

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный

Кафедра «Инженерные системы зданий и сооружений»

УТВЕРЖДАЮ:

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ А.И. Матюшенко

подпись                      инициалы, фамилия

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

**БАКАЛАВСКАЯ РАБОТА**

Дренажная система жилого комплекса

08.03.01 «Строительство»

Руководитель

\_\_\_\_\_

подпись, дата

доцент, к.т.н.

должность, ученая степень

Л.В. Приймак

инициалы, фамилия

Выпускник

\_\_\_\_\_

подпись, дата

В.С. Половинкин

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_

подпись, дата

доцент, к.т.н.

должность, ученая степень

Л.В. Приймак

инициалы, фамилия

Красноярск 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Дренажная система.....	5
1.1 Причины подтопления территорий.....	5
1.2 Методы защиты от подтопления.....	7
1.3 Классификация дренажей.....	14
1.4 Конструкция дренажа.....	21
1.5 Проектные решения.....	35
1.6 Системы защиты сооружений от подземных вод.....	36
1.7 Выбор типа защиты.....	39
1.8 Гидрогеологический расчет дренажа.....	40
1.9 Гидравлический расчет дренажа.....	41
1.10 Геодезический расчет дренажной системы.....	45
1.11 Оценка эффективности дренажной системы.....	48
1.12 Выбор материала труб для устройства дренажа.....	49
1.13 Смотровые колодцы.....	50
1.14 Транзитные участки и выпуски.....	51
1.15 Обсыпка трубчатого дренажа.....	54
2. Технология разработки грунта и прокладки труб.....	56
2.1 Технология земляных работ.....	56
2.2 Способы разработки грунта.....	57
2.3 Способы уплотнения грунта.....	60
2.4 Расчет объемов земляных работ.....	60
2.4.1 Определение размеров траншеи.....	60
2.4.2 Определение объемов работ по разработке грунта в котловане и траншее.....	62
2.4.3 Определение объемов работ по срезке растительного слоя грунта с котлована и траншеи.....	62

2.4.4 Определение объемов работ по зачистке дна котлована и траншеи .....	63
2.4.5 Определение объема засыпки дренажной системы .....	63
2.4.6 Соединение дренажных труб .....	65
Заключение .....	66
Список использованных источников .....	67

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в городском строительстве значительно увеличилась доля подтопленных участков, поэтому актуальной задачей является выбор оптимальных систем и современных конструкций для понижения уровня грунтовых вод, безопасных и экономически обоснованных.

Дренаж – инженерное сооружение для отвода подземных вод. Используется при слишком высоком уровне грунтовых вод, которые в свою очередь негативно влияют так и на инженерные коммуникация вокруг строящегося объекта, так и на сам объект, у зданий – это подмывка и разрушение фундамента, затопление подвалов, у дорог и объектов инфраструктуры, оказавшихся в месте слишком высоких подземных вод, также высокая вероятность быть поврежденным или затопленным.

Опасным уровнем грунтовых вод является уровень, который находится выше заглубляемой части здания или не более чем на полметра ниже от нее.

Целью проектирование дренажного устройства в первую очередь является снижение грунтовых вод до безопасного уровня. Помимо зданий, так же защищаются и инженерные коммуникации, автомобильные дороги и другие сооружения, находящиеся в зоне высокого уровня грунтовых вод.

В настоящее время для отвода или перехвата грунтовых вод используется система дренажей. Дренаж – бесструбчатое или трубчатое инженерное устройство для перехвата грунтовых вод. Грунтовые воды, которые перехватывают дренажи, должна отводиться в ливневую канализацию, поэтому при проектировании дренажа, возможно изменение ливневой канализации в угоду дренажной системе.

Дренажные системы играют важную роль в обеспечении комфорта, безопасности и долговечности зданий, построенных на подтопляемых территориях.

## **1 Дренажная система**

### **1.1 Причины подтопления территорий**

Подтопление территории может быть искусственным или естественным.

Искусственное подтопление, вызвано хозяйственной деятельностью человека, такие как возведение дамб или других сооружений, мешающих естественному потоку воды на открытых и подземных источниках. В настоящее время при плотной застройке кварталов в городах, наблюдается повышение уровня воды в грунтах так называемый барражный эффект.

Барражный эффект – подъем уровней грунтовых вод перед преградой по потоку и снижением за ней, вследствие перекрытия фильтрационного потока подземных вод. В зависимости от гидрогеологических характеристик перекрытого водоносного горизонта и габаритов инженерного сооружения величина подпора может изменяться от нескольких сантиметров до метров и может приводить к деформациям грунтового массива, подтоплению территории и расположенных рядом зданий и сооружений, а также другим неблагоприятным последствиям. Вода перестает циркулировать и испаряться из почвы, тем самым происходит накопление воды в грунтах, так же можно выделить большой износ инженерных коммуникаций, в основном таких как водоводы и канализация. При не своевременном обслуживании происходит разрыв трубопровода, который увеличивает количество влаги в почве. В безнапорной канализации это может происходить длительное время, до момента выявления более значительных разрушений.

Естественное питание подземных вод осуществляется в основном за счет просачивания в грунт атмосферных осадков и фильтрации поверхностных вод из открытых водоемов и рек. Воды, поступающие сверху или притекающие со стороны, достигают водоупорного слоя, на котором создается зона насыщения пород гравитационной водой. Это – собственно водоносный слой –

своеобразный буфер между подземными источниками водами и дневной поверхностью, называемой зоной аэрации.

Независимо от горизонта подземных вод в массиве грунта всегда присутствует грунтовая влага. Она удерживается в нем адгезионными или капиллярными силами. Количественное или качественное состояние влаги в массиве обусловлено свойствами грунтов и гидравлической связью с гравитационными водами. Поэтому повышение или понижение их уровня всегда приводит к изменениям в зоне капиллярного увлажнения, которая является нижней частью аэрации.

Регулирующая роль зоны аэрации зависит от ее мощности и состава грунтов, определяющих характер просачивания воды. Осадки с поверхности земли проникают в зону аэрации в результате свободного просачивания и вследствие неоднородности ее грунтов могут формировать верховодку и подвешенные воды, полностью насыщая отдельные слои или всю толщу зоны. Пройдя зону аэрации, вода переходит в подземный сток, который передвигается от области питания к области естественной разгрузки, то есть к месту выхода на дневную поверхность.

Подтопление района всегда связано с климатическими условиями района, которые существенно влияют на уровень грунтовых вод, особенно на водораздельных участках, где грунтовые воды формируются преимущественно за счет атмосферных осадков. Здесь климатические особенности района определяют ход сезонных и годовых колебаний уровня подземных вод, от которых зависят продолжительность и интенсивность периодического затопления заглубленных сооружений.

В зависимости от режима грунтовых вод подтопление территорий может повторяться один или несколько раз в год или даже один раз за несколько лет. Некоторые территории из-за частого и продолжительного обводнения подтоплены в естественном состоянии. Интенсивность подтопления влияет на величину амплитуды колебаний уровня грунтовых вод. Так же важен состав

пород и мощность зоны аэрации, которые имеют сходные черты на территориях, принадлежащих к одной климатической зоне.

Естественный режим подземных вод определяют особенности геологического строения и климат района, рельеф самой территории и степень развития ее гидрографической сети. Поэтому повышение уровня грунтовых вод на площадке строительства обычно вызвано различным сочетанием ее природных свойств, в числе которых весьма существенна роль геологического строения.

## **1.2 Методы защиты от подтопления**

Для защиты зданий и территорий от подтопления используют профилактические и радикальные методы. При этом учитывают максимальное положение зеркала грунтовых вод относительно поверхности земли, выявленное в результате анализа данных многолетних наблюдений. Положение этого уровня соотносят с требуемой нормой осушения.

Норма осушения зависит от назначения объекта и использования территории. Ее величина для зданий должна быть не меньше 0,5 м от отметки пола подвала или технического подполья. Такую же норму осушения принимают при устройстве каналов для коммуникаций и других сооружений. Нормальная эксплуатация городских улиц и дорог обеспечивается при положении уровня грунтовых вод 1,7 м от верха дорожного покрытия в зависимости от характера грунтов основания.

Для подтопленных территорий требуются радикальные меры, сочетающие устройство дренажей, а при необходимости и повышение территории с созданием искусственного рельефа. Они обязательно дополняются профилактическими мерами. Последние являются основными для инженерной защиты потенциально подтапливаемых территорий.

На потенциально подтапливаемых площадках необходима система профилактических мероприятий, включающих комплекс мер по инженерной подготовке, использование локальных водозащитных устройств.

Эффективность защиты объекта от подтопления, особенно вызванного техногенными факторами, в значительной степени определяется профилактическими мероприятиями. К основным из них относят.

Вертикальную планировку с надлежащей организацией поверхностно-то стока на осваиваемом и застроенном участках, не ухудшающую отвод дождевых и талых вод с прилегающей территории.

Искусственное повышение планировочных отметок территории при низких отметках существующей поверхности земли, затрудняющих отвод дождевых вод или понижение подземных.

Усиление дренирующего действия водоемов и водотоков с помощью регулирования их русла.

Устройство защитной гидроизоляции заглубленных конструкций, сооружений и подземных коммуникаций, нормативное уплотнение грунта при засыпке котлованов и траншей, герметичную заделку отверстий в наружных стенах и фундаментах зданий на вводах и выпусках инженерных сетей.

Тщательное выполнение работ по строительству наружных водонесущих инженерных коммуникаций и правильную их эксплуатацию для предотвращения постоянных и аварийных утечек.

Использование водосберегающей технологии полива зеленых насаждений.

При профилактических мероприятиях необходимо учитывать возможность усиления дренирующего действия естественных мест разгрузки подземных вод. Это может быть эффективно на территориях, расположенных в непосредственной близости от реки, когда подземные воды гидравлически с ней связаны. В этом случае регулирование русла реки может привести к снижению уровня грунтовых вод на прибрежной территории. Не менее важно сохранение условий естественного дренирования подземных вод в понижениях



рельефа. Если при вертикальной планировке территории предусматривается их засыпка, следует устраивать дренаж и оборудовать водосбросы до проведения земляных работ.

Для предотвращения подтопления в ряде случаев достаточно несколько приподнять площадку под проектируемое здание относительно существующей поверхности. Разумеется, это возможно, если позволяют отметки линий на границе с расположенной застройкой. В результате локальной подсыпки повышаются посадочные отметки здания и тем самым уменьшается заглубление подвального этажа в естественную толщу грунтов.

Такой прием позволяет снизить затраты, связанные с устройством инженерных сетей, в том числе и дренажа. В некоторых случаях можно даже отказаться от устройства дренажа, если выдерживается норма осушения и использована надежная гидроизоляция из материалов нового поколения. Повышение отметок планировочной поверхности также способствует эффективному удалению дождевых вод от здания, что положительно влияет на условия его эксплуатации.

Для ускорения поверхностного стока от здания следует устраивать отмостку шириной не менее 1 м, при необходимости увеличивая ее до 1,5 м. Чтобы исключить поступление воды к зданиям или сооружениям, желательно доводить отмостку до дорог или лотков, а ее поперечный уклон от здания принимать не меньше 2 %, По этим же соображениям следует отдавать предпочтение сбросу расходов водосточных труб в систему наружной ливневой канализации. Если это невозможно, необходимо устраивать специальный лоток под водосточными трубами с продольным уклоном не меньше величины поперечного уклона отмостки.

Локальное повышение планировочных отметок на площадке строительства нередко используют при ее подтоплении капиллярными водами и проявлении местных напоров. Такое повышение можно выполнять только под пятном застройки при высотной привязке объекта, а также за его границами для части или всего участка в зависимости от конкретной ситуации.

Прием локального повышения площадки проектируемого объекта может быть полезен и при наличии сопутствующего дренажа эксплуатируемых подземных инженерных коммуникаций, проложенных в непосредственной близости от возводимого объекта. При расположении последнего в зоне влияния дренажа инженерной сети, эксплуатируемой или прокладываемой одновременно с возведением объекта, не потребуется прокладка дополнительной дренажной системы. Использование одной системы дренажа, защищающей несколько объектов, целесообразно по экономическим и экологическим соображениям, особенно при строительстве и реконструкции зданий, расположенных в зоне интенсивной застройки.

При строительстве или реконструкции отдельных объектов профилактические мероприятия носят самостоятельный характер, а их содержание зависит от назначения объекта и использования участка.

Для городских территорий организация рельефа и водоотвод решаются в границах отвода участка, предназначенного для размещения строящегося или реконструируемого объекта. Здесь при правильно выполненной вертикальной планировке обычно стоит задача отведения только собственного дождевого стока в существующую или проектируемую канализационную сеть.

Во всех случаях перехватывающая сеть должна иметь места сброса, в качестве которых служат естественные места дренирования или специально устроенные искусственные водоемы. При наличии на участке индивидуальной канализации решение этого вопроса упрощается, поскольку сброс может быть выполнен как в колодцы самой сети, так и в поле ее фильтрации. В этом отношении особенно важно общее высотное решение планировочной поверхности и отдельных элементов ее благоустройства, которые разрабатывают в рамках вертикальной планировки.

Вместе с тем выбор места сброса при застройке отдельных придомовых участков индивидуальной застройки, особенно расположенных в окружении существующих домов, представляет определенные трудности. В таких случаях можно рассмотреть варианты приема расходов поверхностного стока с

использованием принципов поглощения или аккумуляции, область применения которых зависит от гидрогеологических особенностей участка. Поэтому даже в границах одного участка могут быть эффективны оба варианта. Для поглощения и временной аккумуляции расходов устраивают щебеночные колодцы с подводными элементами в виде открытых лотков или гравийных канавок

При небольших расходах поверхностного стока временной аккумуляционной емкостью служит сама сеть канав и колодцев. Их параметры должны обеспечивать прием расчетных расходов дождевого стока, а принятая конструкция не ухудшать режим подземных вод. При согласованном решении вопросов организации поверхностного и подземного стоков такая сеть будет улучшать режим грунтовых вод и работать как дренажно-ливневая.

Прием организации поверхностного стока, основанный на принципах поглощения и аккумуляции, весьма эффективен для ландшафтных объектов различного использования, и даже на территории городской застройки.

Он незаменим на площадках, где отсутствуют инженерные сети водоотведения, а также в случаях, когда сети временно находятся в нерабочем состоянии или невозможен сброс дождевых расходов в эксплуатируемую канализацию. С такими ситуациями часто сталкиваются на участках размещения исторических объектов

Новые материалы открывают большие перспективы в борьбе с капиллярным и инфильтрационным подтоплением, техногенными утечками из водопроводящих сетей и накопительных емкостей. С их помощью существенно повышается эффективность гидроизоляционных профилактических мер, которые проектируют, принимая во внимание гидрогеологические условия площадки строительства и конструктивные особенности сооружения, а также требуемый эксплуатационный режим в этом сооружении.

Современные технологии, безусловно, привели к изменению конструкции элементов системы водо защиты зданий, в том числе и гидроизоляционных. На смену глиняным замкам пришли изделия из бентонитовой глины и ее

производных, которые инъецируют в грунт или добавляют в другие гидроизоляционные материалы. Сейчас их выпускают в виде панелей и рулонов на различной основе, а также листов и матов. Такие материалы обладают достоинствами традиционных, но более технологичны при производстве работ. Появились и широко используются другие новые гидроизоляционные мембраны, а так же современные устройства водопонижения и водоотведения. Они позволяют комплексно решать задачу водозащиты заглубленных частей зданий и сооружений,

Система водозащиты здания может оказаться недостаточно эффективной, если не предусмотрены меры против техногенной фильтрации. Зона наибольшего риска возникновения техногенных утечек отмечается в местах ввода инженерных сетей и наружных прокладок водопроводящих коммуникаций рядом с этим зданием.

Уменьшение техногенной фильтрации на застроенных территориях в значительной степени связано с сокращением таких утечек из инженерных водопроводящих сетей. Эффективными средствами в борьбе с утечками являются организационно-технические мероприятия, а также укладка дренажных и канализационных труб нового поколения, Они обладают высокой кольцевой жесткостью, минимальным количеством стыков и герметичными соединительными элементами, что способствует повышению надежности водопроводящей сети и тем самым снижает вероятность аварийных утечек. Такие конструкции отличаются простотой эксплуатации и устройства. Последнее обстоятельство не менее важно для предупреждения подтопления, поскольку позволяет сократить разрыв между земляными работами и строительными, связанными с нулевым циклом.

Особо отметим значимость правильного ведения работ нулевого цикла, в частности, соблюдение нормативных требований по составу и уплотнению обратной засыпки пазух котлованов зданий и сооружений, чтобы исключить образование в ней верховодки.

Для предотвращения повышения уровня грунтовых вод при создании искусственных водоемов, каналов и других специальных емкостей накопителей воды используют противодиффузионные устройства. В зависимости от решаемых задач их устраивают под сооружением, перед ним, а так же по наружной или внутренней его стороне ниже поверхности земли.

Конструкция водозащитных преград должна быть надежной в эксплуатации, достаточно простой при устройстве и по возможности ремонт пригодной. Однако в зависимости от назначения объекта и возможностей инвестора может рассматриваться вариант выбора дорогостоящих и долговечных гидроизоляционных устройств, например, со сроком службы, рассчитанным на весь период эксплуатации сооружения. Этим требованиям в полной мере отвечают современные гидроизоляционные материалы, в том числе из синтетических волокон и грунтовых композиций.

Выбор профилактических мер всегда увязывают с назначением объекта и использованием территории. Поэтому, кроме рассмотренных мероприятий, для потенциально подтапливаемых площадок может потребоваться устройство профилактического дренажа. Обычно его используют для участков, расположенных в зоне застройки, или для защиты зданий с заглубленными помещениями.

Локальные профилактические дренажные системы решают задачу защиты отдельного объекта, подтопление которого может быть обусловлено различными причинами в конкретных условиях строительства или эксплуатации. Таким объектом защиты могут быть не только здание или сооружение, но и инженерные сети, подпорная стенка, улицы и дороги, а так же участок зеленых насаждений, откосы.

