключение о том, что при влажности грунта, близкой к оптимальной ($W = 13,5$ %) и принятых постоянных параметров H , n , L , для достижения требуемой плотности уплотненного грунта на различных горизонтах рационально использовать трамбуемый орган, весом 1,5 т. При более низкой влажности ($W = 9$ %) для того, чтобы обеспечить получение требуемой плотности грунта вес

трамбуемого органа, естественно, должен быть соответственно увеличен до 2 или 2,5 т.

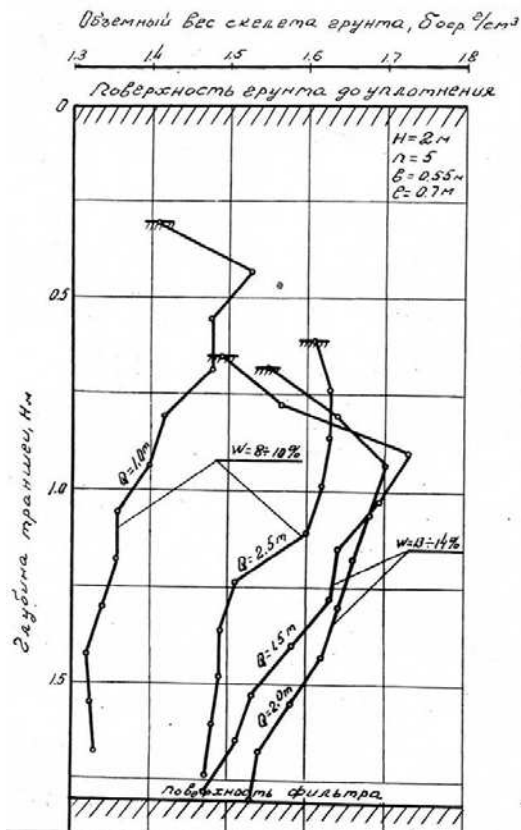


Рис. 4.33 а. График изменения плотности грунта $\delta_{ср}$ от веса трамбовки Q при $H = \text{Const}$ и $n = \text{Const}$

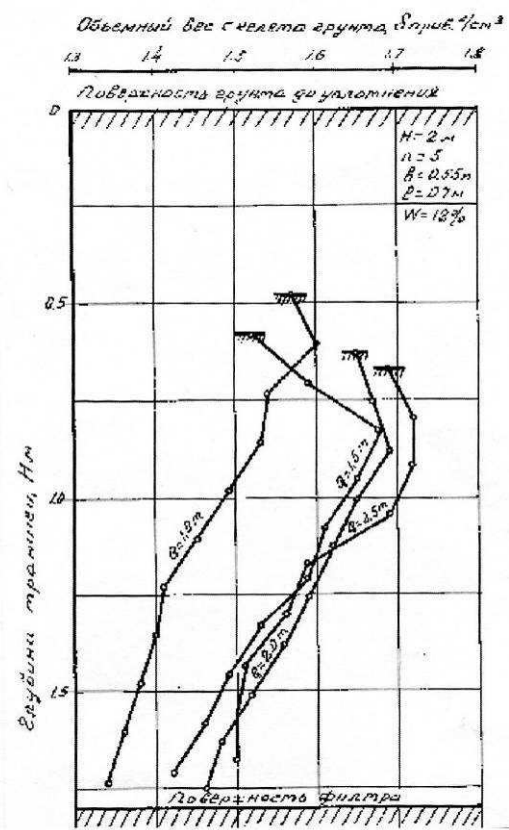


Рис. 4.33 б. График изменения плотности грунта $\delta_{прив}$ от веса трамбовки Q при $H = \text{Const}$ и $n = \text{Const}$

С целью корректирования кривых изменения плотности уплотненного грунта в условиях колебания влажности по глубине засыпки, а также на различных участках была произведена интерполяция объемных весов скелета. Все полученные объемные веса интерполировались по одной величине приведенной влажности $W_{прив}$. Влажность $W_{прив}$ была принята равной 12 %. Рабочая схема, используемая для интерполяции объемных весов для одного из режимов уплотнения приведена на рис. 4.34.

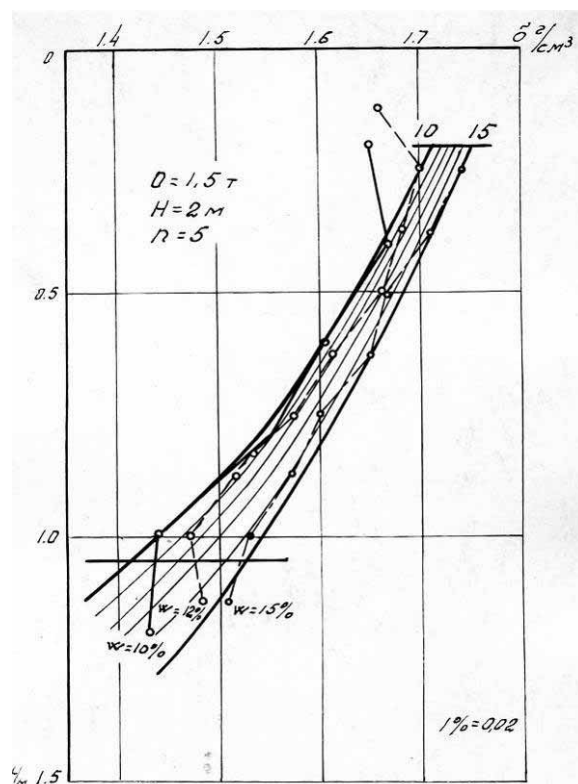


Рис. 4.34. Рабочая схема для расчета плотности уплотненного $\delta_{\text{прив}}$ грунта соответствующей величины приведенной влажности $W_{\text{прив}}$

Нам представляется, что полученный в результате корректирования объемных весов график зависимости плотности $\delta_{\text{прив}}$ от веса трамбующего органа (рис. 4.33 б) более полно отражает влияние изменения веса Q на эффект уплотнения засыпки. Обращает на себя внимание, что кривая изменения $\delta_{\text{прив}}$ хорошо согласуется с результатами осадки уплотненной поверхности (рис. 4.32). Подобно тому, как это было установлено по осадке уплотненной поверхности засыпки при изменении веса Q от 1,5 до 2,5 т, плотность $\delta_{\text{прив}}$ на сравниваемых участках остается на одном уровне. Следовательно, в рассматриваемых условиях трамбования грунта в дренажной траншее повышение веса трамбующего органа свыше 1,5 т может быть признано нецелесообразным. Таким образом, результаты выполненных исследований дают основание утверждать, что оптимальным для условий поверхностного трамбования грунта в траншеях при высоте сбрасывания $H = 2$ м и длине уплотненного профиля 0,7 м следует считать 1,5-тонный трамбующий орган.

В заключение следует остановиться на вопросе целостности трубчатых дренажных линий и стыков между звеньями труб после трамбования обратной засыпки. Выполненные исследования на опытной дрене № 2 показывают, что грунтоуплотнительные работы не произвели деформирования дренажной линии, проложенной по дну траншеи и,

следовательно, не нарушили требуемых зазоров в стыковых соединениях дренажных труб. Не обнаружено также разрушений дренажных труб

После завершения исследований, связанных с уплотнением обратной засыпки, было произведено испытание дрены. В контрольно–смотровой бункер был подан расход 1,4 л/с. Через 10–12 минут вода начала поступать из выходной трубы дрены. Расход этот был в 4 раза ниже и составлял 0,3 л/с. Значительное снижение расхода свидетельствует об увлажнении околотренного грунта, влажность которого, как видно из приведенных выше материалов, была низкой. В то же время быстрое продвижение водного потока по дрене подтверждает целостность трубчатой линии и отсутствие каких–либо повреждений дренажных труб.

Затем была произведена заделка траншеи на величину осадки грунта, а также планирование наддренной полосы. Последняя затем была обвалована и образован ряд отсеков, чтобы можно было подать воду для увлажнения всей толщи уплотненного грунта.

Замочка была начата 24.07.68 г. и продолжалась до 02.08.68 г.

Продолжительность замачивания принята, исходя из условия увлажнения всей толщи засыпки.

Осадка поверхности засыпки устанавливалась по результатам нивелирования восьми контрольных реперов, установленных по оси наддренной полосы. Осадка поверхности согласно измерениям достигла соответственно 5, 6, 4, 3, 5, 18 и 4 мм, то есть практически в пределах от 3 до 6 мм. Указанная осадка происходит в результате уплотнения верхнего рыхлого слоя, который был уложен в процессе заделки траншеи после уплотнения обратной засыпки. Выполненные наблюдения подтверждают, что на уплотненной дрене после длительного затопления наддренной полосы не произошло каких – либо просадочных или суффозионных явлений, которые могли бы отразиться на эффективности работы дренажа.

Таким образом, выполненные исследования на траншее № 2, представленные в виде послойной осадки и распределения плотности уплотненного грунта позволяют утверждать, что 1,5-тонный трамбующий орган при данных параметрах H , L , n , и влажности грунта, близкой к оптимальной, обеспечивает требуемое распределение плотности грунта по глубине обратной засыпки в траншее. В связи с этим трамбующий орган указанного веса можно рекомендовать для использования на грунтоуплотняющей машине для уплотнения обратных засыпок траншей.

4.6. Исследование влияния высоты сбрасывания трамбующего органа при уплотнении грунта в траншее

При уплотнении обратной засыпки в траншеях № 1 и 2 высота сбрасывания трамбующего органа во всех опытах оставалась постоянной $H = 2$ м. На третьем этапе исследований на траншее № 3 ставилась задача установить оптимальную высоту сбрасывания 1,5-тонного трамбующего органа, которая обеспечивает достижение требуемого распределения плотности по глубине уплотняемой толщи в конкретных условиях трамбования обратной засыпки. При этом число ударов по одному следу принято равным пяти, длина уплотняющего профиля трамбующего органа – 0,7 м, а ширина – 0,55 м.

В соответствии с поставленной задачей траншея № 3, длина которой равна 35 пог. м, разделена на семь участков, по центру которых заложены контрольные створы от № 1 до № 7 (рис. 4.35). Высота сбрасывания трамбующего органа на каждом из выделенных участков соответственно равна 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 0,5 и 1,0 м. Таким образом, пределы изменения исследуемого параметра приняты достаточно широкими от 0,5 до 4,0 м.

Трамбование обратной засыпки здесь производилось так же, как и на предыдущих траншеях. Уплотнение осуществлялось за два прохода трамбующей установки. Во время первого прохода по одному месту наносился один удар, во время второго – еще четыре удара по одному следу.

Обращаясь к анализу по ударной осадки (рис. 4.36 а) можно заключить, что с ростом высоты сбрасывания трамбующего органа в пределах от 0,5 до 4,0 м происходит непрерывное понижение отметок уплотняемой поверхности. Причем максимальное понижение уплотняемой поверхности равно 850 мм, чего не достигалось в предыдущих исследованиях. Тем не менее, полученные графики рис. 4.36 не позволяют судить об оптимальной высоте сбрасывания трамбующего органа, так как остается неизвестным за счет каких слоев достигается такая значительная по величине осадка уплотняемой поверхности.

Для определения послойной деформации в уплотняемую толщу были заложены промежуточные репера. Как видно из рис. 4.35 репера установлены на пяти горизонтах. Причем на каждом слое заложено по два репера, в 15 см от стенок уплотняемой траншеи. Размеры деформации промежуточных реперов представляются в таблице 4.23.

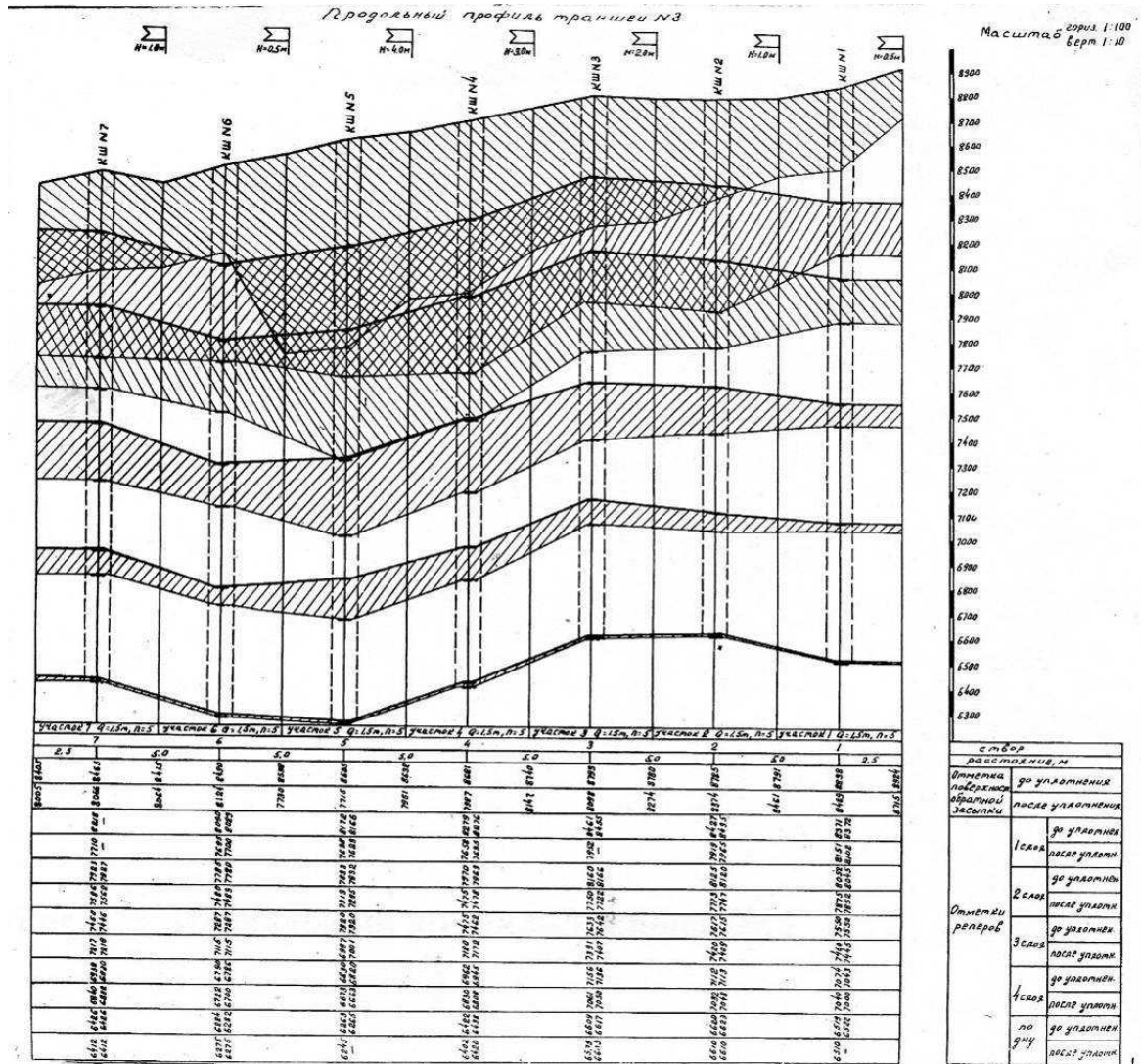


Рис. 4.35. Продольный профиль траншеи № 3

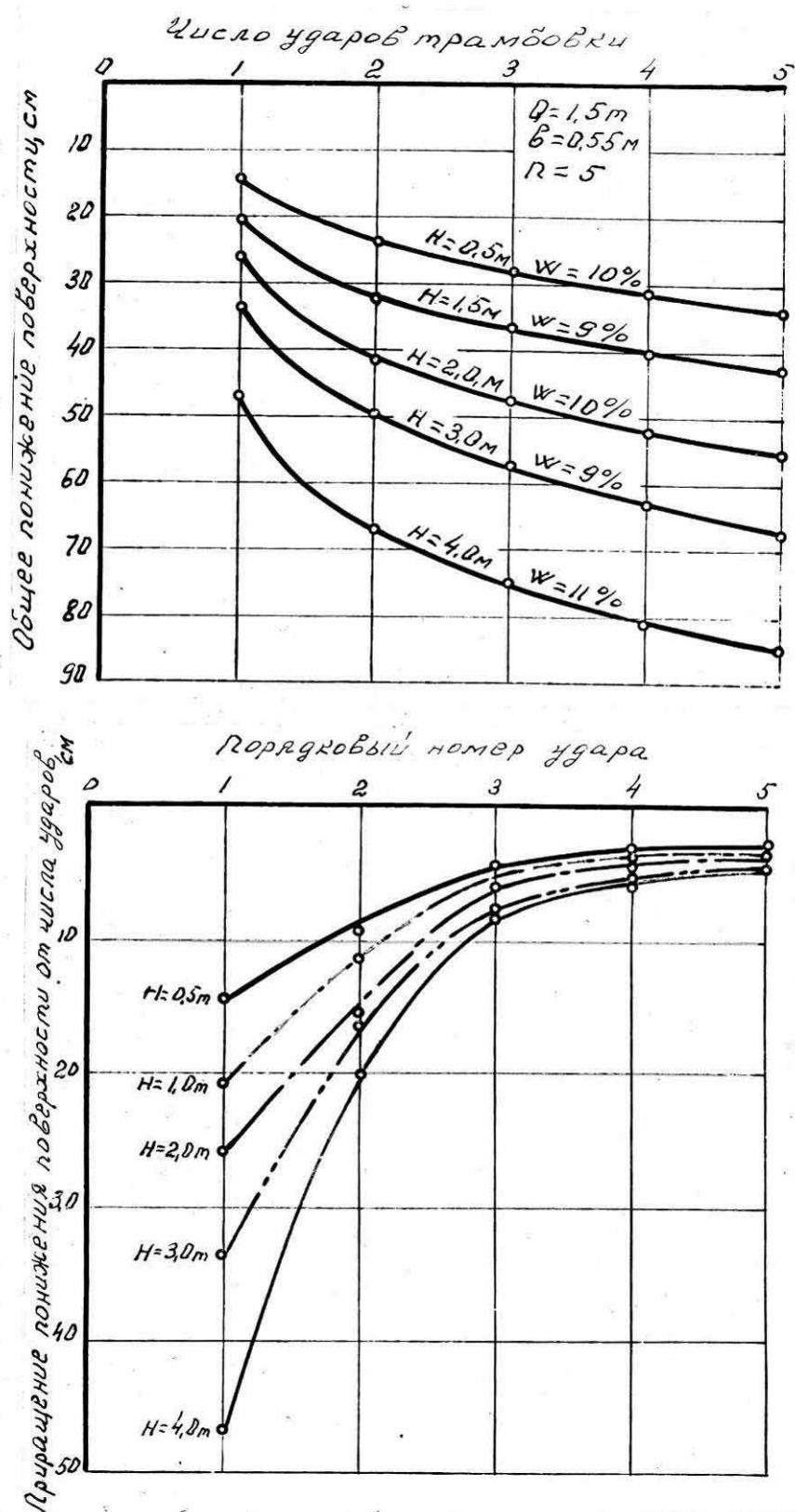


Рис. 4.36. Графики зависимости общей деформации поверхности (а) и приращения понижения поверхности (б) от числа удара при изменении высоты сбрасывания трамбующего органа от 0,5 до 4,0 м

Таблица 4.23

Деформация, мм Номер репера	Номер участка													
	7		6		5		4		3		2		1	
	Высота сбрасывания трамбующего органа, м													
	1,0		0,5		4,0		3,0		2,0		1,0		0,5	
	Δh	ср.	Δh	ср.	Δh	ср.	Δh	ср.	Δh	ср.	Δh	ср.	Δh	ср.
1			389	392	743	738	641	631		509	370	389	270	245
2			395		734		621		509		408		220	
3	365	351	297	296	537	528	485	490	444	427	379	362	193	183
4	337		295		520		495		410		352		173	
5	227	230	172	172	319	321	290	292	235	238	206	201	105	97
6	233		172		323		295		242		197		90	
7	98	98	86	77	157	157	137	135	86	90	65	72	43	38
8	96		68		157		132		95		80		34	
9	14	14	7	8	8	10	18	19	14	14	13	11		
10	14		9		13		20		14		10			

Из таблицы следует, что общая осадка уплотненной поверхности суммируется за счет деформации всех горизонтов обратной засыпки. Для установления оптимальной высоты сбрасывания трамбующего органа обратимся к анализу распределения плотности на различных горизонтах обратной засыпки. Для этого результаты выполненных исследований представляются в табличном виде (таблица 4.24).

Прежде чем перейти к анализу распределения достигнутой плотности уплотненного грунта по глубине обратной засыпки, следует подчеркнуть, что влажность грунта W_{cp} изменялась в пределах от 9 до 11 % (рис.4.36). Причем на отдельных горизонтах влажность грунта достигла 13–14 %. Все это в определенной мере отразилось на результатах настоящих исследований. Из обобщенного графика, представленного на рис. 4.37 а, видно, что требуемая плотность уплотненного грунта на различных горизонтах, в том числе и в нижних слоях засыпки, достигается при сбрасывании трамбующего органа с высоты 2,0 и 4,0 м. при высоте $H = 3$ м не выдержана в пределах необходимых размерах плотность нижних слоев засыпки.

