

ОТВЕДЕНИЕ СТОЧНЫХ ВОД В КОММЕРЧЕСКИХ ЗДАНИЯХ

ОБЗОР ЕВРОПЕЙСКОЙ ОТРАСЛЕВОЙ ПРАКТИКИ

be
think
innovate

GRUNDFOS 

ПРЕДИСЛОВИЕ

Говорят, здоровье и благосостояние людей зависит от доступности чистой и безопасной воды. Но обеспечение водой — только половина дела. Столь же важно продумать безопасную, эффективную и гигиеничную схему отведения бытовых сточных вод.

Представьте себе, каково было ходить за покупками по одному из самых быстрорастущих городов мира в XVII веке. На рынке под открытым небом вас ждали бы запахи свежеспеченного хлеба, аромат только что сорванных плодов и... зловоние из выгребных ям, расположенных неподалеку, — стандарт водоотведения той поры. Многое поменялось с тех пор, и сегодня сточные воды отводятся по закрытым трубам, которые эффективно и гигиенично отводят продукты жизнедеятельности человека прямо из туалетов к водоочистным станциям.

Однако с изменением климата быстро меняется и привычный мир вокруг нас. Продолжительные и все более частые тяжелые ливни повышают угрозу обратного выброса сточных вод в здания, не защищенные в необходимой мере от такой аварии. Обратный выброс сточных вод возникает в том случае, если канализация не справляется с возросшим количеством осадков или если темпы застройки города и прироста населения опережают развитие инфраструктуры.

Преодоление этой проблемы требует решительных политических действий и значительных инвестиций в канализационную инфраструктуру. Однако политические решения, даже в эпоху изменения климата, принимаются медленно. Растущий риск обратного выброса сточных вод при сегодняшнем состоянии канализационной инфраструктуры вынуждает владельцев коммерческих объектов самостоятельно принимать меры по защите своего имущества. Это столь же естественная мера, как и возведение стен и крыши для защиты от ветра и дождя.

В этом обзоре мы рассмотрим самые эффективные меры, которые можно принять для защиты коммерческих зданий от обратного выброса сточных вод. Будут также рассмотрены оптимальные способы расчета объемов сточных вод, ливневых стоков и водоотведения от коммерческих объектов через дренажные системы. В завершение мы уделим внимание методам расчета и подбора параметров водоподъемных канализационных насосных станций и погружных насосных систем для сточных вод.

Йенс Нёргаард

*Руководитель
направления прикладных
решений Grundfos для
коммерческих объектов*



Изменение климата и обратный выброс сточных вод	4
Другие причины обратного выброса сточных вод	6
Обратный выброс в результате интенсивных осадков	7
Меры по предупреждению обратного выброса.....	10
Механические откидные клапаны.....	10
Электрические створчатые клапаны.....	12
Насосные станции	13
Подъемные насосные станции	14
Практические аспекты отведения сточных вод	16
Определение сточных вод	16
Системы коммунально-бытовых сточных вод	18
Системы коммунально-бытовых сточных вод на коммерческих объектах ..	18
Расчет расхода коммунально-бытовых сточных вод	22
Системы ливневой канализации	26
Общее описание.....	26
Расход ливневых стоков	28
Системы дренажа в зданиях и сооружениях	30
Необходимость в дренаже	30
Предварительные изыскания.....	30
Классификация состояний грунта и грунтовых вод	32
Расход дренируемой воды.....	34
Подбор насоса для сточных вод	36
Напор насоса, H_p	36
1. Статический напор, H_{geo}	38
2. Потери в запорной и соединительной арматуре, $H_{V,A}$	40
3. Линейные потери на трение в нагнетательных трубах, $H_{V,R}$	40
Типы рабочего колеса	56
Рабочее колесо с изогнутым каналом.....	56
Одноканальное рабочее колесо	58
Вихревое рабочее колесо.....	58
Измельчители	59

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И ОБРАТНЫЙ ВЫБРОС СТОЧНЫХ ВОД

С изменением климата резко возрастает опасность наводнения, и о переломе этой тенденции говорить рано. Происходящие перемены заставляют нас искать новые меры предупреждения подтоплений. Многие канализационные системы уже оказались неспособны справиться с увеличением интенсивности осадков, а многочисленные здания продемонстрировали слабую защищенность от обратного выброса стоков.

Задачи предупреждения обратного выброса и подтопления касаются как локализованных ситуаций, в которых подтопленными оказываются лишь фундаменты отдельных зданий, так и крупных аварий в магистральных канализационных системах.



Так выглядит обратный выброс воды

Обратный выброс может иметь далеко идущие негативные последствия: необходимость временного отселения людей, риск эпидемий, ухудшение качества воды и разрушение инфраструктуры и зданий.

Канализационные системы многих городов проектировались и строились десятилетия назад. Их пропускной способности уже не хватает для отведения увеличившегося количества осадков. На макроуровне решение состоит в увеличении гидравлической пропускной способности системы путем увеличения сечений коллекторов, расширения коллекторной сети и (или) сооружении вместительных противопаводочных емкостей для сбора излишков воды. Но поскольку все это требует массивных капиталовложений, тщательного планирования и реализации, слова редко воплощаются в деле. Вместо этого владельцы коммерческой недвижимости вынуждены принимать меры к предупреждению обратных выбросов, прежде чем они вызовут аварию в здании и подпортят внутреннюю отделку.

В большинстве стран защита от обратного выброса регламентируется местными нормативами. Защита зданий от затопления при обратном выбросе — важная неотъемлемая часть строительства. Ответственность за действенность такой защиты всецело лежит на владельце и проектировщиках здания. Канализационная компания и (или) муниципалитет обычно не берут на себя никакой ответственности за ущерб.

Другие причины обратного выброса сточных вод

Увеличение нормы осадков — не единственная причина обратного выброса сточных вод.

Переполнение коллекторов может происходить по ряду причин:

- засорение коллекторов, например зарастание корнями деревьев;
- обрушение сводов коллекторов.
- отказ оборудования, например авария на насосной станции;
- смешивание жиров и масел с другим мусором в коллекторе и их превращение в затвердевшую массу, налипающую на стены коллектора. Такое зарастание жирной массой вызывает сужение сечения труб и ограничивает расход вплоть до полной закупорки коллектора;
- бумага и ткань, включая одноразовые подгузники, могут набухать в воде, закупоривая канализационный коллектор;
- смываемая с дорог грязь и ил также осаждаются в канализационных трубах из-за низкого расхода. В некоторых трубопроводах расход воды ниже необходимого для естественной самоочистки, в результате чего в них скапливается осадок, ведущий к засору.



Пример обрастания канализационной трубы большого диаметра жирными остатками и мусором



В последнее время ливни случаются чаще

Обратный выброс в результате интенсивных осадков

Уровень переполнения канализационных систем определяется несколькими факторами.

Характеристики атмосферных осадков

- Интенсивность осадков [л/с/га]. Эта величина описывает норму осадков, выпадающих за единицу времени на гектар площади. С увеличением интенсивности осадков усугубляется и проблема обратного выброса в магистральных коллекторах.
- Продолжительность осадков [мин]. Продолжительность осадков характеризует длительность выпадения дождевых осадков в минутах. Обильные ливни обычно непродолжительны, и наоборот.
- Частота атмосферных осадков. Частота дождевых осадков характеризует периодичность их повторения.

Характеристики канализационной системы

- Коэффициент стока воды [-]. Безразмерный коэффициент стока характеризует долю выпавшей с осадками воды, попадающую в канализационную систему.
- Площадь сечения канализационного коллектора [м²]. Площадь сечения канализационного коллектора прямо пропорциональна его гидравлической пропускной способности.
- Наклон труб [%]. Наклон труб влияет на их гидравлическую пропускную способность. Чем сильнее наклонены трубы, тем выше пропускная способность.
- Объем противопаводочной емкости [м³]. Противопаводочная емкость ограничивает приток воды, сглаживая пики интенсивности осадков. Канализационные системы со множеством противопаводочных емкостей способны справиться с более интенсивными и продолжительными осадками.

Для уменьшения расходов на земляные работы, на устройство коллекторов и противопаводочных емкостей практически все системы ливневой канализации рассчитываются на определенную норму обратного выброса. Максимальный уровень обратного выброса лежит в промежутке между глубиной коллектора и уровнем грунта (улицы). Во время сильных осадков коммунальные службы контролируют уровень обратного выброса и на основе этих данных строят карты уровней обратного выброса. Эти карты доступны по запросу. Однако в будущем ожидается ускорение изменений климата. Эти изменения растянуты по времени и складываются из резких кратковременных изменений — никакое явление в отдельности не является провозвестником «изменения климата». Кроме того, существующие климатические модели неудовлетворительно прогнозируют будущую норму осадков (на местном и региональном уровне), которая интересует инвесторов и консультантов. В результате консультанты, занимающиеся расчетом и планированием канализационных систем, вынуждены перестраховываться вместо того, чтобы реагировать на наблюдаемые явления и показания степени переполнения коллекторов. Максимально возможный уровень обратного выброса из коллектора — уровень земли, следовательно, все рекомендации по защите зданий исходят из этого уровня.

Что делать?

- Планируйте на перспективу.
- Принимайте меры к защите зданий от обратного выброса воды.
- Помните, что ответственность несут инженеры-консультанты и владельцы зданий.



Карта развития обратного выброса, иллюстрирующая последствия аномального выпадения осадков. Участки, отмеченные синим цветом, были затоплены после сильного ливня



Обратный выброс привел к затоплению незащищенного подвала. В этой ситуации здание непригодно для нахождения в нем людей, поскольку его санитарная система вышла из строя

МЕРЫ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ОБРАТНОГО ВЫБРОСА

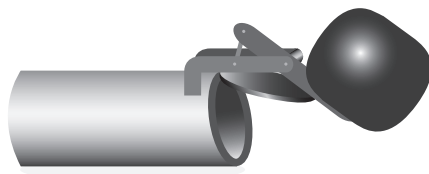
Механические откидные клапаны

Механический откидной клапан с поплавком перекрывает трубу в случае обратного выброса воды. Это самое простое устройство для предупреждения обратного выброса. Вода поднимает поплавок, который перекрывает трубу.

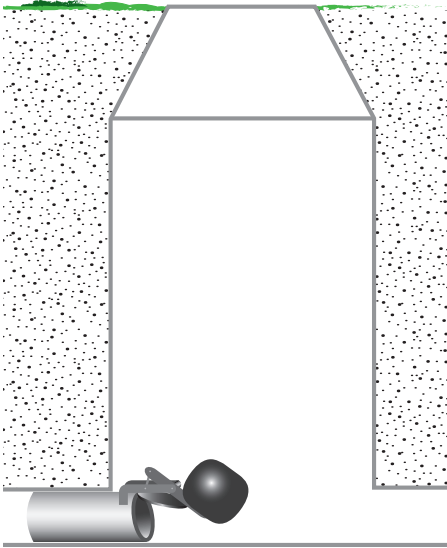
Использовать обратные клапаны обычно рекомендуется только в следующих случаях:

- если труба от клапана в сторону канализационной системы имеет уклон вниз;
- если клапаном оборудуются защищенные помещения (например, склады); для жилых и приравненных к ним помещений данное решение непригодно;
- при допустимости отказа от пользования сантехникой в здании;
- при отсутствии ценного имущества, способного пострадать от обратного выброса;
- при небольшом числе пользователей.

Местные нормы могут ставить иные требования.



Пример механического откидного клапана. Клапан снабжен поплавком, перекрывающим трубу при обратном выбросе воды



Механический откидной клапан в смотровом колодце

Преимущества

- Простая система на основе хорошо известного принципа.
- Недорогое решение.

Недостатки

- При возникновении обратного выброса пользоваться сантехникой в здании будет нельзя, поскольку вода через закрытый клапан не пройдет. Поскольку клапан (обычно) не имеет сигнализации состояния, находящиеся в здании люди продолжат пользоваться сантехникой, чем вызовут затопление подвала.
- Клапан требует регулярного осмотра и очистки.
- Песок и твердые тела в воде могут нарушить работу клапана, создав препятствие для закрытия трубы створкой. В этом случае вода будет проникать в подвал.
- Невозможность подключения устройств сигнализации обратного выброса в большинстве случаев.
- Клапан пригоден только для защиты помещений второстепенной важности, без материальных ценностей и оборудования.