Профилактические дренажи, защищающие здание или сооружение от подтопления, вызванного инфильтрацией или капиллярными водами, обычно прокладывают по их наружному контуру. Это пристенные или прифундаментные дренажи. При необходимости защитить объект от грунтовых вод, поступающих со стороны, устраивают перехватывающий дренаж. Он

удаляет грунтовые воды еще до их поступления к зданию, участку или откосу, Для защиты инженерных сетей, дорожного покрытия, подпорных стен и берегоукрепительных конструкций используют сопутствующие и застенные дренажи. Их укладывают в траншею с сетями, вдоль проезжей части или подпорной стенки.

Таким образом, с помощью профилактических мер можно предупредить повышение уровня грунтовых вод или уменьшить его интенсивность и границы распространения.

Для подтопленных территорий необходимы радикальные меры по инженерной защите, позволяющие устранить подтопление и его последствия. Радикальные мероприятия по защите от подтопления включают устройство дренажных систем и искусственное повышение отметок территории.

Основной мерой инженерной защиты подтопленных территорий является дренаж. На пойменных и заболоченных незастроенных территориях, предназначенных для освоения, наряду с дренажами выполняют искусственное повышение планировочных отметок с помощью подсыпки или намыва. Выбор отметок планировочной поверхности производят с учетом не затопления территории расчетным горизонтом речных вод, принимают во внимание также положение уровня грунтовых вод и условия их естественного дренирования. Поэтому, чтобы не создать подпор подземных вод, до проведения работ по подсыпке или намыву следует провести профилактические мероприятия на существующих понижениях и водотоках, подлежащих засыпке.

Таким образом, дренажи являются как профилактической, так и радикальной мерой в борьбе с подтоплением зданий и территорий. Широкая область возможного применения дренажа, а также использование новых технологий определяет многообразие его конструкций и систем, особенно в современных условиях строительства и реконструкции нетиповых объемов.

### **1.3 Классификация дренажей**

Дренажи классифицируются по нескольким признакам: по назначению и характеру использования дренажных устройств, конструктивными особенностями, расположению в плане.

По целевому назначению дренажи делят на городские, промышленные, строительные, сельскохозяйственные, противооползневые, горные, дорожные и аэродромные. Особую группу составляют дренажи специального назначения, в частности, водопонижение рекультивируемых территорий с наличием загрязнений.

Городской дренаж, как и промышленный, используется для искусственного понижения уровня грунтовых вод на территории застройки.

Выделяют дренажи подземных частей новых и существующих зданий, приямков; дорожных, подземных каналов; откосные и застенные.

Классическое дренажное устройство состоит из двух основных элементов: водоприемного и водоотводящего. Первый осуществляет прием воды из водоносного пласта, второй обеспечивает отведение за пределы защищаемого объекта. Так же возможно совмещение этих функций.

По способу забора воды выделяют два типа дренажа: гравитационный и специальный дренаж. В гравитационный дренаж вода поступает за счет сил тяжести. В специальных дренажах используются системы принудительного отбора воды.

**Горизонтальные дренажи** гравитационного действия с самотечным удалением воды наиболее распространены в городском строительстве. Простейший тип – беструбчатый дренаж – лоток, заполненный фильтрующим материалом канава или траншея. Мелкозаложенный беструбчатый регулирует поверхностный и подземные стоки, поэтому его следует рассматривать, как полуфункциональное дренажно-ливневое устройство. Трубчатая конструкция представлена в виде перфорированной трубы с фильтрующим устройством из песчано-гравийных слоев.

К горизонтальному дренажу можно отнести такой тип дренажа как **вентиляционный дренаж**. С помощью этого типа дренажа регулируют

влажностный режим защищаемых сооружений за счет продувки воздуха через элементы дренажной конструкции. Воздух продувают при естественной температуре или подогретый. Разновидностью такого дренажа является пневмонагнетательный. Осушающее действие такого дренажа основано на эффекте движения влаги к стенке дрены и испарении. Далее уже в виде пара она уносится воздухом, продуваемом по дрене. Область применения вентиляционного дренажа связана с регулированием теплового и влажностного режимов грунтов оснований зданий и сооружений.

**Лучевой дренаж** – горизонтальные трубчатые дрены, которые соединяются в шахтном колодце. Вода, в таком виде дренажа, самотеком движется по горизонтальным участкам в водосборный колодец. В водосборном колодце устанавливают насосное оборудование для откачки собранной воды. Лучевой дренаж отличается высокой водозахватывающей способностью, поскольку от скважин выходят несколько горизонтальных дрен или даже несколько ярусов таких дрен. Его устраивают в сложных гидрогеологических условиях и в тех случаях, когда проходка открытых горизонтальных дрен невозможна.

Трубчатая конструкция представляет собой перфорированную трубу с фильтрующим устройством из песчано-гравийных слоев и геотекстильных материалов или композиций.

**Вертикальные дренажи** водопонизительные трубчатые колодцы, фильтрующая часть которых значительно заглублена в водоносный пласт. Удаление воды из дренажа происходит за счет принудительной откачки. В определенных гидрогеологических условиях используют самоизливающиеся, а так же поглощающие трубчатые колодцы с удалением воды в нижележащие водопроницаемые слои.

Трубчатый вертикальный дренаж обеспечивает значительное понижение уровня грунтовых вод, поэтому при локальной защите жилых и общественных зданиях с традиционным заглублением подвальных помещений до 4 м не применяют. Это объясняется не только экономическими соображениями, но и



новыми технологическими возможностями современных конструкций горизонтального дренажа.

Беструбчатые конструкции вертикального дренажа – щебеночные колодцы, выполненные в вертикальной траншее или из железобетонных колец без дна. Они работают за счет поглощения или временно аккумулируют подземный сток.

**Комбинированный дренаж** это совмещение вертикального и горизонтального дренажа. В трубчатом комбинированном дренаже горизонтальные системы работают как несовершенные системы, а вертикальные как совершенные. Совершенный дренаж это такой тип дренажа, при котором основание горизонтального дренажа или забой вертикального доходят до водоупора, а несовершенные дренажи не доходят до водоупора.

Степень гидродинамического несовершенства. Если основание горизонтального дренажа или забой вертикального доходят до водоупора, то такой дренаж называется совершенным, если основание не достигает водоупора то такой является несовершенным.

**Расположение в плане.** В зависимости от положения трубчатого дренажа относительно защищаемого объекта и источника поступления подземных вод традиционно различают однолинейную, двухлинейную, систематическую и контурную системы. Набор типовых систем в различных комбинациях используют при формировании схем дренажа защищаемого объекта.

Однолинейные системы представляют собой преграды, перехватывающие грунтовые воды, поступающие на территорию сбоку со склона или водоема. В первом случае их называют головными, во втором – береговыми. Сочетание линейных веток дает двух линейную систему дренажа. Регулярное расположение дрен на защищаемой территории в виде нескольких параллельных ниток характеризует систематический, или площадный дренаж. Его применяют преимущественно в условиях инфильтрационного питания грунтовых вод (сверху), хотя в определенных гидрогеологических условиях систематический дренаж эффективен и при смешанных источниках питания.

Системы дренажа называют общими, если они обеспечивают общее понижение грунтовых вод на территории застройки. При необходимости их сочетают с местными, которые служат для защиты от подтопления отдельных объектов.

Местные дренажи решают локальные задачи защиты, поэтому их располагают по контуру защищаемых объектов. Замкнутый в плане дренаж традиционно называют кольцевым, его используют на площадках, сложенных хорошо водопроницаемыми грунтами, поэтому при заложении такого дренажа на водоупоре можно защитить от подтопления не только отдельные особо заглубленные здания, но даже группу соседних зданий.

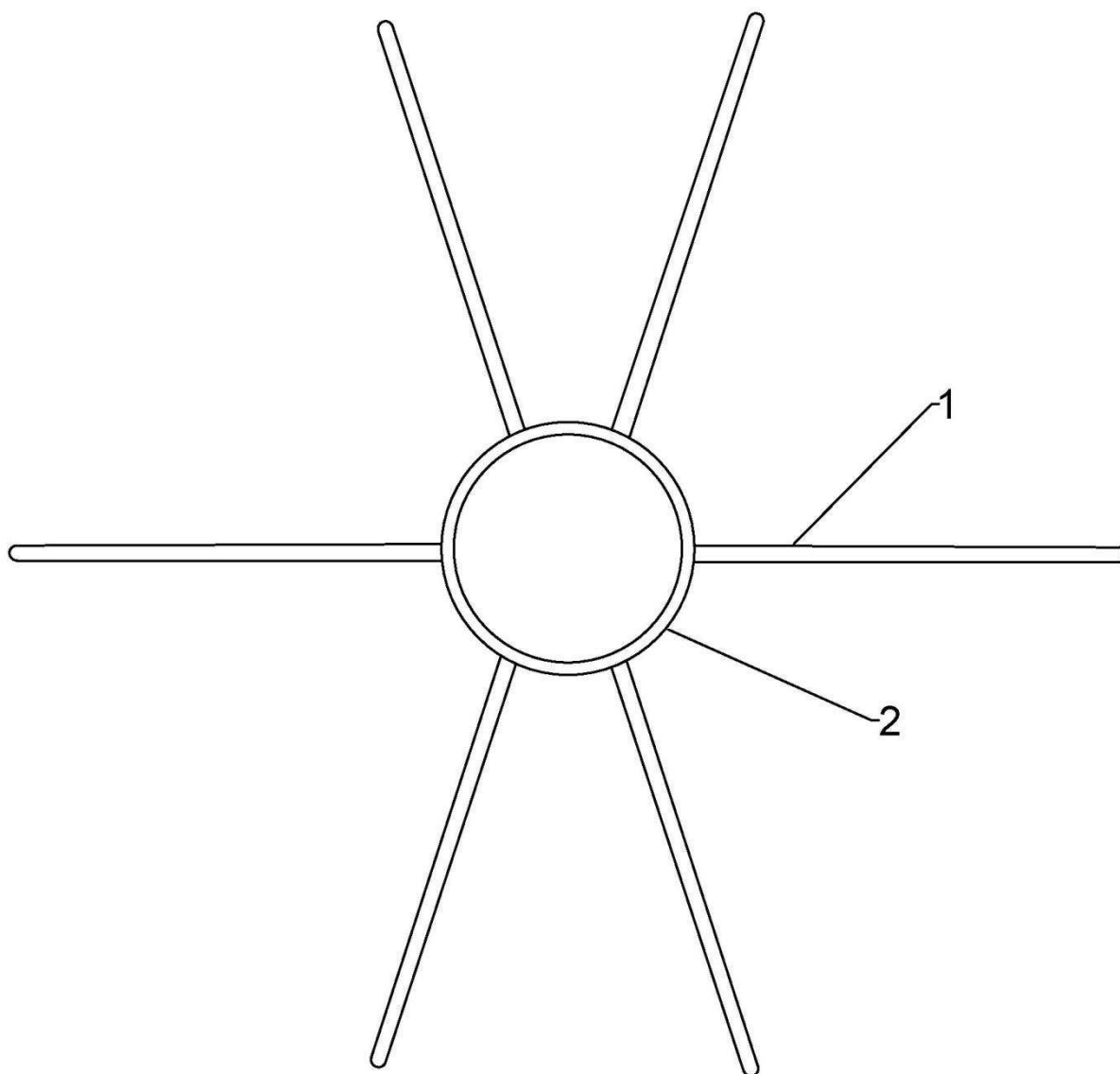
В условиях слабоводопроницаемых грунтов замкнутый дренаж, расположенный по периметру здания, носит название пристенного. Пристенный дренаж максимально возможно приближен к наружной стене объекта защиты, в отличие от кольцевого, который чаще не примыкает непосредственно к защищаемым сооружениям.

Если грунтовые воды поступают к зданию преимущественно с вышележащей территории, используют незамкнутый контур, иногда даже однолинейную перехватывающую ветку. При нависании дрен над водоупором наряду с контурной линией несовершенного дренажа могут появиться дополнительные дрены шпоры.

Поэтому в конкретных условиях проектирования осуществляют выбор оптимальной схемы дренирования для данного объекта. Принцип формирования схемы определяется условиями строительства: гидрогеологическими особенностями площадки, заглублением, конфигурацией подвального помещений и конструкцией фундамента защищаемого здания. Большое значение имеют отметки планировочной поверхности по периметру здания, его площадь, а также наличие по близости эксплуатируемых объектов.

Схема дренажа защищаемого объекта может состоять из одной или нескольких систем (простых и усложненных).

При устройстве дренажа современных гражданских зданий, особенно при большой площади защищаемого контура и сложной конфигурации объекта, схема дренажа представляет собой комбинации различных усложненных систем дренажа.



1 – горизонтальный дренаж, 2 – собирающий колодезь

Рисунок 1 – Лучевой дренаж

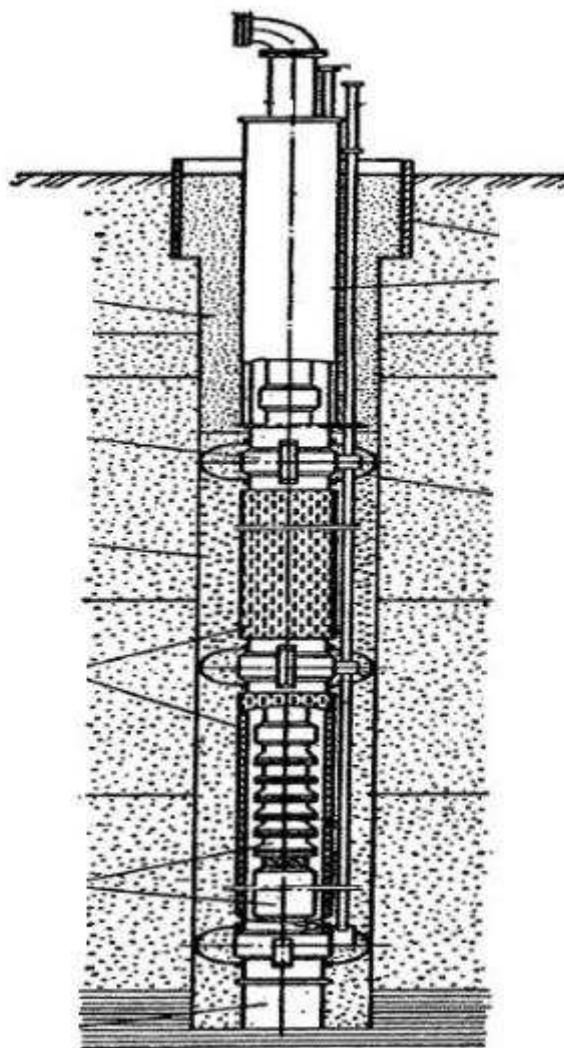
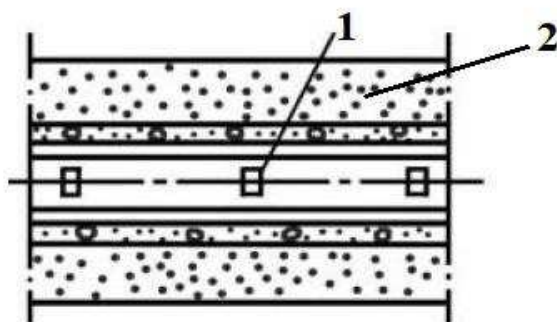


Рисунок 2 Вертикальный дренаж с насосом для откачки воды



1 – перфорированная труба, 2 – местный грунт

Рисунок 3 Горизонтальный дренаж

## 1.4 Конструкция дренажа

Для защиты заглубленных частей зданий и участков застройки используют как традиционные, так и современные конструкции горизонтальных дренажей. Горизонтальные дренажи конструктивно могут быть решены следующим образом:

- с фильтрующей обсыпкой труб (или наполнением закрытого дренажа) из рыхлого сортированного материала (песка, гравия, щебня); с фильтром из геосинтетических (или натуральных) материалов в сочетании с песчано-гравийными;

- с композициями из дренажных материалов (на основе бетона или пластмасс);

- с обертками труб из геоткани (или натуральных материалов) и без них.

Наибольшее распространение в конструкции дренажа современных гражданских зданий получили геотекстильные материалы, используемые в виде: фильтрующих мембран для разделения слоев пластового, закрытого и обсыпки трубчатого дренажа; в определенных случаях для обертки труб; гекомпозиатов, дополняющих конструкцию местного дренажа; гекомпозиатов как самостоятельной конструкции дрен (пластовых, отсечных и т. д.),

Открытый дренаж канавы или лотки с защитой откосов от размывания с помощью плит или одиночного мощения, уложенных на фильтрующий песчаный слой. Одежды лотка выполняются с водоприемными отверстиями или щелями, Такие дренажно-ливневые элементы используют для осушения верхних слоев грунта и отведения поверхностных вод. Обычно открытый дренаж применяют на участках зеленых насаждений, а также в качестве временной конструкции на период строительства. В сравнении с обычными открытыми лотками к преимуществам современных конструкций в виде линейных элементов, изготовленных в заводских условиях, относятся высокая надежность, универсальность, удобство монтажа и ремонта, а так же возможность устройства на застроенных городских территориях.

Трасса дренажа нужной длины собирается из отдельных каналов. Каналы и комплектующие изделия к ним выполнены в различных вариантах по глубине и ширине, что позволяет в каждом конкретном случае найти решение, оптимальное по техническим и экономическим показателям. С помощью такой универсальной системы принимают грунтовые воды из основания дорожного полотна, грунтового слоя озелененной кровли или террасы, а также удаляют поверхностный сток,

Дренажно-ливневой канал дорожной конструкции представляет собой поток, устроенный внутри борт камня. Подземные воды из основания дорожного полотна и тротуара поступают по патрубкам, а поверхностные через специальные отверстия с наружной стороны бордюра. Сток можно сбрасывать в традиционные водоприемные устройства. Такая конструкция компактна и сводит к минимуму повреждения существующих подземных коммуникаций или дорожных покрытий. Наряду с этим обеспечивается эффективный сопутствующий дренаж на участках, где прокладка традиционной конструкции нецелесообразна из-за высокой стоимости.

На эксплуатируемых кровлях, открытых искусственных террасах и балконах применяют каналы с фиксируемой и регулируемой высотой, изготавливаемые из оцинкованной или нержавеющей стали, с перфорированными стенками и глухим ровным дном, изменение глубины регулируется в верхней части канала. Боковые поверхности и верх имеют щели шириной 4 мм. Дно конструкции равномерно распределяет нагрузку и исключает пробивание слоя гидроизоляции. С помощью таких каналов дренируют грунтовые слои искусственных горизонтальных поверхностей и удаляют поверхностный сток.