С целью учета влияния колебания влажности грунта на достигаемую плотность произведено корректирование объемного веса скелета $\delta_{ск}^{cp}$ (табл. 4.24). Причем в соответствии с данными по предыдущей траншее № 2 в качестве приведенной принята влажность грунта, равная 12 % (рис. 4.38). Полученный график рис. 4.37 б более объективно, на наш взгляд, характеризует зависимость плотности уплотненного грунта от высоты сбрасывания трамбующего органа.

Анализ результатов уплотнения опытной траншеи № 3 как по осадке грунта, так и по плотности позволяет считать, что для достижения требуемой плотности на различных горизонтах обратной засыпки 1,5–тонный трамбующий орган необходимо сбрасывать с высоты 2-3 м. При влажности уплотненного грунта, близкой к оптимальной, высота сбрасывания может быть принята равной 2 м, при влажности 9-10 % – 3 м. Указанные параметры Q и H при пяти ударах по одному следу обеспечивают проработку всей толщи обратной засыпки, которая в настоящих исследованиях составляла 2,25 м в рыхлом состоянии.

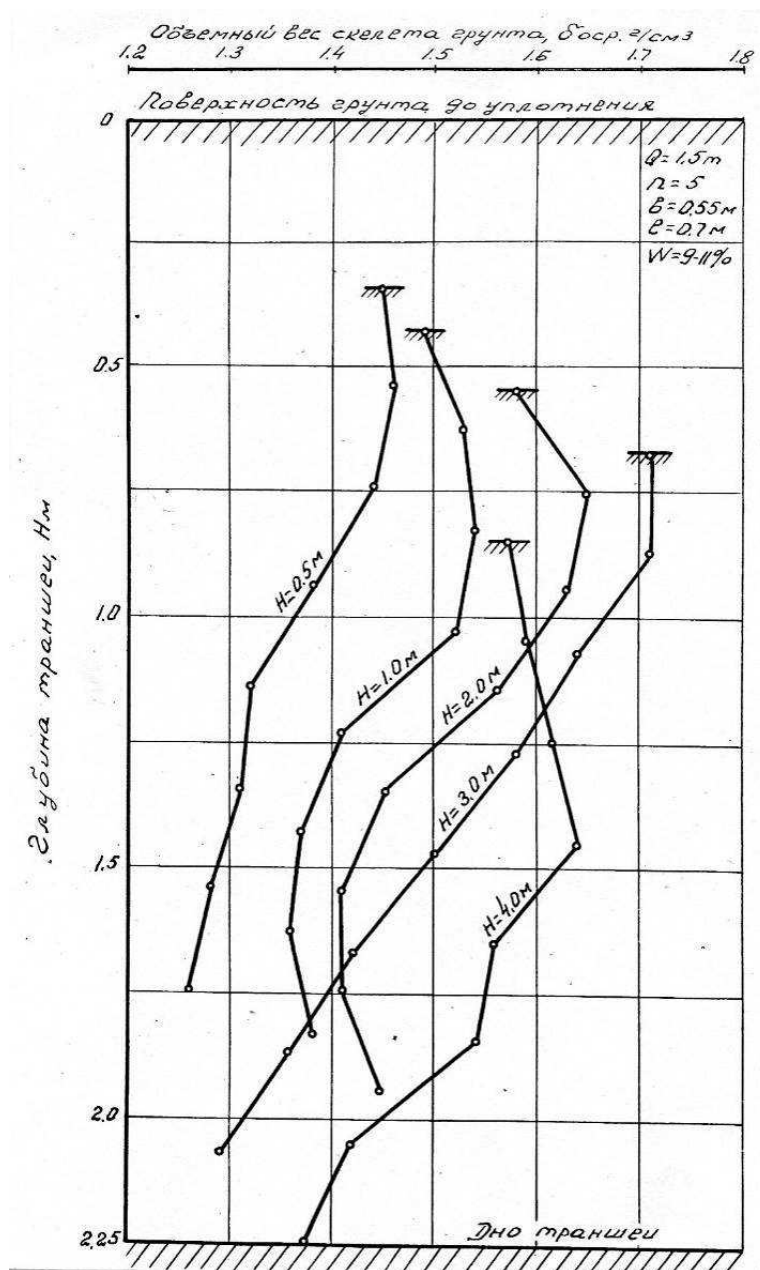


Рис. 4.37 (а). График изменения плотности грунта $\delta_{ср}$ от высоты сбрасывания трамбования H при $Q = 1,5 \text{ м}$ и $n = 5$

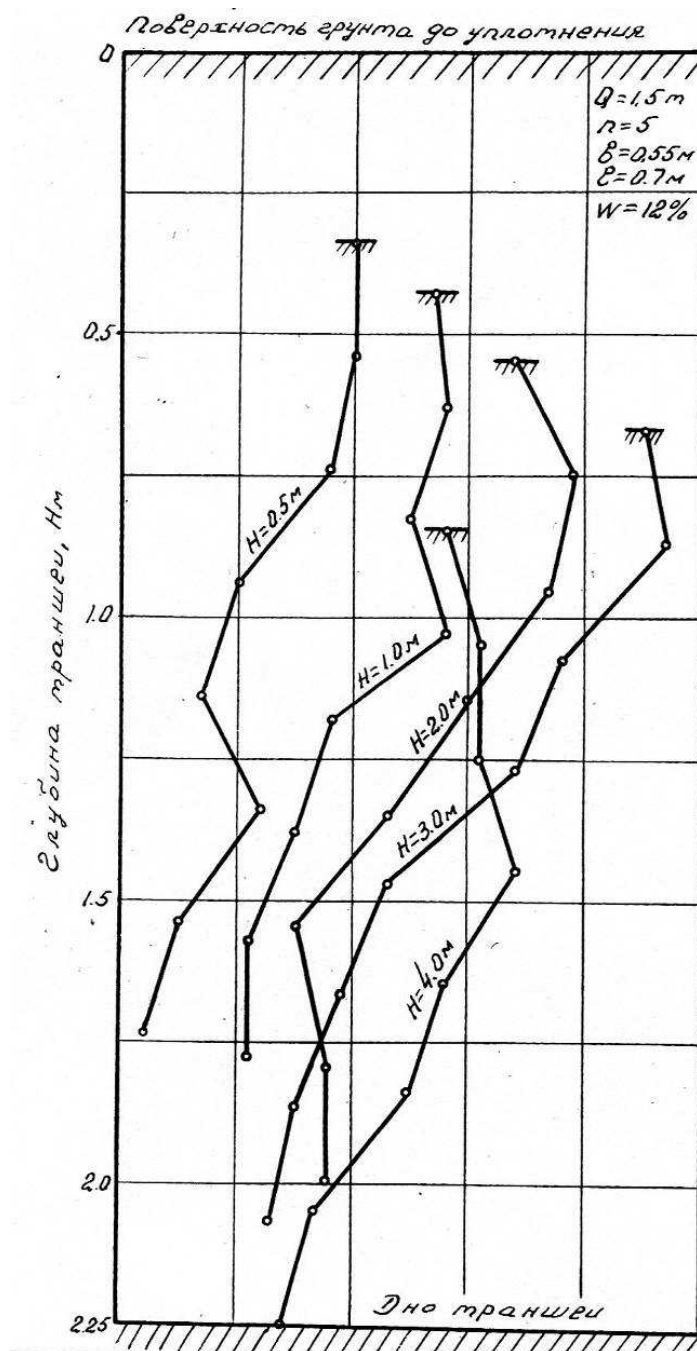


Рис. 4.37 (б). График изменения плотности грунта $\delta_{\text{прив}}$ от высоты сбрасывания трамбовки H при $Q = 1,5 \text{ м}$ и $n = 5$

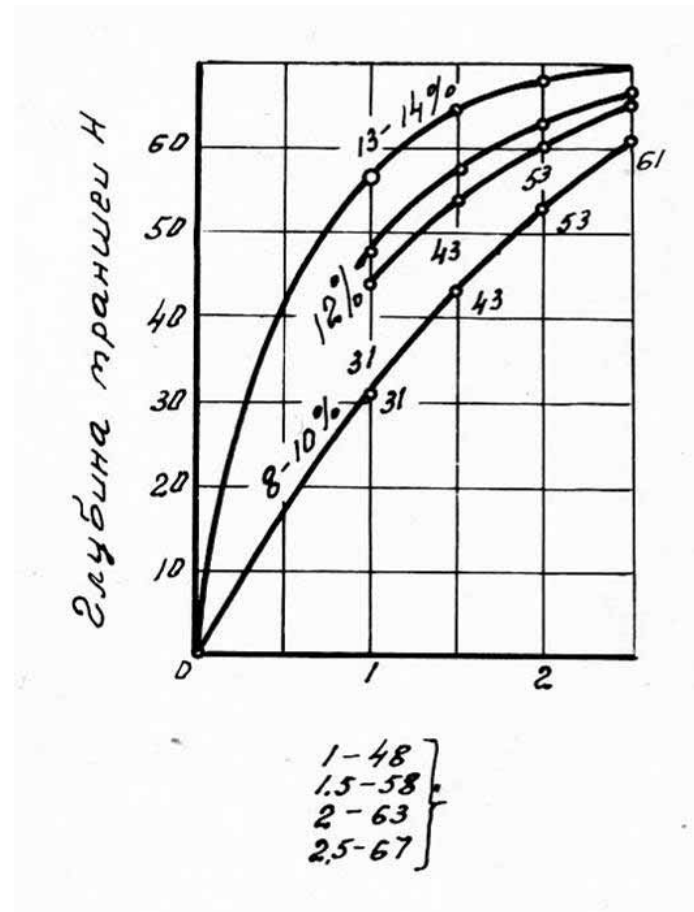


Рис. 4.38. Рабочая схема для расчета плотности уплотненного грунта $\delta_{прив}$, соответствующего величине приведенной влажности $W_{прив} = 12\%$

Таблица 4.24

Отбор 1^a, 1^b, 6^a, 6^b; $H = 0,5$ м; глубина отбора проб 0 см

$\delta_{ск}$, г/см ³	1,37	1,45	1,46	1,50	1,52	1,53	1,55	1,56	1,58	Σ	$\delta_{ск}^{cp}$	σ	3σ	$V\sigma$	R
Частоты, N	1	1	1	3	1	2	1	1	1	12	1,50	0,06	0,18	4,0	0,21
Частоты, %	8,33	8,33	8,33	25,02	8,33	16,67	8,33	8,33	8,33	100					

Глубина отбора проб 20 см

$\delta_{ск}$, г/см ³	1,46	1,48	1,49	1,50	1,51	1,52	1,57	Σ	$\delta_{ск}^{cp}$	σ	3σ	$V\sigma$	R
Частоты, N	1	3	1	1	1	2	1	10	1,50	0,03	0,09	2,0	0,11
Частоты, %	10,0	30,0	10,0	10,0	10,0	20,0	10,0	100					

Глубина отбора проб 40 см

$\delta_{ск}$, г/см ³	1,43	1,44	1,45	1,46	1,47	1,48	1,51	1,53	1,54	1,56	Σ	$\delta_{ск}^{cp}$	σ	3σ	$V\sigma$	R
Частоты, N	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	12	1,48	0,05	0,15	3,38	0,1
Частоты, %	16,68	16,68	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	100					

Глубина отбора проб 60 см

$\delta_{ск}$, г/см ³	1,32	1,38	1,39	1,40	1,41	1,42	1,44	1,45	Σ	$\delta_{ск}^{cp}$	σ	3σ	$V\sigma$	R
Частоты, N	1	2	1	1	2	1	1	2	11	1,40	0,04	0,12	2,86	0,13
Частоты, %	9,09	18,18	9,09	9,09	18,18	9,09	9,09	18,19	100					

Глубина отбора проб 80 см

$\delta_{\text{ск}}, \text{ г/см}^3$	1,33	1,34	1,35	1,36	1,38	1,40	1,43	1,39	Σ	$\delta_{\text{ск}}^{\text{cp}}$	σ	3σ	$V\sigma$	R
Частоты, N	1	3	1	2	2	1	1	1	12	1,37	0,03	0,09	2,19	0,10
Частоты, %	8,33	24,99	8,33	16,68	16,68	8,33	8,33	8,33	100					

Глубина отбора проб 100 см

$\delta_{\text{ск}}, \text{ г/см}^3$	1,28	1,30	1,31	1,35	1,38	1,41	1,44	1,48	1,52	1,66	Σ	$\delta_{\text{ск}}^{\text{cp}}$	σ	3σ	$V\sigma$	R
Частоты, N	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11	1,42	0,10	0,30	7,05	0,38
Частоты, %	9,09	9,09	9,09	9,09	9,09	9,09	9,09	9,09	18,99	9,09	100					

Глубина отбора проб 120 см

$\delta_{\text{ск}}, \text{ г/см}^3$	1,28	1,29	1,30	1,32	1,34	1,35	1,36	1,44	1,45	Σ	$\delta_{\text{ск}}^{\text{cp}}$	σ	3σ	$V\sigma$	R
Частоты, N	1	1	2	1	1	1	2	2	1	12	1,35	0,06	0,18	4,44	0,17
Частоты, %	8,33	8,33	16,67	8,33	8,33	8,33	16,67	16,67	8,33	100					

Глубина отбора проб 40 см

$\delta_{\text{ск}}, \text{ г/см}^3$	1,18	1,20	1,25	1,26	1,31	1,32	1,33	1,42	1,58	Σ	$\delta_{\text{ск}}^{\text{cp}}$	σ	3σ	$V\sigma$	R
Частоты, N	1	1	1	1	2	2	2	1	1	12	1,32	0,10	0,30	7,57	0,40
Частоты, %	8,33	8,33	8,33	8,33	16,68	16,67	16,67	8,33	8,33	100					

4.7. Анализ результатов уплотнения обратной засыпки дренажных траншей при постоянной длине трамбуемого органа

Исследования по уплотнению обратной засыпки, изложенные в разделах 4.4, 4.5, 4.6 выполнялись трамбуемым органом с длиной уплотняющего профиля 0,7 м. Опытные работы выше осуществлялись путем надвижения трамбуемого органа на уплотняемый грунт. Уплотнение производилось за два прохода экспериментальной трамбуемой установки. По каждой из опытных траншей определена плотность уплотненного грунта на различных горизонтах обратной засыпки. Имея в виду некоторые колебания влажности, была произведена интерполяция объемных весов скелета уплотненного грунта к одной величине приведенной влажности $W_{прив}$, принятой равной 12 %. В связи с этим имеется возможность сравнить достигнутое уплотнение на всех опытных траншеях между собой, а также дать оценку уплотняющей способности трамбуемого органа с длиной уплотняющего профиля 0,7 м. Сводный график плотности уплотняющего грунта представлен на рис. 4.39.

Из графика видно, что начальная плотность обратной засыпки находится на уровне 1,2 г/см³. Наиболее уплотненные слои грунта приурочиваются, в основном, к верхней толще обратной засыпки. В нижних слоях плотность грунта сильно падает. Максимальная плотность уплотненного грунта находится в пределах от 1,76 г/см³ в верхних слоях до 1,46 г/см³ в нижних слоях обратной засыпки. Все полученные кривые распределения плотности уплотненного грунта, представленные на сводном графике, варьируют в отмеченных выше пределах. Кривые, примыкающие к левой стороне графика, обозначаются сплошными линиями. Эти кривые соответствуют опытам, в которых использовался 1-тонный трамбуемый орган и высота сбрасывания которого была равна 2 м. Анализ этой группы кривых показывает, что близкое к рекомендуемому распределению плотности уплотненного грунта получено при девяти ударах по одному следу.

Группа кривых, обозначенных штрихпунктирными линиями с точкой, занимают на графике среднее положение. Они соответствуют опытам, в которых режим уплотнения характеризовался постоянной высотой сбрасывания ($H = 2$ м) и постоянным числом ударов по одному следу ($n = 5$). В этих опытах близкое к рекомендуемому распределению плотности грунта получено при использовании 1,5-тонного трамбуемого органа.

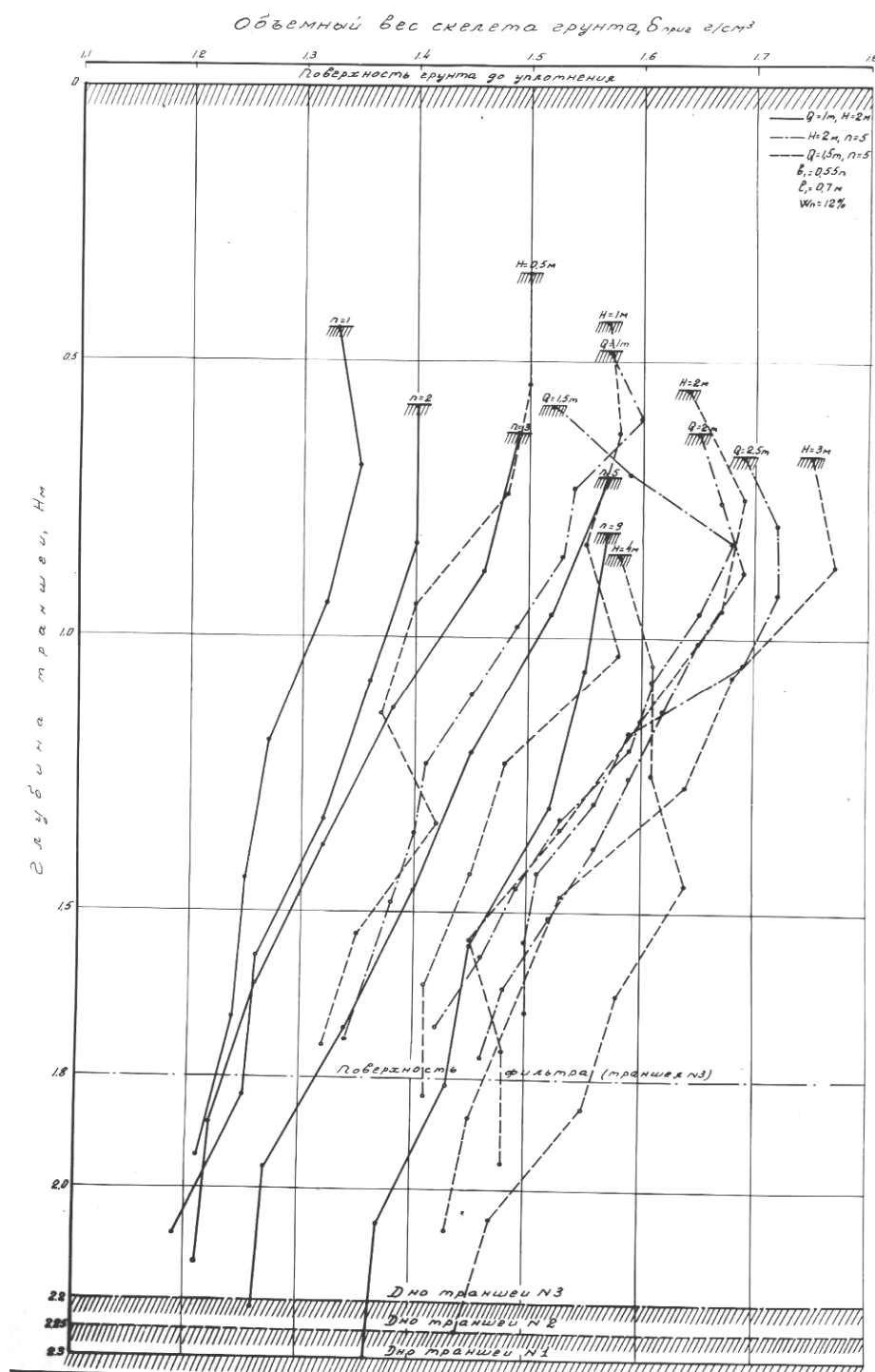


Рис. 4.39. График изменения плотности уплотненного грунта $\delta_{прпл}$ от веса Q , высоты сбрасывания H и числа ударов n трамбующего органа длиной 0,7 м

На правой стороне графика располагается группа кривых, обозначенная штрихпунктирными линиями. Эти кривые соответствуют опытам, в которых использовался 1,5 тонный трамбующий орган и по одному следу наносилось постоянное число ударов ($n = 5$). Здесь близкое к

рекомендуемому распределение плотности уплотненного грунта получено при сбрасывании трамбующего органа с высоты 2–3 м.

Следовательно, в настоящих исследованиях рекомендуемое распределение плотности грунта на различных горизонтах обратной засыпки было получено при различном сочетании параметров Q ; H ; n . В частности, как это видно из предыдущего изложения, практически один и тот же результат получен при таких сочетаниях параметров как $Q = 1$ т; $H = 2$ м; $n = 9$ и $Q = 1,5$ т; $H = 2$ м; $n = 5$.

Дальнейший анализ сводного графика показывает, что значительное увеличение веса трамбующего органа до 2,5 т не дает ощутимого увеличения эффекта уплотнения в связи с резким падением плотности уплотненного грунта с увеличением глубины. Таким образом, чтобы достичь более высокую плотность в нижних слоях, следует не только увеличить вес, но и длину трамбующего органа. Поэтому представляется целесообразным исследовать влияние длины трамбующего органа на уплотнение грунта в траншеях. Окончательный вывод, по вопросу выбора оптимальных параметров Q ; H ; n может быть сделан только с учетом результатов планируемых исследований.