Электрические створчатые клапаны

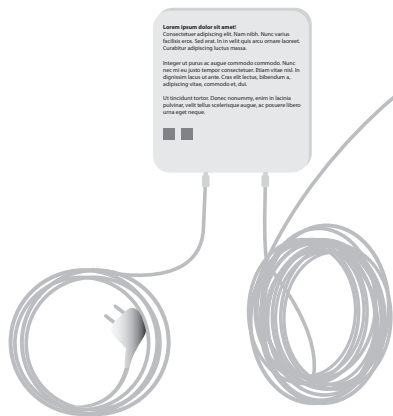
Электрический створчатый клапан обычно снабжается двумя откидными створками. Положение одной створки регулируется электродом датчика обратного выброса воды, а другая створка управляется вручную для целей технического обслуживания.

Преимущества

- Наличие сигнализации, оповещающей технический персонал о возникновении обратного выброса воды.
- Установка в помещении для свободного доступа и удобства обслуживания.

Недостатки

- Клапан требует регулярного осмотра и очистки.
- Чувствителен к нарастанию жирного налета на створках и электроде датчика.
- Песок и твердые тела в воде могут нарушить работу клапана, создав препятствие для закрытия трубы створкой. В этом случае вода будет проникать в подвал.
- При возникновении обратного выброса пользоваться сантехникой в здании будет нельзя, поскольку вода через закрытый клапан не пройдет.
- Клапан пригоден только для защиты помещений второстепенной важности, без материальных ценностей и оборудования.



Электрический откидной клапан

Насосные станции

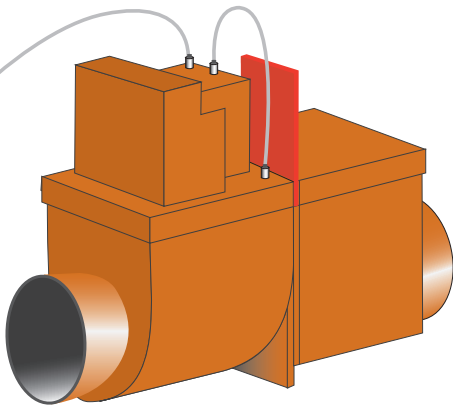
Насосная станция может использоваться вместо створчатых клапанов как средство защиты от затопления. Для того чтобы защита была действенна, наивысшая геометрическая точка отводящей трубы должна находиться выше самого высокого уровня затопления, т.е. уровня улицы.

Преимущества

- Максимальная защита от обратного выброса и затопления за счет того, что наивысшая геометрическая точка отводящей трубы расположена выше максимально возможного уровня затопления. Возможность применения для защиты электрооборудования, технологического оборудования и другой ценной техники.
- Отсутствие возвратного клапана в отводящей трубе обеспечивает дополнительную защиту от обратного выброса и затопления.
- При возникновении обратного выброса воды пользоваться сантехникой в здании по-прежнему можно. Сточные воды из здания откачиваются в магистральный коллектор даже при его затоплении.
- Соблюдаются требования местного законодательства.
- Система нечувствительна к твердым примесям в воде.

Недостатки

- Необходимость размещения системы вне здания.



Подъемные насосные станции

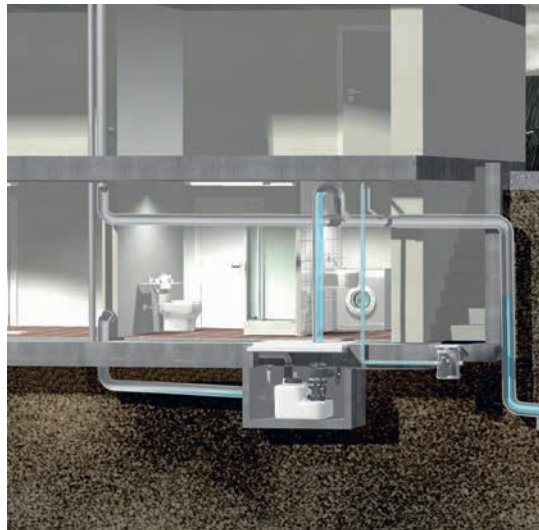
Подъемная канализационная насосная станция (КНС) обеспечивает наивысшую степень защиты от затопления. Необходимым условием максимальной эффективности защиты является расположение наивысшей геометрической точки отводящей трубы выше самого высокого уровня затопления, т.е. уровня улицы.

Преимущества

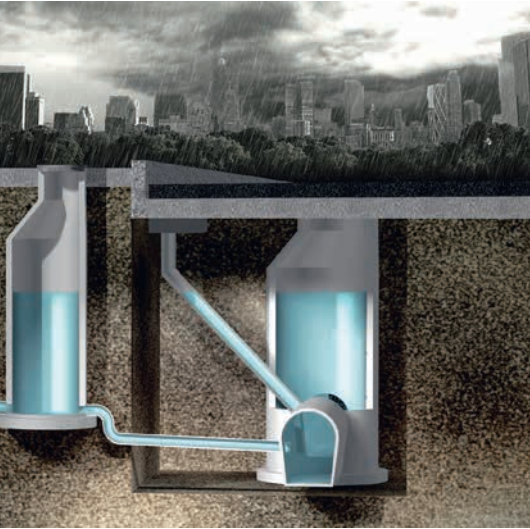
- Максимальная защита от обратного выброса и затопления за счет того, что наивысшая геометрическая точка отводящей трубы расположена выше максимально возможного уровня затопления. Возможность применения для защиты электрооборудования, технологического оборудования и другой ценной техники.
- Отсутствие возвратного клапана в отводящей трубе обеспечивает дополнительную защиту от обратного выброса и затопления.
- При возникновении обратного выброса воды пользоваться сантехникой в здании можно без ограничений. Сточные воды из здания откачиваются в магистральный коллектор даже при его затоплении.
- Размещение в подвале или другом подобном помещении обычно обеспечивает удобство обслуживания и ремонта.
- Возможность установки в системах ливневых стоков при необходимости.
- Система нечувствительна к твердым телам в воде.

Недостатки

- Занимает место в подвале.



Обратный выброс воды при сильном дожде. Здесь вода не попадает в здание, поскольку отводящая труба подъемной КНС заведена выше самого высокого уровня обратного выброса (уровня улицы) и снабжена обратным клапаном



ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОТВЕДЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД

Определение сточных вод

Сточные воды — обобщенная категория для обозначения вод, претерпевших качественные изменения в результате антропогенного воздействия и подлежащих транспортировке через общую или отдельную канализационную систему.

К сточным водам относится широкий спектр отходов органического или неорганического происхождения, производимых различными источниками. Такими источниками могут быть как жилые дома, так и коммерческие владения, промышленные и сельскохозяйственные предприятия, а также поверхностные стоки и вода, просочившаяся через грунт в канализационную систему.

Источники обычно подразделяются на различные категории:

- Коммунально-бытовые сточные воды. Общее обозначение фекальных и прочих бытовых сточных вод. Фекальные сточные воды — это воды, отводимые из унитазов, писсуаров и биде, в то время как прочие сточные воды загрязнены в меньшей мере и включают в себя стоки душевых кабин, ванн, моек, раковин и сточных решеток в полу.



Гараж



Отбор проб сточных вод в магистральном канализационном коллекторе



- Ливневые воды. Вода от осадков, не просочившаяся в грунт. Ливневые воды сбрасываются непосредственно в сточную или канализационную систему с земли и наружных поверхностей зданий.
- Дренажная вода. Вода, отводимая из подвалов снизу и по периметру зданий, с проезжей части дорог, с садовых участков и из грунта.
- Гаражные комплексы. Сточные воды, отводимые из гаражей, состоят преимущественно из талой воды и воды от автомобильных моек. В сточных водах из гаражей часто присутствуют остатки мыла, масла, бензина, соли и песка. Перед закачкой таких вод в магистральный коллектор необходимо пропустить их через сепаратор нефтепродуктов и уловитель песка. Трубы для отведения сточных вод из гаражей должны снабжаться маслостойкими уплотнениями, а насосы — иметь взрывобезопасное исполнение (аттестат EX).

СИСТЕМЫ КОММУНАЛЬНО- БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Общее обозначение фекальных и прочих бытовых сточных вод:

- Фекальные сточные воды содержат фекалии и мочу. Кроме того, в них могут присутствовать древесное и текстильное волокно, а также другие твердые тела размером приблизительно до 100 мм. Если система не снабжена измельчителем для переработки крупных механических примесей в более мелкие фрагменты, высокую важность приобретает правильный расчет диаметров фановых и отводящих труб во избежание засоров.
- Сточные воды, не содержащие фекалий и мочи, относятся к прочим бытовым сточным водам. Эта категория включает в себя 50–80% сточных вод жилых помещений и может содержать твердые тела размером приблизительно до 35 мм.

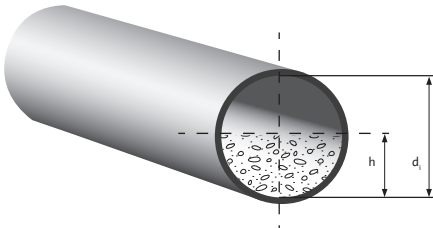
Системы коммунально-бытовых сточных вод на коммерческих объектах

Расход сточных вод здания рассчитывается на основе расходов источников сточных вод (туалетов, сточных решеток в полу и т.п.), соединенных с канализационной системой, с учетом числа источников и частоты их использования.

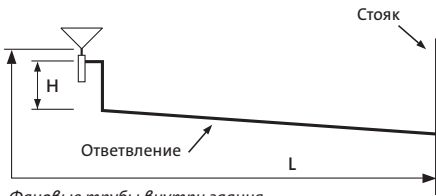
Система сточных вод внутри здания может проектироваться различными способами на основе государственных и (или) местных норм и правил, а также общепринятой практики. В европейских нормах EN12056–2 предлагаются четыре различных вида систем, обладающих разными характеристиками.



Канализационные коллекторы под улицами Лондона



Уровень заполнения — не более 0,5



Система типа I

Система с единым канализационным стояком и частично заполняемыми отводными трубами для соединения с сантехникой. Частично заполняемые отводные трубы рассчитаны на коэффициент заполнения не выше 0,5 и соединяются с единым канализационным стояком.

Характеристики и ограничения вентилируемых труб, тип 1:

- Максимальная длина $L = 10$ м.
- Максимальный перепад высот $H = 3$ м.
- Минимальный уклон = 0,5 %.
- Неограниченное число изгибов на 90° .

Характеристики и ограничения невентилируемых труб, тип 1:

- Максимальная длина $L = 4$ м.
- Максимальный перепад высот $H = 3$ м.
- Минимальный уклон = 1 %.
- Не более трех изгибов на 90° .

Система типа II

Система с единым канализационным стояком и частично заполняемыми отводными трубами для соединения с сантехникой. Частично заполняемые отводные трубы рассчитаны на коэффициент заполнения не выше 0,7 и соединяются с единым канализационным стояком. Общими чертами систем типа II являются уменьшенные размеры труб и увеличенный минимальный уклон по сравнению с системами типа 1.

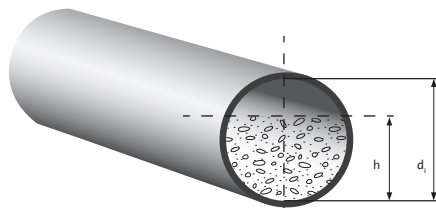
Системы типа II обычно применяются на коммерческих объектах.

Ограничения для вентилируемых труб, тип II:

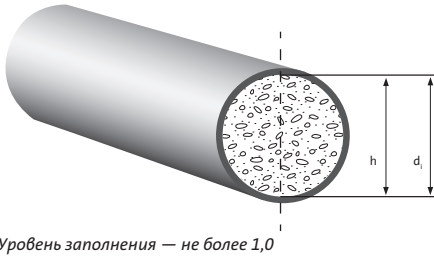
- Неограниченная длина L.
- Максимальный перепад высот $H = 3$ м.
- Минимальный уклон = 1,5 %.
- Неограниченное число изгибов на 90°.

