

Технические данные

Ливневые трубопроводы высотных домах

Общие сведения

В немецком строительном праве высотными называются дома, в который пол по крайней мере одного помещения возвышается над установленной поверхностью земли более чем на 22 м.

Особые требования к высотным домам содержатся в «Директивах в отношении высотных домов» (NHR) соответствующей федеральной земли.

Проектирование и сооружение систем канализации высотных домов регулируется следующими стандартами: Европейский стандарт DIN EN 12056 «Самотечные системы канализации в зданиях», издание январь 2001 года; немецкий остаточный стандарт DIN 1986-100 «Канализационные системы зданий и земельных участков», издание март 2002. К системам дождевой канализации с плановым наполнением дополнительно применяется директива VDI 3806 «Внутренняя дождевая напорная канализация», издание апрель 2000.

По экономическим соображениям и для обеспечения самоочищения расчет систем дождевой канализации производится согласно DIN 1986-100, причем за основу берется среднее количество осадков. Расчетный модуль дождевых осадков получается на основе статистических данных. Для площадей без запланированного удержания осадков это пятиминутный дождь в течение двух лет на месте нахождения здания ($r_{5,2}$).

Системы дождевой канализации и аварийного слива в совокупности должны согласно DIN 1986-100 выдерживать пятиминутный дождь в течение столетия ($r_{5,100}$) на месте нахождения здания.

План обеспечения безопасности систем дождевой канализации включает во многих случаях в соответствии с DIN 1986-100 также учет затопления и перегрузки, а также мероприятия по удержанию дождевых осадков на данном участке.

Усилия, возникающие при изменении направления потока, могут быть очень значительными, особенно в безнапорных водоводах для дождевой воды, и должны обязательно учитываться при проектировании и сооружении системы.

Довольно частая проблема для высотных домов – обеспечение отвода дождевой воды с крыш со значительными перепадами высот.

Информация и указания, содержащиеся в «Технических данных» могут применяться с соответствующими поправками также к другим высотным сооружениям – например, телевизионным башням.

Ливневые трубопроводы в безнапорном коллекторе для дождевой воды

Скорость падения сточных вод в безнапорном водоводе

Вследствие сопротивления воздушного столба в трубе и трения о стенки трубы происходит определенное торможение. Измерения показали, что ускорение падения и эффект торможения из-за водяного столба, а также трение о стенки трубы исчезает примерно через 15 метров, а скорость порядка 10 метров в секунду увеличивается незначительно.

Поэтому в многоэтажных домах торможение падения в безнапорных водоводах в виде дополнительных искривлений совершенно не требуется.

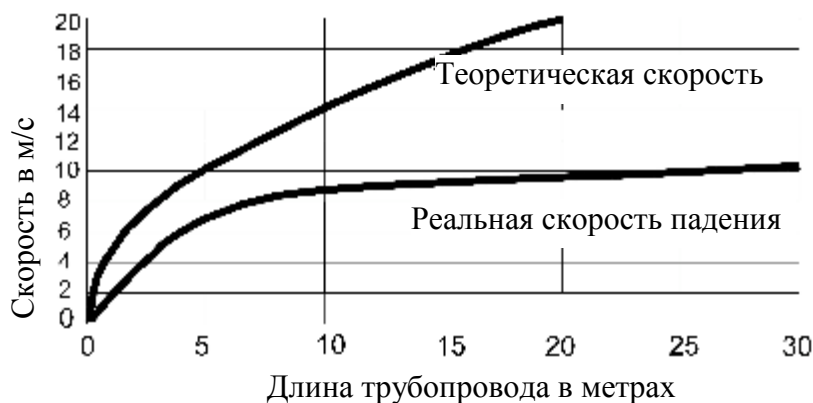


Рис. 1: Теоретическая и реальная скорость падения в трубопроводе

Степень наполнения

Степень наполнения в горизонтальных канализационных трубопроводах – это соотношение глубины воды и внутреннего диаметра. Согласно ДИН 1986-100, раздел 9.3.5.2 сборные и основные трубопроводы внутри сооружений рассчитаны с коэффициентом наполнения 0,7 с учетом минимального перепада $J = 0,5$ см/м.