4.8. Исследование влияния длины трамбующего органа при уплотнении грунта обратной засыпки дренажных траншей

При ударном уплотнении толщины прорабатываемого слоя согласно теории распределения напряжений в грунте под жестким штампом определяется геометрическими размерами рабочего органа. Учитывая, что в предыдущих исследованиях использовался один трамбующий орган с размерами в плане 0,7 х 0,55 м, в настоящих исследованиях ставится задача изучить влияние длины трамбующего органа L на глубину и степень уплотнения грунта в траншее. В соответствии с этим поверхностное трамбование обратной засыпки в траншее № 4 осуществлялось трамбуемыми органами с длиной уплотняющего профиля 0,7; 1,05 и 1,4 м, шириной 0,55 м и площадью соответственно 0,385; 0,577 и 0,770 м².

Опытная траншея № 4 имеет следующие габаритные размеры: ширину 0,6 м, глубину 2,2–2,3 м, длину 40 пог. м. Характеристика свойств грунтов в стенках траншеи представлена в таблице (отбор проб произведен в створе шурфа № 4).

Таблица 4.25

Глубина от поверхности, см	Правая стенка траншеи		Левая стенка траншеи	
	Объемный вес скелета грунта, $\delta_{\Gamma}/\text{см}^3$	Влажность грунта весовая, $W\%$	Объемный вес скелета грунта, $\delta_{\Gamma}/\text{см}^3$	Влажность грунта весовая, $W\%$
25	1,5	14	1,41	14
50	1,41	14	1,41	11
75	1,44	11	1,39	10
100	1,5	11	1,44	8
125	1,39	10	1,39	8
150	1,4	11	1,41	9
175	1,39	11	1,39	10
200	1,39	12	1,39	12

Плотность естественного грунта в траншее № 4 находится на том же уровне, что и в предыдущих траншеях, а влажность грунта колеблется в тех же пределах от 8 до 14 %.

Послойная засыпка траншеи осуществлена экскаватором Э-153. После завершения подготовительных работ произведено бурение и отбор проб грунта на влажность.

Послойная влажность насыпного в траншее грунта представлена в таблице 4.26.

Таблица 4.26

Глубина, см \ Весовая влажность	Створ между шурфами				
	7 и 8	8 и 9	9 и 10	10 и 11	11 и концом траншеи
30	12	12	14	15	11
50	11	17	11	11	8
70	12	12	13	11	9
90	10	11	11	18	8
110	10	14	13	18	9
130	10	13	12	13	10
150	11	13	11	12	12
Средняя влажность	11	13	12	15	10

Как видно из таблицы, влажность грунта неравномерно распределяется по глубине. Вместе с тем, что не менее важно, она сильно колеблется в пределах исследованных створов. В связи с тем, что опытные работы проводились в осенний период можно было предполагать, что влажность грунта не упадет за счет испарения воды. Поэтому было принято решение дать месячную выдержку до начала уплотнения, за время которой в результате перераспределения влаги в насыпной толще должно произойти нивелирование влажности по всей глубине уплотняемой засыпки. За месячный период отмечено дополнительное увлажнение грунта обратной засыпки за счет атмосферных осадков. Фактическая влажность грунта при уплотнении засыпки представляется в таблице 4.27. Нумерация слоев произведена, начиная с верхнего слоя. Общая глубина засыпки 2,2 м.

Таблица 4.27

Номер условного слоя	Номер створа										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Весовая влажность грунта в процентах										
1	16	17	16	16	16	17	15	15	16	17	17
2	10	12	11	12	16	13	15	11	13	18	16
3	10	12	12	11	12	16	11	12	10	9	10,5
4	12	11	13	11,5	11	12	14	12	13	13	11
5	13	10,5	13	13	11	–	13	–	13	14	12
6	–	12	–	–	–	–	15	–	15	–	–
Среднее значение по всему слою	12	12	13	13	13	14	14	13	13	14	13

Из таблицы видно, что в результате доувлажнения верхние слои засыпки значительно повысили свою влажность. На поверхности влажность изменяется в пределах от 15 до 17 %. По глубине влажность колеблется весьма значительно. Тем не менее, средняя влажность грунта по всей уплотненной толще изменяется в сравнительно узких пределах от 12 до 14 % и может быть практически принята равной 13 %, т.е. близкой по величине оптимальной влажности используемого грунта.

Трамбование обратной засыпки осуществлялось экспериментальной установкой и экскаватором Э–502 по одиночным следам с одной стоянки ЭТУ. Число ударов по одному следу во всех опытах оставалось равным пяти.

Всего по опытной траншее № 4 утрамбовали 11 одиночных площадок, на каждой площадке из которых на всю глубину засыпки

вскрывался контрольный шурф 1 – 2,2 м в зависимости от длины L трамбуемого органа, которым уплотнена данная площадка. Послойный отбор проб грунта производился по мере отрывки шурфа. Причем по каждому слою пробы отбирались в три ряда через каждые 20 см, по длине траншеи.

Расстояние между смежными следами ударов трамбуемого органа в начальной части траншеи равно 2,5 м. Затем оно было доведено до 5 м и с тем, чтобы исключить влияние уплотняющего воздействия трамбуемого органа при уплотнении смежного участка (рис. 4.40).

Параметры трамбуемого органа и режима уплотнения по всем выполненным опытам представлены в таблице 4.28.

Таблица 4.28

Наименование параметра	Номер опыта (створа или контрольного шурфа)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Длина трамбуемого органа, м	1,4	1,05	1,05	0,7	0,7	1,05	1,05	1,05	0,7	1,4	1,4
Вес трамбуемого органа, т	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,244	2,244	1,5	1,5	1,5	3,0
Высота сбрасывания, м	2,0	2,0	1,5	1,0	2,0	2,0	2,0	1,25	1,0	1,75	2,0

Таким образом, для указанных в таблице значений длины L вес трамбуемого органа в опытах изменялся от 1 до 3 т, а высота сбрасывания – от 1 до 2 м. Причем размер параметров Q и H выбирался, исходя из требуемого изменения удельных параметров трамбования, а именно – статического давления q , работы одного удара a , и импульса одного удара i .

Нужно, кроме того, отметить, что две пары опытов соответственно 4 и 9, а также 6 и 7 дублированы. Это объясняется тем, что в створах № 4 и 7 не было установлено промежуточных реперов в толщине засыпки

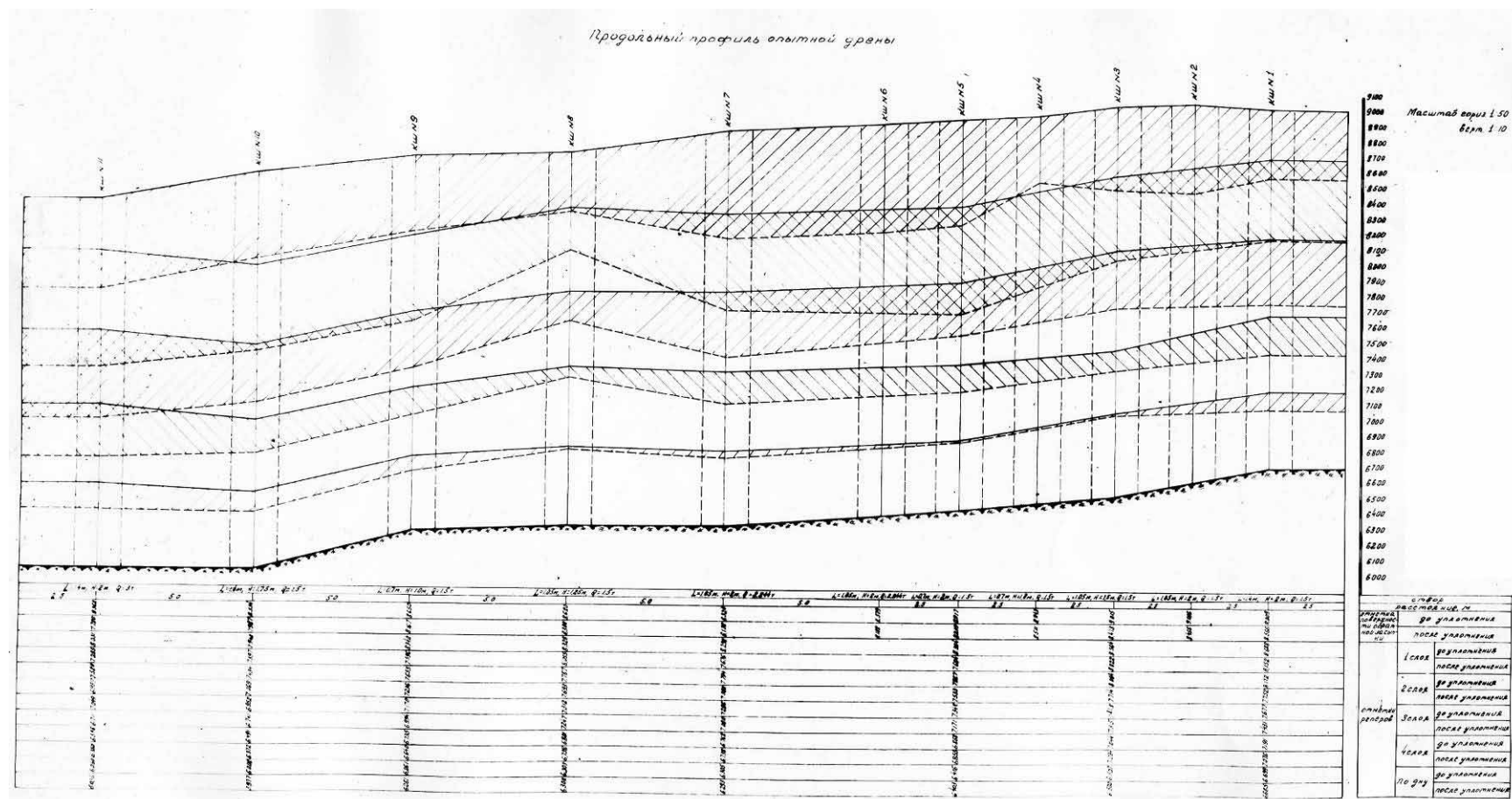


Рис. 4.40. Продольный профиль траншеи № 4

Поударная осадка поверхности уплотняемой засыпки по всем уплотненным площадкам траншеи № 4 представлена в таблице 4.29.

Таблица 4.29

Число ударов по одному следу n	Осадка поверхности, в мм после каждого удара										
	III-1	III-2	III-3	III-4	III-5	III-6	III-7	III-8	III-9	III-10	III-11
1	244	350	330	190	440	484	445	167	250	325	339
2	85	116	80	98	109	84	112	74	86	103	98
3	55	49	60	51	51	47	50	53	65	50	65
4	29	35	39	47	38	47	41	44	41	41	46
5	30	30	33	40	37	29	39	42	41	31	34
Общая осадка после пяти ударов	443	580	542	426	675	691	687	380	483	550	582

Из таблицы видно, что общая осадка поверхности уплотняемого грунта после пяти ударов трамбующего органа колеблется в широких пределах от 380 до 691 мм. Причем максимальная осадка поверхности равная 691 мм, достигнута при использовании трамбующего органа длиной $L = 0,7$ м.

Анализировать результаты одновременно всех выполненных опытов не представляется возможным. Очевидно, что рассмотрение опытов на траншее № 4 целесообразно производить по сериям, в каждой из которых один из изученных параметров изменяется в требуемых пределах, а остальные параметры остаются при этом постоянными. В каждой серии объединяется три опыта. В представляемой ниже таблице выделяются три серии опытов, которые вскрывают влияние длины трамбующего органа на уплотнение грунта в траншее.

Первая серия объединяет 1,2 и 5 опыты. Уплотнение производилось 1,5-тонным трамбующими органами. Высота сбрасывания трамбующих органов оставалась во всех опытах постоянной ($H = 2$ м). Длина L трамбующего органа соответственно была равна 1,4; 1,05 и 0,7 м.

Опыты данной серии проводились практически при одинаковой влажности грунта: на поверхности она изменялась в пределах 16–17 %, а средняя ее величина по всей глубине засыпки составляла 12–13 %.

Анализ достигнутого уплотнения, который представлен на рис. 4.41, показывает, что вне зависимости от длины L при постоянном весе трамбующего органа в верхнем слое достигается практически одна и та же плотность $1,52\text{--}1,53 \text{ г/см}^3$. В то же время, при данных конкретных параметрах Q и H наиболее близкое к требуемому распределение плотности уплотненного грунта по глубине, получено при длине L трамбующего органа $0,7 \text{ м}$. При L равной $1,05 \text{ м}$ и тем более $1,4 \text{ м}$ плотность в нижних слоях засыпки опускается ниже минимального уровня, установленного ранее. Таким образом, при весе равным $1,5 \text{ т}$, только трамбующий орган, длиной $0,7 \text{ м}$ удовлетворяет поставленной задаче.

Обращает на себя внимание резкое падение плотности уплотненного грунта с глубиной, которое получено в опыте № 1. Вызывается это, в основном, недостаточностью веса трамбующего органа. Вследствие этого при использовании трамбующего органа, длиной $1,4 \text{ м}$, более четко выделяется так называемое «ядро уплотнения», чем в опытах, в которых применялись трамбующие органы, длиной $1,05$ и $0,7 \text{ м}$

Этот вывод подтверждается, кроме того, результатами пенетрационных исследований. При зондировании площадки, уплотненной трамбующим органом, длиной $1,4 \text{ м}$, потребовалось нанести 19 ударов по пенетрометру ДИИТ-4, чтобы погрузить конус на 10 см в наиболее уплотненной зоне засыпки. При длине трамбующего органа $1,05 \text{ м}$ число ударов не превышает 13 , а при длине $0,7 \text{ м}$ – 11 .

Таблица 4.30

Номер серии	I			II			III		
Номер опыта	1	2	5	1	3	9	11	7	5
Длина трамбуемого органа, м	1,4	1,05	0,7	1,4	1,05	0,7	1,4	1,05	0,7
Высота сбрасывания трамбуемого органа, м	2,0			2,0	1,5	1,0	2,0		
Вес трамбуемого органа, т	1,5			1,5			3,0	2,244	1,5
Удельное статическое давление, кг/см ²	0,195	0,26	0,39	0,195	0,26	0,39	0,39		
Удельная работа одного удара, кг.м/м ²	3900	5200	7800	3900			7800		
Удельный импульс одного удара, кг.сек/см ²	0,121	0,161	0,242	0,121	0,141	0,175	0,242		

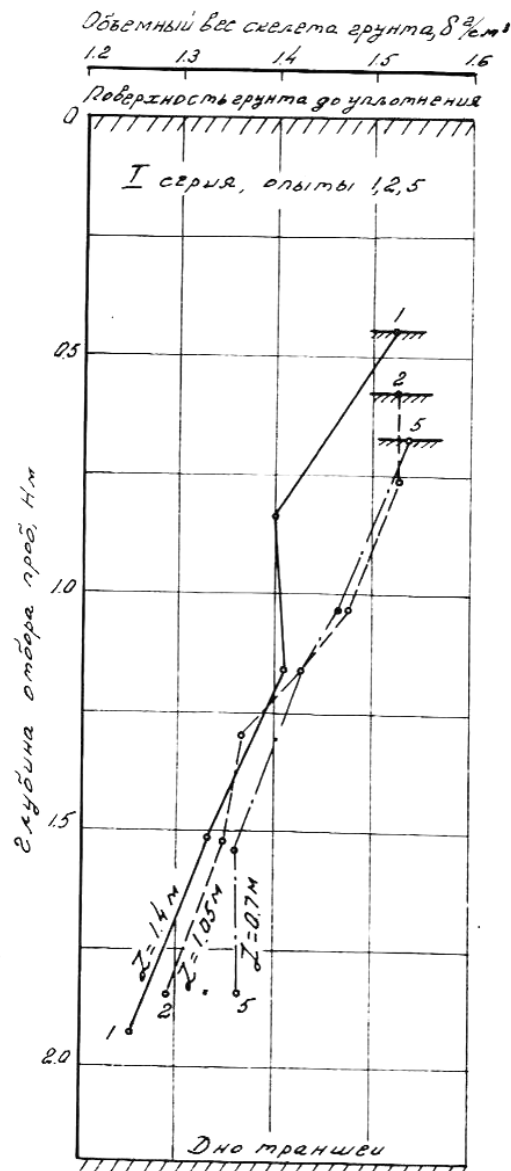


Рис. 4.41. График изменения плотности уплотненных грунтов $\delta_{оср}$ от длины трамбующего органа L при $Q = 1,5\text{ м}$, $H = 2\text{ м}$, $n = 5$

Очевидно, что для формирования требуемой плотности в различных частях засыпки необходимо перемещать или заглублять «ядро уплотнения». При длине трамбующего органа 1,4 м вес, равный 1,5 м, оказался явно недостаточным, чтобы осуществить такое заглубление. Вследствие этого плотность в нижних слоях засыпки опустилась до $1,25\text{ г/см}^3$.

Таким образом, можно заключить, что для достижения требуемой плотности на различных горизонтах обратной засыпки необходимо одновременно с увеличением длины произвести соответствующее

увеличение веса трамбуемого органа. Дальнейшие исследования по данному вопросу будут рассмотрены ниже.

Максимальную осадку поверхности засыпки дает трамбующий орган, длиной 0,7 м. Осадка достигает 675 мм. При использовании трамбуемого органа длиной 1,4 м осадка снижается до 443 мм и, следовательно, увеличение длины трамбуемого органа в два раза на одну треть снижает величину осадки поверхности (рис. 4.42).

Характер деформации поверхности уплотняемой засыпки полностью подтверждает полученное изменение плотности уплотненного грунта по глубине (рис. 4.41). Кривые деформации поверхности в зависимости от длины трамбуемого органа имеют идентичный характер; различие состоит лишь в абсолютных величинах осадки уплотненной поверхности (рис. 4.42).

Следует, в заключение, отметить, что результаты пенетрационных исследований, выполненные с однократной повторностью, не позволили объективно оценить общий эффект уплотнения на сравниваемых площадках. Чтобы погрузить конус пенетromетра ДИИТ–4 через уплотненную толщу засыпки, глубиной 1,3 м, потребовалось произвести 91 удар на участке уплотненным трамбуемым органом длиной $L = 1,4$ м, 88 ударов при $L = 1,05$ м и 93 удара при $L = 0,7$ м.

Причиной отмеченного несоответствия является, по-видимому, колебания влажности грунта, которые существенно влияют на потребное число ударов для погружения пенетromетра.

Основным выводом из первой серии опытов на траншее № 4 является то, что при весе 1,5 т и высоте сбрасывания 2 м оптимальным с точки зрения получения требуемого эффекта в нижних слоях уплотняемой засыпки является трамбуемый орган, длиной 0,7 м.

Вторая серия объединяет 1,3 и 9 опыты (таблица 4.30). Здесь несколько по-иному изменилась влажность уплотняемого грунта. В верхних слоях она была практически одинаковой ($W = 16\%$), но в то же время средняя влажность по всей глубине засыпки в опыте № 1 составляла 12 %, а в опытах № 3 и 9 – 13 %.

В рассматриваемой серии опытов изменялись не только длина трамбуемого органа от 0,7 до 1,4 м, но также и высота его сбрасывания от 1 до 2 м. Вес трамбуемого органа во всех опытах оставался постоянным ($Q = 1,5$ т). Благодаря такому сочетанию отмеченных параметров, во-первых, обеспечивалось постоянство удельной работы одного удара ($q = 3900$ кг.м/м²) и, во-вторых, с уменьшением длины трамбуемого органа увеличивался удельный импульс удара – i . В рассматриваемой

серии опытов было достигнуто полуторократное изменение указанного показателя (от 0,121 до 0,175 кг.с/см²).

Сразу же следует отметить, что исследования подтвердили, что эффект уплотнения грунта находится в прямой зависимости от удельного импульса: чем больше импульс, тем выше плотность уплотненного грунта (рис. 4.43). По характеру изменения плотности уплотненного грунта можно сделать заключение, что при удельном импульсе удара 0,175 кг.с/см² трамбующий орган с длиной уплотняющего профиля 0,7 м обеспечивает одновременно получение в толще засыпки противофильтрационного экрана, толщиной 0,6 м, и достижение в нижних слоях засыпки плотности 1,37 г/см³.