Ограничения для невентилируемых труб, тип II:

- Максимальная длина $L = 10$ м.
- Максимальный перепад высот $H = 3/6$ м в зависимости от размера.
- Минимальный уклон = 1,5 %.
- Не более одного изгиба на 90°.



Уровень заполнения — не более 0,7



Система типа III

Система с единым канализационным стояком и заполненными отводными трубами для соединения с сантехникой. Заполненные отводные трубы рассчитаны на коэффициент заполнения 1,0 и соединяются с единым канализационным стояком.

Системы типа III имеют множество ограничений для вентилируемых и невентилируемых труб. Правила выбора систем для различной сантехники изложены в нормах EN12056–2.

Система типа IV

В данном случае системы типа I, II и III подразделяются на системы с отдельными канализационными стояками для фекальных сточных вод (из унитазов и писсуаров) и для прочих бытовых сточных вод. Если в здании предусмотрены сбор и очистка прочих бытовых сточных вод для повторного использования, то систему необходимо проектировать согласно типу IV.

Расчет расхода коммунально-бытовых сточных вод (Европейский Союз)

В Европе для определения количества и расхода сточных вод от сантехники применяется весьма простой подход. В EN12056–2 приводится таблица типичных значений расхода на одну единицу сантехнического оборудования. Объем одновременного сброса от сантехники прогнозируется на основе статистических данных, исходя из назначения здания, количества находящихся в нем людей и ожидаемых закономерностей в пользовании сантехникой.

В нормах EN12056–2 приводится следующая формула для вычисления фактического или ожидаемого расхода в общей и раздельной канализации, к которой подключена только бытовая сантехника.

$$Q_{ww} = K \sqrt{\sum DU} \quad gpe$$

- Q_{ww} = расход сточных вод (л/с),
 K = коэффициент частоты пользования,
 DU = совокупный удельный расход сбрасываемой воды (л/с).

Коэффициент частоты пользования K определяется по нижеприведенной таблице. Если канализация обслуживает многофункциональное здание с различным характером пользования сантехникой, необходимо по отдельности выполнить расчет для всех частей здания с различным назначением, используя соответствующий коэффициент K , а затем сложить результаты.

Единица сантехники / источник сброса	DU для системы типа I (для ЕС) л/с
Умывальная раковина, биде	0,5
Душ без пробки	0,6
Душ с пробкой	0,8
Одиночный писсуар с бачком	0,8
Писсуар с промывочным клапаном	0,5
Писсуар со сточным желобом	0,2*
Ванна	0,8
Кухонная раковина	0,8
Посудомоечная машина (бытовая)	0,8
Стиральная машина (до 6 кг)	0,8
Стиральная машина (до 12 кг)	1,5
Унитаз с бачком 4,0 л	**
Унитаз с бачком 6,0 л	2,0
Унитаз с бачком 7,5 л	2,0
Унитаз с бачком 9,0 л	2,5
Сточный желоб в полу Ду 50	0,8
Сточный желоб в полу Ду 70	1,5
Сточный желоб в полу Ду 100	2,0

- * на человека
 ** не разрешен
 *** зависит от типа (действительно только для унитазов с сифонным сливным бачком)
 – не используется или данные отсутствуют

Расход воды от источников различных типов (DU) согласно EN 12056–2

Использование сантехники
Редкое использование, например в жилом доме, мини-отеле, офисе
Частое использование, например в больнице, школе, ресторане, гостинице
Использование с предельной нагрузкой, например в общественных туалетах и душевых
Специальное использование, например в лабораториях

Коэффициенты частоты использования в зависимости от типа и назначения здания. Классификация согласно EN 12056–2

DU для системы типа II (для ЕС) л/с	DU для системы типа III (для ЕС) л/с	DU для системы типа IV (для ЕС) л/с
0,3	0,3	0,3
0,4	0,4	0,4
0,5	1,3	0,5
0,5	0,4	0,5
0,3	-	0,3
0,2*	0,2*	0,2*
0,6	1,3	0,5
0,6	1,3	0,5
0,6	0,2	0,5
0,6	0,6	0,5
1,2	1,2	1,0
1,8	**	**
1,8	от 1,2 до 1,7***	2,0
1,8	от 1,4 до 1,8***	2,0
2,0	от 1,6 до 2,0***	2,5
0,9	-	0,6
0,9	-	1,0
1,2	-	1,3

	K
	0,5
	0,7
	1,0
	1,2

Суммарный расход Q_{tot} , т. е. расчетный расход, вычисляется по формуле:

$$Q_{tot} = Q_{ww} + Q_c + Q_p \quad \text{где}$$

- Q_{tot} = расчетный расход (л/с),
- Q_{ww} = расход сточных вод (л/с),
- Q_c = непрерывный расход (л/с),
- Q_p = расход перекачиваемой воды (л/с).

Q_{tot} — суммарный расход от насосных станций непрерывного/периодического действия и местных насосных станций. Коэффициент частоты использования не применяется для уменьшения расхода воды от непрерывных источников и от местных насосных станций, соединенных с системой.

Отводы, стояки и подъемные/насосные станции рассчитываются исходя из максимального расхода Q_{max} , который представляет собой наибольшее из трех значений:

1. Q_{ww} (л/с)
2. Q_{tot} (л/с)
3. Максимальный расход от любой единицы сантехники, соединенной с системой (по таблице DU) (л/с).

ПРИМЕР: ВЫЧИСЛЕНИЕ РАСХОДА СТОЧНЫХ ВОД Q_{tot}

Канализация гостиницы соединяется с внешним канализационным коллектором снаружи здания. Номера и ресторан расположены выше уровня улицы, благодаря чему сточные воды из этих помещений самотеком сбрасываются в коллектор под прилегающей улицей. Сточные воды из других помещений в подвалах здания необходимо закачивать в магистральный коллектор.

В здании отсутствует сантехника с непрерывным расходом Q и имеются дополнительные насосные станции. Следовательно, величина Q_p неприменима. Расчетный расход Q_{tot} для этого здания будет равен Q_{ww} .

$$Q_{ww} = K\sqrt{\sum DU} = 0,7\sqrt{28,9} = 3,76 \text{ л/с}$$

$$Q_{tot} = Q_{ww} + Q_c + Q_p = 3,76 + 0 + 0 = 3,76 \text{ л/с}$$

Требуется насос, рассчитанный на расход не менее 3,76 л/с.

На территории РФ используются иные нормы и правила, а также иные нормативные документы (СП, СНИП, СанПин и т.д.), однако общий принцип приблизительно тот же.

Канализационная установка (DU), система II	Кол-во (ед.)
Кухня и служебные помещения	
Посудомоечная машина (крупная)	1
Кухонные раковины	4
Сточные желоба в полу DN 70	6
Унитазы	4
Душевые	4
Туалетная комната для постояльцев	
Унитазы	5
Писсуары	3
Умывальные раковины	4
Сумма DU	

Использование сантехники

Редкое использование, например в жилом доме, мини-отеле, офисе

Частое использование, например в больнице, школе, ресторане, гостинице

Использование с предельной нагрузкой, например в общественных туалетах и душевых

Специальное использование, например в лабораториях

Расход воды (л/с)	Общий расход воды (л/с)
1,2	1,2
0,6	2,4
0,9	5,4
1,8	7,2
0,4	1,6
1,8	9,0
0,3	0,9
0,3	1,2
	28,9

	<i>K</i>
	0,5
	0,7
	1,0
	1,2

СИСТЕМЫ ЛИВНЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

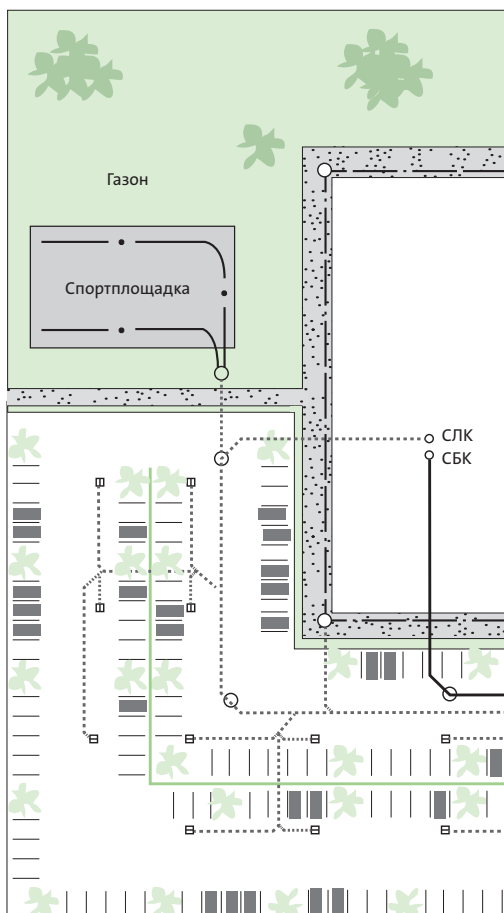
В ливневую канализацию сбрасываются дождевые осадки или талая вода из следующих источников:

- фасады зданий;
- крыши зданий;
- балконы;
- дороги и тротуары;
- газоны.

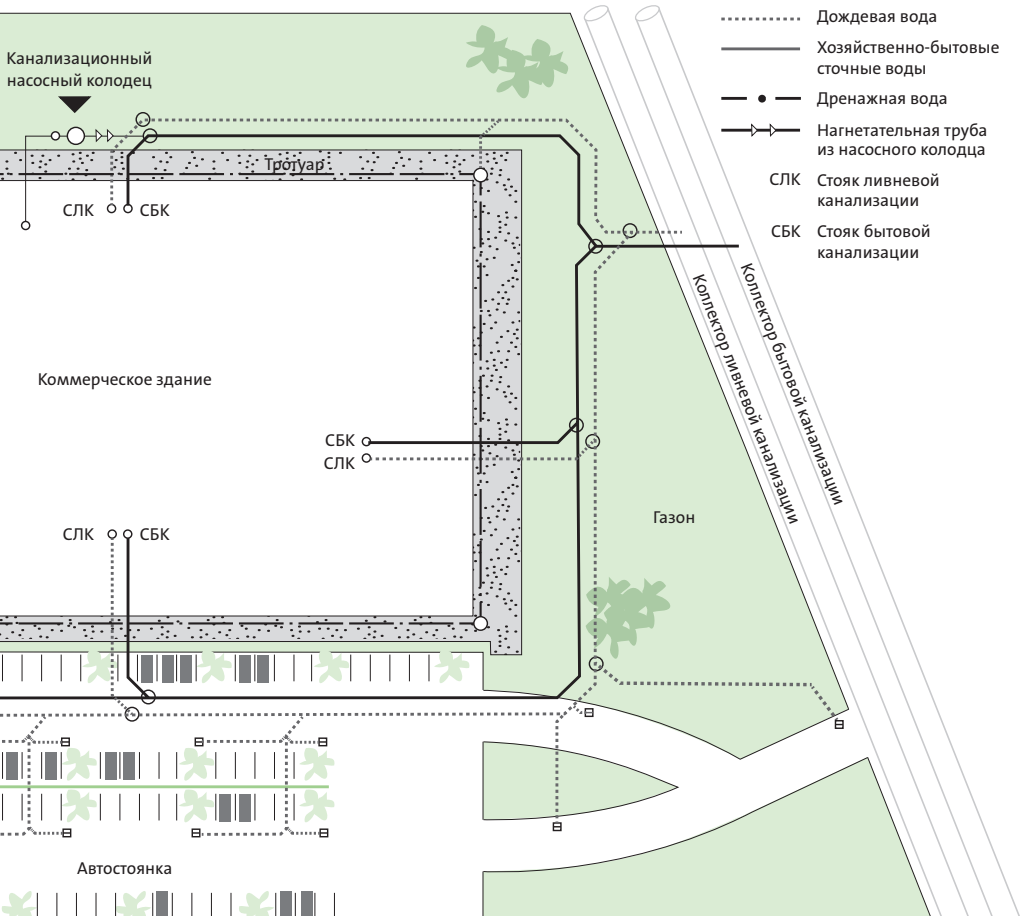
В ливневых стоках могут встречаться песок, камни, листва и прочие твердые загрязнения размером приблизительно до 50 мм. В них также могут присутствовать различные загрязняющие вещества. Стоки, смываемые с дорог в канализационную систему, могут увлечь с собой различные загрязнения: нефтепродукты, остатки покрышек, металлический мусор, пестициды и удобрения.