Для безнапорных трубопроводов коэффициент наполнения означает отношение сечения трубы, заполненной водой, к общему сечению. Согласно DIN 1986-100, раздел 9.3.5.1 водоводы могут быть рассчитаны с коэффициентом наполнения $f = 0,33$.

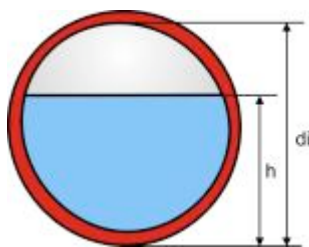


Рис. 2: Коэффициент наполнения для горизонтальных трубопроводов

В результате заданного максимального коэффициента наполнения устанавливается непрерывная подача и отвод воздуха, которые в водоводах для дождевой воды в водосточном коллекторе служат прежде всего для компенсации давления и обеспечения выполнения соответствующей функции.

Дополнительные вентиляционные трубопроводы для дождевого водоотводного коллектора не требуются..

Расчет трубопроводов для дождевого коллектора с частичным наполнением

Трубопроводы для дождевого коллектора в безнапорной системе рассчитывают по таблице 8 ДИН EN 12056-3.

Согласно ДИН 1986-100, раздел 9.3.5.1 водовод дождевого коллектора не должен иметь номинальный размер меньше чем номинальный размер подсоединения соответствующего слива на крыше, с учетом подключенного к самотечному трубопроводу слива.

Таблица 1: Из DIN EN 1256-3 Таблица 8

Внутренний диаметр самотечного водовода для дождевой воды, d_i (мм)	Пропускная способность слива QRWP (л/с)		Внутренний диаметр самотечного водослива для дождевой воды, d_i (mm)	Пропускная способность слива QRWP (л/с)	
	Коэффициент наполнения $f = 0,20$	Коэффициент наполнения $f = 0,33$		Коэффициент наполнения $f=0,20$	Коэффициент наполнения $f=0,33$
50	0,7	1,7	140	11,4	26,3
55	0,9	2,2	150	13,7	31,6
60	1,2	2,7	160	16,3	37,5
65	1,5	3,4	170	19,1	44,1
70	1,8	4,1	180	22,3	51,4
75	2,2	5	190	25,7	59,3
80	2,6	5,9	200	29,5	68,0
85	3	6,9	220	38,1	87,7
90	3,5	8,1	240	48,0	110,6
95	4	9,3	260	59,4	137,0
100	4,6	10,7	280	72,4	166,9
110	6	13,817,4	300	87,1	200,6
120	7,6	21,6	>300	Используйте Уравнение Вайли-Итона	Используйте уравнение Вайли-Итона
130	9,4				

Указанные значения основываются на уравнении Вайли-Итона :

$$Q_{RWP} = 2,5 \cdot 10^{-4} \cdot k_b^{-0,167} \cdot d_i^{2,667} \cdot f^{1,667}$$

где

Q_{RWP} = максимально возможный сток водовода для дождевой воды в литрах в секунду (л/с)

k_b = грубая шероховатость в миллиметрах (принято 0,25 мм)

d_i = внутренний диаметр трубопровода для дождевой воды в миллиметрах (мм)

f = коэффициент наполнения, определенный как отношение сечения трубы, наполненной водой, к общему сечению (без указания размеров)

Таким образом существует возможность расчета максимально возможного стока относительно фактического внутреннего диаметра для соответствующего материала.

Таблица 2: Максимально возможный сток трубопровода из чугунных канализационных труб для дождевой воды при коэффициенте наполнения $f = 0,33$

Номинальный размер DN	Внутренний диаметр самотечного водовода для дождевой воды d_i , mm	Мощность слива Q_{RWP} (л/с)	
		Коэффициент наполнения $f = 0,20$	Коэффициент наполнения $f = 0,33$
50	51	0,8	1,8
80	76	2,2	5,2
100	103	5,0	11,6
125	127	8,8	20,3
150	152	14,2	32,7
200	200	29,5	68,0
250	263	61,3	141,2
300	314	98,3	226,5

Если трубопровод для дождевой воды имеет изгиб с перепадом не более чем 10° по горизонтали (180 мм/м), то согласно DIN EN 12056-3 его можно не делать. В остальных случаях искривления следует рассчитывать как для сборных или основных трубопроводов.