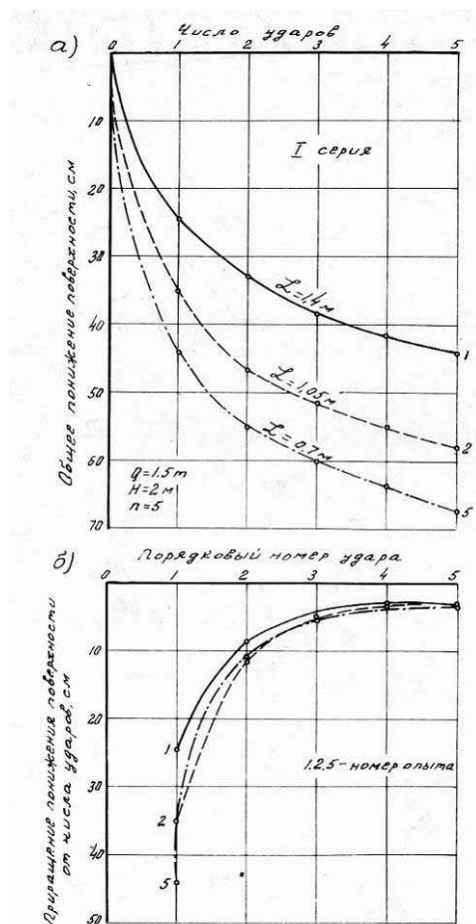


Рис. 4.42. Графики зависимости общей деформации (а) и приращения понижения поверхности (б) от числа ударов при изменении длины трамбующего органа L от 0,7 до 1,4 м

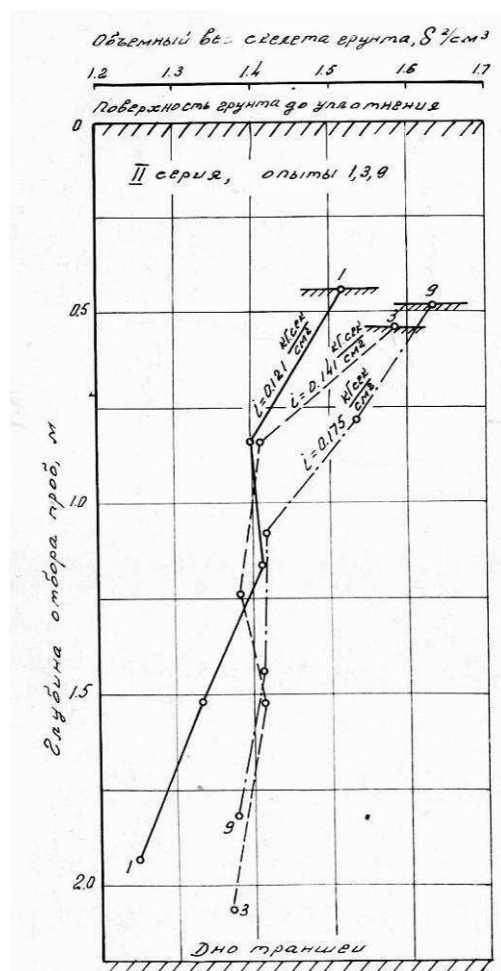


Рис. 4.43. График изменения плотности уплотненного грунта $\delta_{оср}$ от удельного импульса удара i при $Q = 1,5$ м, $n = 5$ и $a_{уд} = 3900$ кГм/м²

С увеличением удельного импульса удара от 0,121 до 0,141 кг.с/см² установлен рост осадки поверхности засыпки с 443 до 542 мм (рис. 4.44), а затем с увеличением указанного показателя от 0,141 до 0,175 кг.с/см² наблюдается снижение осадки поверхности с 542 до 483 мм. Причиной отмеченного расхождения, на наш взгляд, являются явления разрыхления поверхностного слоя при трамбовании грунта.

Этот вывод подтверждается результатами послойной деформации грунта, установленной по осадке промежуточных размеров реперов (рис. 4.39). Характер изменения деформации отдельных слоев уплотняемой засыпки представлен в таблице 4.31.

Таблица 4.31

Номер серии	Номер опыта	Основные параметры	Глубина залегания слоя, м	Толщина слоя, мм		Коэффициент уплотнения Ку.пл	Средняя величина Ку.пл
				до уплотнения	после уплотнения		
II	1	$L = 1,4\text{ м}$ $H = 2\text{ м}$ $Q = 1,5\text{ т}$	поверх	321	404	0,8	1,2
			0,5	516	410	1,26	
			1,0	495	321	1,54	
			1,5	486	355	1,37	
			2,0	491	411	1,19	
II	3	$L = 1,05\text{ м}$ $H = 1,5\text{ м}$ $Q = 1,5\text{ т}$	поверх	451	451	1,00	1,29
			0,5	440	308	1,43	
			1,0	640	399	1,60	
			1,5	400	281	1,42	
			2,0	538	534	1,01	
II	9	$L = 0,7\text{ м}$ $H = 1,0\text{ м}$ $Q = 1,5\text{ т}$	поверх	508	371	0,89	1,32
			0,5	489	300	1,63	
			1,0	483	302	1,60	
			1,5	435	354	1,23	
			2,0	474	379	1,25	

Из таблицы видно, что в опытах № 1 и 9 наблюдалось разуплотнение грунта в верхнем слое. Коэффициент уплотнения соответственно равен 0,8 и 0,89. В то же время в опыте № 3 коэффициент уплотнения грунта в этом же слое оказался равным 1. Отмеченное и явилось, на наш взгляд, одной из важных причин незакономерного изменения общей осадки поверхности уплотняемой засыпки в зависимости от удельного импульса удара (рис. 4.44).

Можно привести еще один важный довод в целях обоснования достоверности данных, представленных на графике рис. 4.43. Максимальная плотность грунта достигнута в опыте № 9. В этом же опыте, согласно таблице 4.31, получен наибольший коэффициент уплотнения, равный 1,32.

Вместе с тем, нам представляется, необходимым дополнительно проанализировать распределение плотности в уплотненной засыпке. Из рис. 4.43 видно, что в верхних слоях плотность оказалась равной в опыте № 1 – $1,52\text{ г/см}^2$, опыте 3 – $1,58\text{ г/см}^2$ и опыте 9 – $1,64\text{ г/см}^2$.

Следовательно, достигаемая на поверхности плотность зависит не только от веса трамбуемого органа, который во всех опытах оставался неизменным, но также от высоты сбрасывания трамбуемого органа. Чем выше высота сбрасывания (в исследованных пределах от 1 до 2 м), тем ниже плотность уплотненного грунта в верхних слоях обратной засыпки.

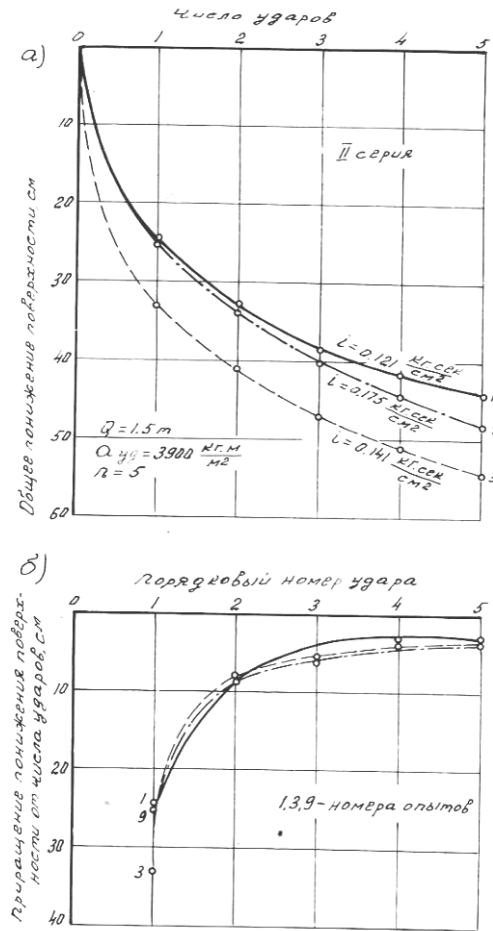


Рис. 4.44. Графики зависимости общей деформации (а) и приращения понижения поверхности (б) от числа ударов при изменении удельного импульса удара от 0,121 до 0,175 кг.сек/см²

В нижних слоях обращает на себя внимание резкое снижение плотности в опыте № 1, что, как указывалось выше, явилось результатом недостаточности веса трамбующего органа. В нижних слоях засыпки наблюдается равенство плотности уплотненного грунта в опытах № 3 и 9. Таким образом, данная серия опытов также свидетельствует о том, что оптимальной с точки зрения достижения требуемого эффекта при весе $Q = 1,5$ т является трамбуемый орган длиной 0,7 м. Вместе с тем данная серия опытов позволила выявить характер распределения плотности уплотненного грунта в траншее при изменении не только длины трамбующего органа, но и высоты его сбрасывания.

Третья серия объединяет опыты 5, 7 и 11 (табл. 4.30). В противоположность предыдущей серии здесь высота сбрасывания трамбующего органа во всех опытах оставалась постоянной ($H = 2$ м), а вес трамбующего органа изменялся от 1,5 до 3 т. Благодаря этому при изменении длины трамбующего органа от 0,7 до 1,4 м обеспечивалось

постоянство удельной работы удара ($q = 7800 \text{ кг.м/м}^2$) и удельного импульса удара ($i = 0,242 \text{ кг.с/см}^2$) и появлялась возможность оценки влияния изменения веса трамбуемого органа на эффективность уплотнения обратной засыпки в траншее.

Опыт 11 убедительно показал, что трамбующий орган, длиной 1,4 м также способен уплотнять до требуемой плотности обратную засыпку. Вес трамбуемого органа для этого должен быть доведен до 3 т. В ряде случаев, это может оказаться неприемлемым при проектировании новой уплотняющей машины.

Совместное рассмотрение всех опытов данной серии показывает, что при одинаковом значении удельного импульса и удельной работы удара эффект уплотнения оказался весьма близким. Некоторое предпочтение может быть отдано 3-тонному трамбуемому органу длиной 1,4 м. При использовании данного трамбуемого органа плотность грунта в верхнем слое достигает $1,5 - 1,6 \text{ г/см}^3$, а в нижнем слое засыпке не опускается ниже $1,37 \text{ г/см}^3$. Несколько ниже результаты получены при использовании трамбуемых органов меньшей длины. Причем, как это видно из рис. 4.45, изменение плотности в опытах 5 и 7 на отдельных участках является идентичным. Некоторые различия в величинах плотности имеются главным образом, в верхних и нижних слоях. Более близкое к рекомендуемому (рис. 4.2) получено распределение плотности в верхнем слое в опыте 7, в котором использован трамбуемый орган длиной 1,05 м, и в нижнем слое в опыте 5, в котором использован трамбуемый орган длиной 0,7 м. Об идентичности уплотнения в опытах 5 и 7 свидетельствуют также результаты поударной осадки поверхности засыпки (рис. 4.46). Значительное снижение осадки поверхности в опыте № 11, в котором использован 3 – тонный трамбуемый орган объясняется тем, как уже об этом отмечалось, разрыхлением верхнего слоя грунта. Характер распределения деформации грунта в данном опыте представлен ниже.

Таблица 4.32

Номер серии	Номер опыта	Основные параметры	Глубина залегания слоя, м	Толщина слоя, мм		Коэффициент уплотнения	
				до уплотнения	после уплотнения	Купл	Кср.упл
III	2	$L = 1,4 \text{ м}$ $H = 2 \text{ м}$ $Q = 3 \text{ т}$	поверх	331	495	0,67	1,41
			0,5	510	326	1,56	
			1,0	472	248	1,90	
			1,5	503	331	1,52	
			2,0	486	344	1,41	

Таким образом, данная серия опытов позволяет судить о распределении плотности уплотненного грунта в траншее при изменении таких важных параметров, как длина и вес трамбующего органа.

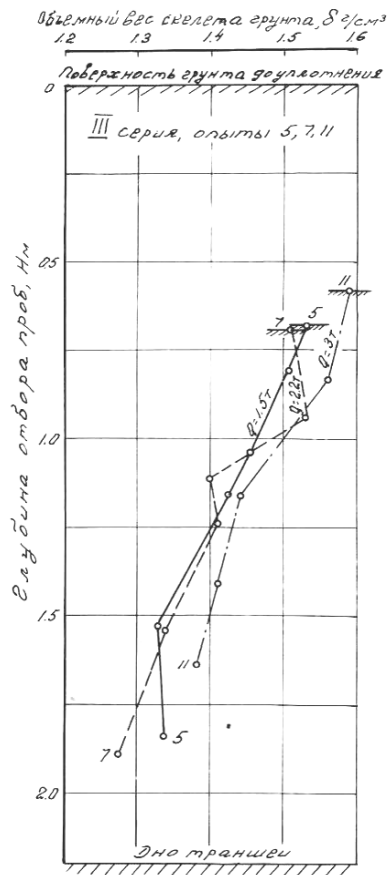


Рис. 4.45. График изменения плотности уплотненного грунта $\delta_{сер}$ от веса трамбующего органа при $H = 2$ м, $n = 5$ и $i = 0,245$ кг.с/см²

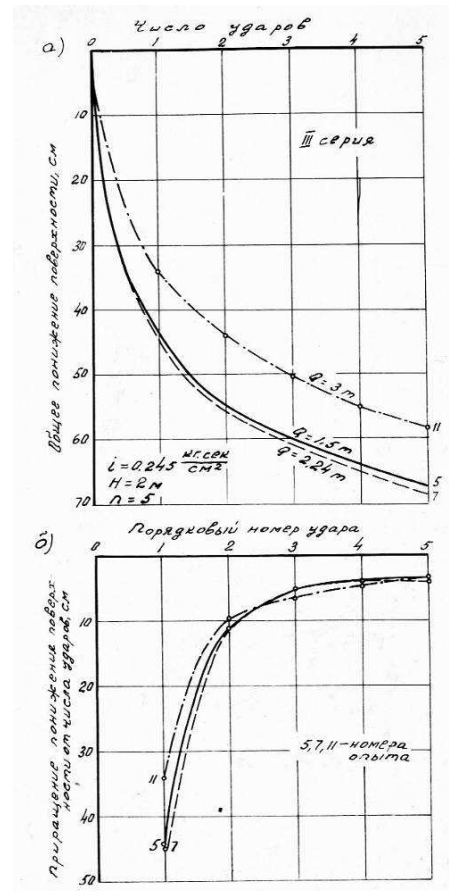


Рис. 4.46. Графики зависимости общей деформации (а) и приращения понижения поверхности (б) от числа ударов при изменении веса трамбующего органа от 0,15 до 3 т

4.9. Рекомендации по выбору параметров рабочего органа и режима работы грунтоуплотняющей машины для уплотнения обратной засыпки дренажной траншеи

Для достижения требуемого распределения плотности уплотненного грунта на различных горизонтах обратной засыпки необходимо установить оптимальные параметры, прежде всего, самого трамбующего органа, а

затем режима его работы и, наконец, обеспечить близкую к оптимальному значению влажность грунта. Выполненные исследования позволяют сделать ряд рекомендаций по указанным выше вопросам.

Как уже отмечалось в разделе, освещающем методику проведения исследований (4.3), они разделяются на три цикла. Первый цикл относится к исследованиям, выполненным трамбуемым органом с длиной уплотняющего профиля 0,7 м. Этот цикл исследований проведен полно и его результаты освещены в разделах 4.4-4.8.

Второй цикл исследований посвящен установлению оптимальной длины трамбуемого органа для конкретных условий уплотнения обратной засыпки в траншеях шириной 0,6 м. Результаты этих исследований освещены в предыдущем разделе.

Предусмотренный третий цикл исследований, посвященный изучению взаимодействия трамбуемого органа с уплотняемой засыпкой, в настоящей главе не рассматривается.

К числу наиболее важных параметров трамбуемого органа для уплотнения грунта в траншеях относятся вес – Q и длина уплотняющего профиля – L . Анализ достигнутого уплотнения показывает, что вне зависимости от длины L при одинаковом весе Q в верхней зоне достигается практически одна и та же максимальная плотность, например, при использовании полутонного трамбуемого органа указанная плотность находится на уровне 1,52–1,53 г/см³, а при трехтонном трамбуемом органе она достигает 1,6 г/см³ и выше.

Однако при постоянном весе трамбуемого органа изменение длины уплотняющего профиля существенно влияет на распределение плотности уплотненного грунта в нижних слоях обратной засыпки. Чтобы плотность уплотненного грунта в нижних слоях засыпки не опускалась ниже минимального уровня необходимо для каждого конкретного веса Q ограничить длину уплотняющего профиля трамбуемого органа. Выполненные исследования показывают, что в конкретных условиях засыпки при полутонном трамбуемом органе оптимальное значение длины L составляет 0,7 м, а при трехтонном трамбуемом органе оптимальное значение длины достигает 1,4 м. Таким образом, увеличение в два раза веса приводит к соответствующему двукратному увеличению длины уплотняющего профиля трамбуемого органа.

Исследования, выполненные при одинаковых значениях удельного импульса и удельной работы удара показывают, что общий эффект уплотнения по всей глубине засыпки остается весьма близким, несмотря на использование трамбующих органов различного веса. С точки зрения достижения рекомендуемого распределения плотности уплотненного грунта на различных горизонтах обратной засыпки некоторое

предпочтение следует отдать трехтонному трамбующему органу. Однако, с целью снижения общего веса уплотняющего оборудования и возможности его навески на мобильное шасси серийного производства более целесообразным следует считать использование полутонного трамбующего органа с длиной уплотняющего профиля 0,7 м.

Регулировать в определенных пределах распределение плотности уплотненного грунта можно путем изменения параметров, определяющих режим работы трамбующей машины. Исследования показывают, что с ростом числа повторностей приложения ударной нагрузки повышается плотность уплотненного грунта в верхних слоях засыпки и, наряду с этим, увеличивается глубина проработки грунтового слоя. Увеличение высоты сбрасывания трамбующего органа также ведет к аналогичному росту плотности грунта в верхних слоях засыпки. После достижения определенного предела увеличение числа ударов, а также увеличение высоты сброса, приводит к противоположному явлению – снижению плотности в верхних слоях и увеличению плотности в нижних слоях, что свидетельствует о перемещении «ядра уплотнения» вниз.

Анализ достигнутого уплотнения показывает, что для достижения требуемой плотности на различных горизонтах обратной засыпки полутонный трамбуемый орган необходимо пять раз сбрасывать с высоты 2–3 м. При влажности уплотняемого грунта, близкой к оптимальной, высоту сбрасывания трамбуемого органа можно принять равной 2 м, а при влажности на 3–5 % ниже оптимальной – 3 м. показатели качества уплотнения при более значительном снижении влажности грунта следует признать неудовлетворительными.

Выводы

На основании выполненных исследований дана рекомендация для разработки технических требований на грунтоуплотнительные машины для дренажного строительства. Машина должна производить уплотнение насыпного слоя грунта толщиной 2,25 м, и в траншеях шириной 0,6 м при влажности грунта близкой к оптимальной, но не менее, чем на 3–5 % ниже оптимальной.

Рабочий орган трамбуемой машины должен обеспечить создание направленных ударов по поверхности уплотняемой засыпки. Машина должна производить трамбование при непрерывном движении, нанося за один проход требуемое число ударов по одному следу. После прохода машины в верхней зоне засыпки должен быть создан уплотненный слой, толщиной 0,5–0,7 м, с плотностью не ниже 1,5 г/см³. В нижних слоях

засыпки машина должна обеспечить получение плотности не ниже $1,35 \text{ г/см}^3$.

На основании выполненных исследований рекомендуется оборудовать трамбуемую машину 1,5-тонным рабочим органом с длиной уплотняющего профиля 0,7 м. Рабочий орган рекомендуется сбрасывать с высоты 2–3 м. Рабочая скорость перемещения машины должна быть равна 80 пог. м/час, что соответствует пяти ударам по одному следу. Эксплуатационная производительность должна составлять 60 пог. м дренажа за час работы.

Полученные результаты легли в основу для дальнейших разработок автором технических требований на грунтоуплотняющую машину, согласования и утверждения в соответствующих министерствах и ведомствах и рекомендации для включения в перспективную «Систему машин».

Литература:

1. Механика грунтов, основания и земляные сооружения / Г.П. Чеботарев // перевод с английского: Изд. Литература по строительству – Москва, 1968.
2. Дорожные машины. Теория, конструкция и расчет / под ред. Н.Я. Хархуты // Изд. «Машиностроение» - Ленинград, 1968.
3. Машины для земляных работ. Теория и расчет / под ред. А.А. Бромберга // Гос. научно-техническое изд-во машиностроительной литературы – Москва, 1959.
4. Уплотнение грунта / М.Д. Моррис // перевод с английского: библиотека САНИИРИ – машинопись.
5. Arthur Casagrande, American Society of Civil Engineers Transaction paper – 235 p.
6. Технология и механизация уплотнения грунта в траншеях при строительстве закрытого дренажа / НТО САНИИВПиГ АНУзССР: Архив САНИИРИ, машинопись, - Ташкент, 1960.
7. Кулачковый каток / У.Ю. Пулатов, В.Н. Бердянский // авт. свидетельство на изобретение.
8. Методы уплотнения грунтов / Н.А. Цытович // Генеральный доклад: Материалы IV Всесоюзного совещания по закреплению и уплотнению грунтов – Тбилиси, 1954.
9. Повышение устойчивости земляного полотна / Н.Я. Хархута // Перспективная методическая программа научно – исследовательских работ, выполняемых Лен. филиалом СоюзДорНИИ: Архив СоюзДорНИИ, 1963.
10. Динамическое взаимодействие трамбуемой плиты с уплотняемым грунтом / Дидух Б.И.// Инженерно-физический журнал, - Москва, 1962 - № 2.
11. Устойчивость и уплотнение дорожных насыпей/ Н.Я. Хархута, Ю.М. Васильев // Автотрансиздат – Москва, 1964.
12. Определение основных параметров трамбуемых машин для уплотнения грунтов / М.П. Костельов, Н.Я. Хархута // ж. «Строительные и дорожные машины» – Москва, 1969 – № 11.
13. Механизация уплотнения грунта обратной засыпки при строительстве закрытого горизонтального дренажа / НТО САНИИВПиГ АНУзССР: Архив САНИИРИ – Ташкент, 1964.