Общее описание

На большинстве коммерческих объектов ливневые стоки сбрасываются в определенный приемник. Необходимость в насосных мощностях определяется потенциалом естественного удаления ливневых стоков самотеком или через просачивание в грунт. Излишки ливневых стоков должны закачиваться через отдельные системы водоотведения в магистральный коллектор во избежание переполнения системы магистрального канализационного коллектора. Системы поверхностных стоков нельзя соединять с общесплавной (комбинированной) системой, если последняя не рассчитана на одновременный прием коммунально-бытовых сточных вод и ливневых стоков. Если же система позволяет принимать оба вида стоков, то необходимо обеспечить раздельную транспортировку коммунально-бытовых и ливневых стоков вплоть до соединения с системой общесплавной канализации.



Пример системы общесплавной канализации, обслуживающей коммерческий объект



Расход ливневых стоков

Для расчета и конструирования систем ливневой канализации необходимо оценить интенсивность, частоту и продолжительность осадков в наихудшем возможном случае для зданий и территории объекта.

При планировании систем ливневой канализации можно руководствоваться следующими табличными значениями типичной интенсивности ливневых осадков. n — вероятность выпадения дождевых осадков с интенсивностью, равной или большей данной интенсивности i . При $n = 1/2$ дождевые осадки данной или большей интенсивности могут иметь место каждые два года. Данные в таблице отражают статистику многолетних наблюдений за дождевыми осадками в Северной Европе. Продолжительность выпадения осадков для расчета интенсивности принята равной 10 мин.

Примечание

Поскольку в различных странах интенсивность, продолжительность и частота дождевых осадков различаются, системы ливневой канализации необходимо всегда рассчитывать в соответствии с государственными нормативами и законодательством.

Коэффициент стока, c

Коэффициент стока зависит от поверхностной проницаемости и соответствует количеству дождевой воды, выходящей со стоком, по отношению к суммарному количеству дождевой воды.

$$c = \frac{\text{количество стоков}}{\text{количество осадков}}$$

Примеры коэффициентов стока для различных поверхностей:

Природный грунт	0,10–0,30
Грунт в районах жилой застройки	0,30–0,75
Газоны	0,05–0,35
Асфальтированные дороги	0,70–0,95
Бетонированные дороги	0,80–0,95

Применение	n	Объем дождевых стоков i , л/с/м ² (л/с/га)
Раздельные системы. Применения, в которых риск ограничен неудобствами, например подтоплением снаружи здания	1	0,011 (110)
Общие системы. Применения, в которых риск ограничен неудобствами, например запахом. Подтопление неприемлемо	1	0,011 (110)
Применения, в которых существует риск мелкого повреждения зданий, мебели, машин или оборудования. Для возобновления штатной эксплуатации должно быть достаточно обычной уборки и кратковременного просушивания	1/2	0,014 (140)
Применения, в которых существует риск существенного повреждения зданий, машин или оборудования	1/10	0,023 (230)
Применения, в которых существует риск аварий или угроза жизни людей или животных	~ 1	В расчетах принимается максимальная ожидаемая интенсивность дождевых осадков

Дороги, выложенные плиткой	0,70–0,85
Детские и спортивные площадки	0,20–0,35
Проезды, дорожки	0,75–0,85
Крыши и фасады	0,75–0,95

Суммарный расход ливневых стоков Q_r рассчитывается по формуле:

$$Q_r = A \cdot i \cdot c \quad \text{где}$$

- Q_r = расчетный расход сточных вод (л/с)
 A = дренируемая площадь (м²)
 i = интенсивность осадков (л/с/м²)
 c = коэффициент стока (–).

ПРИМЕР: ВЫЧИСЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СТОКА ДЛЯ ЛИВНЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Требуется рассчитать систему ливневой канализации для коммерческого объекта. Площадь крыши здания — 460 м², площадь фасада — 3000 м². При определении дренируемой площади учитывается площадь поверхностного стока со зданий и участка застройки. Коэффициенты используются для корректировки количества стоков в сторону уменьшения с учетом вероятного поверхностного поглощения.

Дренируемая площадь

Горизонтальный участок (крыши):		460 м ²
Вертикальный участок (фасад на одной стороне):	$3000 \text{ м}^2 \cdot 1/3 =$	1000 м ²
Спортплощадка, гравий:		800 м ²
Подъездная дорога, асфальт:		500 м ²
Газон:		1500 м ²

Интенсивность ливневых стоков принимается равной 140 л/с/га для предотвращения опасности мелкого повреждения здания.

Общий расход, $Q_r = A \cdot i \cdot c$

Крыша	$460 \text{ м}^2 \cdot 0,014 \text{ л/см}^2 \cdot 0,95$	=	6,1 л/с
Фасад	$1000 \text{ м}^2 \cdot 0,014 \text{ л/см}^2 \cdot 0,95$	=	13,3 л/с
Спортплощадка	$800 \text{ м}^2 \cdot 0,014 \text{ л/см}^2 \cdot 0,35$	=	3,9 л/с
Подъездная дорога	$500 \text{ м}^2 \cdot 0,014 \text{ л/см}^2 \cdot 0,85$	=	6,0 л/с
Газон	$1500 \text{ м}^2 \cdot 0,014 \text{ л/см}^2 \cdot 0,35$	=	7,4 л/с

Расход ливневых стоков, Q_r = **36,7 л/с**

СИСТЕМЫ ДРЕНАЖА В ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ

Необходимость в дренаже

Здания и сооружения оснащаются дренажными системами по ряду причин:

- Дренажирование фундамента для удаления воды, способной вызвать разрушение или внутренние повреждения в здании. Проникновение воды ведет к коррозии стальных усиливающих элементов и может стать причиной грибкового поражения стен.
- Понижение уровня грунтовых вод для уменьшения или стабилизации создаваемого ими давления. Снижение давления на плиты и подвальные стены, расположенные ниже уровня грунтовых вод, помогает предотвратить обрушение всего здания. Чрезмерно высокое гидростатическое давление способно вытолкнуть здание из грунта.
- Упрочнение грунта. Исходный или насыпной грунт при насыщении водой может потерять стабильность и стать непригодным для строительства. Дренаж помогает повысить прочность материала.

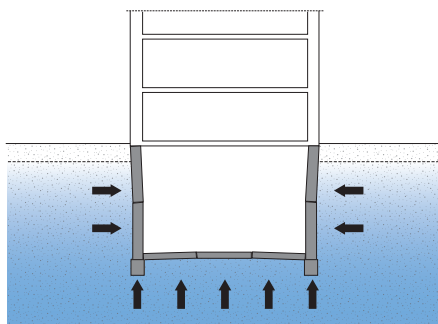
Предварительные изыскания

До начала строительства необходимо тщательно проанализировать параметры существующего и вновь насыпаемого грунта, а также грунтовых вод. Как минимум необходимо исследовать следующие параметры:

- Состояние грунта. Классификация грунта (глина, песок, ил и т.п.), толщина слоя, прочность, проницаемость и капиллярность.

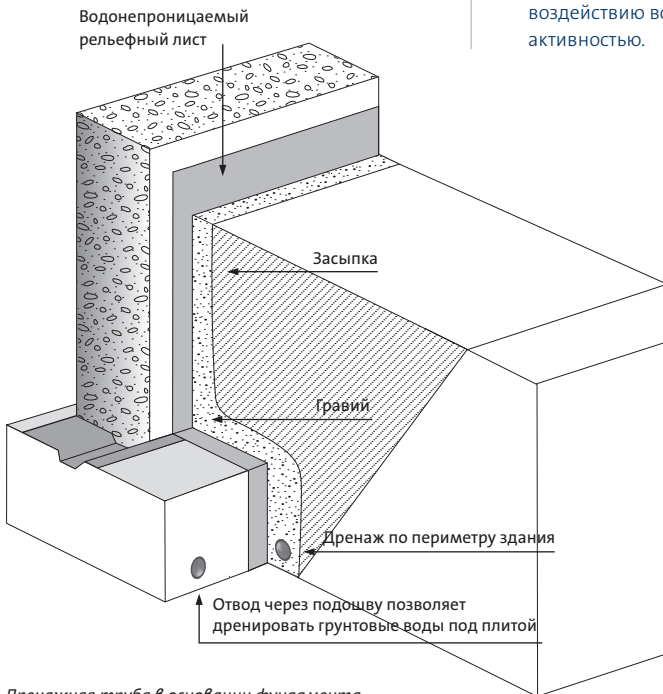


Дренажная труба в засыпанной гравием траншее



Действие гидростатического давления воды на здание

- Уровень грунтовых вод. Необходимо измерить горизонт вод в первичных и вторичных водоносных пластах и спрогнозировать сезонные колебания.
- Воздействие на грунт и прилегающую местность. Устройство дренажных систем часто изменяет горизонт вод в первичных и вторичных водоносных пластах и тем самым может вызвать осадку грунта и строений. Пониженный уровень грунтовых вод уменьшает насыщение грунта и может вызвать разложение деревянных конструкций.
- Химия. Необходимо оценить или проанализировать химический состав грунтовых вод с точки зрения нежелательного осаждения известняка или оксида железа. Осадок этих двух соединений способен закупорить дренажную систему, а дренажная система и конструкция будут подвергнуты воздействию воды с агрессивной химической активностью.



Классификация состояний грунта и грунтовых вод

Для определения необходимости в устройстве дренажа для здания или сооружения, а также для расчета расхода дренируемой воды необходимо выработать базовую классификацию состояний грунтовых вод и грунта.

Примечание

Методики расчета дренажа, приведенные в этой главе, основаны на датском стандарте DS436. При расчете дренажа зданий и сооружений во всех случаях необходимо руководствоваться требованиями местного законодательства и руководящих документов.

Примечание

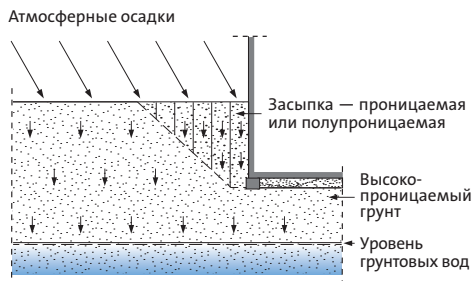
Артезианская вода в настоящем обзоре не рассматривается. Артезианская вода встречается там, где непроницаемые воды напластованы на водопроницаемые слои, насыщенные водой.

Класс 1

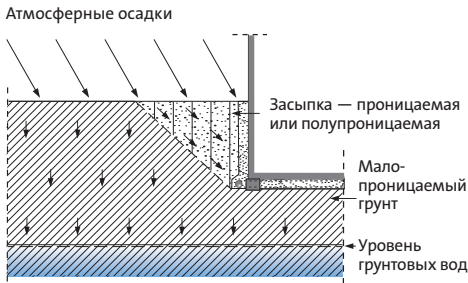
Песчаные или другие водопроницаемые грунты с уровнем грунтовых вод ниже уровня дренажа. Устройство дренажа не требуется. Прогнозируется, что сезонные колебания в уровне грунтовых вод не повысят уровень дренажа. Дождевая вода и другие поверхностные воды просачиваются вертикально до уровня грунтовых вод.

Тип грунта	Скорость течения воды	Коеф. проницаемости k (м/с)
• Чистый гравий	Высокая	10^{-1}
• Чистый песок		10^{-2}
• Чистые песчано-гравиевые смеси		10^{-3}
• Мелкий песок	Умеренная	10^{-4}
• Органический и неорганический ил		10^{-5}
• Смеси песка, ила и глины		10^{-6}
• Пластовые формации и т.п.		10^{-7}
• Слоистые грунты, особенно, однородные глины ниже зоны выветривания	Низкая	10^{-8}
		10^{-9}
		10^{-10}
		10^{-11}

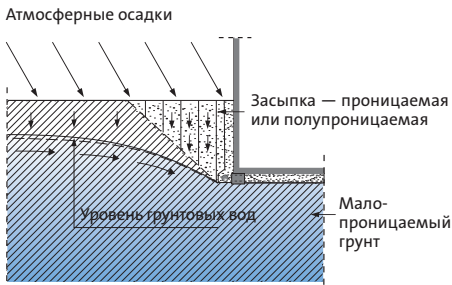
Кoeffициенты проницаемости для различных грунтов



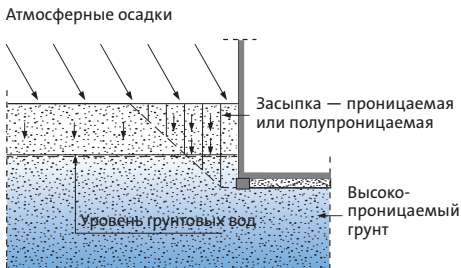
Дренаж в песчаных или высокопроницаемых грунтах, в которых уровень грунтовых вод ниже уровня дренажа



Дренаж в малопроницаемых грунтах, в которых уровень грунтовых вод ниже уровня дренажа



Дренаж в малопроницаемых грунтах, в которых уровень грунтовых вод выше уровня дренажа.