Каналы укладывают без уклона и соединяют с помощью простой замковой системы. Собранные поверхностные и дренажные воды отводятся к вертикальному сбросу, с которым с помощью специальной насадки соединяют канал. Такие каналы актуальны для покрытий, обладающих свойствами инфильтрации, особенно при наличии на террасах и балконах открывающихся

дверных и фасадных систем. Они позволяют исключить негативные моменты, типичные для использования обычных лотков, когда проникновение излишней влаги из-за подпора или разбрызгивания вода наносит ущерб зданию и гидроизоляционной системе кровли или террасы.

Закрытые дренажи ровики или канавки, заполненные фильтрующим материалом из щебня, не подверженного размоканию и агрессии грунтовых вод, Конструкцию решают в двух вариантах: с полным или частичным заполнением поперечного сечения крупно фракционным гранитным щебнем. Оба варианта предусматривают возможность включения геотекстильной фильтрующей прослойки, которая в условиях глинистых грунтов служит также средством защиты конструкции от кольматажа. Вариант с частичным заполнением поперечного сечения применяют в тех случаях, когда необходимо замаскировать канавку. Поэтому для разделения фильтрующего наполнения канавки и верхнего слоя, например газона, между ними укладывают геоткань. Такую конструкцию широко используют для территории ландшафтных и исторических объектов, на участках загородного строительства и зеленых насаждений в городской застройке. Целесообразность применения конструкции уточняют в зависимости от архитектурно-планировочной ситуации и гидрогеологических условий территории

Пластовый дренаж для защиты заглубленных частей зданий традиционно выполняют в виде сплошного песчано-гравийного слоя или в виде призм. Используют также современные геотекстильные мембраны и высокопрочные композиты. Грунтовые материалы отсылают по дну котлована, делая уклон по возможности не меньше 0,01 к дренажным трубам, уложенным по наружному контуру здания или под ним. Конструкция пластового дренажа может состоять из одного или двух слоев в зависимости от характера подстилаемых грунтов, ширины защищаемого сооружения и притока воды. При большой площади дренажа или особых требованиях к влажностному режиму здания параметры и конструкцию пластового дренажа определяют специальным расчетом.

Однослойный пластовый дренаж устраивают из щебня, двухслойный из щебня и песка. Песчаный слой может быть заменен соответствующей геотекстильной мембраной. В пластовом дренаже используют щебень с крупностью фракций 3-20 мм, а также среднезернистый песок, К грунтовым материалам фильтрующей постели дренажа предъявляют требования, аналогичные требованиям к грунтовым фильтрующим обсыпкам трубчатого дренажа.

Площадный пластовый дренаж с однослойной щебеночной постелью должен иметь толщину не меньше 300 мм. Двухслойную дренирующую постель конструктивно решают из щебеночного слоя не меньше 150 мм, а песчаного - не меньше 100 мм. Для сокращения объемов щебня площадный пластовый дренаж заглубленного здания конструктивно может быть решен в виде слоя песка, прорезанного в поперечном направлении щебеночными призмами. Толщина линейного пластового дренажа с однослойной постелью из щебня должна быть не меньше 200 мм. Необходимое количество дрен (призм) определяют с учетом гидрогеологических условий, а их положение в плане зависит от конструкции фундамента защищаемого объекта. Фильтрующая постель пластового дренажа должна сопрягаться с обсыпкой дренажной трубы. Поэтому при размещении дрены по внешнему контуру объекта фильтрующая постель должна выходить за наружные стены здания на отметках по возможности не ниже лотка трубчатой дрены. В процессе производства работ пластовый дренаж защищают от засорения. Пластовый дренаж каналов теплосети и коллекторов подземных сооружений однослойной конструкции устраивают толщиной не меньше 150 мм.

При заложении каналов в слабоводопроницаемых грунтах неоднородного строения отсылают наклонные песчаные призмы или делают вертикальную засыпку траншеи песком. Их выполняют в соответствии с требованиями производства работ по схеме, аналогичной применяемой для трубчатого дренажа.



Трубчатый дренаж. Важным элементом конструкции трубчатого дренажа является фильтрующая обсыпка, которая выполняет захват (каптаж) подземных вод. Фильтрующие грунтовые обсыпки в зависимости от состава осушаемого грунта делают однослойными либо (чаще) двухслойными, наряду с этим предусматривают засыпку части траншеи песчаным грунтом. При устройстве откосной траншеи такую засыпку делают в виде призм по соображениям экономии материала. Высоту песчаной призмы принимают с учетом гидрогеологических условий, отметок существующей и проектной поверхностей, а также характера использования заглубленного помещения. Назначение призмы – прием воды, притекающей с боков. Наименьшая высота песчаной призмы составляет 0,6-0,7 от величины превышения расчетного уровня грунтов вод относительно дна дренажной траншеи. В определенных условиях верхнюю часть песчаной призмы делают даже на 10-30 см выше уровень грунтовых вод или доводят до этого уровня. Однослойные Обсыпки используют, когда дренаж закладывают в гравелистых и крупных песках, а также в песках средней крупности со средним диаметром частиц 0,3-0,4 мм и крупнее. При прокладке дренажа в супесях и мелких пылеватых и среднезернистых песках со средним диаметром частиц меньше указанного, а также при слоистом строении водоносного пласта обсыпку обычно делают из двух слоев. Первый (около трубы) отсыпают из гравия, а при его отсутствии используют щебень изверженных горных пород или особо прочные разновидности осадочных пород, не подверженных размоканию и агрессивному действию подземных вод. Второй (внешний) слой делают из песка, являющегося продуктом выветривания изверженных пород.

Материалы, используемые для обсыпок, должны отвечать требованиям, предъявляемым к материалам для гидротехнических сооружений, и соответствовать действующим государственным стандартам.

Состав фильтрующих обсыпок подбирают таким образом, чтобы исключить суффозию и кольматаж системы. Вымывание глинистых и илистых частиц в поры грунта, а также механический вынос подземными водами

мельчайших частиц из осушаемой горной породы могут иметь негативные последствия для дренажной системы и защищаемого объекта, При подборе фильтрующих элементов дренажа учитывают тип фильтра, гранулометрические характеристики осушаемых грунтов, а также размеры водоприемных отверстий дренажных труб.

В практике строительства для внутреннего слоя обсыпок обычно используют щебень М 1000 с крупностью фракций 3-10 мм, а для внешнего слоя и песчаных призм применяют песок с коэффициентом фильтрации не меньше 5 м/сут. Толщину одного слоя делают не меньше 150 мм. Обсыпкам придают прямоугольную или трапецеидальную форму, более сложные конфигурации требуют специальных инвентарных щитов. Обсыпки трапецеидальной формы выполняют с откосами устойчивого очертания, прямоугольные с помощью щитов. Конструкция обсыпок должна соответствовать типу дренажа. В несовершенном дренаже трубы размещают на слое фильтрующей обсыпки в совершенном – укладывают на песчаный слой, отсыпанный на дно траншеи, с предварительно втрамбованным в него щебнем.

При заглублении дренажа в слабопроницаемые грунты его чаще укладывают на так называемый условный водоупор, поэтому сохраняется возможность поступления воды снизу. В этом случае дренажную трубу следует уложить на слой фильтрующей обсыпки. Такой слой не должен ухудшать работу дренажа, поэтому в головных отсечных системах он недопустим. Грунтовые обсыпки дрен могут быть выполнены с полимерными материалами. Они позволяют повысить надежность системы, ее водопрпускную способность, упростить работы по устройству дренажа и сократить объемы песчано-гравийных материалов.

Трубчатый дренаж с геотекстильными фильтрами отличается многими достоинствами, в частности долговечностью, конечно, если материалы не получили серьезных повреждений в процессе строительства и по техническим характеристикам соответствуют условиям площадки и характеру объекта.

Технические характеристики геоматериалов, в первую очередь фильтрационные и прочностные, в значительной степени зависят от используемого сырья и технологии изготовления. Сырьем для производства фильтрующих мембран служат полиэтилен низкого давления и полипропилен, для дренажного полотна геокомпозитов используют также полиэфир и полиамиды.

Геотекстильный фильтр должен пропускать воду и отсеивать грунт, излишне не деформироваться и не ограничивать доступ влаги в дренажную конструкцию, обладать био- и химической стойкостью, сохранять рабочее состояние на протяжении всего срока эксплуатации дренажа.

Долговечность фильтрующей геомембраны и, следовательно, ее устойчивость к старению зависят от степени ультрафиолетового облучения; длительности воздействия механических нагрузок; воздействия агрессивных грунтовых вод и возможности развития суффозии.

Чтобы избежать негативного влияния этих факторов, при укладке материала следует обеспечить его защиту от воздействия света и озона, при этом величина механического напряжения не должна превышать 25 % от величины разрушающей нагрузки,

Большинство геосинтетических материалов химически стойки и не подвержены негативному воздействию микроорганизмов, содержащихся в грунтовых водах.

Тканые геотекстилы состоят из волокон (нитевых систем), имеющих взаимно перпендикулярное направление. Они различаются видом волокна, типом плетения (пряжи) и числом нитей на единицу площади. Такие материалы характеризуются высокой прочностью на разрыв, в том числе при малом удлинении. Однако вследствие растяжения под действием грунта засыпки может измениться величина пор материала, что приводит к снижению фильтрационных свойств. Поэтому тканые материалы используют преимущественно для армирования грунтов, так же как и вязаные. Вязаные

материалы состоят из одной или нескольких волоконных систем, петлеобразно соединенных в виде пряжи.

Нетканые геотекстильные материалы получают в результате скрепления синтетического холста различными способами. Наибольшее распространение получили нетканые геотекстилы, изготовленные иглопробивным механическим способом, а также термоупрочнением. Все нетканые материалы имеют неупорядоченно расположенные волокна. При этом растягивающие усилия передаются только на одну часть волокон, остальные волокна переориентируются в направлении натяжения. В результате достигается высокая эластичность нетканых материалов (выше, чем у тканых). Чем меньше волокон фиксируется в заданном направлении, тем выше эластичность материала, поэтому механически закрепленные иглопробивные материалы растягиваются сильнее, чем термоупрочненные.

Иглопробивные геотекстилы в зависимости от толщины обладают различной водопроницаемостью в направлении, перпендикулярном материалу, и в плоскости самого материала. Благодаря относительно большой толщине (1-5 мм) и структуре иглопробивных материалов практически полностью исключается проникновение в дренажный слой тонкодисперсных частиц. Как отмечалось, иглопробивные материалы отличаются высокой деформативной способностью и низким начальным модулем деформации. Эти материалы деформируются при приложении нагрузки, и при укладке на большой глубине их фильтрационные свойства могут снижаться. Поэтому их использование зависит от заглубления защищаемого объекта и технических характеристик геотекстиля, в том числе и от его толщины.

Толстый нетканый ИП материал можно применять для отвода воды в его плоскости, что чрезвычайно важно для различных дренажных конструкций, особенно пластовых мелкого заложения. Для материалов, выполняющих в дренаже разделяющую функцию, так же значимы устойчивость к перфорации, поскольку их укладывают на щебеночные слои, и эластичность – максимальное удлинение при растяжении под действием грунта засылки.

Анализ технических свойств геотекстильных материалов, представленных на строительном рынке, а также опыт их применения в конструкции горизонтальных дренажей позволяют дать некоторые рекомендации.

Предпочтение следует отдавать нетканым иглопробивным материалам из бесконечных полипропиленовых нитей, а также геокомпозитам, выполненным с их использованием.

Геокомпозиты должны отвечать требованиям износостойкости; био- и химической стойкости; сохранять рабочее состояние в течение всего срока службы и иметь высокие фильтрационные свойства.

Наиболее распространенная конструкция геокомпозитов трехмерное дренажное пластиковое основание и фильтрующая мембрана. Задача мембраны пропустить воду в проводник влаги (основание) и задержать частицы осушаемого грунта. Задача пластикового основания транспортировать воду в прифундаментную систему горизонтальных дрен. Для отдельных типов геокомпозитов существует вариант конструкции со специальной пазухой для дренажной трубы.

Проводник влаги может конструктивно решаться в виде многослойных перфорированных или пористых элементов с каналами для движения воды, сеток или профилированного полотна. Пластмассовые профилированные конструкции последнего поколения дополняют ряд ранее разработанных композиций с проводником влаги из пористых и перфорированных материалов на основе фильтрационного полттирола, пенополиэтилена и бетона. Эти композиты уступают профилированному пластиковому в основном из-за сложности транспортировки и монтажа, быстрой потери исходных прочностных и фильтрационных свойств конструкции, недостаточной изученности особенностей их применения в отечественной практике.

Достоинством профилированного дренажного полотна является то, что благодаря отформованным шипам создается двухсторонняя система каналов для отведения воды и вентиляции.

Пластиковые дренажи представлены одно- и многослойными конструкциями, выбор варианта определяется условиями строительства: гранулометрическим составом осушаемых грунтов, расходами грунтовых вод и положением их уровня, расчетными нагрузками.

В сложных условиях, когда возможны осадки грунта обратной засыпки при значительном заглублении здания, больших объемах подземного стока и применяют даже трехслойные конструкции. В них, помимо дренажного полотна и геотекстиля, используют скользящую мембрану. Она создает дополнительную изоляцию стены и обеспечивает общую защиту дренажной системы.

Дренажное профилированное полотно крепится к фундаменту по наружной или внутренней стороне (пристенная конструкция) заглубленной части здания. В пластовом дренаже полотно раскатывают по выровненному тонкому песчаному слою, создавая несущее основание, на котором бетонируют фундаментную плиту.

Фильтрационные свойства и, следовательно, производительность пластиковых пристенных дренажей меняются в зависимости от сжимающих нагрузок от бокового давления грунта. Это давление увеличивается с глубиной заложения системы и зависит от характера грунтов обратной засыпки.

В пластовом дренаже фильтрационные свойства меняются из-за сжатия материала при укладке бетонной смеси в процессе устройства фундаментной плиты и длительных нагрузок при строительстве и эксплуатации здания. Воздействие нагрузок в сочетании с другими факторами особенностями сырья и технологии изготовления учитывают при выборе материалов и конструкции системы дренажа.

Особое место среди пластиковых дренажей с профилированным дренажным полотном занимают одно- и многослойные конструкции типа Дельта-Драин. По техническим характеристикам такие композиции имеют множество вариантов, выбор которых должен быть адекватен условиям применения. Двухслойные дренажные конструкции Дельта-Драин,

изготовленные из вторичного полиэтилена, рекомендуется применять только при малой глубине заложения подвалов зданий – 2-2,5 м, Аналогичная конструкция из первичного полиэтилена эффективна при глубине заложения до 5 м в глинистых грунтах и до 12 м в мелкопесчаных. При этом ее водопрopusкная способность составляет соответственно 1,75 и 0,25 л/см. Многослойные композиции, в том числе со скользящей полиэтиленовой мембраной, типа Дельта-Гео-Драин ТП и Дельта-Гео-Драин используют при значительном заглублении зданий.

Использование геосинтетических материалов, особенно композитов, обуславливает значительное изменение дренажных конструкций. При этом большое значение имеет возможность отказаться от значительных объемов природных материалов при устройстве дренажа.

Конструкции дренажа с оберткой трубы геотекстильными или натуральными материалами в виде рубашек из матов и фильтров применяют для защиты дрен от заиливания частицами осушаемого грунта. В настоящее время они поставляются производителями в готовом виде, поэтому важен подбор оптимального варианта конструкции, соответствующего условиям работы дренажного устройства.

Обертывание дренажных труб фильтрующей рубашкой позволяет выполнить конструкцию с однослойной грунтовой обсыпкой. Это может оказаться необходимым и выгодным по технологическим, экономическим или другим причинам, например, в сопутствующем дорожном дренаже, где щебеночный слой полностью замещается песчаным, в перехватывающей системе при осушении грунтов с различной водопроницаемостью, в мелиоративных дренажных системах.

В прифундаментальном дренаже обертывание труб может быть целесообразным по экономическим соображениям. Действительно, при правильном подборе материала повышается надежность работы системы и сокращается расход песчано-гравийных материалов. При использовании геотекстильной мембраны необходимо учитывать условия строительства, в

противном случае надежность и долговечность конструкции не могут быть гарантированы,

Такое решение будет неоправданным и даже опасным, например, для зданий с большой площадью защищаемого контура и развитой системой подпольного дренажа, ремонт которого в результате кольматации геотекстильного фильтра потребует вскрытия плиты подвального помещения.

В зарубежной практике используют конструкцию дрен с вертикальной отсылкой фильтрующего материала вдоль наружной гидроизолированной поверхности заглубленного подвального помещения. Такие конструкции применяют финские инженеры и немецкие специалисты.

Трубы дренажа подбирают и проектируют в соответствии с требованиями достаточной водопрпускной способности, прочности при воздействии на них грунта засыпки и динамических нагрузок; стойкости к агрессивным грунтовым водам, удобства устройства и эксплуатации дренажа.

В дренаже используют трубы из различных материалов керамические, асбестоцементные, бетонные и пластмассовые, а также трубофильтры из крупнозернистого фильтрационного бетона с различными связующими и других материалов. Область и условия применения трубофильтров определяются специальными указаниями.

Наибольшее распространение получили пластмассовые трубы с крутыми отверстиями или щелевидными с различными соединительными элементами. Отверстия в трубах могут быть расположены по всему периметру или в верхней части трубы. Выбор конструкции определяется условиями применения и требованиями эксплуатации, Предпочтительно наличие перфорации только в верхней части трубы, поскольку это позволяет осуществлять промывку системы с удалением илистых частиц по лотку нижней части дрен.

Изготавливают трубы из полиэтилена низкого давления, поливинилхлорида, а также полипропилена и полиэтилена высокой плотности. Все пластмассовые трубы химически стойки, удобны при транспортировке и



монтаже, обладают достаточной прочностью. В зависимости от материала и конструкции они относятся к различным классам жесткости.

Традиционные конструкции однослойные трубы с гладкой или с гофрированной поверхностью. Такая поверхность повышает прочность трубы, при этом сохраняется ее гибкость и увеличивается водозахватывающая площадь дренажных отверстий. Наряду с этим используют современные конструкции двухслойных и даже многослойных труб. Последние эффективны при больших динамических нагрузках и глубинах заложения защищаемого объекта.