14. Устойчивость закрытого горизонтального дренажа в Голодной степи / Э.М.Островский, А.А. Дядик // ж. «гидротехника и мелиорация» – Москва, 1966 – № 6.
15. Грунты. Методы лабораторного определения объемного веса / ГОСТ 5182–64.
16. Распределение напряжений, деформаций и плотности в грунте при уплотнении насыпей трамбуемыми плитами / Л.М. Бобылев// ж. «Основание, фундаменты и механика грунтов» – Москва, 1963 – № 6.
17. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов / Е.Г. Чамовский// Изд-во «Недра» – Москва, 1966.
18. Механизация грунтоуплотнительных работ при строительстве внутрихозяйственной оросительной сети / У.Ю. Пулатов, Э.М. Островский, Ф.Ф.Беглов // Механизация хлопководства: научно-технический сборник – Ташкент, 1968 – № 6 (104), стр. 9–12.
19. К вопросу использования дизель – трамбующих машин в водохозяйственном строительстве /Ф.Ф. Беглов, Э.М. Островский // сб. тезисов докладов XX республиканской научно-технической конференции по сельскому и водному хозяйству УзССР – Ташкент: ТИИМСХ, 1968 – стр. 312–313.
20. Вопросы упрочнения грунтов в траншеях горизонтального дренажа / У.Ю.Пулатов, Э.М. Островский, Ф.Ф.Беглов, А.Аббарходжаев, Э.Н. Афанасьев // сб. тезисов докладов Всесоюзной научно-технической конференции по механизации водохозяйственных работ в орошаемых районах СССР – Ташкент: ЦП и РП НТО СХ, ММВХ СССР и УзССР, САНИИРИ, 1969 – стр.74– 6.
21. Исследование способа упрочнения обратных засыпок в дренажных траншеях трамбованием / У.Ю.Пулатов, Э.М. Островский, Ф.Ф. Беглов, Э.Н. Афанасьев // тезисы доклада межреспубликанского совещания по вопросам эффективности закрытых дренажных систем – Ашхабад: АН Туркменской ССР, Институт пустынь, ММВХ СССР, Каракумстрой, ТуркменНИИГиМ, 1970
22. Определение оптимальных параметров и режимов трамбования грунта в траншеях закрытых дренажей для разработки технических требований на специальные грунтоуплотняющие машины / У.Ю. Пулатов, Э.М. Островский, Ф.Ф. Беглов // Механизация водохозяйственных работ, автоматизация гидромелиоративных систем: сб.трудов САНИИРИ – Ташкент, 1972 – вып.131 – с.20–30.
23. К разработке технических требований на машины для уплотнения грунта в траншеях закрытых дренажей /Ф.Ф. Беглов// сб. тезисов докладов Республиканской научно-технической конференции молодых ученых и специалистов водного хозяйства: ММВХ СССР, ЦК ЛКСМ Уз, САНИИРИ, УзРП НТО СХ – Ташкент, 1973 – с.112–113.
24. Упрочнение грунтов в траншеях закрытого горизонтального дренажа трамбованием / Ф.Ф. Беглов // Закрепление и уплотнение грунтов в строительстве: сб. тезисов докладов к IX Всесоюзному научно-техническому совещанию – Москва: Стройиздат, 1978 – с.265–266.

Глава V. Разработка и совершенствование средств механизации для строительства закрытых горизонтальных дрен различными способами

Как показали исследования, закрытая коллекторно–дренажная сеть в зоне орошения признана прогрессивным техническим решением для мелиорации земель, подлежащих сельскохозяйственному использованию. Больше половины дренажа строится комплексно – механизированным способом, с использованием специализированных машин – дреноукладчиков. Вместе с тем, отсутствуют совершенные конструкции специализированных машин с автоматическим управлением для подготовки базовых поверхностей с заданным уклоном, дреноукладчики с активным роющим органом для работы в неустойчивых грунтах при высоком уровне грунтовых вод и дреноукладчики с пассивным рабочим органом и автоматическим управлением, траншеезасыпатели с одновременным упрочнением и оструктуриванием грунта, грунтоуплотняющие машины для траншей, приборы для контроля качества укладки дренажной линии и диагностики ее состояния после строительства и в процессе эксплуатации. Необходимо продолжить работы по созданию прогрессивных конструкций керамических и др. дренажных трубопроводов, искусственных фильтров эффективных конструкций и схем дренажа полей и агроучастков, особенно в равнинной местности.

Исследования показали, что выбор способа строительства закрытого горизонтального дренажа обуславливается его конструкцией, гидрогеологическими и грунтовыми условиями конкретного объекта. Однако, еще не разработаны достаточно обоснованные критерии выбора способа прокладки дренажа в зоне орошения.

Как показали исследования в устойчивых грунтах, закрытые дрены различных конструкций могут строиться любым известным способом. Но наиболее рациональный из них – траншейный способ с комплексно–механизированным процессом строительства с использованием дреноукладчика с активным и пассивным роющим органом.

При этом используют два основных способа обеспечения проектного уклона при строительстве дрены. Первый – с точной подготовкой пути дреноукладчика по уклону дрены и укладка ее на неизменяемую глубину. Второй – с грубой подготовкой пути дреноукладчика и укладка дрены с непрерывным точным регулированием глубины. Оба варианта, видимо, будут использованы и в перспективе, но они требуют совершенствования. Для первого необходима специализированная машина для планировки

полосы с точным выдерживанием продольного профиля, для второго – надежные системы выдерживания заданного цикла.

Дреноукладчики для устойчивых грунтов, выполняющие укладку керамических труб с круговым песчано–гравийным фильтром, должны совершенствоваться в направлении дальнейшей механизации процесса укладки и автоматизации контроля этого процесса. Они должны быть оснащены специальными устройствами для создания принудительного непрерывного осевого напора для стыковки дренажных труб и контроля качества.

Необходима разработка способа качественной укладки коротких дренажных труб с высокой гарантией качества исполнения. Заслуживает внимание создание дреноукладчика, обеспечивающего укладку дренажной линии в ложе, ширина которого будет регулироваться соответственно диаметру дренажных труб. Техническое решение этой проблемы, очевидно, воплотится в двух типах конструкций дреноукладчиков: универсальной – предназначенной для укладки определенного ряда диаметров труб, и узкоспециализированных, где каждая машина – только для одного диаметра труб. Узкоспециализированный тип дреноукладчиков на наш взгляд найдет широкое применение для укладки закрытых дрен из пористых труб и блоков без фильтрующей обсыпки, а также пластмассовых труб с защитой их фильтром из естественных или искусственных волокнистых материалов.

Рассматривая зону строительства с неустойчивыми грунтами в аридной зоне, следует различать четыре их типа:

- I. неустойчивые грунты естественной влажности, когда стенка траншеи обрушивается сверху, но не на всю глубину ее в виде единичных последовательных обвалов;
- II. неустойчивые сухие грунты, когда осыпаются стенки траншеи непрерывно вслед за ее вскрытием;
- III. неустойчивые обводненные грунты, когда стенка траншеи на локальном участке обрушивается сразу на всю глубину; происходит это в виде сброса накопившейся в процессе вскрытия траншеи определенной массы грунта, вес которой превышает силы сцепления его;
- IV. неустойчивые обводненные грунты, когда грунт из стенки траншеи оплывает вслед за вскрытием его (5.4).

В неустойчивых грунтах, на наш взгляд, должны строиться закрытые дрены, конструкция трубопровода которых надежно защищена от продольных и поперечных смещений. Работы могут производиться траншейным способом: с частично–механизированным процессом и

предварительным понижением горизонта грунтовых вод открытым водоотливом и с комплексно–механизированным процессом с помощью дренаукладчиков с активным или пассивным роющим органом.

Необходимо совершенствовать дренаукладчики для неустойчивых грунтов двух типов: с основным роющим органом в виде режущей цепи и с непрерывным заполнением траншеи водным раствором грунта для создания сбалансированного давления на ее стенки и с пассивным роющим органом. Первые дренаукладчики можно применять в грунтах I–III типов неустойчивости, а вторые – I–IV типов неустойчивости. Для уверенной и надежной работы первых дренаукладчиков предстоит совершенствование цепного роющего органа, особенно в части надежности и износостойкости его в водно–грунтовой массе (5.4).

Преимущества дренаукладчиков с пассивным роющим органом значительны в условиях неустойчивых грунтов. Применение этих машин ставит ряд новых задач и в первую очередь – надежное и точное выдерживание уклона, положения трубы в отношении стенок ложа, размеров отсыпаемого фильтра в поперечном сечении и его непрерывность по длине. Все это особо важно, т.к. исправить брак после укладки дренажной линии очень сложно и часто практически невозможно. Кроме того, большая скорость укладки дрен и ограниченная управляемость пассивных роющих органов ставят задачу в перспективе провести дальнейшее совершенствование их в направлении резкого, в 2–4 раза, снижения сопротивлений резанию и созданию эффективных механизмов управления их высотным положением.

Большое значение приобретает вопрос организации расширенного производства труб с фильтром заводской готовности для строительства на землях старого орошения, т.е. на объектах, где объемы работ невелики, что требует частых перебазировок машин и может сильно осложнить организацию карьерных хозяйств и автотранспортных перевозок. В областях Узбекистана, не имеющих запасы естественных зернистых минеральных фильтров, обеспечение их трубами с фильтром заводской готовности имеет первостепенное значение. Опыт строительства закрытого дренажа в Узбекистане подтверждает это.

Указанные выше перспективы развития дренажного строительства послужили автору ориентиром для дальнейшей работы по развитию комплексно–механизированного строительства дренажа и разработке перспективных «Систем машин».

5.1. Средства механизации для траншейного способа строительства

5.1.1. Машина для уплотнения грунта обратной засыпки дрен на полную глубину

С целью научного обоснования создания машины для уплотнения обратной засыпки на полную глубину были проведены исследования в натурных траншеях для определения оптимальных параметров и режимов работы трамбующего органа (см. главу IV).

Как показали исследования, при трамбовании обратной засыпки, деформация уплотнения распространяется преимущественно в вертикальном и частично в продольном направлениях. Соответственно этому, трамбование засыпки рассматривалось как процесс динамического сжатия столба грунта ограниченной ширины, и опыты проводились в траншеях с недеформируемыми стенками. Это достигалось за счет значительной разницы влажности грунта стенок траншей (6–9 %) и обратной засыпки (13–14 %).

При проведении исследований для проверки возможной деформации вертикальных стенок и фиксации взаимного их расположения до и после трамбования были установлены боковые реперы и определена точная ширина траншеи на различных участках и горизонтах. Опыты показали, что вертикальные стенки траншеи не деформировались, несмотря на большую повторность ударов. Это имеет важное значение при создании новой машины, так как в случае податливости стенок на различных участках изменялся бы и характер уплотнения обратной засыпки внутри траншеи.

Для определения конструкции рабочего органа машины проведенные исследования были направлены на определение влияния веса, высоты сбрасывания и длины уплотняющего профиля трамбующего органа, а также числа наносимых ударов на изменение распределения плотности уплотненного грунта по глубине обратной засыпки. При трамбовании всей толщи обратной засыпки в дренажных траншеях ставилась задача получения в верхней зоне эффективного противофильтрационного экрана толщиной 0,5–0,7 м, плотность в котором не ниже плотности естественного грунта в стенках траншеи $\delta = 1,5 \text{ г/м}^3$. В нижних горизонтах засыпки требовалось получить плотность не менее $1,35\text{--}1,4 \text{ г/см}^3$, чтобы нижележащий 1–1,3-метровый слой не давал значительных осадок и не

приводил к явлениям свободообразования на границе между верхними, более уплотненными, и нижними, менее уплотненными.

При проведении опыта, до укладки в траншею влажность грунта обратной засыпки повышалась до $W = 13\text{--}14\%$, которая в наших условиях близка к оптимальной. На отдельных участках вынутый из траншеи грунт недоувлажнялся, и влажность уплотняемого грунта не превышала $9\text{--}10\%$. В опытах использовались трамбующие органы весом от 1 до 2,5 т, высота сбрасывания изменялась от 0,5 до 4 м, а число наносимых ударов – от 1 до 12.

В таблице 5.1. даны условия проведения и результаты трех серий опытов, которые вскрывают влияние изменения длины трамбующего органа на уплотнение грунта в траншее. Во всех опытах по одному следу наносилось пять ударов.

К числу наиболее важных параметров трамбующего органа новой машины для уплотнения грунта в траншеях относится вес G и длина уплотняющего профиля L . Анализ достигнутого уплотнения показал, что вне зависимости от указанной длины при одинаковом весе трамбующего органа в верхней зоне достигается практически одинаковая величина максимальной плотности. При использовании 1,5 – тонного трамбующего органа указанная плотность находится на уровне $1,52\text{--}1,53\text{ г/см}^3$, а 3 – тонный трамбующий орган позволяет довести плотность до $1,6\text{ г/см}^3$ и выше.

Таблица 5.1.

Номер серии	I			II			III		
Номер опыта	1	2	5	1	3	9	11	7	5
Длина трамбующего органа, м	1,4	1,05	0,7	1,4	1,05	0,7	1,4	1,05	0,7
Высота сбрасывания, м		2,0		2,0	1,5	1,0		2,0	
Вес трамбующего органа, т		1,5			1,5		3,0	2,244	1,5
Удельное статическое давление, кг/см ²	0,195	0,26	0,39	0,195	0,26	0,39		0,39	
Удельная работа одного удара, кгм/м ²	3900	5200	7800		3900			7800	
Удельный импульс одного удара,	0,121	0,161	0,242	0,121	0,141	0,175		0,242	

Исследования показали, что эффект уплотнения находится в прямой зависимости от удельного импульса: чем больше импульс, тем выше плотность уплотненного грунта. По характеру изменения плотности уплотненного грунта можно сделать заключение, что при удельном

импульсе удара 0,175, трамбуемый орган с длиной уплотняющего профиля 0,7 м обеспечивает одновременно получение в толще засыпки противофильтрационного экрана толщиной 0,6 м и достижение в нижних слоях засыпки требуемой плотности $1,37 \text{ г/см}^3$.

Выполненные исследования подтвердили, что путем изменения параметров, определяющих режим работы трамбующей машины, можно в определенных пределах регулировать распределение плотности грунта на всех горизонтах уплотненной засыпки. С ростом числа повторностей приложения ударной нагрузки повышается плотность грунта в верхних его слоях и, наряду с этим, увеличивается глубина проработки.

Увеличение высоты сбрасывания трамбуемого органа также ведет к аналогичному росту плотности грунта в верхних слоях засыпки. После достижения определенного предела увеличение числа ударов, а также увеличение высоты сбрасывания трамбуемого органа приводит к противоположному явлению – снижению плотности в верхних слоях и увеличению плотности в нижних слоях, что свидетельствует о перемещении «ядра уплотнения» вниз, к подошве траншеи.

Таким образом, для достижения требуемой плотности на различных горизонтах обратной засыпки, 1,5-тонный трамбуемый орган с длиной уплотняющего профиля 0,7 м необходимо пять раз сбрасывать с высоты 2–3 м. при влажности уплотняемого грунта, близкой к оптимальной, высоту сбрасывания можно принять равной 2 м, а при влажности на 3–5 % ниже оптимальной – 3 м.

Машина должна производить уплотнение насыпного грунта высотой 2,25 м в траншеях шириной 0,6 м при влажности грунта, близкой к оптимальной, но не менее чем на 3 – 5 % ниже оптимальной. Рабочий орган требующей машины должен обеспечить создание направленных ударов по поверхности уплотняемой засыпки. Трамбовать необходимо при непрерывном движении, нанося за один проход трамбуемое число ударов по одному следу. После прохода машин в верхней зоне засыпки должен быть создан уплотненный слой толщиной 0,5–0,7 м с плотностью не ниже $1,5 \text{ г/см}^3$. В нижних слоях засыпки – плотность не ниже $1,35 \text{ г/см}^3$.

Подводя итог выполненным исследованиям, можно рекомендовать доводить рабочую скорость машин до 80 пог. м/ч, что соответствует пяти ударам по одному следу. Эксплуатационная производительность должна составлять 60 пог. м/ч.

Выполненные исследования легли в основу при разработке автором под руководством к.т.н. Э.М. Островского технических требований на трамбуемую машину для дренажного строительства и включения ее в перспективную «систему машин».

5.1.2. Машина для планировки трасс дренажника под заданный уклон строящейся дрены

При строительстве закрытого горизонтального дренажа выполняется технологическая операция – подготовка базовой поверхности, параллельной проектному дну сооружения, т.е. дренажной линии. При этом необходимо отметить, что точность и качество подготовки трассы для работы дренажных машин полностью определяет качество строительства.

Подготовка базовой поверхности так называемого «корыта» для дренажников ведется, в основном, общестроительными машинами – скреперами ДЗ-20, ДЗ-77С, ДЗ-12, бульдозерами ДЗ-17, ДЗ-18 и автогрейдерами Д-557-1, ДЗ-98, ДЗ-1 и др. (5.1, 5.2).

В соответствии с техническими требованиями к качеству поверхности трасс отклонение высот неровностей по высоте не должно превышать ± 3 см при высокой требуемой точности выдерживания уклона в пределах 0,0002-0,05 (5.3). Общестроительные машины могут обеспечить такую точность только путем многократных проходов при постоянном инструментальном контроле качества. Отсюда большая трудоемкость и низкая производительность, особенно заметная там, где величина срезки достигает 0,3м и более, протяженность срезки значительна, когда скрепер работает в траншее. В этом случае, заполнив ковш грунтом в начале такого участка, скрепер вынужден ехать на значительное расстояние до места, где можно выйти из «корыта» и произвести отсыпку грунта, затем возвратиться в холостую к месту забору грунта и т.д.

Таким образом, если для производства основных операций водохозяйственных работ разработаны и внедрены в производство высокопроизводительные машины, то вопросы механизации работ по подготовке трасс в существующих технологиях не нашли еще своего решения и являются до настоящего времени «узким местом» в организации водохозяйственных работ.

Проведенные отделом ОиМВР САНИИРИ исследования (5.4, 5.5) позволили сделать вывод, что для выполнения трассоподготовительных работ в технологические комплексы машин для строительства дрен необходимо включение специализированной планировочной машины.

В соответствии с составленными САНИИРИ техническими требованиями в ГСКБ по ирригации был разработан и изготовлен опытный образец машины для планировки трасс.

Экскаватор–планировщик марки ЭП-301 (рис. 5.1) выполнен на базе многоковшового траншейного экскаватора ЭТУ-354 и предназначен для

разработки «корыта» шириной 3 м, глубиной 0,75 м за один проход с выдерживанием заданного уклона в грунтах I-III группы.

В конструкции экскаватора заменены рабочий орган и двигатель, а также конструкция ходовой части.

Планировочная машина оборудована фрезерно-скребковым рабочим органом, навешенным на турасный вал экскаватора, и включает в себя фрезы, скребковую цепь и зачистной нож.

Фрезы предназначены для разработки и транспортирования грунта в зону действия скребковой цепи. Левая фреза отличается от правой направлением винтовой поверхности.

Скребковая цепь, являясь копающим и транспортирующим органом, служит также приводом для вращения фрез.

Зачистной нож предназначен для зачистки планируемой поверхности и подачи осыпавшегося грунта в зону работы транспортирующих органов. Крепление зачистного ножа к раме – шарнирное, что позволяет регулировать положение роющего органа в вертикальной плоскости для выдерживания поперечного уклона планируемой поверхности.

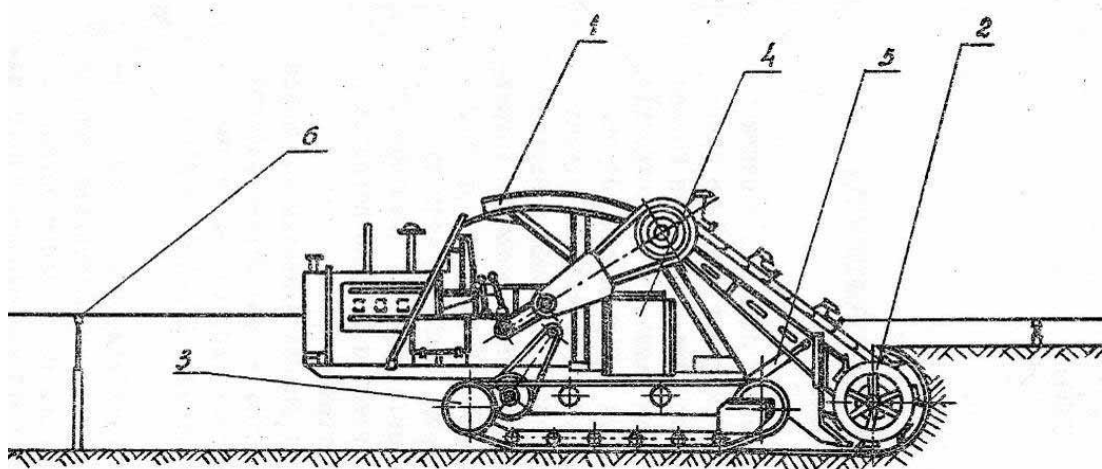


Рис.5.1. Экскаватор-планировщик ЭП-301

- 1 - базовая машина; 2 - роющий рабочий орган; 3 - ходовая часть;
4 - транспортер; 5 - гидроэлектрическая автоматизированная система управления роющим органом; 6 - копирный трос

Разработанный роющим органом грунт транспортируется по металлическому желобу (лотку) скребковой цепью в приемный бункер транспортера, перемещающего грунт в отвал.