Дренаж в малопроницаемых грунтах, в которых уровень грунтовых вод выше уровня дренажа

Класс 2

Непроницаемый грунт с уровнем грунтовых вод ниже уровня дренажа. В этом случае необходимо дренировать ливневую воду с участка засыпки. Прогнозируется, что сезонные колебания в уровне грунтовых вод не повысят уровень дренажа. Дождевая вода и другие поверхностные воды просачиваются вертикально до уровня грунтовых вод.

Класс 3

Малопроницаемый грунт с уровнем грунтовых вод выше уровня дренажа. В этом случае дренирование грунтовых вод защитит здание от гидростатического давления воды. Дождевая вода и другие поверхностные воды просачиваются вертикально до уровня грунтовых вод. Необходимо дренировать дождевую воду с участка засыпки и нетронутого грунта.

Класс 4

Высокопроницаемый грунт с уровнем грунтовых вод выше уровня дренажа. В этом случае решение отводить грунтовые воды обернется необходимостью дренировать большие количества воды. Кроме того, при этом понизится общий уровень грунтовых вод, что может вызвать повреждение близлежащих строений. В данном случае дренаж грунтовых вод недопустим. Фундамент здания необходимо гидроизолировать, надежно закрепить в грунте во избежание подъема, а также усилить для выдерживания гидростатического давления грунтовых вод. Дождевая вода и другие поверхностные воды просачиваются вертикально до уровня грунтовых вод.

Расход дренируемой воды

Перед расчетом дренажной системы и подбором насоса необходимо оценить расход дренируемой воды. По сравнению с расходом дождевых стоков расход дренируемой воды обычно незначителен.

Стены

Класс 1. Дренаж обычно не устраивается.

Класс 2. Удельный расход воды на квадратный метр площади стен:
 $q = 0,01 - 0,03 \text{ л/с/м}^2$.

Класс 3. Удельный расход воды на квадратный метр площади стен:
 $q = 0,03 - 0,1 \text{ л/с/м}^2$.

Класс 4. Дренаж обычно не устраивается.

Полы

Класс 3. Удельный расход воды на квадратный метр площади пола:
 $q = 0,001 - 0,005 \text{ л/с/м}^2$.

Класс 4. Дренаж обычно не устраивается.

Примечание

Оценка удельного расхода на единицу площади стен или пола приведена для климата с умеренной интенсивностью, частотой и продолжительностью осадков. Значения расхода дренируемой воды во всех случаях должны выбираться с учетом местных норм и законодательства.

Величина расхода дренируемой воды Q_d рассчитывается по формуле:

$$Q_d = A \cdot q \quad \text{где}$$

Q_d = расчетный расход дренируемой воды (л/с)

A = площадь стен или пола (м^2)

q = удельный расход воды на квадратный метр площади стен или пола.

ПРИМЕР: ВЫЧИСЛЕНИЕ РАСХОДА ДРЕНИРУЕМОЙ ВОДЫ

Коммерческий объект находится на этапе проектирования. Были исследованы состояния грунтовых вод и грунта и сделан вывод о необходимости устройства дренажной системы по периметру здания и под подошвой подвала.

Размеры здания.

Высота фундамента: 4 м

Длина фундамента: 40 м

Ширина фундамента: 20 м

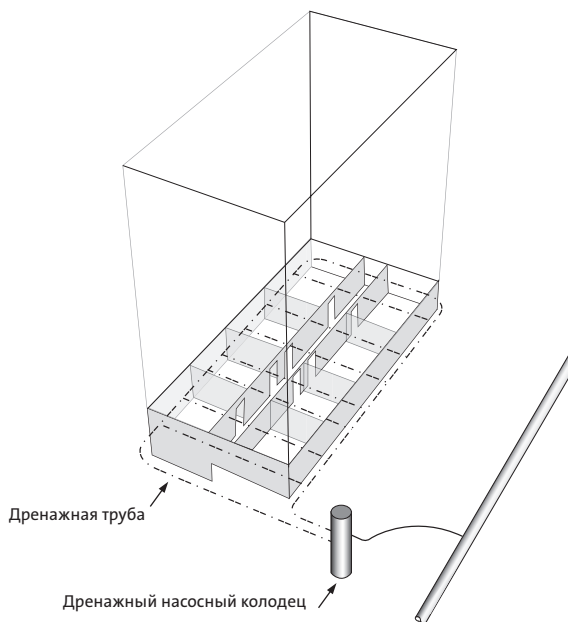
Поскольку здание строится на непроницаемом грунте, а уровень грунтовых вод выше уровня дренажа, здание относится к классу 3.

Расход дренируемой воды $Q_d = A \cdot q$

Стены: $2 \cdot (20 \text{ м} + 40 \text{ м}) \cdot 4 \text{ м} \cdot 0,06 \text{ л/с/м}^2 = 28,8 \text{ л/с}$

Пол: $20 \text{ м} \cdot 40 \text{ м} \cdot 0,003 \text{ л/с/м}^2 = 2,4 \text{ л/с}$

Расход дренируемой воды, $Q_d = 31,2 \text{ л/с}$



ПОДБОР НАСОСА ДЛЯ СТОЧНЫХ ВОД

Напор насоса, H_p

Напор насоса H_p должен быть не ниже суммарного напора в системе H_{tot}

Суммарный напор вычисляется показанным ниже способом:

$$H_{tot} = H_{geo} + H_v \quad zge$$

$$H_v = H_{v,A} + H_{v,R} \quad zge$$

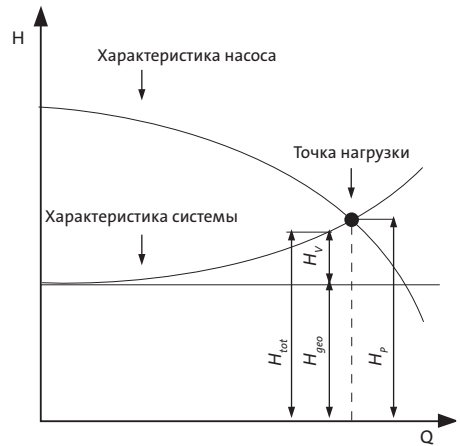
H_{tot} = суммарный напор (м)

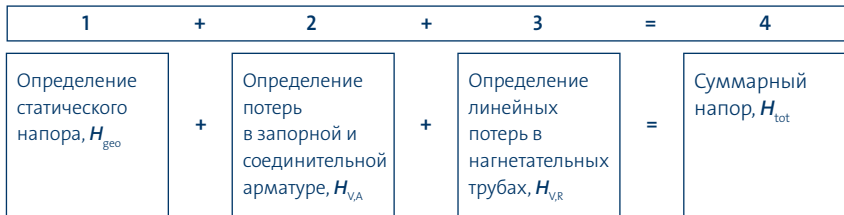
H_{geo} = статический напор (м)

H_v = динамические потери напора (м)

$H_{v,A}$ = потери напора в запорной/ соединительной арматуре и т.п. (м)

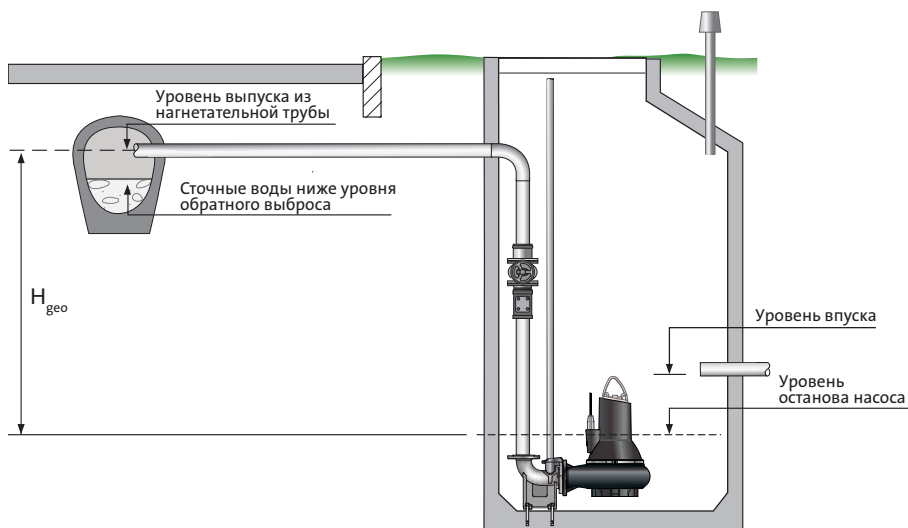
$H_{v,R}$ = линейные потери на трение в нагнетательных трубах (м).



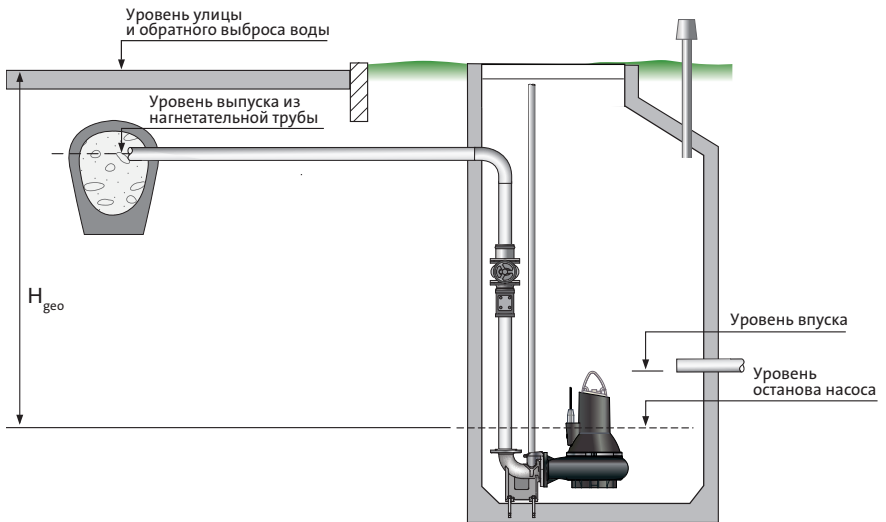
ВЫЧИСЛЕНИЕ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПОРА, H_{tot} 

1. Статический напор, H_{geo}

Статический напор или геометрическая высота характеризует относительную высоту подъема сточных вод насосом и обычно рассчитывается как разность между уровнем останова насоса и высотой конца нагнетательной трубы. Если определен уровень обратного выброса, необходимо его учесть. Если уровень обратного выброса выше уровня конца нагнетательной трубы, то статический напор должен вычисляться на основе уровня обратного выброса.



Уровень обратного выброса сточных вод ниже выхода из нагнетательной трубы. Статический напор рассчитывается до уровня выхода из нагнетательной трубы



Здесь уровень обратного выброса сточных вод равен уровню улицы и выше выпускного конца нагнетательной трубы. Статический напор необходимо рассчитывать от уровня улицы

2. Потери в запорной и соединительной арматуре, $H_{v,A}$

Диаметр нагнетательных труб определяется исходя из желаемой скорости потока в трубах. Как правило, скорость потока не должна быть ниже 0,7 м/с и выше 2,3 м/с. При скоростях ниже 0,7 м/с увеличивается риск отложения осадка в трубе, что может привести к засорению. Скорость потока в трубе рассчитывается по формуле:

$$v = \frac{Q}{A} \quad zge$$

v = скорость потока в трубе (м/с).