В двухслойных трубах внутренняя стенка гладкая, а наружная оболочка гофрированная, надежно скрепленная с внутренним слоем.

Благодаря гладкой внутренней стенке увеличивается скорость водного потока и повышается проводимость трубы. Наличие внешней гофрированной оболочки делает конструкцию трубы устойчивой к ударной деформации, что особенно важно при транспортировке и монтаже труб в зимних условиях. Такие трубы отличаются высокой водоосушительной и самоочищающей способностью, хорошо держат обычно небольшой заданный уклон трассы дренажа.

Допустимая максимальная глубина заложения однослойных пластмассовых дрен зависит от материала труб и достигает 6 м. Наименьшая глубина прокладки труб определяется требованиями их защиты от динамических нагрузок и промерзания.

В местных системах дренажа при защите объектов используют трубы отечественных и зарубежных производителей диаметром от 50 до 200 мм, наиболее часто 100-150 мм, Площадь отверстий на 1 м<sup>2</sup> трубы и их размер зависят от диаметра и конструкции дрены.

Наряду с пластмассовыми используют трубы бетонные, керамические и асбестоцементные. Они менее удобны при производстве работ, чем традиционные однослойные гофрированные пластмассовые трубы, особенно, если защищаемый объект имеет сложную конфигурацию и большую

протяженность дренажной сети. Они также неприменимы в условиях грунтовых вод, агрессивных по отношению к бетону и растворам на основе портландцемента. Кроме того, керамические дренажные трубы, в отличие от аналогичных канализационных, имеют ограничение по глубине заложения, их максимальное заглубление 3,5 м,

В слабых грунтах с недостаточной несущей способностью дренажная труба должна быть уложена на искусственное основание. Трубы транзитного дренажа выполняют без перфорации и устраивают без фильтрующей обсыпки. По конструкции и техническим характеристикам они аналогичны трубам самотечной ливневой канализации.

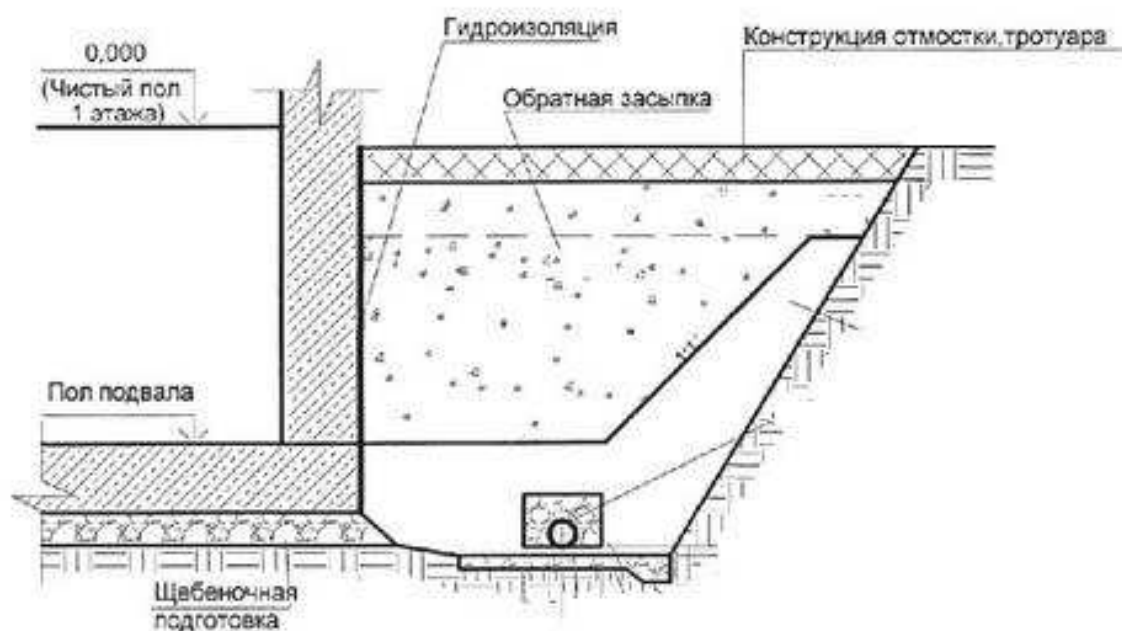


Рисунок 4 – Схема устройства пристенного совершенного дренажа

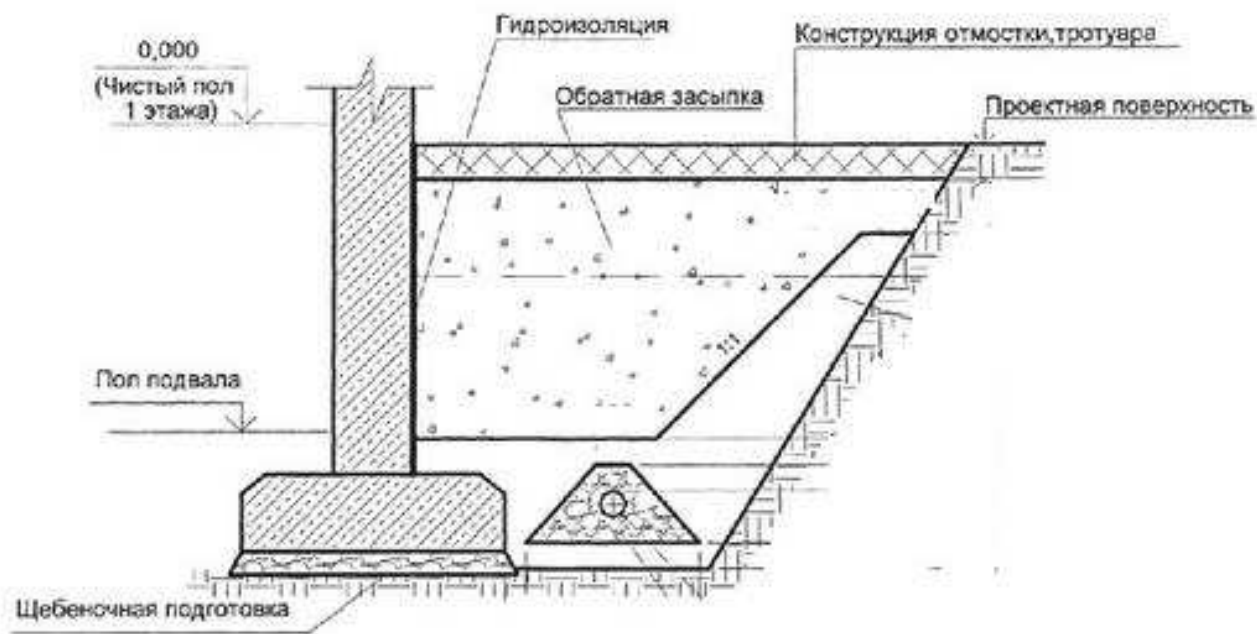


Рисунок 5 – Схема устройства пристенного несовершенного дренажа

### 1.5 Проектные решения

По результатам геологических изысканий на участке строительной площадки обнаружены грунтовые воды, максимальный уровень которых находится на глубине 2 м от поверхности земли. Водоупорный слой находится на глубине 4 м.

С целью защиты строительных конструкций зданий и сооружений жилого комплекса от грунтовых вод, предусматриваются инженерные мероприятия в виде дренажной системы, а также гидроизоляции фундаментов зданий.

Подземные воды питаются от недалеко протекающей реки, поэтому грунтовые воды находятся только западнее строящегося объекта. С учетом геологических изысканий, известным уровнем грунтовых вод и виду их питания, принимается однолинейный дренаж несовершенного типа.

Проектируется однолинейный трубчатый дренаж, в который вода поступает под действием силы тяжести путем естественного поглощения и

движется в ней самотечно. Выпуски из дренажной системы предусматриваются в ливневую канализацию.

С учетом требований, излагаемых в СП 250.1325800.2016 в зданиях необходимо предусмотреть первичную защиту конструкций от влаги [1].

### 1.6 Системы защиты сооружений от подземных вод

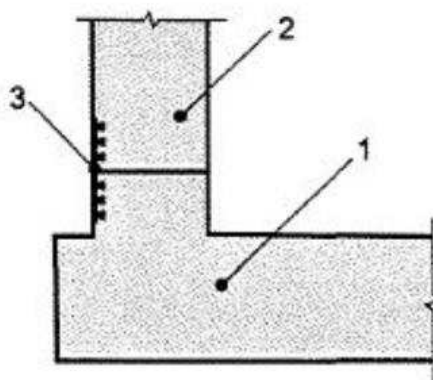
Системы защиты сооружений от подземных вод можно поделить на типы:

А – возведение водонепроницаемых (первичная защита) монолитных и сборномонолитных железобетонных конструкций без дополнительной (вторичной) защиты при условии обеспечения герметизации стыков, сопряжений, швов. Конструкции из сборных железобетонных элементов следует применять только при соответствующем обосновании, так как герметизация швов затруднительна;

В – применение гидроизоляционных и антикоррозионных покрытий (вторичная защита);

С – применение дренажных систем, позволяющих выполнять каптирование воды, просочившейся через ограждающую конструкцию (специальная защита).

Первичная защита строительных конструкций от коррозии и протечек, реализуемая на стадии изготовления (возведения) конструкции за счет свойств бетона и конструктивных мер, достаточных для сохранения эксплуатационных свойств конструкций, предусмотренных проектом.

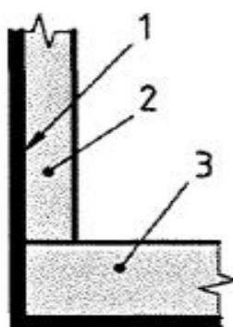


1 – водонепроницаемая фундаментная плита, 2 – водонепроницаемая монолитная стена,

Рисунок 6 – Схема системы защиты конструкций зданий по типу А

Система защиты по типу А не гарантирует полную защиту конструкции от грунтовых вод. При высоко положении грунтовых вод система защиты типа А не предохранит сооружение, что может повлиять на его эксплуатацию. Использование защиты типа А должны быть еще и экономически обосновано, так как использование водонепроницаемых плит и стен увеличивает стоимость конечного объекта.

Герметизация швов, при использовании системы защиты типа А, очень трудоемкий процесс и согласно СП 250.1325800.2016 рекомендуется применять только в экономически обоснованных ситуациях,

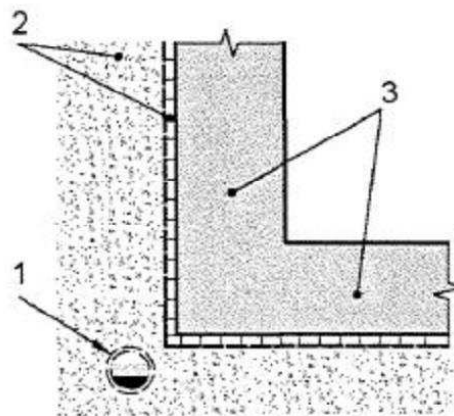


1 – гидроизоляционный материал, 2 – наружная стена сооружения,  
3 – фундаментная плита

Рисунок 7 – Схема системы защиты конструкций зданий по типу В

Система защиты по типу В предусматривает собой герметизацию наружных стен с помощью гидроизоляционных материалов.

Преимущество использования системы защиты типа В заключается в том, что гидроизоляционные материалы не требуют особых умений для того, чтобы наносить их на подземную часть сооружений.



1 – дренажная труба 2 – дренажный слой грунта или мембрана  
3 – наружные стены и фундамент

Рисунок 8 – Схема защиты типа С

Согласно СП 250.1325800.2016 здания и сооружения делятся на две классификации [1].

В следствии того, что при инженерно-геологических обнаружена вода, необходимо предусмотреть первичную, вторичную или специальную защиту конструкций здания.

Первичная защита представлена в виде специальных строительных конструкций, вторичная защита представлена в виде гидроизоляционных и антикоррозионных покрытий, и специальная защита, представленная в виде трубчатого дренажа.

Таблица 1 – класс сооружения по условиям эксплуатации

Класс сооружения	Условия эксплуатации помещений	Дополнительные требования	Применение
I	Не допускаются активные протечки, в том числе временно через трещины, не допускается намоканий на поверхности конструкций	Отсутствие конденсата	Жилые и административные здания, торговые помещения и складские помещения с высокими требованиями
II	Не допускаются активные протечки, допускаются наличие намоканий и образование конденсата		Подземные гаражи, коллекторы подземных коммуникаций, складские помещения с низкими требованиями

Жилой комплекс состоит из многоквартирных жилых домов, которые относятся к I классу сооружений.

### 1.7 Выбор типа защиты

При выборе типа защиты необходимо выявлять и оценивать потенциальные риски проникновения подземных вод в сооружение, в том числе обусловленные следующими факторами:

- подъемом уровня грунтовых вод вследствие непредвиденных ситуаций природного и техногенного характера и, соответственно, увеличением гидростатического давления на систему защиты;
- проникновением подземных вод внутрь сооружения через трещины в конструкциях и дефектные конструктивные узлы, а также через отверстия для ввода инженерных коммуникаций;

- отсутствием технической возможности проведения ремонтных мероприятий;

- ненадлежащим обслуживанием в процессе эксплуатации средств системы защиты типа С, например, сбоями в работе насосного оборудования.

По исходным данным уровень грунтовых вод находится на высоком уровне и выше уровня залегания фундамента здания на 0,5 м. Учитывая исходные данные и рекомендации при выборе типа защиты, принимаем комбинационную защиту, точнее защиту типа В и защиту типа С.

### 1.8 Гидрогеологический расчет дренажа

Удельный расход дренажа определяем по формуле

$$Q_0 = Kh \left[ \frac{h}{R} + \frac{\pi}{\ln \frac{T}{\pi r_g} + \frac{\pi R}{2T}} \right] \quad (1)$$

где  $Q_0$  – удельный расход дренажа м<sup>3</sup>/сут на 1 пог.м

$K$  коэффициент фильтрации грунтов, 2;

$h$  – глубина понижения дрены под непониженный УГВ, принята равной 1, м;

$R$  – радиус депрессии дренажа, м;

$T$  – превышение несовершенной дрены над водоупором, м;

$r_g$  – радиус дрены, м.

Радиус депрессии дренажа  $R$  находим по формуле

$$R = h \sqrt{\frac{K}{2W}} \quad (2)$$



где  $W$  – коэффициент просачивания атмосферных осадков – 0,002 м/сут.

$$R = 1 \sqrt{\frac{2}{2 \cdot 0.002}} = 22 \text{ м}$$

Радиус дрены  $r_g$  находим по формуле

$$r_g = 0,5b \quad (3)$$

где  $b$  – ширина траншеи дренажа, принимаем равной 0,6 м.

$$r_g = 0,5 \cdot 0,6 = 0,3 \text{ м}$$

$$Q_0 = 2 \cdot 1 \left[ \frac{1}{22} + \frac{3,14}{\ln \frac{1}{\frac{3,14 \cdot 0,3}{2 \cdot 1} + \frac{3,14 \cdot 22}{2 \cdot 1}}} \right] = 0,27 \text{ м}^3/\text{сут на 1 п.м.}$$

Расход дренажных вод на участке определяют по формуле

$$Q = Q_0 L \quad (4)$$

где  $L$  – длина дренажной линии, м.

### 1.9 Гидравлический расчет дренажа

Оптимальная скорость течения воды по дренажу.

$$v = \frac{c}{2} \sqrt{di}, \text{ м/с} \quad (5)$$

где  $d$  – диаметр трубопровода принимаем равным 0,05 м;

$i$  – уклон трубопровода берем минимальный уклон равным 0,003;

$C$  – коэффициент Н.Н Павловского.

$$C = \frac{1}{n} R_{\Gamma}^y \quad (6)$$

где  $n$  – коэффициент шероховатости асбестоцементных труб равный 0,0125;

$R_{\Gamma}$  – гидравлический радиус принимаем равным 0,1206, м;

$y$  – показатель степени, зависящий от величины коэффициента шероховатости и гидравлического радиуса.

Показатель степени  $y$ :

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R_{\Gamma}}(\sqrt{n} - 0,1) \quad (7)$$

$$y = 2,5\sqrt{0,125} - 0,13 - 0,75\sqrt{0,1206}(\sqrt{0,125} - 0,1)$$

$$y = 0,15$$

$$C = \frac{1}{0,0125} \cdot 0,1206^{0,15} = 58,4$$

$$v = \frac{58,4}{2} \sqrt{0,05 \cdot 0,003} = 0,35 \text{ м/с}$$

Диаметр трубы происходит с помощью подбора.

Расход труб при работе дрен полным сечением:

$$Q_1 = 0,39C d^{2,5} \sqrt{i}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (8)$$

$$Q_1 = 0,39 \cdot 58,4 \cdot 0,05^{2.5} \sqrt{0,003}$$

$$Q_1 = 0,00068 \text{ м}^3/\text{с}$$

Коэффициент перехода от скорости воды при полном наполнении к скорости воды при неполном наполнении находится через отношение расхода воды и расхода воды при работе полным сечением:

$$\eta = \frac{Q}{Q_1} \quad (9)$$

По графику на рисунке 9 находятся коэффициент перехода  $\eta$  от скорости воды при полном наполнении труб к скорости  $v_1$ , при неполном их наполнении.