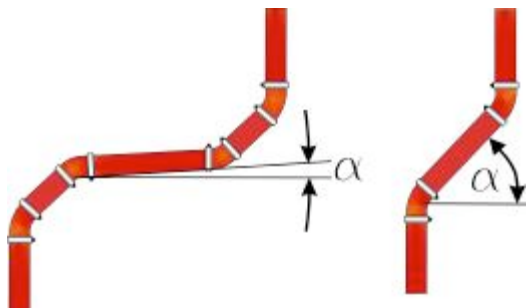


Рис. 3: Влияние искривления в трубопроводах для дождевой воды

Поверхности крыши с большим перепадом высоты горизонтальной поверхности

У крыш с большим перепадом высоты горизонтальной поверхности, которые подсоединены к общему безнапорному водоводу, существует принципиальная опасность, что во время сильного дождя или в других исключительных случаях дождевая вода с крыши, которая расположена выше, может привести к заливанию.

Поэтому в целях безопасности рекомендуется удалять воду с крыш с большим перепадом высоты через отдельные самотечные водоводы.

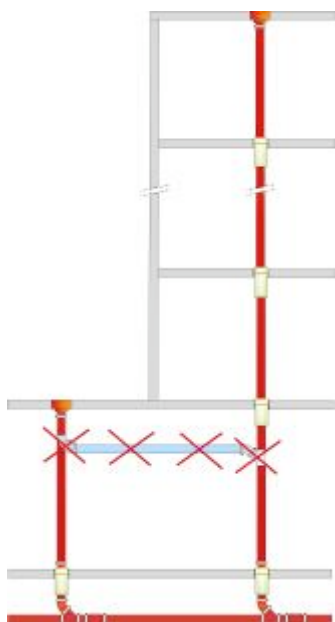


Рис. 4: Крыши с большим перепадом высоты горизонтальной поверхности

Реактивная интенсивность при поворотах

Силы, возникающие при поворотах потока, при перегрузках могут быть значительными. Следствием этого являются повреждения в месте действия динамических сил особенно на самотечных водоводах для дождевой воды, которые имеют большую протяженность.

Информацию по первому порядку величин действующих сил можно получить при рассмотрении импульсивности потока. При повороте 90° силы F_1 и F_2 при неизменяемом сечении потока идентичны.

Эти уравнения не учитывают особенности потока самотечного водовода.

$$F_1 = F_2 = \rho \cdot A_x \cdot v_x^2 + p_x \cdot A_x$$

где

ρ = плотность воды

A = сечение трубы контрольной поверхности

V_x = скорость потока на контрольной поверхности

p_x = статическое внутреннее давление в контрольной поверхности

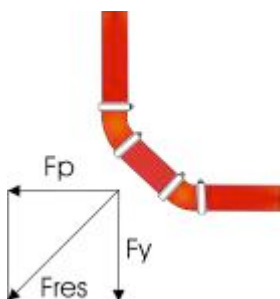


Рис. 5: Действующие силы поворота 90° (самотечный водовод в горизонтальном трубопроводе) при максимальном давлении (безнапорное удаление воды)

Результирующее усилие получаем следующим образом:

$$F_{res} = \sqrt{F_p^2 + F_y^2}$$

где

F_{res} = результирующая сила из F_p и F_y (эта сила действует на соединения труб)

Пример расчета для DN 100 и DN 200 при $p_x = 0,5$ бар и $v_x = 5,0$ м/с

$$F_{res. DN 100} = 832,7 \text{ N} = 84,9 \text{ кг}$$

$$F_{res. DN 200} = 3330,5 \text{ N} = 339,5 \text{ кг}$$

Вывод: Действующие силы увеличиваются при постоянном внутреннем давлении и одинаковой скорости пропорционально диаметру трубы.

Меры по защите от расхождения соединения (соединение с силовым замыканием) вы можете найти на нашем сайте www.izeg.de, Техническая информация «Монтаж захватов»

Безнапорные водосточные водоводы для дождевой воды при напорных потоках

Описание системы

При внутренней дождевой канализации с напорным потоком в противоположность безнапорной системе водоотвода водоводы начинаются с расчетного модуля дождевых осадков эксплуатируются по плану с полным наполнением. Системы внутренней дождевой канализации с напорным потоком монтируются в Скандинавии уже в течение 30 лет. В Германии эта техника начала широко применяться примерно 20 лет назад.