Рекомендуемый диапазон от 0,7 до 2,3 м/с;

Q = расход сточных вод (м³/с);

A = площадь проходного сечения труб (м²)

Выбрав диаметр нагнетательной трубы, можно рассчитать потери напора в запорной и соединительной арматуре нагнетательного трубопровода, используя следующую формулу:

$$H_{v,A} = \sum_i \zeta_i \frac{v_i^2}{2g} \quad zge$$

ζ = коэффициент сопротивления Z (–) из таблицы;

$H_{v,A}$ = потери напора в запорной и соединительной арматуре (м);

v = скорость в запорной и соединительной арматуре (м/с);

g = постоянная ускорения силы тяжести (м/с²).

3. Линейные потери на трение в нагнетательном трубопроводе, $H_{v,R}$

Теперь можно определить полные потери давления в нагнетательном трубопроводе

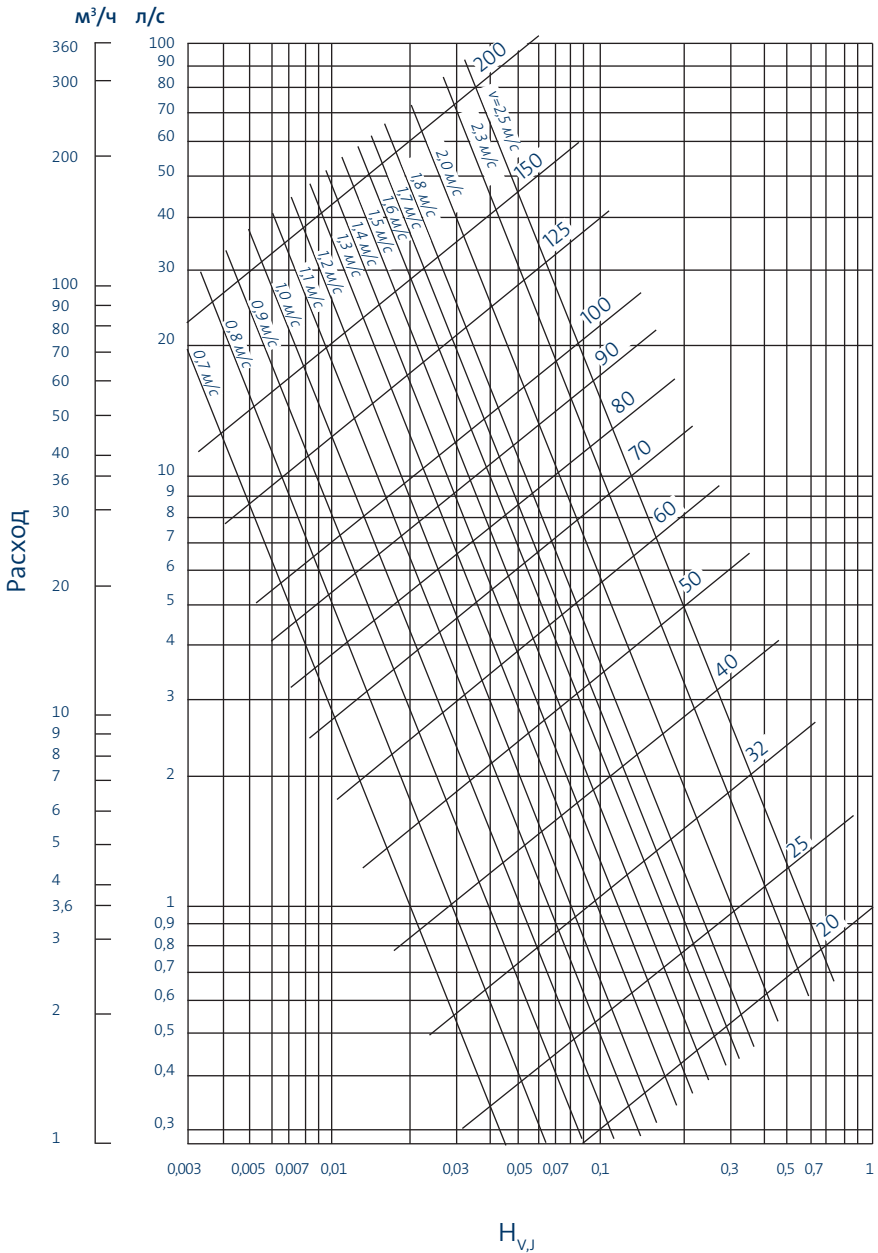
$$H_{v,R} = H_{v,j} \cdot L_{v,i} \quad zge$$

$H_{v,R}$ = линейные потери на трение в нагнетательном трубопроводе (м);

$H_{v,j}$ = потеря напора в зависимости от расхода (–);

$L_{v,i}$ = длина трубопровода (м).

Тип элемента сопротивления	Значение ζ
Запорный клапан	0,5
Обратный клапан	2,2
Колено 90°	0,5
Колено 45°	0,3
Свободный проток	1,0
Тройник 45°	0,3–0,6
Тройник 90°	0,5–1,5
Увеличение диаметра	0,3



ПРИМЕР: РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПОГРУЖНЫХ НАСОСОВ СТОЧНЫХ ВОД, СТР. 1

Сточные воды из здания гостиницы на 80 номеров перекачиваются в канализационный коллектор на прилегающей улице. Расход сточных вод был рассчитан ранее:

$$Q_{\text{tot}} = Q_{\text{ww}} + Q_{\text{c}} + Q_{\text{p}} = 3,76 + 0 + 0 = 3,76 \text{ л/с}$$

Прочие данные

Уровень улицы	0,0 м
Выход нагнетательной трубы в коллектор	на 1,0 м ниже уровня улицы
Наивысший уровень обратного выброса	на 2,0 м ниже уровня улицы
Уровень забора сточных вод	на 5,5 м ниже уровня улицы
Уровень останова насоса	на 6,5 м ниже уровня улицы

Длина нагнетательной трубы: 75 м

1. Статический напор

H_{geo} = разность между уровнем выхода нагнетательной трубы и уровнем останова насоса

$$H_{\text{geo}} = 6,5 \text{ м} - 1,0 \text{ м} = 5,5 \text{ м}$$

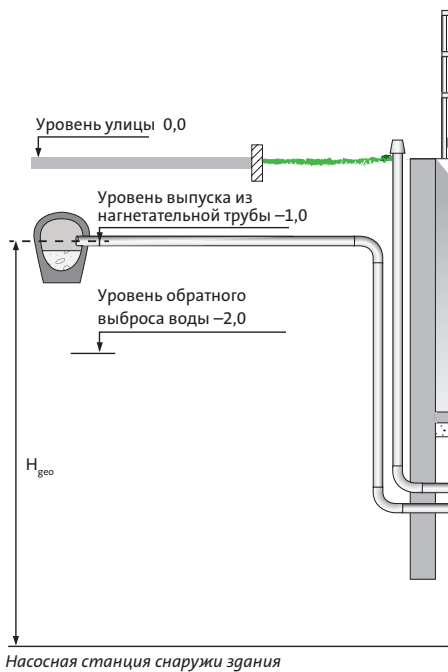
2. Потери в запорной и соединительной арматуре $H_{\text{v,A}}$

Скорость потока в трубе рассчитывается по формуле:

$$v = \frac{Q}{A}$$

Выбрана труба DN 80 внутренним диаметром 70 мм. Скорость воды оказывается в допустимом диапазоне от 0,7 м/с до 2,3 м/с.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \cdot d_i^2} = \frac{3,76 \cdot 10^{-3}}{\frac{\pi}{4} \cdot 0,07^2} = 0,98 \text{ м/с}$$



Рассчитываются коэффициенты сопротивления (ζ) (–) для запорной и соединительной арматуры нагнетательной трубы:

$$\text{Запорный клапан: } 1 \cdot 0,5 = 0,5$$

$$\text{Обратный клапан: } 1 \cdot 2,2 = 2,2$$

$$\text{Колено 90: } 5 \cdot 0,5 = 2,5$$

$$\text{Тройник: } 1 \cdot 1,5 = 1,5$$

$$\text{Полное значение } (\zeta) = 6,7$$

Вычисляются потери напора в запорной и соединительной арматуре:

$$H_{vA} = \sum \zeta_i \frac{V_i^2}{2g}$$

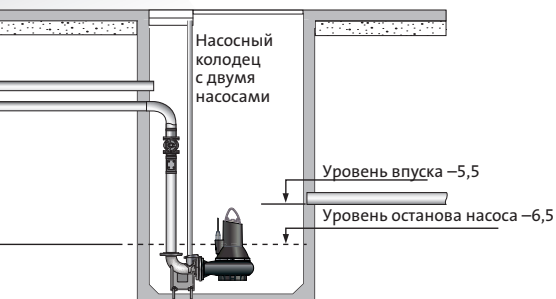
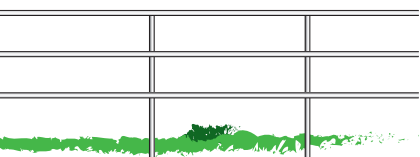
$$H_{vA} = 6,7 \frac{0,98}{2 \cdot 9,81} = 0,33 \text{ м}$$

3. Линейные потери на трение в нагнетательном трубопроводе, $H_{v,R}$

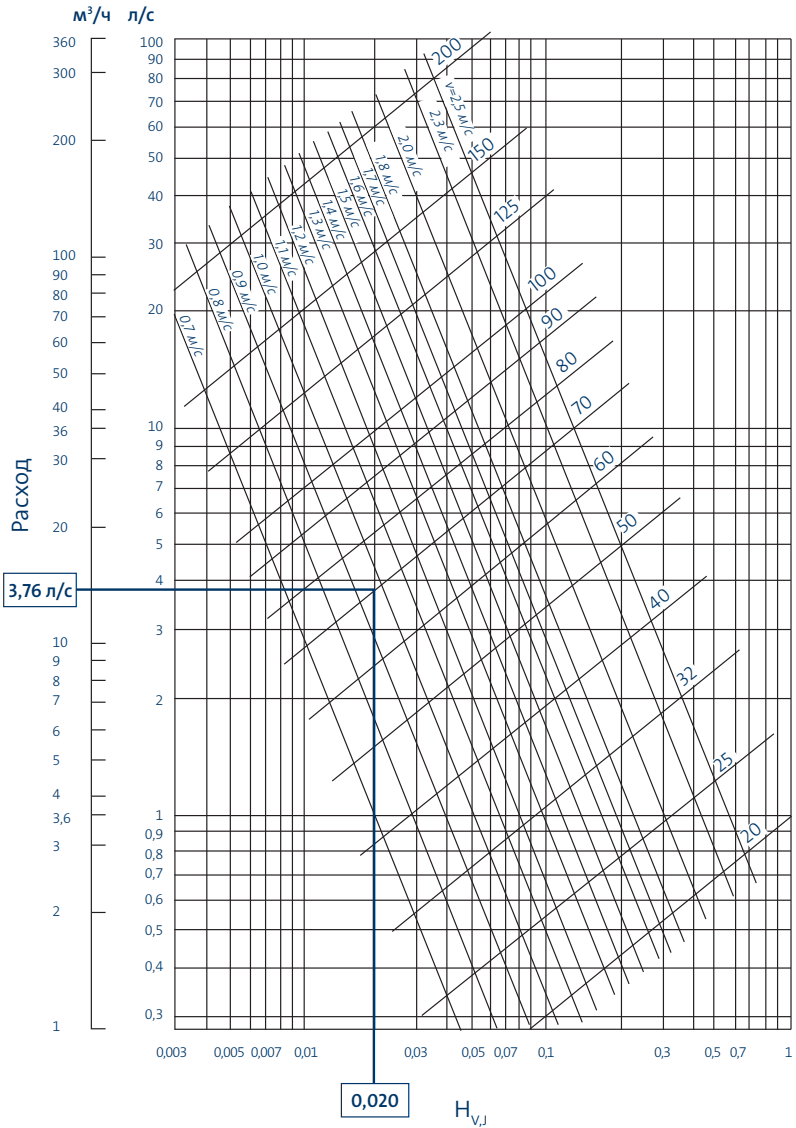
Определяются полные потери давления в нагнетательном трубопроводе:

$$H_{v,R} = H_v \cdot L_{v,i} = 0,020 \cdot 75 \text{ м} = 1,50 \text{ м}$$

Напор, $H_{v,j}$ находится с использованием графика.