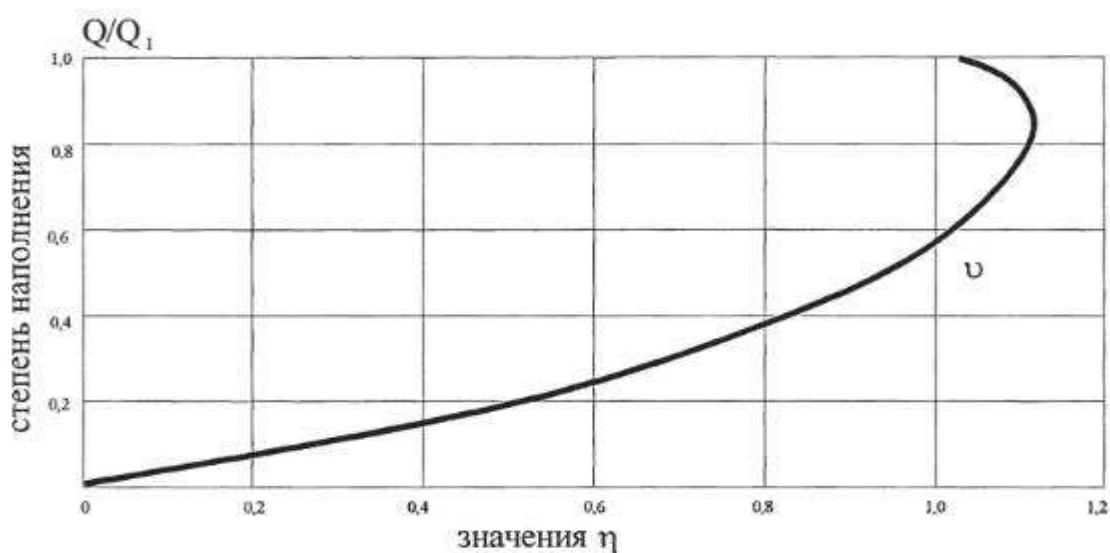


Рисунок 9 – График расчета трубчатых дрен при различном их наполнении

Скорость дренажной воды при неполном наполнении труб:

$$v_1 = \eta v \quad (10)$$

Значения скорости в трубчатых дренажах следует принимать в диапазоне от 0,15 м/с до 1 м/с.

На участке от колодца ДК1 до ДК6 и ДК9-ДК14 приняты трубы диаметром 50 мм.

Гидравлический расчет дренажной трубы на участке от ДК6-ДК9.

Скорость движения воды определяется по формуле 5:

$$v = \frac{58,4}{2} \sqrt{0,1 \cdot 0,003} = 0,5 \text{ м/с}$$

Расход воды в трубе при работе полным сечением определяется по формуле 8

$$Q_1 = 0,39 \cdot 58,4 \cdot 0,1^{2,5} \cdot \sqrt{0,003} = 0,0026 \text{ м}^3/\text{с}$$

С учетом расчетного расхода на участке от колодца ДК6 до ДК9 приняты трубы диаметром 100 мм.

Выпуски из дренажной системы предусматриваем из колодцев ДК19 и ДК14.

Минимальное безопасное расстояние дренажа от фундамента зданий или инженерных коммуникаций находится по формуле

$$l_{\min} = b + \frac{B}{2} + \frac{H-h}{\operatorname{tg}\alpha} \quad (11)$$

где  $l_{\min}$  – минимальное безопасное расстояние, м;

$b$  – уширение фундамента, принято 0,6 м;

$B$  – ширина дренажной траншеи, 1,5 м с учетом размера смотрового колодца;

$H$  – глубина заложения дрены, принята 3,96 м (максимальная);

$h$  – глубина заложения фундамента, м;

$\alpha$  – угол внутреннего трения, град.

$$l_{\min} = 0,6 + 0,75 + \frac{3,96 - 2,5}{\operatorname{tg}24} = 4,63 \text{ м}$$

Расстояние от строящегося объекта – 5 м.

### 1.10 Геодезический расчет дренажной системы

С помощью геодезического расчет находим отметки заложения труб относительно поверхности земли.

Начальная глубина заложения принята равной 3 м, что соответствует средней заглублённости грунтовых вод. В связи с тем, что на уровне 4 м находится водоупорный слой, необходимо предусмотреть, чтобы глубина заложения дренажной трубы не превышала 4 м, иначе водосбора происходить не будет.

В местах, где глубина заложения дренажа достигает 4 м, устанавливается дренажный колодец.

Геодезические отметки поверхности земли приняты в соответствии с рельефом местности в соответствии с исходным генпланом жилого квартала.

Падение на участке сети определяется по формуле

$$\Delta h = i \cdot L, \text{ м} \tag{12}$$

где  $L$  – длина трубопровода, м

$i$  – уклон трубопровода

Начальная отметка лотка трубы определяется по формуле

$$Z_{\text{н}} = H_{\text{нач}} - H_{\text{зал.нач}} \tag{13}$$

где  $H_{\text{нач}}$  – начальная глубина поверхности земли, м;

$H_{\text{зал}}$  – начальная глубина залегания первой трубы участка, м.

Глубина залегания лотка дренажной трубы в конце участка определяется по формуле

$$H_{\text{зал.кон}} = H_{\text{зал.нач}} - \Delta h \quad (14)$$

Отметка лотка дренажной трубы в конце участка определяется по формуле

$$Z_{\text{к}} = H_{\text{кон}} - H_{\text{зал.кон}} \quad (15)$$

где  $H_{\text{кон}}$  – конечная отметка поверхности земли

Гидравлический и геодезический расчет дренажной системы приведён в таблице 2.

Таблица 2 – Гидравлический и геодезический расчет дренажной системы

№ участка	Длина участка а L, м	Расход воды на участке, м <sup>3</sup> /сут	Диаметр трубы d, мм	Расчетная скорость движения воды v, м/с	Уклон, i	Падение Δh, м	Геодезические отметки, м				Глубина заложения, м	
							поверхности земли		лотка трубы			
							начало	конец	начало	конец	начало	конец
ДК1-ДК2	40	10,8	50	0,16	0,003	0,12	161,42	161,35	158,42	158,30	3,00	3,05
ДК2-ДК3	36	20,52	50	0,25	0,003	0,108	161,35	161,4	158,30	158,19	3,05	3,21
ДК3-ДК4	39	31,05	50	0,32	0,003	0,117	161,4	161,5	158,19	158,08	3,21	3,43
ДК4-ДК5	30	39,15	50	0,37	0,003	0,09	161,5	161,58	158,08	157,99	3,43	3,60
ДК5-ДК6	37	49,14	50	0,39	0,003	0,111	161,58	161,49	157,99	157,87	3,60	3,62
ДК6-ДК7	36	58,86	100	0,31	0,003	0,108	161,49	161,48	157,87	157,77	3,62	3,71
ДК7-ДК8	45	71,01	100	0,41	0,003	0,135	161,48	161,48	157,77	157,63	3,71	3,85
ДК8-ДК9	38	81,27	100	0,43	0,003	0,114	161,48	161,48	157,63	157,52	3,85	3,96
ДК9-ДК10	38	10,26	50	0,15	0,003	0,114	161,48	161,42	158,48	158,37	3,00	3,05
ДК10-ДК11	38	20,52	50	0,15	0,003	0,114	161,42	161,4	158,37	158,25	3,05	3,15
ДК11-ДК12	37	30,51	50	0,15	0,003	0,111	161,4	161,43	158,35	158,24	3,05	3,19
ДК12-ДК13	41	41,58	50	0,37	0,003	0,123	161,43	161,41	158,24	158,11	3,19	3,30
ДК13-ДК14	22	47,52	50	0,38	0,003	0,066	161,45	161,48	158,15	158,09	3,30	3,39

## 1.11 Оценка эффективности дренажной системы

При проектировании дренажной системы необходимо рассчитать максимально возможный уровень грунтовых вод после прохождения дренажной системы.

Расчет положения сниженного уровня грунтовых вод определяется по формуле

$$h_x = \frac{Q_0}{K} \left( \frac{\ln\left(1 - e^{-\frac{\pi x}{H}}\right)}{\pi} - \frac{(R-x)}{2H} \right) + H \quad (16)$$

где  $x$  – расстояние от дренажной трубы до конца обсыпки принимаем 0,75 м.

$$h_x = \frac{0,27}{2} \left( \frac{-0,483}{3,14} - \frac{(22-0,75)}{4} \right) + 2 = 1,2 \text{ м}$$

Пониженный уровень грунтовых вод относительно водоупора определяется по формуле

$$H_{\text{пон}} = H_{\text{в.у}} - h_x \quad (17)$$

где  $H_{\text{в.у}}$  – глубина водоупорного слоя, 4 м.

$$H_{\text{пон}} = 4 - 1,2 = 2,8 \text{ м}$$

Сравниваем пониженный уровень грунтовых вод и глубину залегания фундамента зданий.

Уровень пониженных грунтов вод равен 2,8 м, что является ниже подошвы фундамента, которая находится на уровне 2,3 м, то есть на 0,5 м ниже, это водопонижение соответствует нормам по СП 250.1325800.2016 [1].



## 1.12 Выбор материала труб для устройства дренажа

Современные трубы для дренажных систем производят с различных материалов. Все же наиболее качественными и эффективными являются изделия с полипропилена, ПВХ и полиэтилена. Они могут быть однослойные и двухслойные, с дополнительными кольцами на наружной поверхности, что позволяет повысить их прочность. Популярны гибкие трубы, которые выпускаются в бобинах, их длина достигает 50 метров. Стоит отметить, что стенки в них могут быть гладкими или гофрированными с минимальным сечением в 50 мм.

Что касается полиэтиленовых труб, то они могут быть изготовлены способом низкого или высокого давления. Основной особенностью таких изделий является частичная или полная перфорация, которая повышает эффективность всей дренажной системы.

Перфорация – это отверстия по всей длине. Как правило, они находятся на расстоянии в 60 градусов по окружности друг от друга. Сечение имеет по 6 перфорированных отверстий с диаметром в 1,3 мм. Что касается частичной перфорации, то она предусматривает наличие трех отверстий по окружности изделия. Они позволяют быстрее отводить сточную воду. Несмотря на свою легкость, полимерные трубы обладают высокими показателями жесткости за счет специальных ребер, которые позволяют равномерно распределить нагрузки. В силу этого такие дренажные системы можно укладывать на большие глубины.

Полиэтиленовые трубы обладают рядом преимуществ перед традиционными материалами, такими как: долговечность, легкость, простота в установке, являются диэлектриками, дешевизна.

В соответствии с «Техническим рекомендациям по проектированию дренажной системы 168-05», приняты гофрированные двухслойные трубы из полиэтилена [2].

Для устройства дренажей выпускаются гофрированные двухслойные трубы с защитно-фильтрующей оболочкой диаметрами 50, 100, 150, 200 и 250 мм из отечественных и импортных марок полиэтилена ТУ 2248-030-41989945-04, НПО «Стройполимер» [3].

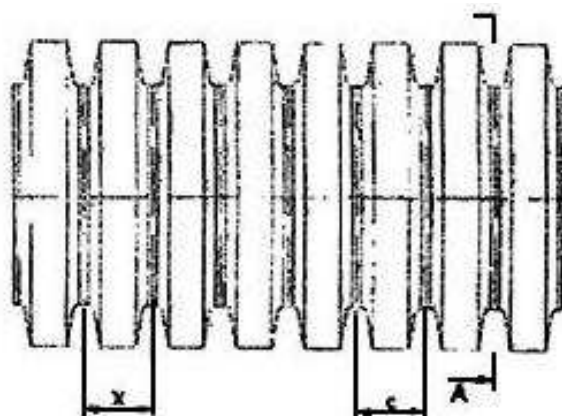


Рисунок 10 – Полимерная гофрированная труба

### 1.13 Смотровые колодцы

Смотровые колодцы на трубчатых дренажах согласно СП 103.13330.2012, п. Б22 следует устраивать не более чем через 50 м по длине дрены, на поворотах, пересечениях, в местах изменения уклона или перепада отметок лотка дрены. Трубы между колодцами следует укладывать без изменения уклона [4].

Смотровые колодцы согласно Техническим рекомендациям 168-05 следует выполнять из сборных железобетонных элементов. Для дренажных труб с защитно-фильтрующей оболочкой диаметр круглого колодца следует принимать 1 м. При глубине заложения дренажа более 3 м диаметр колодцев следует принимать не менее 1,5 м [2].

Приняты смотровые железобетонные колодцы диаметром 1,5 м.

С учетом размера смотровых колодцев так же подбирается ширина траншеи для дренажа, принимаем ширину траншеи для дренажа равной 1,5 м.

## 1.14 Транзитные участки и выпуски

Выпуск воды из трубчатых дренажей производят в ливневую канализацию. В финишных смотровых колодцах дренажа перед сбросом вод предусматривают обратные клапаны.

Сброс расходов дренажной трубчатой сети осуществляют с помощью транзитного дренажа из труб без перфорации и без обсыпки. Транзитный дренаж проектируют в соответствии с требованиями к ливневой сети.

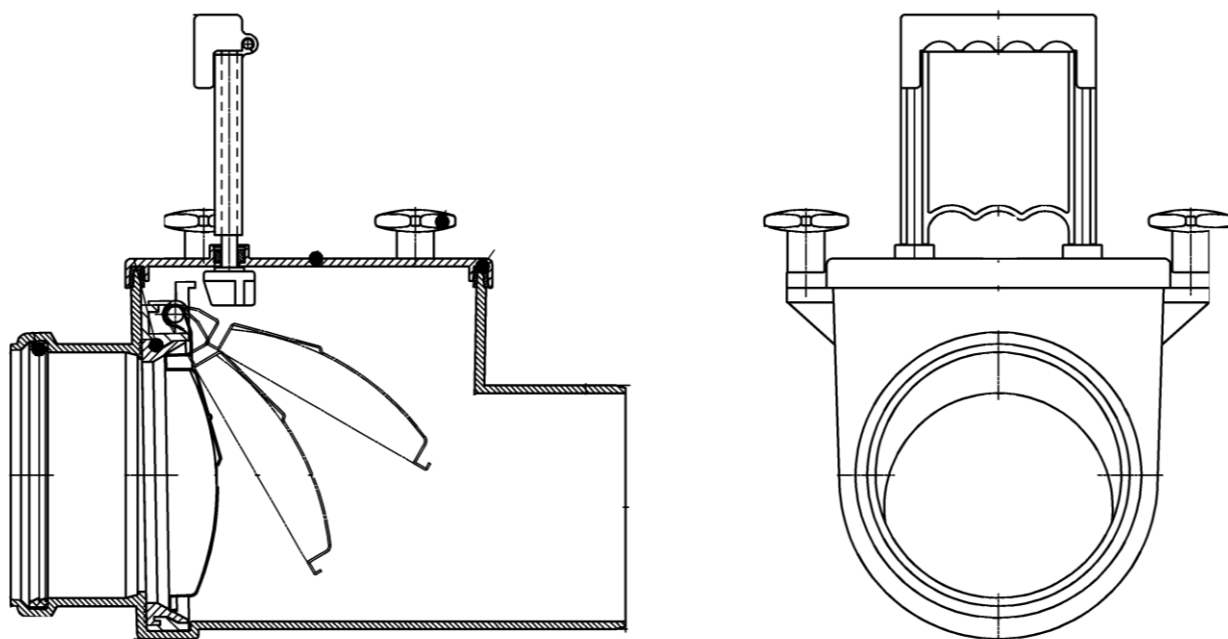


Рисунок 11 – Схема устройства обратного клапана на выпуске

Гидравлический расчет транзитных участков производим в соответствии с требованием к ливневой канализации.

Транзитные участки дренажа являются безнапорными. Исходные данные для гидравлического и геологического расчета транзитных участков приняты из гидравлического расчета дренажной системы.

В проекте предусмотрено 2 выпуска, первый выпуск предусмотрен от дренажного колодца ДК 9, второй выпуск предусмотрен на дренажном колодце ДК 14.

Таблица 3 – Гидравлический и геологический расчет транзитных участков

Номер участка	Длина, $L$ , м	Диаметр $d$ , мм	Расход воды на участке, л/с	Скорость, $v$ , м/с	Наполнение, $h/d$	Уклон, $i$	Падение, $\Delta h$ , м
ДК9	8,51	125	9,4	0,78	1	0,011	0,093
ДК12	6	100	5,3	0,68	1	0,012	0,072

Продолжение таблицы 3

Номер участка	Геодезические отметки, м				Глубина залегания, м	
	поверхности земли		лотка трубы			
	начало	конец	начало	конец	начало	конец
ДК9	161,48	161,5	157,52	157,42	3,96	4,08
ДК13	161,45	161,44	157,98	157,9	3,47	3,54

Гидравлический расчет транзитного участка произведен с помощью таблицы А. А. Лукиных и Н. А. Лукиных. Расчет сетей по этим таблице сводится к определению диаметров, наполнений и уклонов трубопроводов в зависимости от максимальных расходов сточных вод на данном участке.

Расчетное наполнение принято согласно СП 32.13330.2012 и равно 1. Уклон трубопровода подобран таким образом, чтобы не происходило заиливание и скорость не была слишком большой, чтобы не разрушить трубопровод [5].

Геодезические отметки транзитного дренажа определены согласно формулам 12-15.



## 1.15 Обсыпка трубчатого дренажа

Важным элементом конструкции трубчатого дренажа является фильтрующая обсыпка, которая выполняет захват подземных вод. Фильтрующие грунтовые обсыпки в зависимости от состава осушаемого грунта делают однослойными или двухслойными.

Высоту песчаной призмы принимают с учетом гидрогеологических условий, отметок существующей проектной и поверхностной, а так же характера заглубленного помещения. Назначение призмы – прием воды, притекающей с боков. Наименьшая высота песчаной призмы составляет 0.6 от величины расчетного уровня грунтовых вод относительно дна дренажной траншеи.

Однослойные обсыпки делают при прокладке дренажа в гравелистых и крупных песках, а так же песках средней крупности со средним диаметров частиц 0,3 мм и крупнее.

При прокладке дренажа в супесях и мелких пылеватых и среднезернистых песках со средним диаметров частиц меньше 0,3 , а так же при слоистом строении водопластого пласта обсыпку обычно делают из двух слоев. Первый (около трубы) отсыпают из гравия. Второй слой делают из песка, являющегося продуктом выветривания изверженных пород.

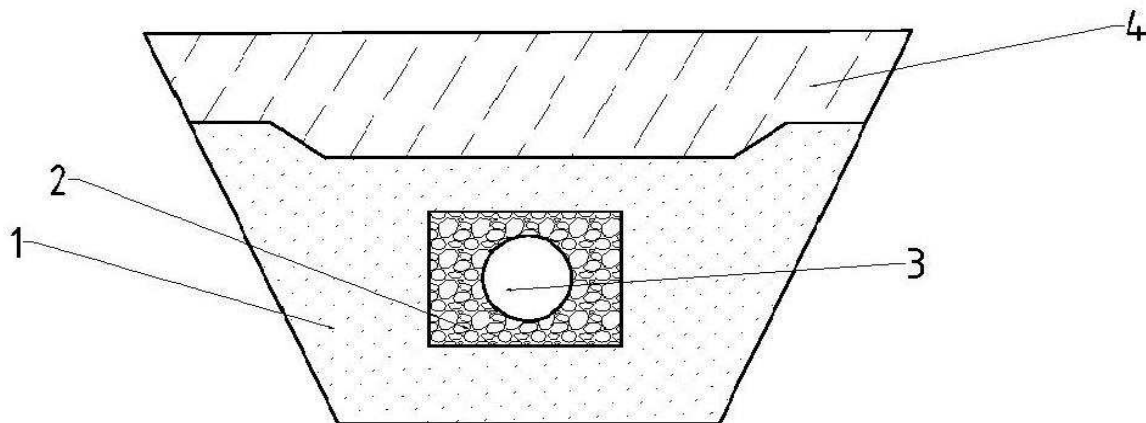
Материалы, использованные для обсыпок, должны отвечать требованиям, предъявляемым к материалам для гидротехнических сооружений, и соответствовать действующим стандартам.