Наряду с указаниями в DIN EN 12056-3 и DIN 1986-100 для планирования, расчета и исполнения безнапорных водосточных отводов с запланированным полным наполнением в Германии действуют требования VDI 3806 «Внутренняя дождевая канализация с напорным потоком», издание апрель 2000.

При внутренней дождевой канализации с напорным потоком речь идет как при безнапорной канализационной системе о водоотводных установках действующих по принципу силы тяжести. Существенная разница по сравнению с безнапорными канализационными системами состоит в том, что при безнапорных водосточных водоводах с напорным потоком имеется в распоряжении большая высота напора (**h**) для преодоления потерь потока вследствие трения в трубах и местного сопротивления. При безнапорных канализационных системах высота напора (**h**) получается только из перепада основания трубы. Значительная большая высота напора (**h**) при внутренней дождевой канализации с напорным потоком получается из разницы высоты между линией воды над водостоком и переходом в установку безнапорной дождевой водосливной системы.

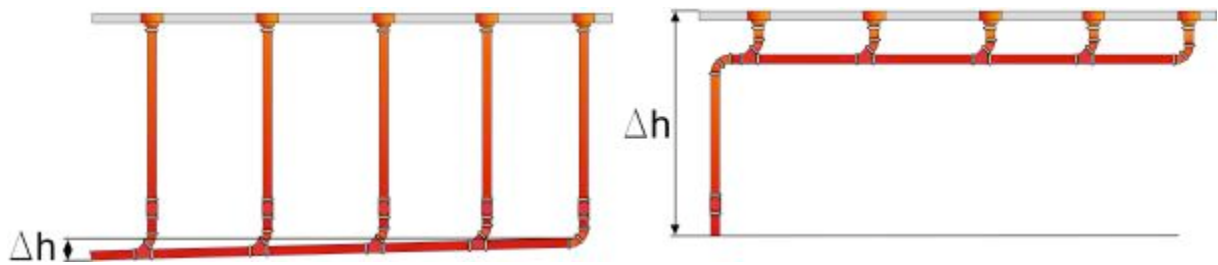


Рис. 6: Высота напора в самотечных и напорных водосливных установках

В связи с большой высотой напора, которая имеется для преодоления сопротивления трения о стенки труб и местного сопротивления для внутренних дождевых водостоков с напорным потоком используются трубы меньшего диаметра и более высокая скорость слива воды, которые ведут к оптимальному эффекту очистки. Вследствие высокой способности к самоочищению трубы можно прокладывать без перепадов.

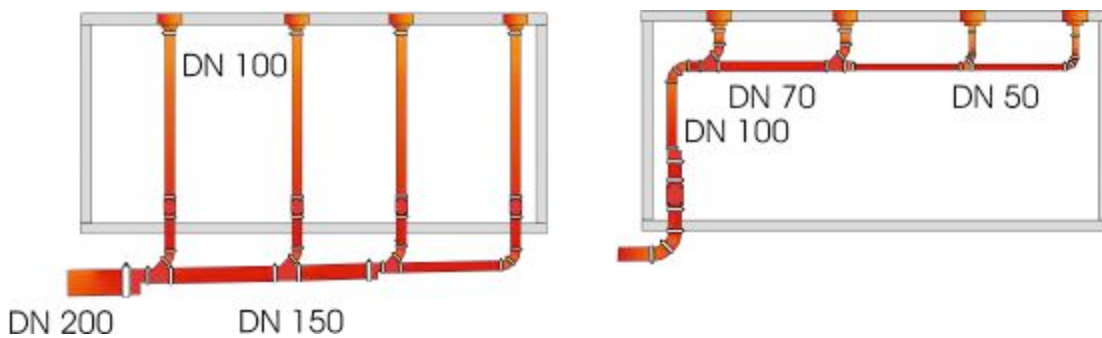


Рис. 7: Преимущества внутренней дождевой канализации с напорным потоком

Основы расчета

Целью расчета системы труб является возможно полное наполнение установки при расчете дождевых потоков и хорошее распределение водяного потока по отдельным участкам вследствие гидравлической компенсации. При этом для отдельных водоводов (потоков) используется уравнение Бернулли (постоянный несжимающийся поток жидкости).