ПРИМЕР: РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПОГРУЖНЫХ НАСОСОВ СТОЧНЫХ ВОД, СТР. 2.



4. Напор, H_p

Напор насоса H_p должен быть не ниже суммарного напора в системе H_{tot} . Суммарный напор вычисляется показанным ниже способом:

$$H_{tot} = H_{geo} + H_v \quad \text{где} \quad H_v = H_{V,A} + H_{V,R}$$

$$H_{tot} = H_{geo} + H_{V,A} + H_{V,R}$$

$$H_{tot} = 5,5 \text{ м} + 0,33 \text{ м} + 1,50 \text{ м} = 7,33 \text{ м}$$

Подходящие насосы можно подобрать с помощью инструмента Grundfos Product Center.

В качестве входных данных в Grundfos Product Center указываются расход, статический напор (геометрическая высота) и потери на трение:

Расход, Q_{tot}	= 3,76 л/с
Статический напор, H_{geo}	= 5,5 м
Потери на трение: $H_{V,A} + H_{V,R}$	= 1,83 м

Насосы

Для рассматриваемой системы выбрано решение с двумя насосами для выполнения требования по 100 % резервированию. Каждый из насосов в одиночку обеспечивает полную пропускную способность. Насосы включаются попеременно.

Второй из предложенных Grundfos Product Center вариантов — SL1.80.80.15.4.50D.B. Насосы характеризуются свободным сечением 80 мм и диаметром выходного отверстия 80 мм.

Насосы выбраны с некоторым запасом относительно рабочей точки: расход 4,55 л/с (+21 %), напор 8,17 м (+11 %).

ПРИМЕР: РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПОГРУЖНЫХ НАСОСОВ СТОЧНЫХ ВОД, СТР. 3.

Home Catalogue Literature Service **Sizing** Replacement

Wastewater > Commercial buildings > Sewage > Sewage

Your requirements

Selected Area **Commercial buildings**

Installation Type **Sewage**

Submersible pump with autocoupling system

Total number of pumps **2**

Of these: number of standby pumps **1**

Cooling jacket required

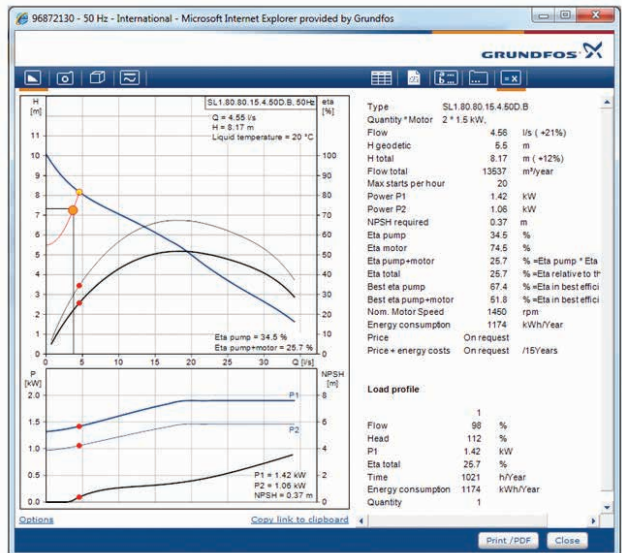
Discharge Flow (Q) **3.76** l/s

Geodetic Head **5.5** m

Pipe friction losses **1.83** m

Variable speed **No**

Allowed undersize **2** %

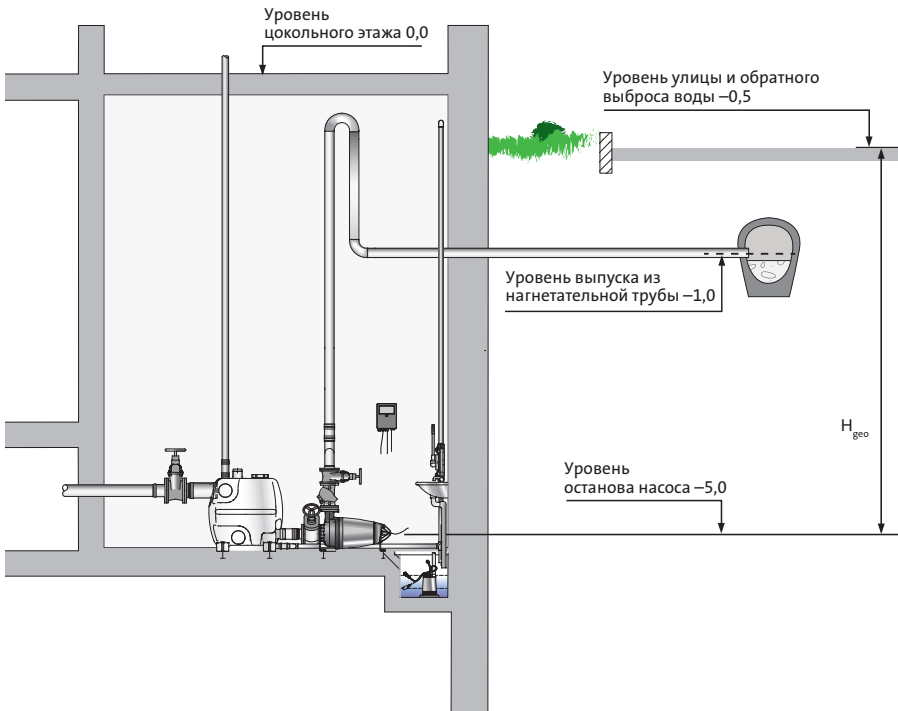


ПРИМЕР: РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПОДЪЕМНОЙ КНС, СТР. 1

Сточные воды из жилого дома перекачиваются в магистральный коллектор. В данном случае эту функцию выполняет подъемная КНС.

Уровень останова насоса	на 5,0 м выше уровня цокольного этажа
Вход нагнетательной трубы в коллектор	на 1,0 м выше уровня цокольного этажа
Наивысший уровень обратного выброса	на 0,5 м выше уровня цокольного этажа
Уровень улицы	на 0,5 м выше уровня цокольного этажа

Длина нагнетательной трубы: 139 м



Подъемная КНС в фундаменте здания

ПРИМЕР: РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПОДЪЕМНОЙ КНС, СТР. 2

1. Максимальный часовой объем притока, $V_{\max, h}$

Сброс сточных вод из бытовой сантехники неравномерен на протяжении суток. Исследования свидетельствуют о том, что пиковые объемы приходятся на утро. Для определения требуемой вместимости резервуара необходимо рассчитать максимальный ожидаемый часовой объем притока сточных вод $V_{\max, h}$ для определенного часового отрезка, в который расход достигает своего суточного (или недельного) максимума. Для жилого дома он обычно приходится на утренние часы — время принятия душа и утреннего туалета. В рассматриваемом примере в квартирах живут в среднем по два человека. Расчет суммарного объема сточных вод $V_{\max, h}$ для Европы приведен ниже.

Среднестатистическая квартира с двумя жильцами	Расход (л/мин)	Объем (л)	Продолжительность (мин)	Частота пользования (ч ⁻¹)	Суммарный расход (л/ч)
Умывальная раковина	10		4	2	80
Душ	10		5	2	100
Кухонная раковина		5		1	5
Посудомойка		15		1	15
Стиральная машина (6 кг)		40		1	40
Унитаз с объемом бачка 4 л		4		2	8
Унитаз с объемом бачка 6 л		6		2	12
Суммарный объем сточных вод в течение часа					260

Расчет для определения максимального часового объема сточных вод, $V_{\max, h}$

Поскольку здание состоит из 50 квартир, суммарный объем сточных вод составит:

$$\sum V_{\max, h} = 50 \cdot 260 \text{ л/ч} = 13\,000 \text{ л/ч}$$

2. Предварительный выбор подъемной КНС

Подъемная КНС обычно представляют собой оборудование периодического действия: каждый час они совершают несколько циклов перекачки, между которыми бездействуют. Максимальная частота пусков-остановов подъемной КНС — 60 раз в час. Это простое правило позволяет определить полную производительность водоотведения подъемной КНС Q_{\max} путем умножения числа пусков-остановов в час на эффективный объем резервуара. Q_{\max} должна равняться $\sum V_{\max, h}$

$$Q_{\max, h} = \text{эфф. объем резервуара} \cdot 60$$

Для данного случая предпочтительна станция Multilift типа MD1/V. Она снабжена одним резервуаром эффективным объемом 240 л. При 60 пусках-остановах в час суммарная производительность водоотведения КНС Multilift MD1/V составит:

$$Q_{\max, h} = 240 \text{ л} \cdot 60 \text{ ч}^{-1} = 14\,400 \text{ л/ч} \text{ что превосходит}$$

$$V_{\max, h} = 13\,000 \text{ л/ч}$$

Тип	Число резервуаров	Эфф. объем резервуара
Multilift MSS	1	28
Multilift M	1	62
Multilift MOG	1	50
Multilift MD	1	86
Multilift MLD	1	190
Multilift MDG	1	50
Multilift MD1/V+SL	1	240
Multilift MD1/V+SL	2	480
Multilift MD1/V+SL	3	720

Эффективные объемы резервуаров КНС Multilift

ПРИМЕР: РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПОДЪЕМНОЙ КНС, СТР. 3.

3. Определение расхода сточных вод, Q_{ww}

Для определения потерь в запорной и соединительной арматуре и оценки скорости потока воды в нагнетательной трубе необходимо рассчитать расход сточных вод в Европе согласно нормам EN12056–2.

Величины по нормам EN12050–2 (система 2)	DU (л/с)	Количество	Всего (л/с)
Умывальная раковина	0,3	2	0,6
Душ	0,4	2	0,8
Кухонная раковина	0,6	1	0,6
Посудомойка	0,6	1	0,6
Стиральная машина (6 кг)	0,6	1	0,6
WC	1,8	2	3,6
Общий расход:			6,8

Каждая подъемная КНС обслуживает 50 квартир (для каждой квартиры $DU = 7,4$ л/с), поэтому Q_{ww} составит:

$$Q_{ww} = K \sqrt{\sum DU} = 0,5 \sqrt{6,8 \cdot 50} = 9,22 \text{ л/с}$$

Коэффициент частоты 0,5 выбирается согласно таблице на странице 22.

4. Потери в запорной и соединительной арматуре, H_{VA}

Скорость потока в трубе рассчитывается по формуле:

$$v = \frac{Q}{A}$$

Скорость потока воды оказывается в пределах допустимого диапазона от 0,7 м/с до 2,3 м/с. Выбирается труба с внутренним диаметром 90 мм.

$$Q = 9,22 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \cdot d_i^2} = \frac{9,22 \cdot 10^{-3}}{\frac{\pi}{4} \cdot 0,09^2} = 1,45 \text{ м/с}$$

Рассчитываются коэффициенты сопротивления (ζ) (–) для запорной и соединительной арматуры нагнетательной трубы.