Состав фильтрующих обсыпок подбирают таким образом, чтобы исключить суффозию и кольмантаж системы. Вымывание глинистых и илистых частиц в поры грунта, а так же механический вынос подземными водами мельчайших частиц из осушаемой горной породы могут иметь негативные последствия для дренажной системы и защищаемого объекта.

В нашем случае принимаем щебень марки М1000 с крупностью фракций от 6 до 10 мм, а для внешнего слоя принимаем песок с коэффициентом

фильтрации не менее  $5 \text{ м}^3/\text{сут}$ . Толщину одного слоя следует принимать не менее 150 мм. Обсыпке придают прямоугольную или трапецидальную форму.

Конструкция обсыпок должна соответствовать типу дренажа. В несовершенном дренаже трубы размещают на слое фильтрующей обсыпки.



1 – песок с коэффициентом фильтрации не менее  $5 \text{ м}^3/\text{сут}$ ; 2 – щебень марки М1000 с крупностью фракций от 6 до 10 мм; 3 – дренажная труба; 4 – местный грунт.

Рисунок 12 – Схема устройства обсыпок

## **2. Технология разработки грунта и прокладки труб**

### **2.1 Технология земляных работ**

Земляные работы объединяют процессы, связанные с переработкой грунта. Они состоят из подготовительных, вспомогательных и основных процессов. Состав основных процессов зависит от способа разработки грунта.

Подготовительные процессы (разбивка земляного сооружения, понижение уровня грунтовых вод и др.) выполняются до начала разработки грунта.

Вспомогательные процессы (рыхление грунта, водоотлив, крепление стенок сооружения и др.) могут выполняться как до начала разработки, так и во время разработки грунта.

Сооружения, получаемые после выполнения земляных работ, называются земляными сооружениями. Они делятся на выемки (котлован, траншея, резерв и др.) и насыпи (дорожное полотно, кавальер и др.). Котлованами называются выемки, ширина которых мало отличается от длины, они необходимы для строительства сооружений. Траншеями – выемки, имеющие малые размеры поперечного сечения и большую длину, они необходимы для прокладки трубопроводов. Котлованы и траншеи – временные земляные сооружения, которые устраиваются в грунтах.

В зависимости от трудоемкости разработки все грунты разделены на группы, что следует учитывать при выборе и определении выработки механизмов и рабочих.

Различают несвязные грунты – это крупноблочные (гравелисто-галечные), песчаные; связные грунты – глины и суглинки; малосвязанные грунты, занимающие промежуточное положение. А также грунты бывают сухие (с содержанием воды до 5 %), влажные (от 5 до 30 %) и мокрые (более 30 %). Совокупность этих свойств грунтов также учитывается при разработке.



Одним из основных свойств грунта является также его разрыхляемость, которая характеризуется двумя коэффициентами – первоначального и остаточного разрыхления.

Коэффициент первоначального разрыхления показывает величину увеличения объема грунта при его разработке за счет уменьшения плотности. Коэффициент остаточного разрыхления показывает величину увеличения объема грунта после его послойной укладки и уплотнения в сооружении.

## **2.2 Способы разработки грунта**

Разработку грунта можно вести следующими методами:

- механическим, при котором грунт разрабатывается послойно резанием рабочим органом землеройной машины;
- гидромеханическим, при котором грунт разрабатывается при помощи воды, превращаясь в пульпу (частицы грунта, взвешенные в воде), гидромонитором или земснарядом;
- взрывным – грунт разрабатывается при помощи взрывчатых веществ, а также применяется для разрыхления мерзлых и скальных грунтов;
- бурение – грунт разрабатывается при помощи специальных машин вращательного или ударно-вращательного действия;
- комбинированным – это комбинация выше перечисленных способов (чаще взрывной и механический).

Механический способ является основным. Этим способом разрабатывается более 80 процентов грунтов. В этом случае применяются землеройные и землеройно-транспортные машины.

Землеройные машины циклического действия – это одноковшовые экскаваторы, которые производят разработку грунта с погрузкой его в транспортные средства или навывлет (выгрузку в отвал).

Землеройные машины непрерывного действия – это цепные и роторные экскаваторы, которые применяются для разработки грунта линейных выемок (траншей, канав) большой протяженности. Цепные экскаваторы копают траншеи глубиной до 3,5 м, роторные – до 1,5 м.

Землеройно-транспортные машины – бульдозеры, скреперы (самоходные и прицепные), автогрейдеры разрабатывают и перемещают грунт на определенные расстояния. Бульдозеры до 200 м, скреперы от 3 до 5 км.

Состав основных процессов при механическом способе разработки грунта:

- резание грунта;
- транспортирование грунта;
- укладка грунта и разравнивание;
- уплотнение грунта.

Основной объем грунта при производстве земляных работ разрабатывается при помощи одноковшовых экскаваторов. Навесным оборудованием к ним является: прямая и обратная лопаты, драглайн и грейфер.

Экскаватор прямая лопата разрабатывает грунт выше своей стоянки и грузит его в транспортное средство при перемещении экскаватора и автосамосвалов по дну котлована. Экскаватор обратная лопата и драглайн разрабатывают грунт ниже своей стоянки и грузят его в автосамосвал или разрабатывают навывмет. При этом транспорт перемещается по берме траншеи, котлована или по дну выемки.

Пространство, образующееся после разработки грунта экскаватором, называется проходкой. При лобовом забое применяется прямолинейная, когда ширина котлована по верху меньше 1,5 радиуса копания грунта экскаватора), зигзагообразная (меньше 2,5 радиуса копания) и поперечно-лобовая (меньше 3,5 радиуса копания) проходки, при торцевом забое – прямолинейная и зигзагообразная, при боковом - боковая проходка, которая применяется при значительных размерах котлована. В этом случае первая проходка –

прямолинейная, а остальные боковые. Количество боковых проходок определяется исходя из размеров выемки и ширины прямолинейной проходки.

Экскаватор разрабатывает грунт не на полную (проектную) глубину выемки. С целью предотвращения повреждения основания и перебора грунта при его разработке, в выемке оставлялся недобор, величина которого зависит от сменного оборудования одноковшового экскаватора и емкости ковша.

Отвал грунта при разработке траншеи чаще всего размещают с левой стороны, а правую сторону оставляют свободной для проезда и возможности выполнения сварочно-монтажных и изоляционных работ. Для предохранения стенок траншеи от обрушения отвал грунта располагают на расстоянии 0,5 м и более от ближайшей бровки траншеи.

При отрывке выемок в стесненных условиях городской застройки приходится их делать с вертикальными откосами. При этом необходимо иметь в виду, что без крепления вертикальных стенок траншей и котлованов, расположенных выше уровня грунтовых вод, допускается при глубине их не более (м):

- в песчаных и крупноблочных грунтах 1,0;
- в супесях 1,25;
- в суглинках и глинах (кроме очень прочных) 1,5;
- в очень прочных суглинках и глинах 2,0.

Крепление вертикальных стенок обязательно при устройстве выемок в стесненных производственных условиях, отрывке глубоких выемок и в сильно водонасыщенных грунтах.

Тип крепления выбирается в зависимости от назначения и размеров выемки, свойств грунтов, величины притока грунтовых вод и условий производства работ.

## **2.3 Способы уплотнения грунта**

Грунт уплотняется с целью увеличения его несущей способности и снижения водопроницаемости. Наибольшая плотность грунта с наименьшими затратами труда достигается при определенной для данного грунта влажности (оптимальной). Поэтому сухие грунты должны увлажняться, а переувлажненные – осушаться. Разравнивание и увлажнение грунта являются подготовительными процессами и выполняются непосредственно перед уплотнением грунта.

В зависимости от используемых машин применяют следующие способы уплотнения грунта:

- укатка с помощью различных видов катков;
- трамбование при помощи трамбовок большой массы, сбрасываемых с определенной высоты;
- вибрирование при помощи специальных вибрирующих машин.

Наибольшее распространение получило уплотнение грунта катками статического действия: гладкими, кулачковыми, пневмомашинами. Разравнивание производится горизонтальными слоями толщиной от 0,2 до 0,4 м при продольном ходе бульдозера.

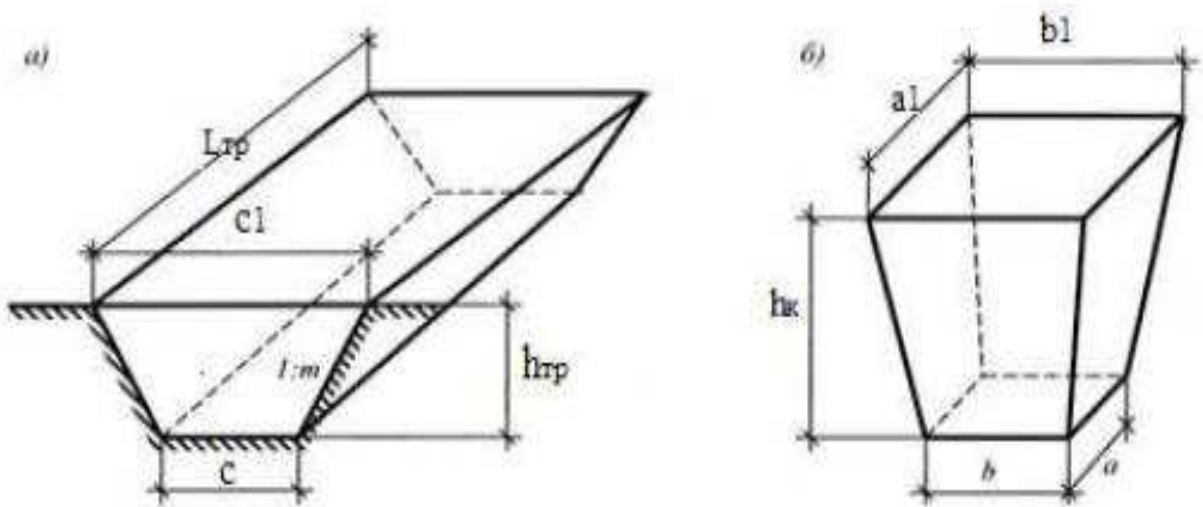
Распределение грунта производится от краев насыпи к ее середине с перекрытием предыдущего прохода на 0,3 м.

Требуемая плотность грунта получается за несколько проходов катков по одному месту (от 6 до 8 проходов).

## **2.4 Расчет объемов земляных работ**

### **2.4.1 Определение размеров траншеи**

Для определения объемов земляных работ по устройству траншеи знать ее длину, ширину и глубину.



а – к определению объема траншеи; б – к определению объема котлована под камеры.

Рисунок 13 – Основные параметры выемок

Ширина траншеи по верху с учетом заложения откоса в зависимости от вида грунта определяется по формуле

$$c = c_1 + 2m \cdot h_{\text{тр}} \quad (18)$$

где  $c_1$  – ширина траншеи по дну, 1,75 м;

$m$  – коэффициент откоса в супесях, 0,2;

$h_{\text{тр}}$  – высота траншеи, 4 м.

$$c = 1,5 + 0,4 \cdot 4 = 3,1 \text{ м}$$

Глубина траншеи зависит от глубины заложения труб.

Продольный уклон траншеи устанавливается в зависимости от назначения трубопровода.

## 2.4.2 Определение объемов работ по разработке грунта в котловане и траншее

Объем траншеи определяется из условия постоянного поперечного сечения по формуле

$$V_{\text{тр}} = \frac{c+c_1}{2} \cdot h_{\text{тр}} \cdot l \quad (19)$$

$$V_{\text{тр}} = \frac{1,5+3,1}{2} \cdot 4_{\text{тр}} \cdot 485,5 = 4466,4 \text{ м}^3$$

## 2.4.3 Определение объемов работ по срезке растительного слоя грунта с котлована и траншеи

До начала земляных работ необходимо в пределах строительной площадки снять растительный слой грунта и уложить в отвалы для дальнейшего использования при рекультивации сельскохозяйственных земель или благоустройстве территории. Плодородный слой грунта, толщиной 20 см снимают в талом состоянии бульдозером или скрепером и транспортируют в отведенное для хранения место.

Толщина растительного слоя равна 0,2 м; грунт без корней и примесей природной влажности.

Объем работ по срезке растительного слоя траншеи определяется по формуле

$$V_{\text{ср}} = c_1 \cdot l_{\text{тр}} \cdot h_{\text{ср}} \quad , \text{ м}^3 \quad (20)$$

где  $h_{\text{ср}}$  – высота срезки грунта равная 0,2 м

$$V_{\text{ср}} = 3,1 \cdot 485,5 \cdot 0,2 = 301 \text{ м}^3$$

#### 2.4.4 Определение объемов работ по зачистке дна котлована и траншеи

При разработке грунта экскаватором на дне котлована и траншеи остается недобор грунта, величина которого  $h_n$  принимается равной 0,1 м.

Объем недобора по всей площади траншеи определяется по формуле

$$V_{\text{ср}} = c \cdot l_{\text{тр}} \cdot h_n, \text{ м}^3 \quad (21)$$

$$V_{\text{ср}} = 1,5 \cdot 485,5 \cdot 0,1 = 72,82 \text{ м}^3$$

#### 2.4.5 Определение объема засыпки дренажной системы

Наименьшая высота песчаной призмы составляет 0,6 м от величины расчетного уровня грунтовых вод относительно дна дренажной траншеи. Минимальный слой щебня равен 150 мм. Принят слой щебня – 500 мм.

Обсыпка щебнем будет проходить в виде квадрата вокруг дренажной трубы.

Определяем необходимый объем щебня для обсыпки,

$$V_{\text{щ}} = (a^2 - V_{\text{тр}}) \cdot l_{\text{тр}}, \text{ м}^3 \quad (22)$$

где  $a$  – высота и ширина обсыпка щебнем, м;

$V_{\text{тр}}$  – объем занимаемый трубой,  $\text{м}^3$

$l_{\text{тр}}$  – длина трубы, м.

Объем занимаемой трубой вычисляется по формуле

$$V_{\text{тр}} = \pi R_{\text{тр}}^2 \quad (23)$$

где  $R_{\text{тр}}$  – радиус трубы, м.

$$\text{Объем трубы 50 мм: } V_{\text{тр}} = 3,14 \cdot 0,000625 = 0,0019 \text{ м}^3$$

$$\text{Объем трубы 100 мм: } V_{\text{тр}} = 3,14 \cdot 0,025 = 0,00785 \text{ м}^3$$

Объем щебня на участках труб 50 мм:

$$V_{\text{щ1}} = (0,5^2 - 0,0019) \cdot 352 = 87,33 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{щ2}} = (0,5^2 - 0,00785) \cdot 119 = 28,81 \text{ м}^3$$

Общий необходимый объем щебня:

$$V_{\text{щ}} = V_{\text{щ2}} + V_{\text{щ1}}, \text{ м}^3 \quad (24)$$

$$V_{\text{щ}} = 87,33 + 28,81 = 116,14 \text{ м}^3$$

Высота песчаной призмы:

$$H_{\text{пес}} = h_{\text{с.у.г.в}} \cdot 0,6, \text{ м} \quad (25)$$

где  $h_{\text{с.у.г.в}}$  – высота слоя уровня грунтовых вод равна 2 м

$$H_{\text{пес}} = 2 \cdot 0,6 = 1,2 \text{ м}$$



Ширина заполненной траншеи песком по верху:

$$c_{\text{пес}} = c_1 + 2m \cdot H_{\text{пес}} \quad (26)$$

$$c_{\text{пес}} = 1,5 + 0,4 \cdot 1,2 = 1,98 \text{ м}$$

Занимаемый объем песком:

$$V_{\text{пес}} = \frac{c_{\text{пес}} + c_1}{2} \cdot H_{\text{пес}} \cdot l_{\text{тр}} - V_{\text{ш}} \quad (27)$$

$$V_{\text{пес}} = \frac{1,98 + 1,5}{2} \cdot 1,2 \cdot 471 - 116,14 = 983,4 \text{ м}^3$$

#### 2.4.6 Соединение дренажных труб

Соединение пластиковых труб дренажной системы согласно СП 40-102-2000 [6] рекомендуется производить путем раструба (рис. 14).

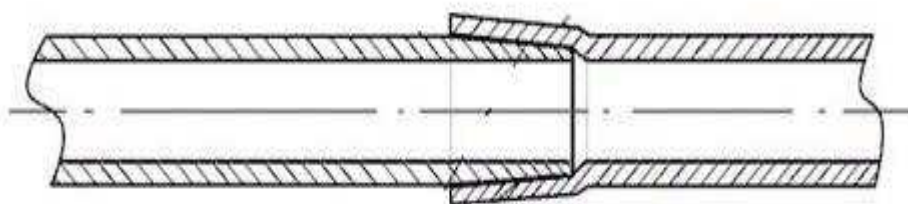


Рисунок 14 – Раструбное соединение труб

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дренажные системы используются для защиты от грунтовых вод подземной части зданий, сооружений, конструкций, инженерных коммуникаций, дорог и других элементов городской инфраструктуры.

В настоящее время за счет барражного эффекта уровень грунтовых вод может подниматься до критических отметок, поэтому вопрос о защите подземной части сооружений на строительной площадке и в период эксплуатации, будет становиться более актуальным с связи плотной застройкой крупных городов. Так же одним из распространенных видов питания грунтовых вод являются поверхностные источники, поэтому территория находящиеся в близости к поверхностным источником находится на потенциально подтопляемой территории.