Конструкция этого транспортера оставлена, в основном, без изменений, увеличена лишь его длина. Ведущим является верхний барабан, приводимый во вращение карданной передачей.

Управление подъемом и опусканием складывающейся части транспортера осуществляется тросо-блочной системой с приводом от КПП.

Для осуществления автоматического и полуавтоматического управления рабочим органом на экскаватор-планировщик устанавливается серийно выпускаемая аппаратура «Профиль-2». Чувствительными элементами «Профиля-2» являются щуповой датчик (для автоматического выдерживания заданного уклона) и датчик углового положения (для поперечной стабилизации рабочего органа).

Щуповой датчик работает по копиру, для чего в комплект оборудования экскаватора-планировщика входит устройство для установки копирного троса. Это устройство включает в себя раздвижные стойки, якоря, барабан размотки и натяжную станцию.

Система управления рабочим органом комбинированная и представляет собой гидропривод с электрифицированным управлением (рис. 5.2).

При обесточенных электромагнитах управляющий плунжер гидроэлектрического золотника удерживается пружинами в среднем положении, открывая тем самым линию управления «б»; при этом в распределителе Р-75-В2 открывается перепускной клапан и основной поток масла движется по линии «а». При подаче напряжения на один из электромагнитов управляющего золотника плунжер перемещается в одно из крайних положений, запирает линию «б», перекрывает движение масла через перепускной клапан распределителя и открывает линию «в» к исполняющим гидроцилиндрам.

Автор в составе приемочной комиссии принял участие как в заводских, так и в приемочных испытаниях экскаватора-планировщика трасс ЭП-301, которые проводились с апреля по сентябрь 1976 года на вновь осваиваемых землях Голодной степи.

За весь период испытаний машина проработала 184 часа, из них чистой непрерывной работы – 64,8 ч, подготовив при этом 8 «корыт» общей протяженностью 3320 м. Объем разработанного грунта составил 8485 м³.

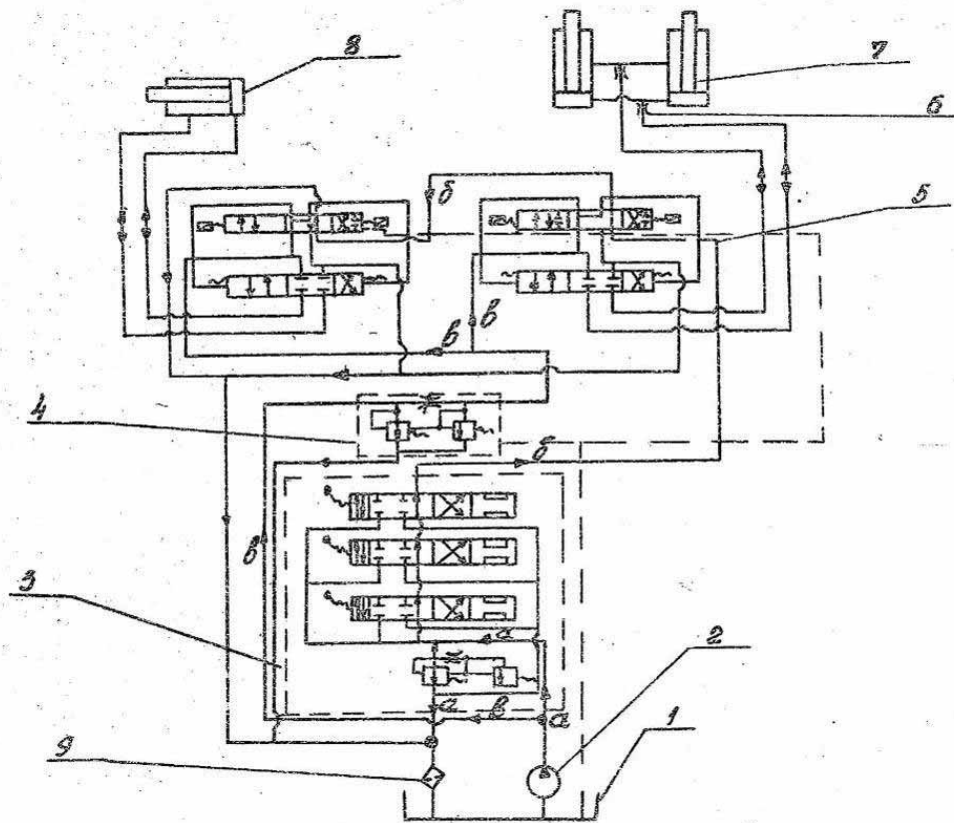


Рис. 5.2. Принципиальная схема гидропривода

- 1 - бак; 2 - насос; 3 - распределитель; 4 - дроссель с регулятором и предохранительным клапаном; 5 - золотник реверсивный с электрогидравлическим управлением; 6 - дроссель; 7 - гидроцилиндр управления рабочим органом; 8 - гидроцилиндр поперечной стабилизации; 9 - фильтр.

Максимальная производительность за час чистого времени, достигнутая машиной, составила 177 м^3 по грунту в твердом теле.

Технико-эксплуатационные показатели работы машины, полученные при испытаниях, следующие:

- производительность за час эксплуатационного времени – $85,5 \text{ м}^3$;
- производительность за час сменного времени – $60,5 \text{ м}^3$;
- коэффициент технологического обслуживания – 0,71;
- коэффициент надежности технологического процесса – 0,98;
- коэффициент использования эксплуатационного времени – 0,65;
- коэффициент использования сменного времени – 0,46.

Показатели надежности конструкции экскаватора-планировщика:

- наработка на технический отказ – 5,4 ч;
- коэффициент готовности – 0,61;
- коэффициент технического использования – 0,57.

Полученные в результате испытаний показатели ниже заложенных в технические требования, объясняются рядом конструктивных недостатков машины в целом и автоматической системой управления «Профиль-2» в частности.

Испытаниями установлено, что машина удовлетворительно выполняет все операции технологического процесса, однако нестабильная работа гидроэлектрической и автоматической системы управления не позволила достичь требуемого качества планировки. Здесь следует отметить, что все «корыта», выполненные машиной, сданы в производство после незначительной доработки скрепером (время устранения нарушений технологического процесса – 0,17 ч).

В результате испытаний были разработаны рекомендации, направленные на усовершенствование некоторых узлов планировщика, гидравлической и автоматической систем управления.

На основании материалов испытаний были внесены изменения в конструкцию экскаватора-планировщика, с учетом которых в ГСКБ по ирригации выпущена опытная партия из 5 указанных машин (5.14).

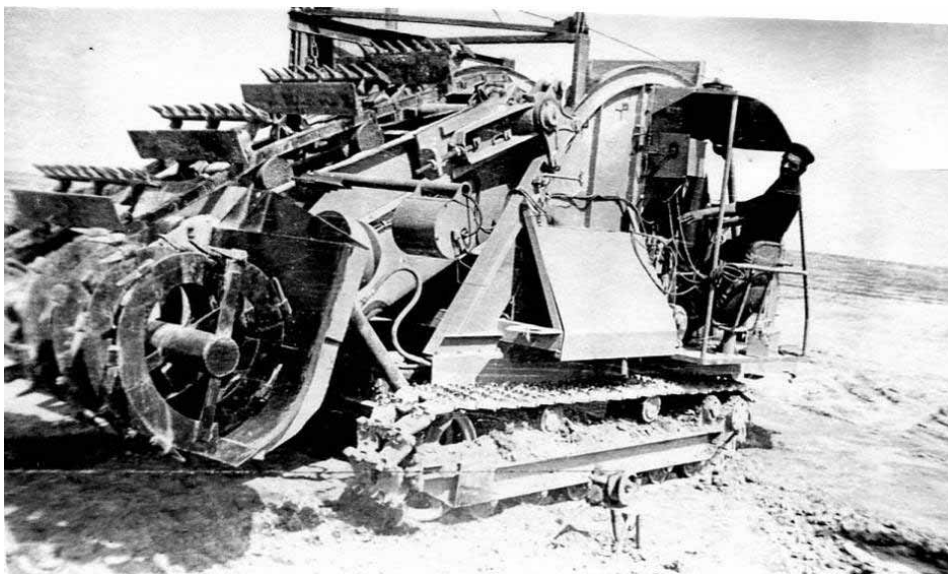


Рис. 5.3. Экскаватор-планировщик ЭП-301

5.1.3. Машина для устройства устьевых сооружений в траншеях дрен

В технологический комплекс машин для строительства закрытого горизонтального дренажа в устойчивых грунтах зоны орошения при тупиковом способе строительства включена машина для устройства устьевых сооружений. Требованиями предусмотрено, что рабочее оборудование машины должно обеспечивать отрывку траншеи на глубину 2,5-3,5 м, шириной 0,25 м, подачу и укладку на дно траншеи плети (звеньев) труб диаметром 75-200 мм, предварительно соединенных эластичными муфтами, а также увлажнение и перемешивание извлеченного из траншеи грунта до необходимой консистенции с принудительной подачей его для обратной заделки траншеи. При этом указанная выше работа должна производиться за один проход машины.

При этом водно-физическое состояние грунта обратной заделки траншеи должно обеспечивать необходимую прочность и антифильтрационную способность. Плотность уложенного грунта в дальнейшем должна быть не ниже 1,45-1,50 г/см³.

Требованием оговорено – техническая производительность машины должна быть не менее производительности применяемых в зоне орошения траншейных дреноукладчиков (60-80 м/г), рабочая скорость не ниже 0,06 км/ч, транспортная скорость – по базовой машине – серийного трактора класса 3,0.

Указанные требуемые технические параметры легли в основу при разработке автором под руководством У.Ю. Пулатова технических требований на машину для устройства устьевых сооружений в траншеях и рекомендации ее для включения в перспективную «Систему машин».

5.1.4. Дреноукладчик со складывающимся при транспортировании бункером

Как показали исследования объектов строительства дренажа, большим конструктивным недостатком дреноукладчиков с навесным бункером является сложность перемещения машин в транспортном положении, а также ухудшение устойчивости при передвижении за счет увеличения высоты центра тяжести машины при подъеме и фиксации бункера и, следовательно, малая скорость. Все это снижает коэффициент использования рабочего времени.

К недостаткам дреноукладчиков с прицепным бункером относится необходимость монтажа и демонтажа погрузки и разгрузки при транспортировании. На выполнение этих операций затрачивается значительная часть рабочего времени; кроме того, необходима дополнительная вспомогательная техника – крановое оборудование, транспортные средства.

Группой сотрудников отдела системы машин и нормативов САНИИРИ при участии автора разработана новая конструкция бункера к траншейному дреноукладчику.

Рекомендуемая конструкция отличается возможностью складывания бункера при транспортировании, что позволяет значительно повысить мобильность дреноукладчика и улучшить транспортабельность, а следовательно, сократить потери рабочего времени на монтажах и демонтажах бункера.

Бункер новой конструкции (рис. 5.4) выполнен в виде прицепной тележки, включающей в себя складывающийся по вертикали короб, состоящий из верхней 11 и нижней 12 частей, раму 3, ходовое оборудование и вертикальные направляющие 7. В передней части рамы расположено прицепное устройство 5. Обе части короба бункера сварной конструкции прямоугольного сечения и разделены на три отсека. Передний и задний загружаются фильтрующим материалом, средний служит для контроля качества укладки труб. Короб оснащен радиусными направляющими 2, которые проходят через все отсеки, и склизми 15 по углам. В нижней передней части бункера установлен зачистной нож 1.

Ходовое оборудование представляет собой две оси 17, по концам которых на шарикоподшипниках предусмотрены ступицы 4 для крепления колес 10 сварной конструкции, ее крышка 14 ограждает средний отсек короба от фильтрующего материала в момент загрузки. Решетка 16 в приемной части отсека короба предназначена для защиты отсеков бункера от попадания нестандартных включений фильтрующего материала. Ограничитель, состоящий из продольных штанг 8 и перекладин 9, является звеном, ограничивающим опускание нижней части короба, и одновременно служит лестницей. Прицепное устройство выполнено в виде двух тяг с проушинами, соединенных телескопически. Окончательное положение тяг фиксируется. Короб бункера поднимают и опускают с помощью канатно-блочной системы с приводом от гидромотора. Управление гидросистемой, включающей гидромотор 13, редуктор 6 и линии связи к ним, ведется непосредственно с площадки рамы бункера.

Специалистами отдела разработана техническая документация на новую конструкцию бункера к дреноукладчику, а экспериментально-

механическими мастерскими изготовлен опытный образец, который прошел заводские исследования.

Применение дренаукладчика со складывающимся при транспортировании бункером позволит, по мнению авторов, сократить непроизводительные простои агрегата (5.10).

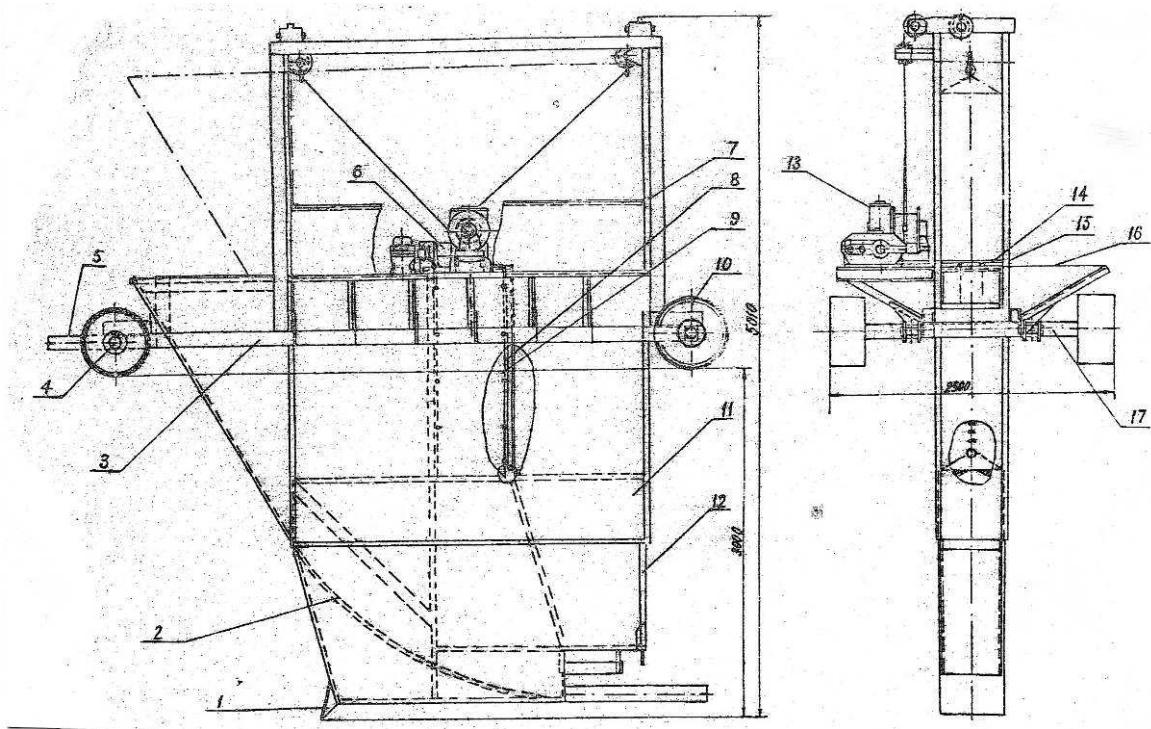


Рис. 5.4. Конструкция складывающегося при транспортировании бункера траншейного дренаукладчика

5.1.5. Ступенчатый бункер для траншейного дренаукладчика

Как уже отмечалось выше, при строительстве закрытого горизонтального дренажа с применением траншейных дренаукладчиков отрывается траншея, на дно которой укладывается линия из труб с круговой обсыпкой фильтрующим материалом из песчано-гравийной смеси.

Ширина дренажной линии в этом случае зависит от расстояния между боковыми стенками бункера, а при выходе из него – от ширины траншеи.

После прохода дреноукладчика сухой сыпучий материал фильтра, заполняя свободные боковые пространства, оседает, и дренажная линия, образуемая на дне траншеи, уменьшается по высоте и изменяется по форме.

Деформация фильтровой обсыпки особенно значительна, когда бункер прижат к одной стенке траншеи. В этом случае образуется значительный зазор с одной стороны, и боковой сдвиг фильтра может существенно нарушить проектное положение труб.

Ликвидировать подобное явление поможет новая конструкция бункера дреноукладчика, разработанная сотрудниками отдела НиСМ САНИИРИ (а.с.1094912). В предлагаемом конструктивном решении (рис. 5.5) короб бункера снабжен ступенчатыми боковыми стенками, нижние кромки которых доведены до уровня заслонок переднего и заднего отсеков, а не до кромки планировщика дна траншеи, как было раньше. Благодаря этому дренажная линия обсыпается слоем фильтра в нижней части траншей по всей ее ширине и при выходе из бункера за пределы заслонки, регулирующей высоту дренажной линии, не изменяется ни по форме, ни по объему.

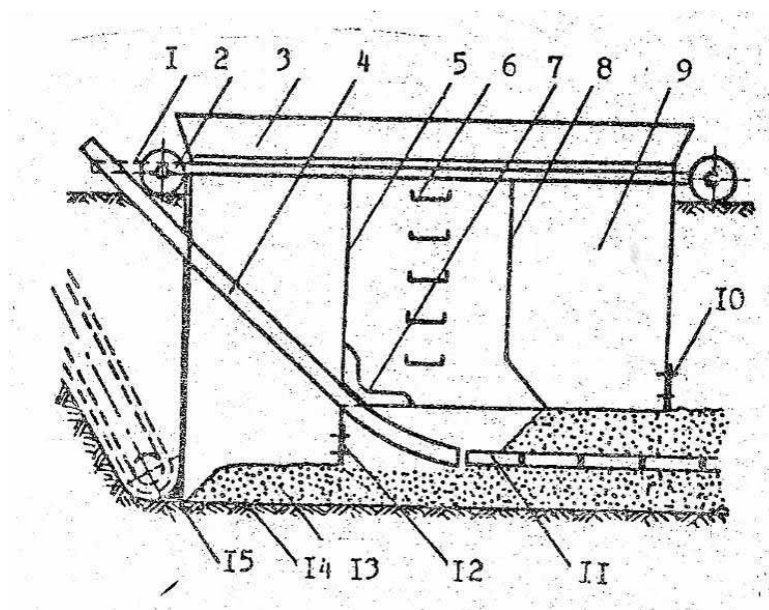


Рис. 5.5. Схема ступенчатого бункера дреноукладчика

Бункер дреноукладчика включает в себя раму 1 на колесном ходу 2, короб 3 и трубопровод 4. Короб перегородками 5 и 8 разбит на три отсека, из которых передний и задний предназначены для фильтрующего материала, а средний – для осуществления контроля за укладкой дренажной линии. С боков короб огражден ступенчатыми стенками 9. Передние ступени стенок находятся на уровне нижней кромки заслонки 12,

а задние – на уровне верхней кромки заслонки 10. Спереди днища короба установлен планировщик 15 для профилирования и очистки дна траншеи 14. Средний отсек лестницей 6 и сиденьем 7.

При рабочем ходе дреноукладчик отрывает траншею, ее дно очищается от осыпей и обвалов грунта планировщиком, и траншея в нижней части заполняется фильтром 13, высота которого регулируется заслонкой 12. Затем в траншею укладываются трубы 11 и засыпается слоем фильтра, высота его регулируется заслонкой 10. Отсутствие боковин короба на высоте установки заслонок позволяет полностью обсыпать трубчатую линию фильтром, в результате чего после прохода машин в дренажной линии никаких деформаций не наблюдается.

Исследование предлагаемого ступенчатого бункера позволит значительно поднять качество строительства закрытого горизонтального дренажа в аридной зоне и снизить металлоемкость дреноукладчиков (5.12).

Была разработана проектная документация на создание экспериментального образца бункера для исследований в производственных условиях.

5.1.6. Роющий орган траншейного дреноукладчика

Применяемые траншейные дреноукладчики для строительства закрытого горизонтального дренажа в зоне орошения отрывают выемку прямоугольной формы в поперечном сечении (ширина по всей глубине независимо от диаметра укладываемых труб постоянная). Учитывая, что в аридной зоне толщина обсыпки трубчатой линии фильтром из песчано-гравийного материала принята равной 15 см, а ширина траншеи, отрываемая дреноукладчиками Д-301, ЭД-3,0, ЭД-3,0 А, ЭТЦ-406 – 0,6 м, можно считать, что такая ширина удовлетворяет только условиям укладки дрены из труб диаметром 250 мм. Укладка же дрен диаметром 100, 150 и 200 мм ведет к перерасходу фильтра.