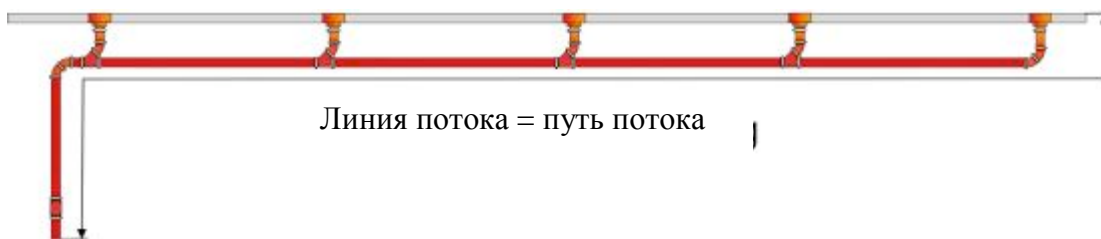


Рис. 8: Линия потока = путь потока

Для каждого отдельного потока (линии) используются следующие уравнения:

$$Dp_{verf} = Dh_{verf} \cdot r \cdot g$$

$$Dp_{verf} \mp S (R \cdot l + Z)$$

значения символов:

Dh_{verf} = разность высоты между сливом с крыши и переходом к частичному заполнению

r = плотность воды 1000 кг/м³ при +10°

g = ускорение 9,81 м/с²

Dp_{verf} = имеющийся напор для линии (пути) потока

R = потери напора вследствие трения внутри труб на метр трубы

l = Длина отдельного участка

Z = потеря напора вследствие местного сопротивления в отдельных участках

Дополнительно к расчетам размеров труб должен быть выполнен расчетный контроль внутреннего давления.

Внутреннее давление в любой точке установки можно определить по следующей формуле:

$$p_x = Dh_x \cdot r \cdot g - v_x^2 \cdot r \cdot 0,5 - S (R \cdot l + Z) \dots_x$$

где:

p_x = внутреннее давление в точке x

Dh_x = разность высоты между водостоком на крыше и местом x

r = плотность воды 1000 кг/м³ при 10°С

g = ускорение 9,81 м/с²

v_x = скорость воды в точке x

R = потери напора на метр трубы

l = длина отдельного участка

Z = потери напора участка вследствие местного сопротивления

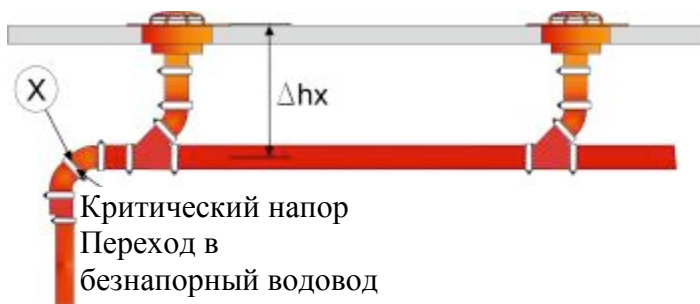


Рис. 9: Расчет внутреннего давления (критический напор при переходе в безнапорный водовод)

Ограниченная высота самотечного водовода

При очень высоких строениях существует очень большая высота напора, причем при очень малых диаметрах труб могут возникнуть экстремально высокие скорости и потери давления. Вследствие высоких потерь давления при расчетах системы невозможно избежать превышения допустимых низких давлений (кавитация) в самотечных водоводах. Дополнительно с увеличением скорости возрастает и уровень шума.

В таких случаях существует возможность выполнения перехода к частичному заполнению уже в ходе самотечного водовода и согласования имеющегося в распоряжении напора с соответствующими условиями. Таким образом могут быть использованы преимущества внутренней дождевой системы с напорным потоком в верхней части строений.