Выбор способа понижения уровня грунтовых вод основывается на нескольких важнейших факторов, таких как питание подземных вод, территория застройки, химический анализ воды и других факторов.

В работе определены:

- Расход грунтовых вод;
- Проведен гидравлический расчет;
- Определена оптимальная схема дренирования участка застройки.

С помощью дренажной системы, возможно уменьшения уровня грунтовых вод относительно залегаемой части здания или иного сооружения, что способствует безопасной, комфортной и продолжительной эксплуатации здания или сооружения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 250.1325800.2016 Здания и сооружения. Защита от подземных вод. – Введен 01.09.2016. – Москва: НИИОСП, 2016 – 70 с.
2. ТР 168-05 Технические рекомендации по проектированию, монтажу и эксплуатации дренажей из полиэтиленовых труб с фильтрующей оболочкой. – Введен 01.06.2006. – Москва: НИИ Мосстрой, 2006 – 20 с.
3. ТУ 2248-030-41989945-04 Дренажные гофрированные трубы с защитно-фильтрующей оболочкой. – Введен 01.09.2004. – Москва: НИИОСП, 2004 – 25 с.
4. СП 103.13330.2012 Защита горных выработок от подземных и поверхностных вод. Актуализированная редакция СНиП 2.06.14-85 – Введен 01.01.2013. – Москва: ОАО «Фундаментпроект», 2013 – 70 с.
5. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85 (с Изменениями N 1, 2). – Введен 01.01.2013 – Москва: ОАО «НИЦ "Строительство», ООО «РОСЭКОСТРОЙ», 2013 – 110 с.
6. СП 40-102-2000 Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования. Взамен СН 478-80. – Введен 17.05.2000. – Москва: НИИ «СантехНИИпроект», НИИ «ГУП НИИМосстрой», ЗАО НПО «Стройполимер», 17.05.2000 – 58 с.
7. Руководство по проектированию дренажей зданий и сооружений – Введено 20.11.2000 – Москва: ОАО «Моспроект» (инж. Кискин Л.К, Чернышев Е.Н., Ковыляев В.М.), 20.11.2000 – 40 с.
8. РМД 50-06-2009 Санкт-Петербург. Дренажи в проектировании зданий и сооружений. – Одобрен 13.08.2009 – Санкт-Петербург: ОАО «ЛЕННИИПРОЕКТ», СПбГАСУ, 13.08.2008 – 31 с.
9. СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\*. – Введен 20.05.2011. – Москва: НИИОСП им. Н.М. Герсеванова, – 166 с.

10. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84\* (с Изменениями № 1, 2, 3). – Введен 01.01.2013 – Москва: ООО «РОСЭКОСТРОЙ», ОАО «НИЦ Строительство», – 132 с.

11. СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. – Введен 01.07.2013 – Москва, Екатеринбург, Санкт-Петербург: ООО «Геоградстрой», ЗАО «РРЭЦ», СРО НП «Уральское общество изыскателей», Комитет по градостроительству и архитектуре Правительства Санкт-Петербурга, – 109 с.

12. СП 28.13330.2012 Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85 (с Изменениями № 1, 2). – Введен 01.01.2013 – Санкт-Петербург: «СПБГПУ», ОАО «НИЦ Строительство», – 113 с.

13. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003. – Введен 01.01.2013. – Москва: ОАО «НИЦ Строительство», ООО «Геопроект», – 71 с.

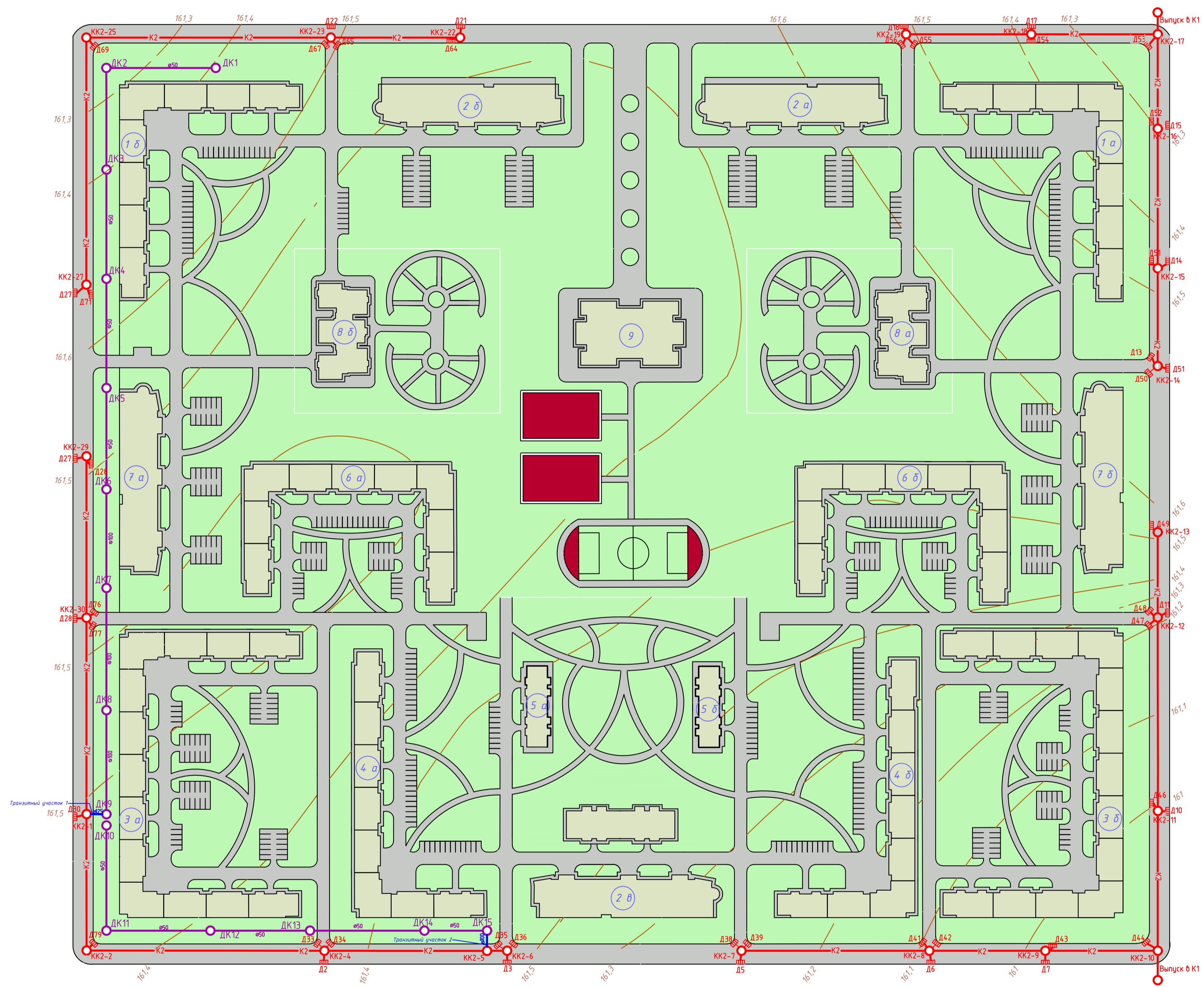
14. СП 91.13330.2012 Подземные горные выработки. Актуализированная редакция СНиП II-94-80. – Введен 01.01.2013. – Москва: ОАО «ВНИМИ», – 63 с.

15. Клиорина, Г. И. Инженерное обеспечение строительства. Дренаж территории застройки: учебное пособие для вузов / Г. И. Клиорина, – Москва: Юрайт, 2017. – 201 с.

16. Абрамов С. К. Подземные дренажи в промышленном и городском строительстве: учебник / С. К. Абрамов, – Москва: Стройиздат, 1973. – 280 с.

17. Кочергин С.М. Дренажные системы и очистные сооружения: пособие / С.М Кочергин – Москва: Стройинформ, 2007. – 208 с.

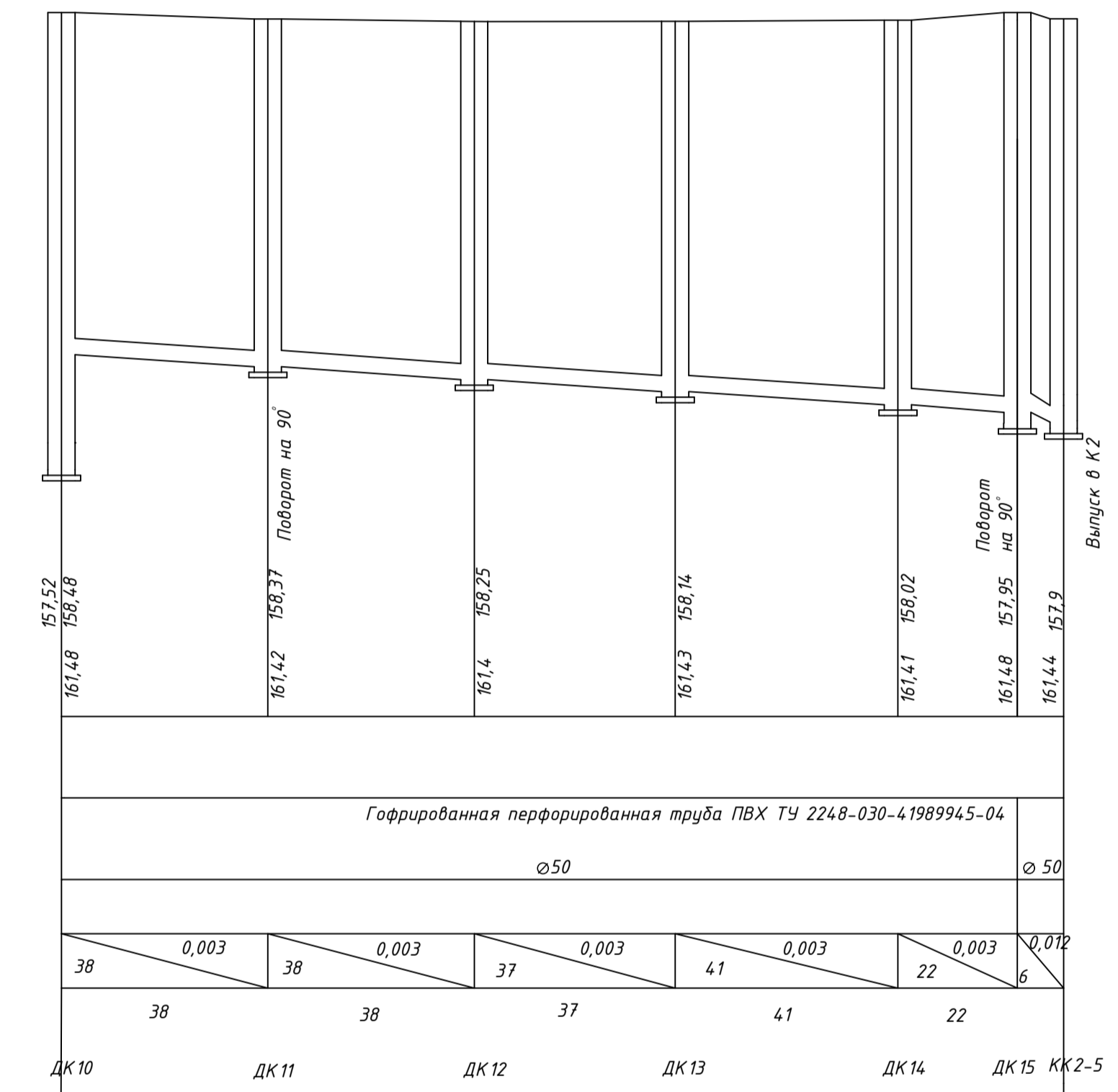
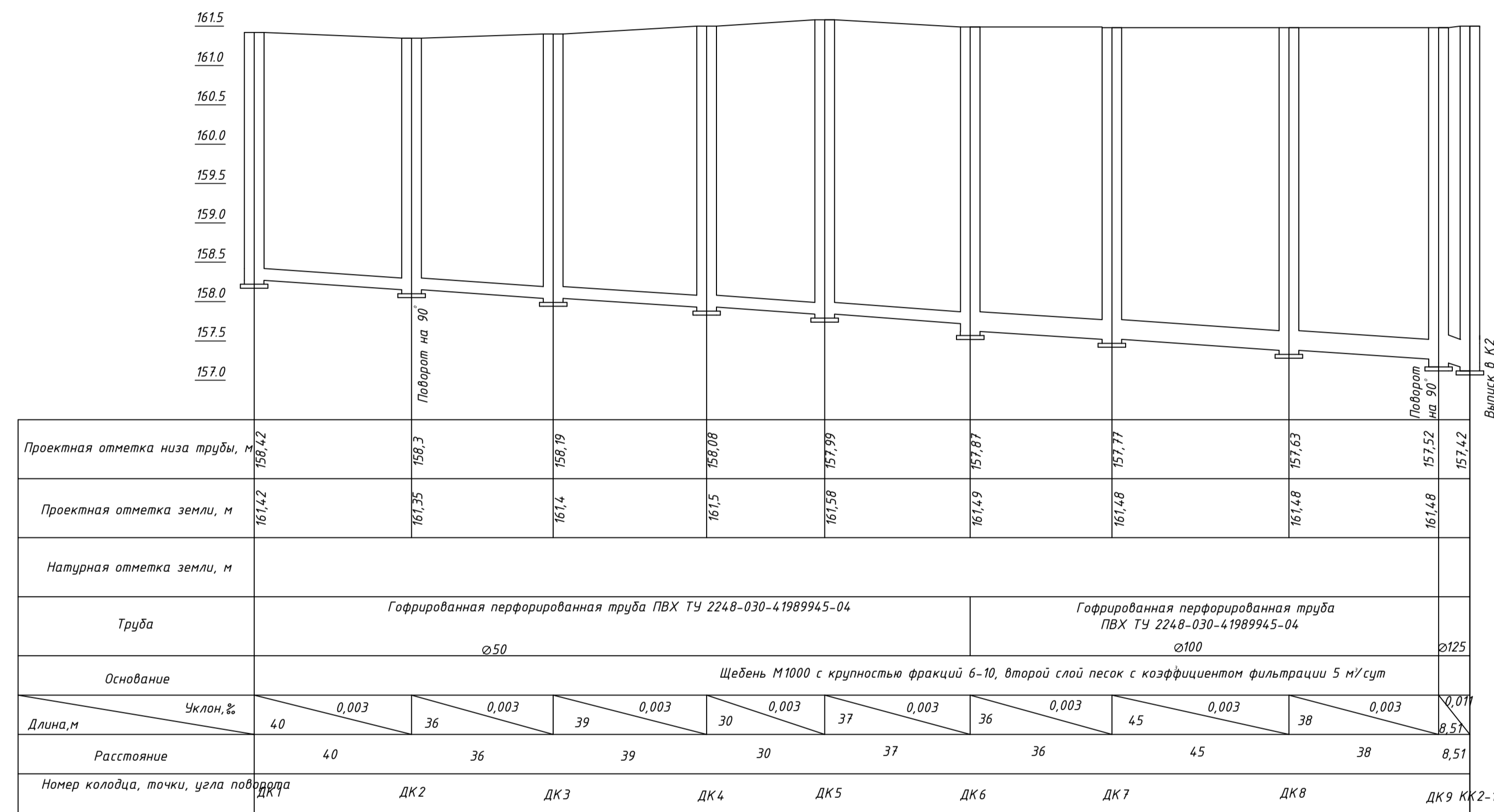
# Генеральный план жилого комплекса М 1:1000



Номер на плане	Наименование здания
1	Пятиэтажный многоквартирный дом
2	Девятиэтажный многоквартирный дом
3	Пятиэтажный многоквартирный дом
4	Пятиэтажный многоквартирный дом
5	Шестнадцатизэтажный многоквартирный дом
6	Пятиэтажный многоквартирный дом
7	Шестнадцатизэтажный многоквартирный дом
8	Школа
9	Детский сад

БР 08.03.01.06 - 2019					
Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.		Половинкин В.С.			
Проб.		Приймак Л.В.			
Н.контр.		Приймак Л.В.			
Зав. каф.		Матвеевко А.В.			
Дренажная система жилого комплекса			Студия	Лист	Листов
Генеральный план жилого комплекса			У	1	4
			Кафедра ИСЭИС		

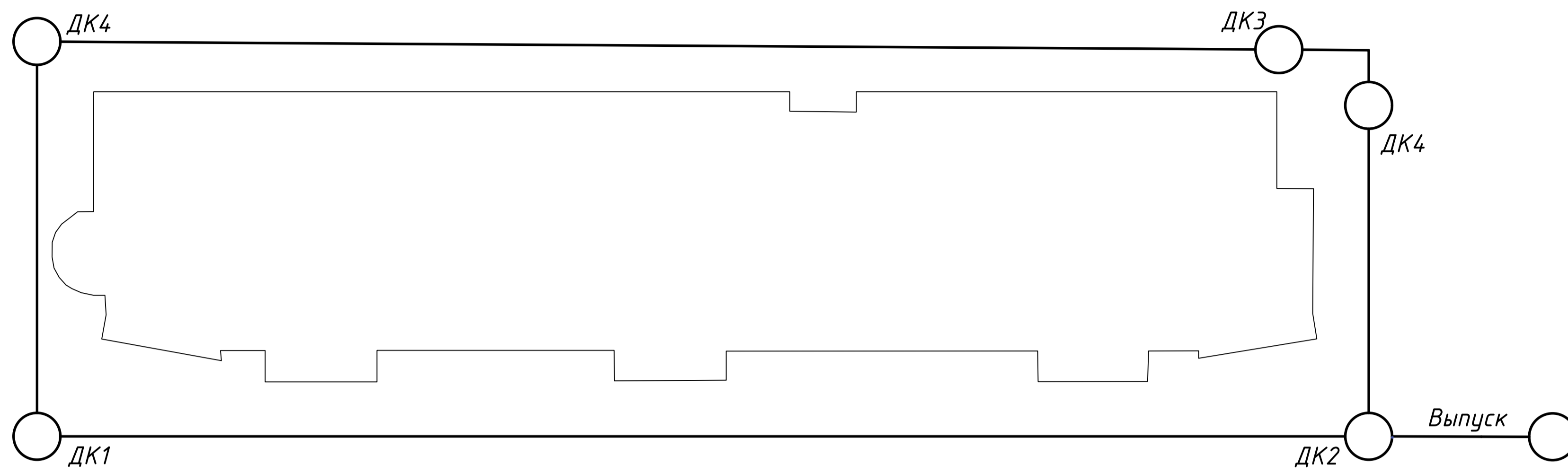
# Продольный профиль дренажной системы жилого комплекса