Сотрудниками отдела ОиМВР САНИИРИ была разработана конструкция комбинированного роющего органа (а.с. 986985) к траншейному дреноукладчику.

Он состоит из основного роющего органа и дополнительного фрезерно-роторного. Первый предназначен для отрывания траншеи и является доработкой рабочего органа цепного траншейного экскаватора ЭТЦ-252А с измененным турасным валом, транспортирующими скребками, рамой и опорными роликами.

Назначение сборочных единиц по основному роющему органу дано в техническом описании и инструкции по эксплуатации экскаватора ЭТЦ–252А и нами не рассматривается.

Фрезерно-роторный орган служит для доводки ложа на дне дренажной траншеи от минимальной (0,4 м) до максимальной (0,6 м) ширины.

Роющий орган (рис. 5.6) работает следующим образом. Вращением турасного вала со звездочками приводятся в движение скребки основных и дополнительных цепей, которые взаимодействуют с грунтом и срезают стружку определенной толщины. Разработанный таким образом грунт выносится на поверхность и при огибании турасного вала высыпается со скребков. После разгрузки порожние скребки двигаются сверху вниз в траншею, огибают ведомые колеса, и операция повторяется. В этом случае роющий орган отрывает ложе для дрены минимальных размеров (сечение АКЛЗЖМДГ) (рис. 5.7).

При этом основное сечение выемки БЗЖВ отрывается скребками основной цепи, а боковые участки АКЛБ и ВМДГ – скребками дополнительной цепи независимо от диаметра укладываемых труб. Благодаря тому, что длина дополнительных цепей меньше, чем основной цепи на значение, равное расстоянию между наружными кромками скребков, глубина боковых участков АКЛБ и ВМДГ меньше глубины основной выемки БЗЖВ на то же расстояние, т.е. глубина ложа дрены постоянна и соответствует максимальному диаметру труб. Таким образом, достигается равномерность распределения фильтрового материала вокруг трубы минимального размера, уложенного в выемке ЛЗЖМ. Для открытия ложа траншеи большей ширины на торцах колес основной цепи болтами закрепляют роторы с резцами соответствующих размеров. В этом случае основная цепь при отрывании основной выемки траншеи огибает ведомое колесо и приводит его во вращение, вместе с ним и ротор с резцами. Грунт, срезаемый ротором, транспортируется снизу вверх, достигает верхней открытой части бункера отражателя и ссыпается в него. В нем от наклонного в сторону цепи дна грунт отбрасывается гравитационными силами в зону захвата скребков и ими выносится на поверхность. Ротор с резцами отрывает боковые участки траншеи в нижней ее части КИЗЛ и МЖЕД.

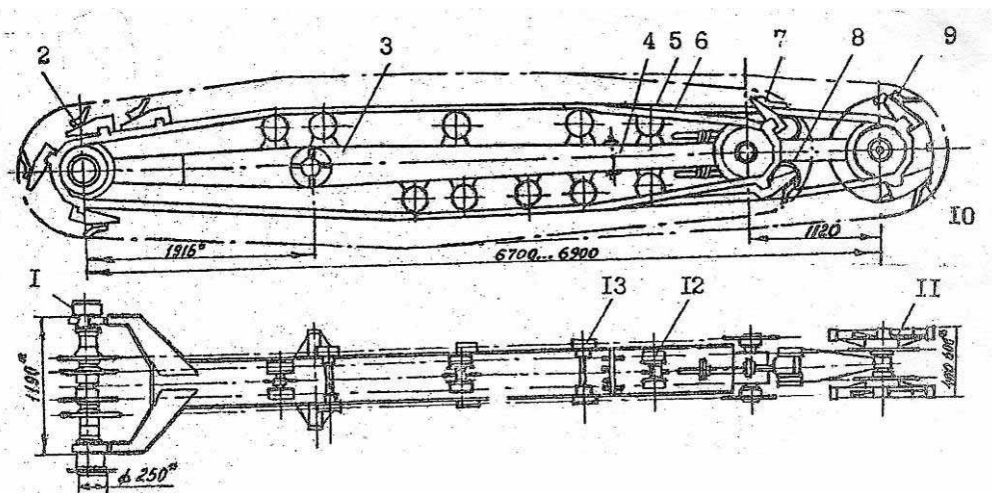


Рис. 5.6. Схема комбинированного роющего органа траншейного дреноукладчика

- 1 – турасный вал; 2 – отражатель; 3 – скребок; 4 – основная рама;
 5 и 6 – цепи основные и дополнительные; 7 – скрепки; 8 – рама вставка;
 9 – торец колеса; 10 – ротор; 11 – головка фрезерно – роторная;
 12 и 13 – блоки роликов

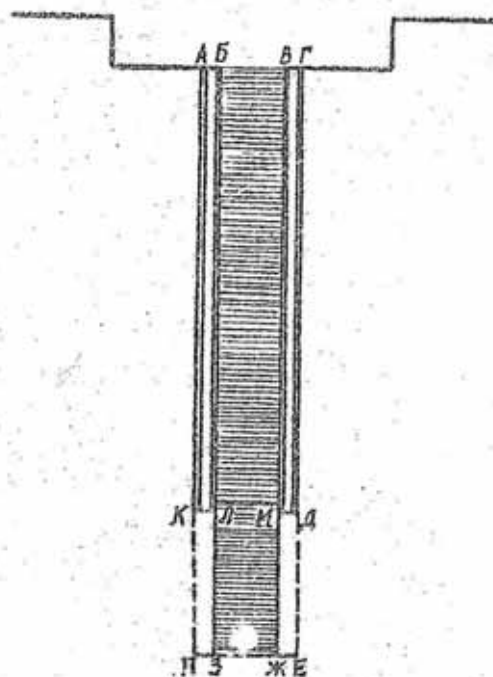


Рис. 5.7. Поперечное сечение траншеи, отрываемое комбинированным роющим органом

Рекомендуемый роющий орган предназначен для рытья траншей с ложем на дне соразмерно диаметру укладываемых труб в устойчивых грунтах I и II групп при низком (более 3 м) залегании грунтовых вод.

Применение дреноукладчика с предлагаемым роющим органом позволит, по мнению авторов, сэкономить материал фильтра, сократить простои дреноукладчика под нагрузкой, так как загруженной в бункер порции фильтра хватит на значительную протяженность дрены (5.13).

Была разработана проектная документация. Изготовлен и прошел испытания экспериментальный образец оборудования (рис. 5.8). С участием автора проведены опытно-производственные исследования и даны рекомендации по доводке конструкции рабочего органа и подготовке рабочей документации на изготовление опытной партии.

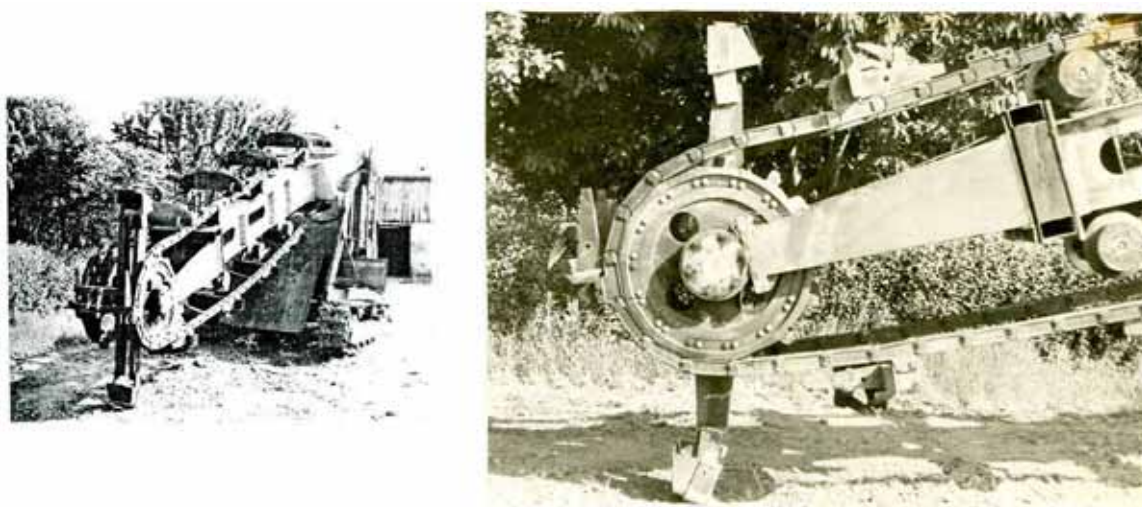


Рис. 5.8 а. Дополнительный сменный рабочий орган к траншейному дреноукладчику для отрывки «ложе» на дне траншеи соразмерно диаметру укладываемых труб



Рис. 5.8 б. Роющий орган траншейного дреноукладчика с полукруглыми ковшами

5.2. Средства механизации для щелевого способа строительства

5.2.1. Дреноукладчик ЭДЩ–251

При прокладке дренажа в сложных гидрогеологических и грунтовых условиях в аридной зоне орошения наибольшее применение находит широкотраншейный способ строительства, иногда называемый в гидромелиоративной литературе, как «полумеханизированный» или метод «полки».

Недостатки этого способа – выполнение большого объема земляных работ (18–25 м³ на 1 м дрены), значительные затраты ручного труда при выполнении основных технологических операций по укладке дренажной линии и относительно высокая стоимость строительства.

В последние годы в Голодной степи проводятся широкие производственные исследования строительства щелевого пластмассового дренажа.

При щелевом (или узкотраншейном) способе строительства в грунте отрывается щель (рис. 5.9) шириной 0,15 м и глубиной 2,5–3,0 м, на дно которой укладывается дренажная линия из пластмассовых труб и гравийно–песчаного фильтра с одновременной заделкой щели раствором грунта.

Механизированное строительство при этом способе осуществляется комплексом машин, ведущей в котором является щелевой дреноукладчик ЭДЩ–251.

Дреноукладчик (рис. 5.10) разработан на базе многоковшового экскаватора ЭТУ–354А и снабжен активным щелерезным органом, трубоукладчиком и системой заделки щели вынутым грунтом.

Машина работает с постоянно заглубленным рабочим органом по спланированной под заданный уклон дрены поверхности и синхронно выполняет основные операции технологического процесса: рытье щели, зачистку дна от осыпавшегося грунта, отсыпку подстилающего слоя фильтра, укладку непрерывной нитью пластмассовой трубы, отсыпку поверхностного слоя фильтра и заделку щели раствором грунта.

Технологический процесс строительства дрены осуществляется в определенной последовательности. Вначале производят разбивку и нивелирование трассы дрены и планируют путь дреноукладчика под заданный уклон.

Затем дренаукладчик устанавливают на исходную позицию у устья дрены и рабочий орган опускают на необходимую глубину, для чего заблаговременно отрывают заходный шурф. Вначале укладывают приустьевую часть дрены длиной около 30 м, которая выполняется из неперфорированной трубы и без фильтрующей обсыпки.

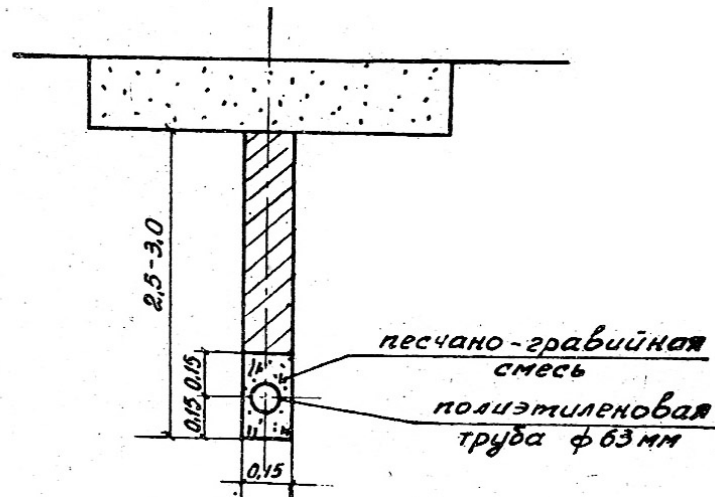


Рис. 5.9. Поперечное сечение дрены при щелевом методе строительства

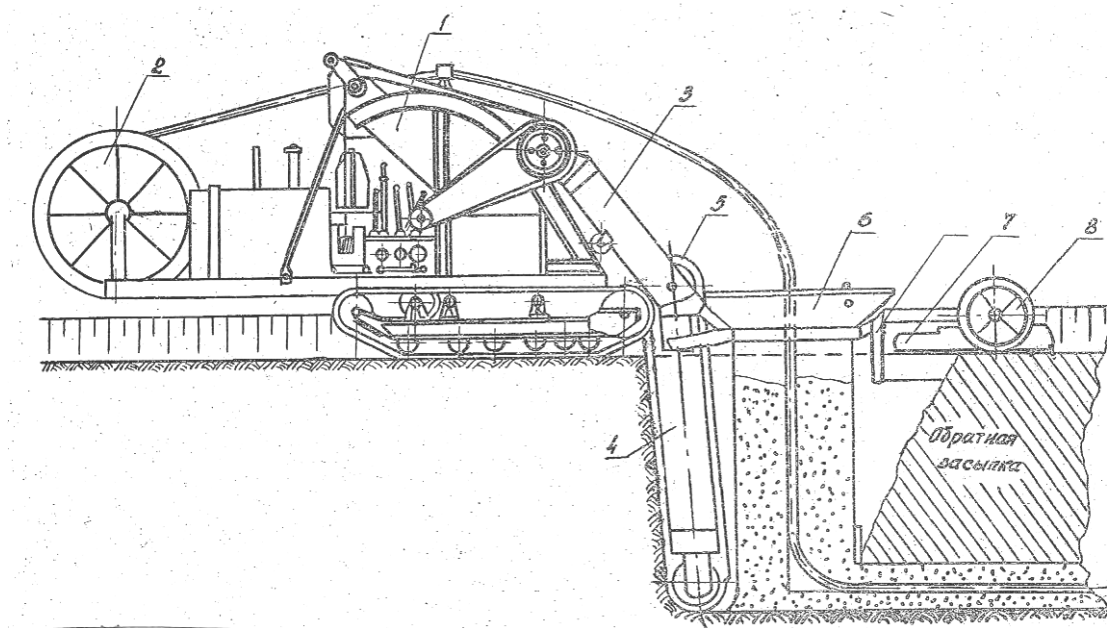


Рис. 5.10. Общий вид щелевого дренаукладчика

- 1 – базовая машина, 2 – катушка для труб, 3 – рама рабочего органа,
4 – роющий орган, 5 – кожух, 6 – бункер, 7 – отвалы-засыпатели,
8 – опорное устройство

После прокладки приустьевой части дрены бункер дреноукладчика загружают материалом фильтра и производят укладку дренажной линии из перфорированной трубы в круговой обсыпке фильтром.

Для получения грунтовой массы необходимой консистенции, обеспечивающей качественную заделку щели, а также для облегчения резания грунта при отрывке и разгрузки скребков роющего органа в забой подается вода. Извлекаемый грунт укладывается по обе стороны щели и после прохода бункера дреноукладчика отвалами-засыпателями перемещается в щель, заполняя весь ее объем.

Конструктивным элементом дрены являются колодцы. В данном случае начальные колодцы (рис. 5.11) выполняют из асбоцементных труб диаметром 386 мм.

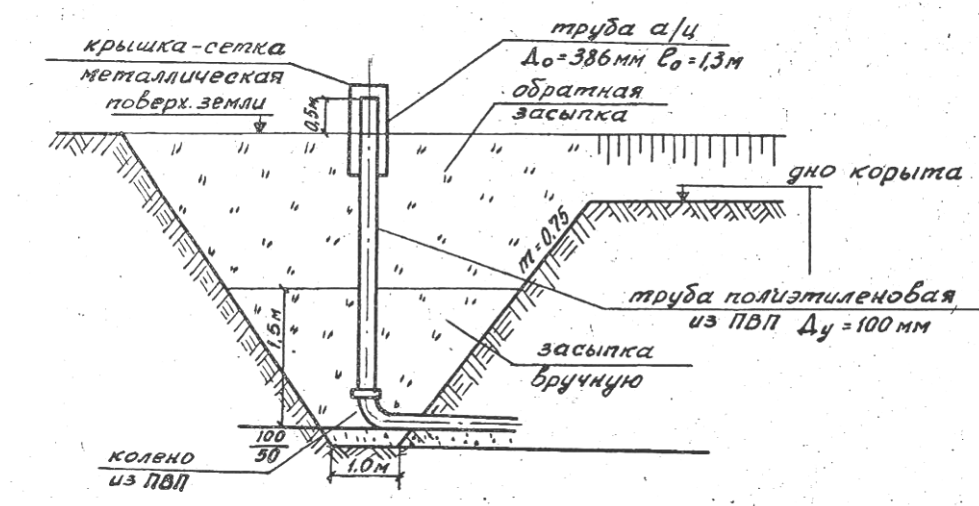


Рис. 5.11. Конструктивные параметры пластмассовых дрен

Автор принял участие в заводских испытаниях дреноукладчика, а затем – его опытного образца в производственных исследованиях в совхозе № 26 Голодной степи, а в 1974 г. – в проведении производственных испытаний при укладке производственных дрен на территории фруктового сада – совхоза № 25 Голодной степи.

Проектом, разработанным институтом «Средазгипроводхлопок», предусматривалось строительство щелевого дренажа из пластмассовых труб диаметром 63 мм. Глубина закладки дренажа 2,5 м. Круговая фильтровая обсыпка дренажных труб выполнялась из естественной песчано – гравийной смеси Илансайского карьера. Гранулометрический состав материала фильтра представлен в таблице 5.2.

Таблица 5.2.

Размеры фракций, мм	5–3	3–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	< 0,1	Σ в %
Процентное содержание по весу	10,1	15,32	16,03	14,76	12,55	14,35	16,88	100

Грунты объекта – в основном супеси и суглинки с прослойками песка и глин, объемная масса скелета – 1,36–1,5 т/м³. Влажность поверхностного слоя грунта 5–7 %, на глубине 3 м – 25 %.

Опытный образец щелевого дренаукладчика находился на испытаниях 278,8 часа, чистое время работы – 71,4 часа. За это время уложено 5 дрен общей протяженностью 1900 м. Всего на производственном участке было построено 4850 м щелевого дренажа.

Максимальная производительность за час чистой работы, достигнутая опытным образцом за время испытаний (при движении машины на V передаче), – 57 м уложенной дрены. Однако необходимо отметить, что основное время машина работала на I–III передачах из-за наличия развитой корневой системы окружающих деревьев.

Технико-эксплуатационные показатели работы машины, полученные при испытаниях, следующие:

- производительность за час эксплуатационного времени – 18,8 м;
- коэффициент технологического обслуживания – 0,783;
- коэффициент использования сменного времени – 0,458;

Показатели надежности конструкции дренаукладчика:

- коэффициент готовности – 0,57;
- наработка на отказ – 5,96 ч.

Значения полученных показателей ниже нормативных, что объясняется рядом конструктивных недостатков дренаукладочного оборудования, большим количеством отказов базовой машины и длительными простоями из-за отсутствия запчастей.

На испытаниях (рис. 5.12) отмечена четкость выполнения машиной предусмотренных технологией операций, что подтверждается коэффициентом технологической надежности – 0,99.



**Рис. 5.12. Дреноукладчик ЭДЩ – 251 в рабочем (а)
и в транспортном положении (б)**

В процессе испытаний производили вскрытия дренажной линии для определения фактических геометрических параметров дрены, действительного продольного профиля дренажной трубы и качества обратной заделки щели.

Данные замеров геометрических параметров:

- толщина фильтра над трубой 13–15 см;
- толщина фильтра под трубой 14–18 см;
- труба расположена в центре щели с боковыми отклонениями ± 1 см.

Фактические высотные отметки верха вскрытой дренажной трубы отличаются от проектных на величину, не превышающую допуск (± 3 см).

Качество обратной заделки щели определяли путем отбора проб в шурфах из материала обратной заделки и окружающего материкового грунта по высотным горизонтам. Лабораторный анализ проб показал, что плотность грунта обратной заделки равна, а иногда и выше плотности материкового грунта.

В результате проведенных испытаний опытного образца щелевого дреноукладчика можно сделать вывод, что он обеспечивает качественное выполнение технологического процесса по строительству закрытого горизонтального дренажа из пластмассовых труб.

На основании материалов исследований были внесены конструктивные изменения в ряд узлов машины, с учетом которых, конструкторским отделом САНИИРИ разработаны рабочие чертежи дреноукладчика. Последние переданы на завод «Андижанирмаш» и Каршинский опытный ремонтно-механический завод для изготовления опытной партии машин для широких производственных испытаний (5.15).

5.3. Средства механизации для широкотраншейного способа строительства

Исследования отдела организации и механизации водохозяйственных работ САНИИРИ и опыт строительства закрытого горизонтального дренажа в зоне орошения показали, что один из наиболее сложных вопросов является механизация укладки дрен в неустойчивых грунтах при высоком уровне стояния грунтовых вод.

Дело в том, что грунты, представленные, в основном, лессовидными суглинками, супесями и илистыми песками, при насыщении водой и нарушении целостности породы склонны к обрушению. В связи с этим строительство дренажа траншейным способом с применением существующих конструкций дреноукладочных машин практически невозможно (5.6).