Рис. 10: Ограниченная высота самотечного водовода

Поверхности крыши с сильно различающимся горизонтальным уровнем

Согласно VDI 3806, раздел 3.2, для крыш с сильно различающимся горизонтальным уровнем не должны использоваться самотечные водосливы.

В целях безопасности в любом случае удаление дождевой воды с поверхности крыши с сильно различающимся горизонтальным уровнем должно производиться по отдельному самотечному водосливу.

Техника соединения и крепления

Согласно VDI 3806, раздел 4.4, выбранная техника соединения должна соответствовать требованиям системы по герметичности для воды и воздуха. Крепления должны надежно выдерживать возникающие статические и динамические нагрузки и отводить их на сооружения.

Благодаря расчетному контролю внутреннего давления после каждого участка известны места низкого и высокого давления установки. Предусмотренные системные компоненты должны использоваться строго в соответствии с рекомендациями изготовителя по монтажу и креплению в соответствующих зонах низкого или высокого напора.

Системы аварийного слива воды

Согласно DIN 1986-100 при конструировании крыш с проложенными внутри водоводами для дождевой воды и для плоских крыш легких сооружений (например, трапецевидные жестяные крыши) всегда следует предусматривать аварийные водоотводы.

Для всех других конструкций крыши следует в каждом отдельном случае проверить с учетом ожидаемых дождевых потоков на месте строительства сооружения, конструкции крыши, геометрии крыши, герметизации крыши, статической нагрузки крыши и характеристики системы водослива необходимость аварийного водоотвода.

Если для внутренних систем отвода дождевой воды требуются аварийные водосливы, то они должны быть предусмотрены для каждого слива с крыши в виде свободного потока на поверхность крыши к аварийному водоотводу с достаточной возможностью для слива.

Если из-за конструкции сооружения не допускается аварийный слив воды через фасад, то для обеспечения функционирования аварийного водоотвода должна быть предусмотрена дополнительная система водостоков со свободным сливом на землю.

На основании нормативных указаний сначала следует проверить необходимость наличия на поверхности крыши систем для аварийного водоотвода.

Если системы аварийного водослива необходимы, то при аварийных сливах (например, отверстия в аттиковом этаже) следует гарантировать, чтобы при потоке воды вследствие аварийного переполнения не была превышена дополнительная статическая нагрузка, обусловленная соответствующими перепадами крыши. На многоэтажных постройках следует также проверять возможность слива воды через фасад без причинения ему ущерба.

Если монтаж аварийных переливов (например, отверстий в аттиковом этаже) невозможен, то для обеспечения надежного удаления воды в случае аварии следует использовать дополнительно аварийные системы слива воды, состоящие из аварийных стоков с системами водоотводов. Аварийные системы водоотвода могут быть как самотечными, так и напорными.

Примеры расчета для аварийных систем водоотвода приведены в комментариях к DIN.

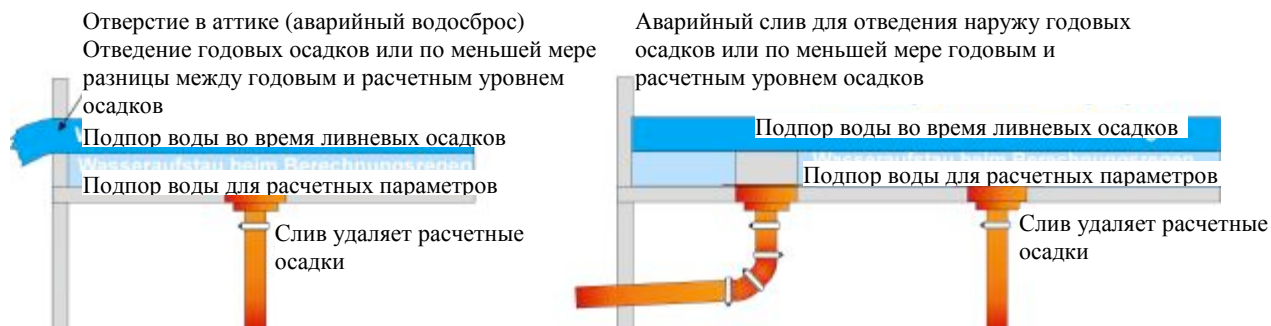


Рисунок 11: Аварийный перелив или аварийный слив