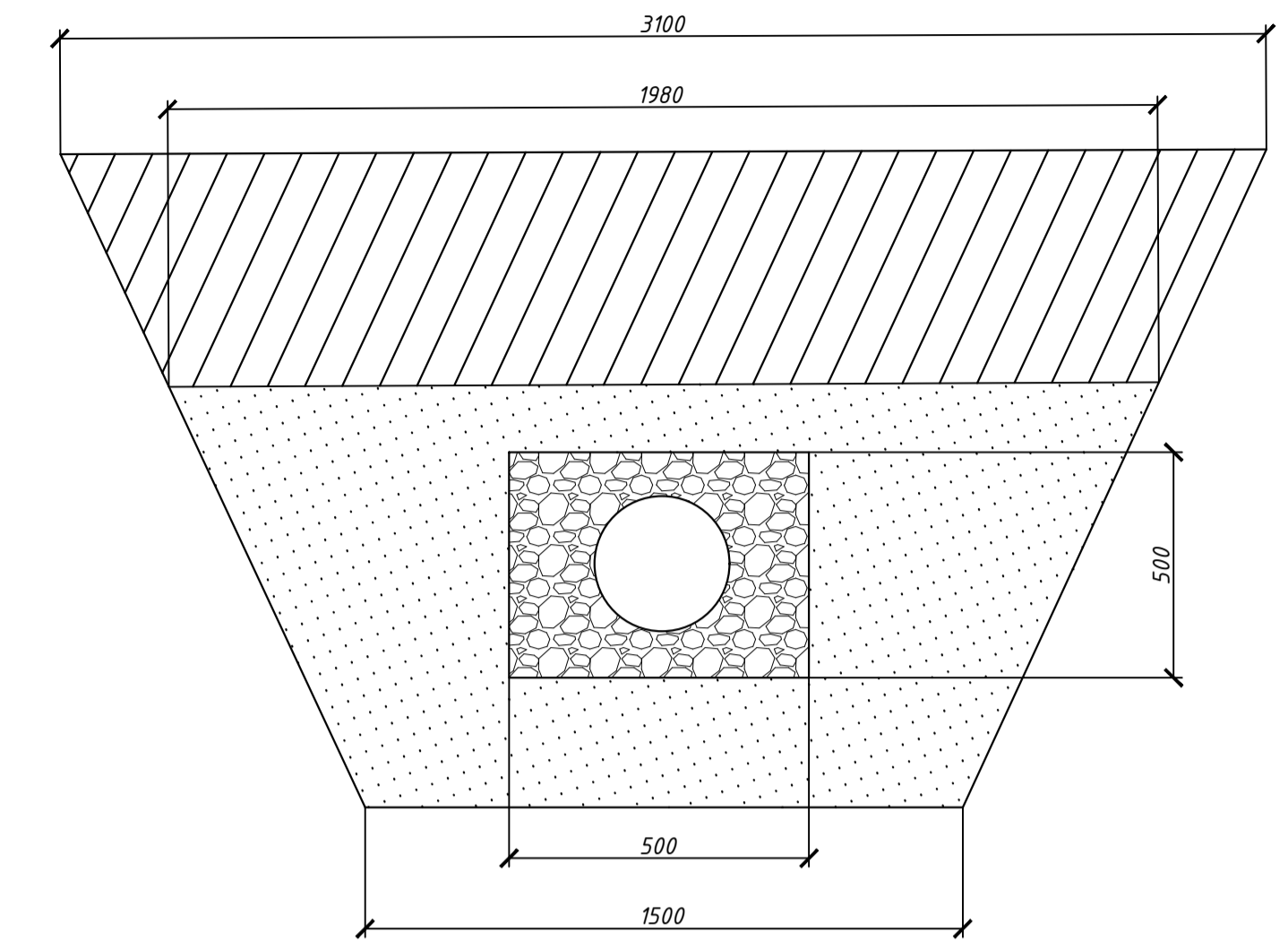
						БР 08.03.01.06 - 2019			
						Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Дренажная система жилого комплекса	Стация	Лист	Листов
							У	2	4
Разраб.	Половинкин В.С.					Продольный профиль дренажной системы жилого комплекса	Кафедра ИСЗиС		
Пров.	Приймак Л.В.								
И контр.	Приймак Л.В.								
Зад. каф.	Матвеевко А.Б.								

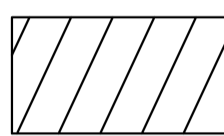
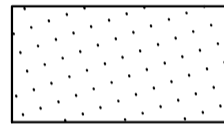
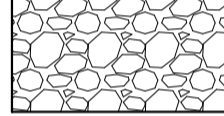
# Виды дренажей

## Контурный дренаж

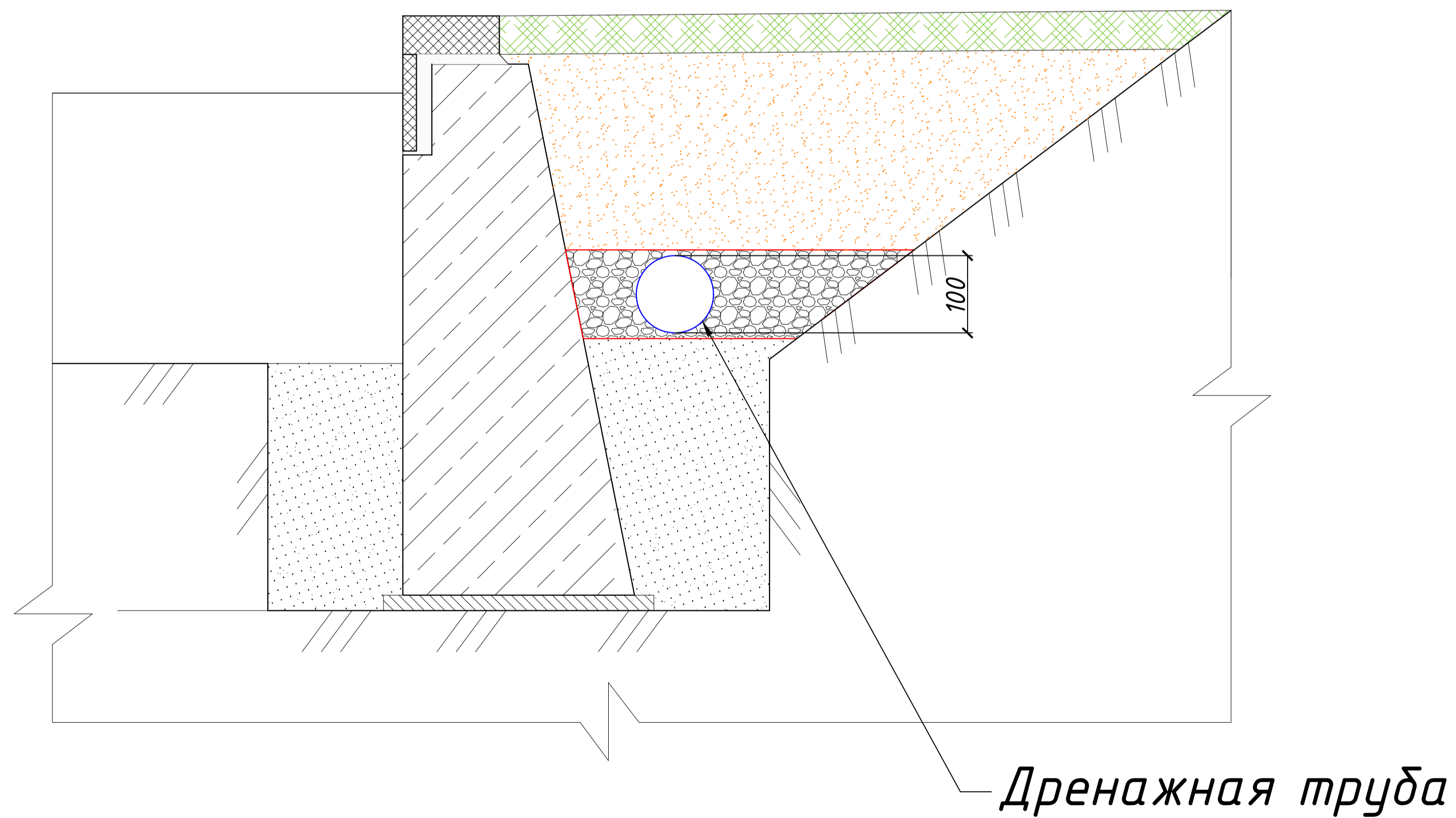


Трубчатый дренаж несовершенного вида

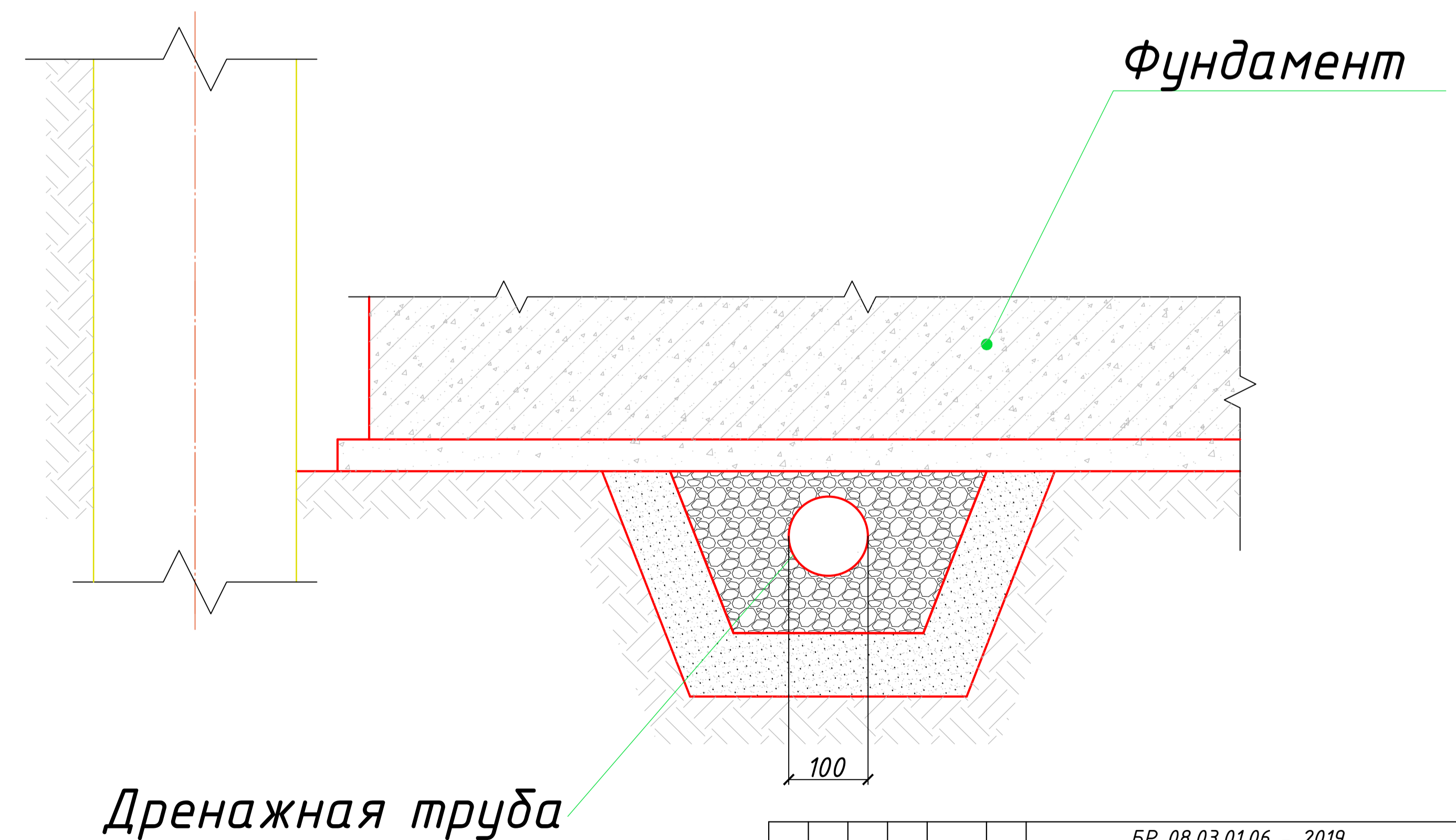


-  - Местный грунт
-  - Песок с коэффициентом фильтрации 5 м/сут
-  - Щебень М1000 с крупностью фракций от 6 до 10 мм

## Пристенный дренаж

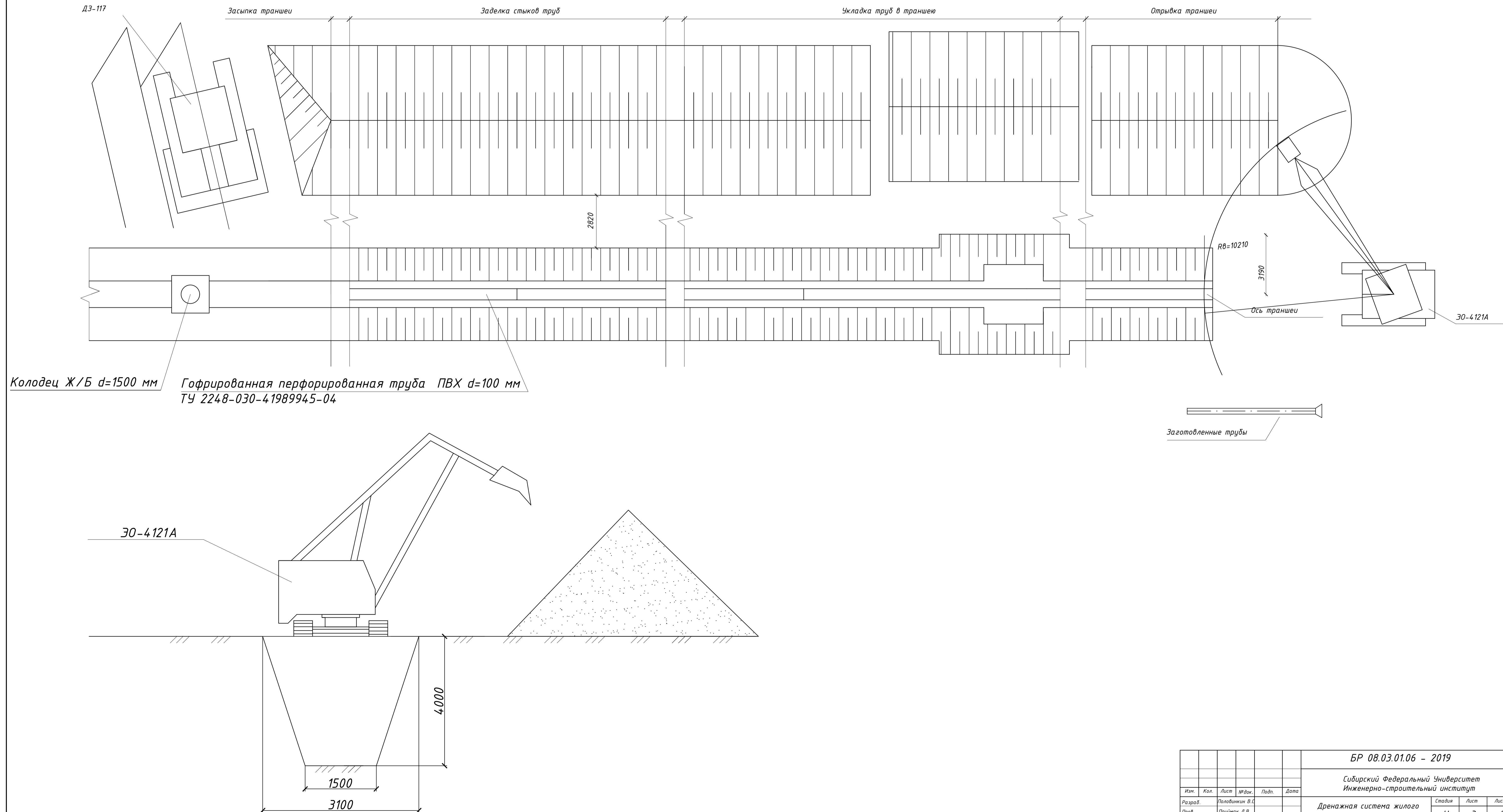


## Пластовый дренаж



БР 08.03.01.06 - 2019					
Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Половинкин В.С.				
Пров.	Приймак Л.В.				
И контр.	Приймак Л.В.				
Заб. каф.	Матвеевко А.Б.				
Дренажная система жилого комплекса			Стация	Лист	Листов
Виды дренажей			У	3	4
			Кафедра ИСЗиС		

# Схема производства работ при прокладке участка дренажной системы $d=100\text{ мм}$ , $l=120\text{ м}$ М1:100



БР 08.03.01.06 - 2019					
Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.		Половинкин В.С.			
Пров.		Приймак Л.В.			
Н.контр.		Приймак Л.В.			
Заб. каф.		Матвеевко А.Б.			
Дренажная система жилого комплекса				Страница	Лист
				У	3
Схема производства работ при прокладке участка дренажной системы $d=100\text{ мм}$ , $l=120\text{ м}$ М1:100				Листов	
				4	
Кафедра ИСЗиС					



Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный

Кафедра «Инженерные системы зданий и сооружений»

УТВЕРЖДАЮ:

Заведующий кафедрой

 А.И. Матюшенко

подпись                      инициалы, фамилия

« 12 » 07 2019 г.

**БАКАЛАВСКАЯ РАБОТА**

Дренажная система жилого комплекса

08.03.01 «Строительство»

Руководитель	 подпись, дата	<u>доцент, к.т.н.</u> должность, ученая степень	<u>Л.В. Приймак</u> инициалы, фамилия
Выпускник	 подпись, дата		<u>В.С. Половинкин</u> инициалы, фамилия
Нормоконтролер	 подпись, дата	<u>доцент, к.т.н.</u> должность, ученая степень	<u>Л.В. Приймак</u> инициалы, фамилия

Красноярск 2019