$$\text{Отсечной клапан: } 1 \cdot 0,5 = 0,5$$

$$\text{Обратный клапан: } 1 \cdot 2,2 = 2,2$$

$$\text{Колено } 90^\circ: 5 \cdot 0,5 = 2,5$$

$$\text{Тройник: } 1 \cdot 1,0 = 1,0$$

$$\text{Полное значение } (\zeta) = 6,2$$

Вычисляются потери напора в запорной и соединительной арматуре:

$$H_{VA} = \sum_i \zeta_i \frac{V_i^2}{2g}$$

$$H_{VA} = 6,2 \frac{1,45^2}{2 \cdot 9,81} = 0,7 \text{ м}$$

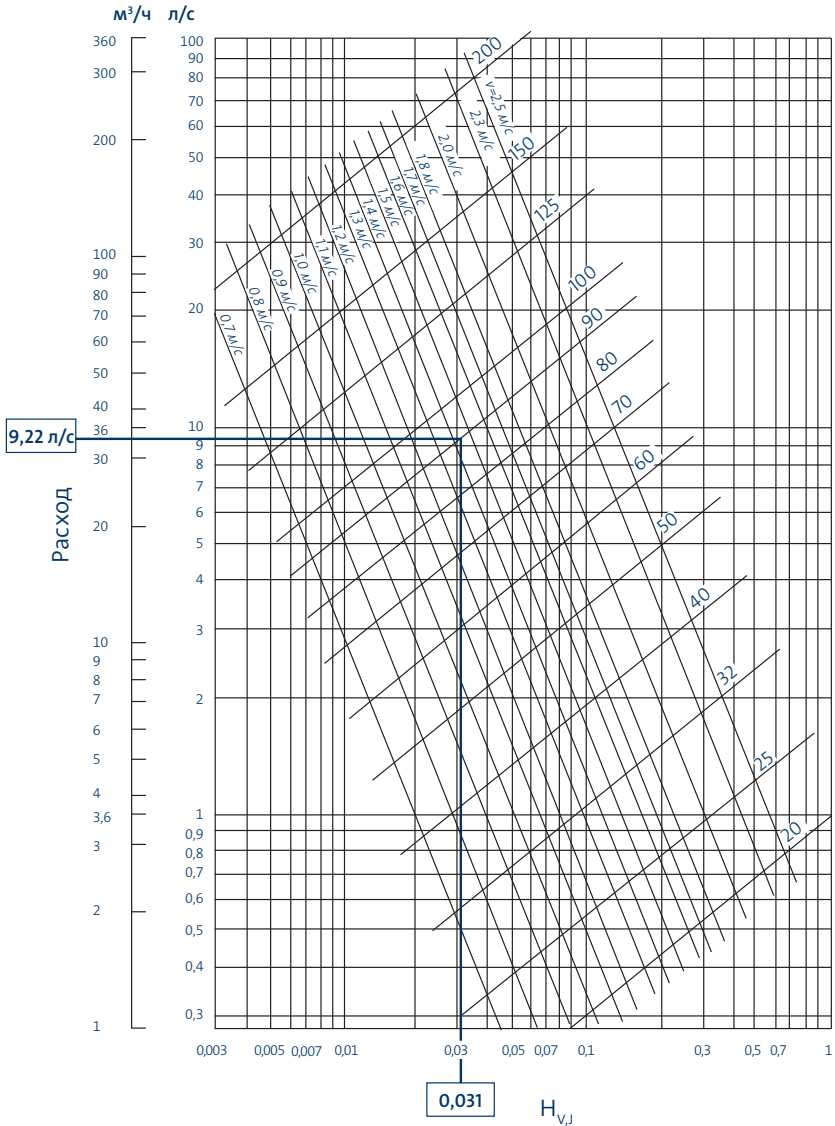
ПРИМЕР: РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПОДЪЕМНОЙ КНС, СТР. 4.

5. Линейные потери на трение в нагнетательном трубопроводе, $H_{V,R}$

Определяются полные потери давления в нагнетательном трубопроводе:

$$H_{V,R} = H_{V,i} \cdot L_{V,i} = 0,031 \cdot 139 \text{ м} = 4,3 \text{ м}$$

Напор $H_{V,i}$ находится с использованием графика.



ПРИМЕР: РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПОДЪЕМНОЙ КНС, СТР. 5

6. Напор насоса, H_p

Напор насоса H_p должен быть не ниже суммарного напора в системе H_{tot} .

Суммарный напор вычисляется показанным ниже способом:

$$H_{tot} = H_{geo} + H_v \quad \text{где} \quad H_v = H_{v,A} + H_{v,R}$$

$$H_{tot} = H_{geo} + H_{v,A} + H_{v,R} = 4,5 \text{ м} + 0,7 \text{ м} + 4,3 \text{ м} = 9,5 \text{ м}$$

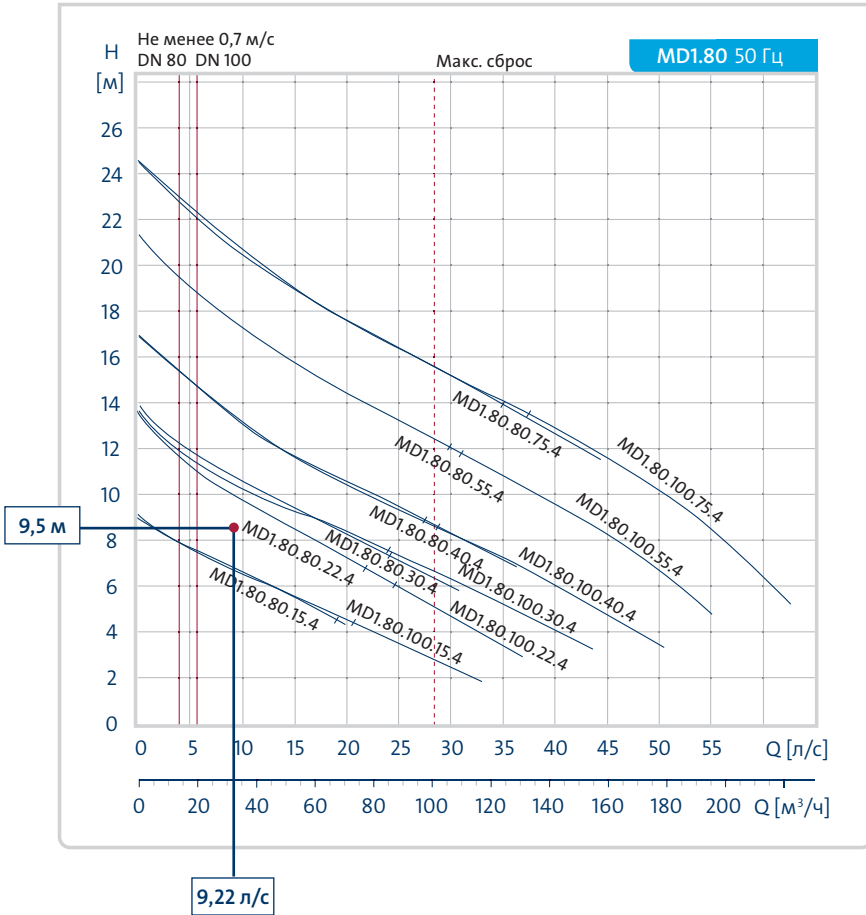
7. Окончательный выбор КНС

Поскольку на данном объекте требуется 100 % резервирование, выбирается решение с двумя насосами, в котором каждый насос обеспечивает полную необходимую производительность. Насосы включаются попеременно.

Насосы для подъемной КНС выбираются по приведенному ниже графику или с помощью инструмента Grundfos Product Center.

Выбрана подъемная КНС с одним резервуаром MD1.80.80.22.4.





ТИПЫ РАБОЧЕГО КОЛЕСА

Рабочее колесо с изогнутым каналом

Рабочее колесо с изогнутым каналом отличается от других типов рабочих колес для насосов сточных вод повышенным гидравлическим КПД, а также большей устойчивостью к засорам. Пропуская сточные воды от входа к выходу с наибольшей свободой, это рабочее колесо наиболее эффективно предупреждает засоры. Рабочее колесо с изогнутым каналом также практически не подвержено заеданию — другой известной проблеме насосов сточных вод. Заедание происходит из-за того, что грязь и длинные волокна заполняют зазор между рабочим колесом и корпусом насоса. Рабочее колесо с изогнутым каналом снабжено измельчительной системой, которая размалывает волокна, а также системой импульсной промывки, вымывающей волокна из зазора между рабочим колесом и корпусом насоса. Мелкие волокна отбрасываются на вход рабочего колеса и прокачиваются дальше. Рабочее колесо с изогнутым каналом рассчитано как на перекачку однородных сред без посторонних примесей, так и сточных вод с высоким содержанием волокон и твердых предметов, таких как фекалии.



Простая, но эффективная система импульсной промывки совершает восемь импульсов на один оборот



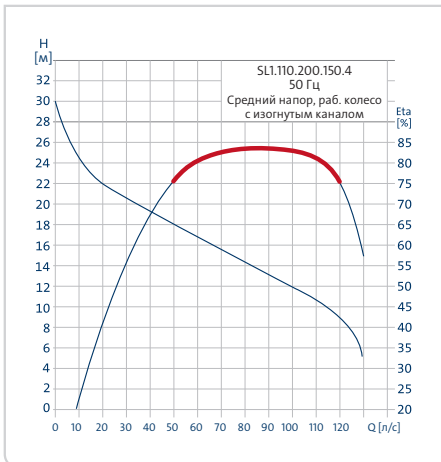
Рабочее колесо с изогнутым каналом

Характеристики

- Широкий канал рассчитан на использование со сточными водами, содержащими фекалии и другие крупные твердые предметы.
- Рабочее колесо с высоким КПД — до 83 % в оптимальной точке.
- Высокая и пологая кривая КПД, КПД > 75 % в широком диапазоне расхода.
- Высокая устойчивость к засорам и заеданиям.
- Пригоден для сточных вод с волокнами и крупными твердыми предметами.
- Уменьшенная вибрация по сравнению с другими рабочими колесами.

Типы сточных вод

- Дренажная вода.
- Бытовые сточные воды, помимо фекальных.
- Фекальные сточные воды.
- Ливневые стоки



Пример характеристики КПД рабочего колеса с изогнутым каналом. КПД превышает 75 % в широком диапазоне величин расхода

Одноканальное рабочее колесо

Одноканальное рабочее колесо предназначено для перекачки с высоким КПД как чистых сред, так и воды с высоким содержанием фекалий и других твердых тел.

Наличие всего одного прохода для перекачиваемой среды способствует профилактике засоров. Встроенные противовесы балансируют асимметричное рабочее колесо.

Максимально достижимый КПД — 70–75 %.

Характеристики:

- Широкий канал рассчитан на использование со сточными водами, содержащими фекалии и другие крупные твердые предметы.
- Рабочее колесо с высоким КПД — до 75 %.
- Средняя степень защищенности от засора.

Типы сточных вод:

- Дренажная вода.
- Бытовые сточные воды, помимо фекальных.
- Фекальные сточные воды.
- Ливневые стоки.

Вихревое рабочее колесо

Вихревое рабочее колесо создает сильное завихрение в открытой части кожуха насоса. Оно расположено в стороне от основного потока жидкости; таким образом, перекачивание является косвенным. Насосы с вихревым рабочим колесом по своему принципу практически не подвержены засорам, а также, в отличие от насосов с одноканальным рабочим колесом, работают чрезвычайно плавно и допускают значительное присутствие волокон в перекачиваемой среде. Максимально достижимый КПД для вихревых рабочих колес — приблизительно 50 %.



Одноканальное рабочее колесо



Вихревое рабочее колесо. Лопастные каналы предотвращают возникновение вторичных вихрей по краям колеса, повышая КПД насоса

Характеристики:

- Свободный проход позволяет использовать насос с любыми видами сточных вод.
- Рабочее колесо со средним КПД — 50 %.
- Высокая защищенность от засорения.
- Отсутствие риска заедания.
- Пригоден для сточных вод с волокнами и крупными твердыми предметами.

Типы сточных вод:

- Бытовые сточные воды, помимо фекальных.
- Фекальные сточные воды.

Измельчители

Насосы с измельчителями подходят для установок с относительно небольшими количествами сточных вод и высоким напором. Они выдают высокий напор и способны эффективно измельчать твердые тела в сточных водах, благодаря чему подходят для канализационных систем, работающих под давлением.

Насос с измельчителем режет твердые тела на фрагменты размером около 10 мм, позволяя транспортировать сточные воды по напорным трубам малого диаметра на значительные расстояния. Измельчители подвержены износу и не предназначены для ливневой воды с высоким содержанием песка.

Характеристики:

- Измельчают любые твердые тела: подгузники, резиновые перчатки, полотенца, пластмассовые игрушки, фекалии и т.п.
- Быстро изнашиваются в случае присутствия песка в перекачиваемой среде.
- Не подвержены засорам.

Типы сточных вод

- Бытовые сточные воды, помимо фекальных.
- Фекальные сточные воды.



Насос-измельчитель с ножом из закаленной нержавеющей стали

be think innovate

ООО «ГРУНДФОС»
ул. Школьная, д. 39-41, стр. 1,
Москва, 109544
Тел.: +7 495 737-30-00
Факс: +7 495 564-88-11
www.grundfos.ru

GRUNDFOS 

Название Grundfos, логотип Grundfos и Be-Think-Innovate являются зарегистрированными торговыми марками, принадлежащими Grundfos Management A/S или Grundfos A/S, Дания. Все права защищены.

7024385/117