Повышенная влажность грунта затрудняет, а порой не позволяет производить разработку траншеи из-за образования пульпы при работе ковшовой цепи, налипания грунта на ковши, сползания разгруженного грунта обратно в траншею, пробуксовывания экскаватора и т.д.

Кроме того, укладка дренажной линии в разжиженный грунт приводит к кольматации фильтра, а в случае некачественной стыковки трубчатой линии – к заполнению полости труб пульпой.

Предложения о возможности при строительстве в этих условиях производить предварительное водопонижение (путем прокладки отсечной траншеи (авт. В.Н. Бердянский и др.), либо установкой иглофильтров вдоль трассы дрены) для перехвата притока грунтовых вод в зону будущей дренажной линии и отвода за пределы зоны (5.7) не нашли широкого практического применения.

В последние годы в Голодной степи начато строительство щелевого пластмассового дренажа с применением дреноукладчиков с активным и пассивным роющими органами. Однако эти способы укладки дрен находятся в стадии широких производственных исследований. Поэтому при прокладке дренажа в сложных гидрогеологических и грунтовых условиях зоны орошения наибольшее применение находит широкотраншейный способ строительства.

Применение этого способа связано с выполнением большого объёма земляных работ ($18\text{--}25\text{ м}^3$ на 1 пог. м дрены), значительными затратами ручного труда при выполнении основных технологических операций и относительно высокой стоимостью строительства.

Как уже отмечалось в главе 1, при производстве работ данным способом отрывается выемка трапецидального сечения глубиной 3,5–4,0 м и шириной по дну 1,0 м с устойчивыми на период строительства откосами.

Ввиду наличия грунтовых вод в траншее дренажная линия при данном способе строительства укладывается не на дно выемки, а на специальную «полку», отрываемую на одном из её откосов.

Траншея в период производства работ по укладке дренажной линии одновременно выполняет функции открытой дрены, отводя грунтовые воды и осушая откосы выемки в зоне укладки дренажной линии. С этой целью траншею отрывают на 0,3–0,5 м ниже проектного дна дрены.

При прокладке дрен этим методом основными механизмами являются одноковшовые экскаваторы-драглайны, применяемые при отрывании траншеи, и бульдозеры, выполняющие обратную засыпку выемки. Все же основные технологические операции по укладке дренажной линии, включающие отрывание «полки», укладку труб в фильтрующей обсыпке и засыпку дренажной линии предохранительным слоем грунта, производятся вручную. Хотя соотношение стоимости работ, выполняемых механизировано и вручную составляет, соответственно, 84 и 16 %, трудоёмкость последних слишком велика (5.8).

Значительные объёмы строительства дренажа этим методом (в Голодной степи до 40% объёма работ) и перспективы его использования при освоении новых земель Джизакской степи выдвигают на первый план задачу быстрее создания средств механизации для укладки дрен в неблагоприятных гидрогеологических условиях.

В отделе ОиМВР САНИИРИ разработаны технология и комплекс машин для строительства дренажа широкотраншейным способом (Ф.Ф. Беглов, Н.П. Карпов), одобренные и принятые Минводхозом УзССР в части исполнения экспериментальных образцов машин.

Рекомендуемая технология предусматривает механизацию ручных процессов. Так, например, выполнение операций по нарезке «полки» для укладки дренажной линии предлагается производить цепным ковшовым роющим органом (рис. 5.13 а), навешенным на трактор по типу каналоочистительной машины. Роющий орган выполнен из двух ветвей цепи с закрепленными на них ковшами. Привод роющего органа осуществляется с помощью гидромотора. Скорость ковшовой цепи рекомендуется в пределах 1–2,5 м/с, рабочая скорость машины – 60–120 м/ч. Для укладки подстилающего и надтрубного слоёв фильтра предлагается использовать самоходную установку, снабжённую устройством для приема фильтра из транспортных средств, бункеров, дозирующим устройством и трубопроводом для подачи материала фильтра

к месту укладки (рис. 5.13 б). Толщина отсыпаемого слоя фильтра 10–30 см. Рабочая скорость машины – 120–140 м/ч.

Укладку дренажных труб рекомендуется производить машиной, имеющей устройство для спуска и укладки труб и подающий механизм (рис. 5.13 в).

Машины рассчитаны на укладку дренажной линии на глубину до 3,5 м из различных по материалу короткомерных труб $\varnothing$ 100–200 мм с цилиндро–конусным ребристым раструбом.

Рабочая скорость машины – 60–120 м/ч.

В качестве базы для указанных выше машин предлагается использовать серийно выпускаемые тракторы, снабженные гидросиловым оборудованием и ходоуменьшителем или переоборудованной коробкой передач с таким расчетом, чтобы обеспечить требуемые величины и количество рабочих скоростей передвижения. Возможно применение для этих целей специально сконструированных самоходных машин.

Для прохода комплекса машин берма траншеи со стороны строительного откоса предварительно планируется под уклон строящейся дрены. Выполнение этой операции намечено осуществлять с помощью нового экскаватора – планировщика ЭП–301 (конструкция ГСКБ по ирригации), проходящего производственные испытания в Голодной степи.

Обеспечение базовой поверхности для прохода специализированных машин позволит упростить их конструкции, увеличить надёжность и производительность (5.9).

При строительстве дрен комплексом машин, т.е. при многопроходном методе ведения работ, строительные операции технологического комплекса выполняются последовательно через определённый промежуток времени, в течение которого имеется возможность произвести пооперационный контроль качества выполнения работ и в случае необходимости устранить дефект. Механизированное выполнение технологического процесса будет способствовать устранению тяжелого ручного труда и повышению качества работ при строительстве дрен этим способом.

В целях эффективного использования существующих земель и улучшения их мелиоративного состояния в ближайшие годы предстоит выполнить также большой объём работ по реконструкции существующих открытых дрен в закрытые.

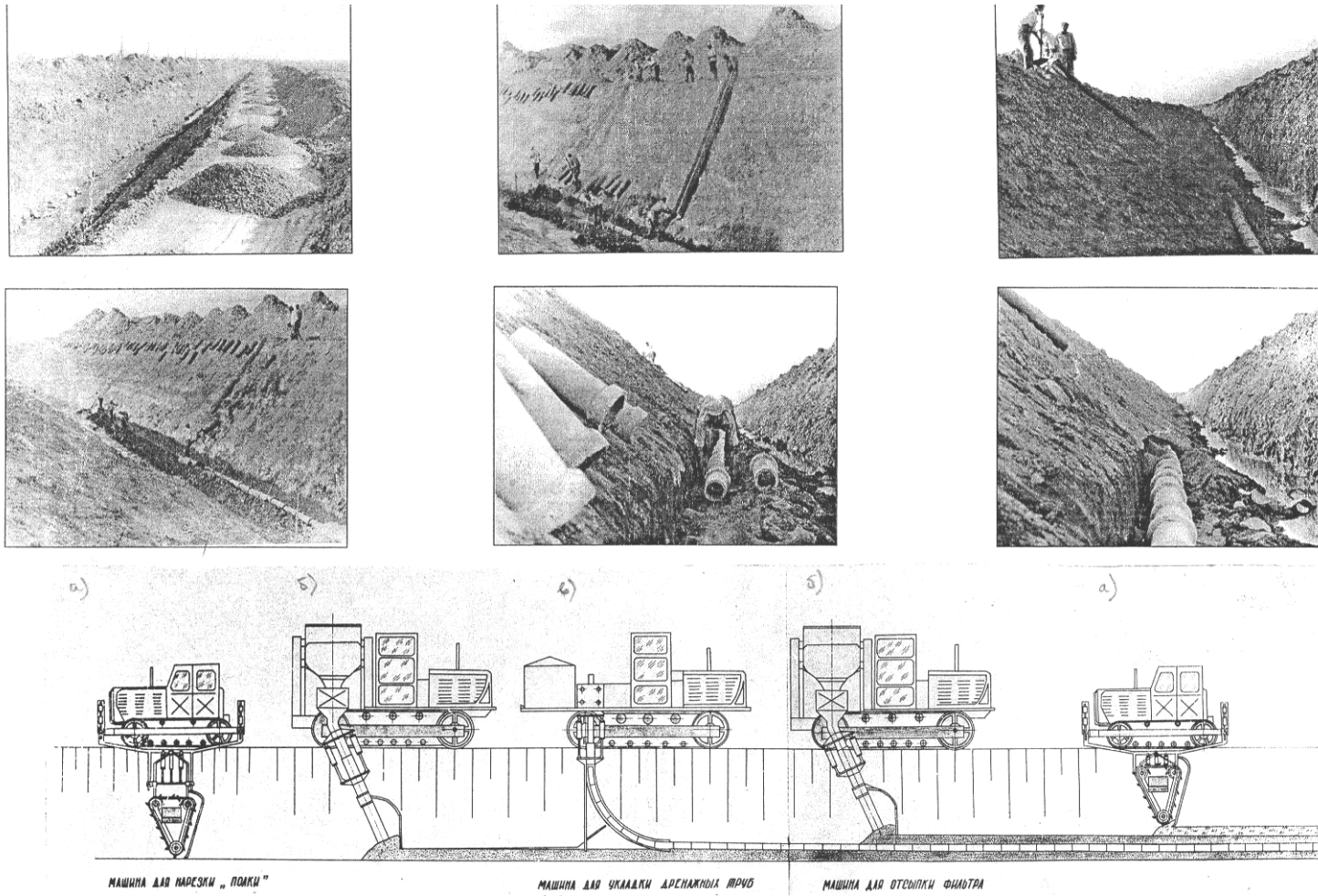


Рис. 5.13. Технологический процесс укладки дрен вручную при широкотраншейном способе строительства в условиях близкого залегания грунтовых вод и эскизный проект к техническим требованиям на создание комплекса машин для механизации этих работ, рекомендованным для включения в перспективную «систему машин» и к разработке

Проведенные по этому вопросу исследования позволяют предположить, что при реконструкции дренажной сети одним из наиболее приемлемых методов производства работ, не наносящих ущерба используемым землям и позволяющих использовать старые русла открытых дренажей, является широкотраншейный способ, так как в этом случае можно применять, в основном, те же технологические операции и комплекс машин. Отличительным будет лишь то, что вместо отрывки выемки необходимо производить зачистку и выравнивание откоса с последующей нарезкой на нем «полки» для укладки дренажной линии, а также дноуглубительные работы для осушения откоса, на котором намечается укладка дренажа.

Машина для устройства «полок», Машина для укладки дренажных труб и Машина для отсыпки фильтра включены в технологический комплекс машин для строительства закрытого горизонтального дренажа в неустойчивых грунтах. Автором совместно с Н.П. Карповым разработаны технические требования на создание комплекса машин.

5.4. Перспективная «Система машин для комплексной механизации строительного производства»

Автор, как ответственный исполнитель работы ГКНТ СССР, посвященной разработке перспективной технологии и системы машин на 1981–1985 гг. (по среднеазиатской зоне), на Всесоюзном совещании в головном институте по этой проблеме – ВНИИГиМ, сделал доклад о выполненных разработках САНИИРИ в течение последних лет и получил одобрение и рекомендации по подготовке документации для согласования и включения некоторых разработок в перспективную «Систему машин».

Решением межведомственной комиссии из представителей отраслевых министерств СССР в «Систему машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства на 1981–1990 гг., ч. III, Мелиорация» включены:

В технологический комплекс машин для строительства закрытого горизонтального дренажа в устойчивых грунтах зоны орошения:

- «Машина для устройства устьевых сооружений в траншеях дренажей». Технические требования утверждены Минводхозом СССР, машина включена в «Систему машин» под шифром М 3.2.09.
- «Машина для уплотнения грунтов обратной засыпки дренажных траншей». Технические требования утверждены Минводхозом СССР, машина включена в «Систему машин».

В технологический комплекс машин для строительства закрытого горизонтального дренажа в неустойчивых грунтах зоны орошения:

- Технологический комплекс машин – для устройства «полок», укладки труб, отсыпки фильтра. Технические требования утверждены Минводхозом СССР, машины включены в «Систему машин» под шифрами соответственно М 3.2.06; М 3.2.07; М 3.2.08.

Согласованная и утвержденная союзными министерствами и ведомствами «Система машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства на 1981–1985 гг., ч. III, Мелиорация» была официально опубликована (5.17).

5.5. Нормирование потребности в технике для строительства и эксплуатации гидромелиоративных систем

Подбор рационального состава машин, необходимого для выполнения строительных и ремонтных работ на мелиоративных системах определенного региона, возможен при наличии научно обоснованных нормативов, широко проверенных в производственных условиях.

Автор в составе группы сотрудников САНИИРИ под руководством к.т.н. У.Ю. Пулатова, с участием зональных и республиканских научно-исследовательских и проектных институтов системы Минводхоза СССР в 1974 г. впервые разработали на десятиую пятилетку «Нормативы годовых загрузок и потребности в строительных, мелиоративных, подъемно-транспортных и энергетических средствах для выполнения строительно-монтажных работ в водохозяйственном строительстве» и «Нормативы годовых загрузок и потребности в машинах для выполнения ремонтно-строительных работ на гидромелиоративных системах».

В 1975–1978 гг. указанные нормативы были переработаны и введены в действие с 1979 г. приказом по Минводхозу СССР для планирования потребности в технике на одиннадцатую пятилетку.

Новые нормативные документы учитывают зональные условия и особенности производства строительных и ремонтных работ на мелиоративных системах в различных районах страны. Нормативы составлены отдельно для орошаемой и осушаемой территорий, дифференцированно по союзным республикам и в целом по стране.

Нормативы годовых загрузок и потребности в машинах для строительно-монтажных работ, в отличие от ранее действовавших, охватывают большее количество работ в т.ч. и для строительства дренажа.

Дополнительно рассчитаны нормативные показатели по таким работам, как противоэрозионные мероприятия, строительство крупных узлов, гидросооружений и собственных баз.

Нормативы потребности в машинах в расчете на 1 млн. руб. сметной стоимости определены одновременно с нормативами производительности техники, что позволило с большей степенью обоснованности рассчитать удельные показатели потребности в машинах.

Нормативы годовых загрузок и потребности в машинах для выполнения ремонтно-строительных работ рассчитаны в штуках на 1000 га мелиорированной площади. Нормативы годовых загрузок представлены двумя главными показателями, характеризующими степень и эффективность использования техники – временем работы в часах и выработкой в натуральных показателях.

Необходимое для поставки на планируемый период число машин установлено по общепринятой методике, согласно которой наряду с общей потребностью машин, определяемой рассматриваемыми нормами, учтено наличие машин в водохозяйственных организациях на начало расчетного года, коэффициент равномерности поставки в течение этого периода и количество описываемых изношенных машин.

Нормативная потребность в машинах определена на основе усредненных данных с учетом ожидаемого прироста площадей на одиннадцатую пятилетку и соответственного изменения вида и объемов ремонтно-строительных работ.

Указанные «Нормативы» способствуют обоснованному планированию потребности в технике для производства строительных и ремонтных работ, правильному подбору необходимых средств механизации для соответствующих видов работ, дальнейшему повышению производительности труда и уровня механизации, внедрению новой техники и перспективному планированию развития отраслей машиностроения по отдельным видам продукции.

Литература:

- 5.1. Справочник по механизации мелиоративных работ, М., «Колос», 1974.
- 5.2. Система машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства на 1976-1980г.г., часть III, Мелиорация, ЦНИИТЭИ, 1976.
- 5.3. Инструкция по проектированию оросительных систем, часть VIII, «Дренаж на орошаемых землях», ВСН-П-8-74, М., 1975.
- 5.4. Бердянский В.Н. К методике определения допуска на проектный уклон трубчатой дрены при строительстве, Сб. научных трудов, вып.143, Ташкент, САНИИРИ, 1974.

- 5.5. Бердянский В.Н. Технология и организация работ по подготовке трасс дрен. Научные труды ВАСХНИЛ, Прогрессивные методы строительства закрытого дренажа на орошаемых землях, М., «Колос», 1977.
- 5.6. Казаков В.С., Томин Е.Д., Духовный В.А., Шапочкин А.Я. Механизация строительства закрытого дренажа в Голодной степи. Журнал «Гидротехника и мелиорация» № 11, 1968.
- 5.7. Калантаев В.А., Мамедов В.Н., Сапаров Б., Седов В.С., Чавыкин В.Н. Пути повышения эффективности закрытого горизонтального дренажа в условиях Туркменской ССР. Сб. научных трудов САНИИРИ, вып.133, Ташкент, 1972.
- 5.8. Пулатов У.Ю., Бердянский В.Н., Мирсагатов А.Н. Механизация строительства закрытого горизонтального дренажа в зоне орошения. Исследования прогрессивных способов дренажа засоленных земель Средней Азии. Сборник научных трудов САОВАСХНИЛ, вып. II, Ташкент, 1975.
- 5.9. Совершенствование технологии и средств механизации для строительства закрытого дренажа в аридной зоне. / Ф.Ф. Беглов // Проблема механизации сельскохозяйственного производства, часть IV, Механизация мелиоративных работ: Сборник тезисов докладов Всесоюзной научно-технической конференции, ноябрь 1985: Москва, 1985 г. – с 13-15.
- 5.10. Дреноукладчик со складывающимся при транспортировании бункером / Ф.Ф. Беглов// Инф.о научно-техническом достижении, № 85-138. Ташкент, УЗНИИНТИ, 1984 г. – 3 с.
- 5.11. А.с. 1216297, бункер дреноукладчика / У.Ю. Пулатов, Р.М. Давляканов, Ф.Ф. Беглов // Заявлено 11.11.1983 г., опубликовано 07.03.86, бюл. № 9.
- 5.12. Ступенчатый бункер дреноукладчика / Ф.Ф. Беглов // Инф. о передовом производственном опыте, сер. Ирригационно-мелиоративное строительство, Ташкент, УЗНИИНТИ, 1986 г. – 3 с.
- 5.13. Роющий орган траншейного дреноукладчика / Ф.Ф. Беглов // Инф. о передовом производственном опыте, сер. Ирригационно-мелиоративное строительство, Ташкент, УЗНИИНТИ, 1986 г. – 3 с.
- 5.14. Механизация планировки трасс при строительстве дрен и оросительных каналов, / Ф.Ф. Беглов, В.А. Захарчук, Ю.М. Шалыгин // Новая техника в эксплуатации гидромелиоративных систем: сб. научных трудов САНИИРИ - Ташкент, 1978г. вып.157 - с. 72-79.
- 5.15. Строительство в Голодной степи щелевого пластмассового дренажа дреноукладчиком ЭДЩ-251. /Ф.Ф. Беглов, В.А. Захарчук// Водохозяйственное строительство: экспресс-информация ЦБНТИ Минводхоза СССР - Москва, 1977 г.- серия 5 – с. 15-20.
- 5.16. Механизация строительства закрытого горизонтального дренажа в неустойчивых грунтах зоны орошения /Ф.Ф. Беглов// Инженерные мероприятия по борьбе с засолением орошаемых земель: сб. научных трудов САНИИРИ, вып.153, Ташкент, 1977 г. - с.105-110.
- 5.17. Система машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства на 1981-1990г.г., часть III, Мелиорация: МСХ СССР, Союзсельхозтехника, ММ и ВХ СССР, Минмашживкормпроизводства СССР, Минавтопром СССР, Минстройдоркоммунмаш СССР, Госкомлесхоз СССР, ЦНИИТЭИ, Москва, 1981г., 446с.
- 5.18. Вопросы повышения эксплуатационной надёжности внутрихозяйственной коллекторно-дренажной сети. /Н.И. Горошков, Ф.Ф. Беглов// Республиканская научно-техническая конференция по совершенствованию технической

- эксплуатации каналов оросительных систем, ноябрь 1984 г., сб. тезисов докладов, Ташкент, 1984 г. – с. 36-307.
- 5.19. К вопросу нормирования потребности в технике для строительства и эксплуатации гидромелиоративных систем / Ф.Ф. Беглов, Р.М. Давляканов // Вопросы повышения эффективности строительства и эксплуатации ирригационно-мелиоративных систем: сборник тезисов докладов Республиканской научно-практической конференции, Ташкентский институт народного хозяйства, ноябрь 1980 г., Ташкент, 1980 г. – с. 100-102.
- 5.20. Нормативы годовых загрузок и потребности в машинах для выполнения ремонтно-строительных работ на гидромелиоративных системах / У.Ю.Пулатов, А.А.Скоров, С.Х.Каримова, В.Н.Бердянский, Ф.Ф.Беглов, Р.М.Давляканов, В.И.Петраков (НИИПиН), В.Ю.Попов (Союзводпроект)//Минводхоз СССР, САНИИРИ: Ташкент, 1979 – 32с.
- 5.21. Нормы годовых загрузок и потребности в машинах для выполнения ремонтно-эксплуатационных работ / Ф.Ф.Беглов, У.Ю.Пулатов, А.К.Скоров // организация к механизации ремонтно – эксплуатационных работ на оросительных системах: сб.тезисов докладов Всесоюзной научно – технической конференции, Ташкент, 1979: - Москва, 1979 – с. 57 – 58.