



МЕТОДИЧЕСКИЕ
РЕКОМЕНДАЦИИ РАСЧЕТА
КОНСТРУКТИВНЫХ
ПАРАМЕТРОВ
ФИЛЬТРУЮЩИХ ОБОЧИН

ООО «АЛСИС»
Телефон: +7 (343) 372-50-14
Телефон: 8 (800) 101-88-25
Email: alsis@alsis-ur.ru

Введение

На настоящий момент существует необходимость решения вопроса очистки сточных вод с покрытия проезжей части при пересечении автомобильными дорогами водоохраных зон и санитарно-защитных зон в отсутствие возможности устройства локальных очистных сооружений ввиду следующих ограничений:

- отсутствует возможность устроить локальные очистные сооружения ниже глубины промерзания, ввиду отсутствия оттока очищенного стока;
- отсутствие условий для назначения организованного водоотвода с проезжей части согласно требований п.6.5.1 ГОСТ Р 59611 – 2021;
- применение переходного типа конструкции дорожной одежды.

Для решения выше обозначенного вопроса разработано конструктивное решение по устройству многослойного фильтра в теле присыпной обочины. Так образом формируемая фильтрующая обочина может использоваться для очистки сточных вод с проезжей части автомобильных дорог, где отсутствует техническая и нормативная возможности применения локальных очистных сооружений.

Использование фильтрующих обочин апробировано на объектах капитального ремонта и реконструкции федеральных трасс, прошедших ФАУ «Главгосэкспертиза России»:

- Строительство и реконструкция участков автомобильной дороги Р-351 Екатеринбург – Тюмень. Реконструкция автомобильной дороги Р-351 Екатеринбург – Тюмень км 35 – км 104+244 (обход с. Малые Брусяны, с. Мезенское, р.п. Белоярский г. Богданович), Свердловская область. Положительное заключение ФАУ «Главгосэкспертиза России» № 66-1-1-3-023981-2022;

- Капитальный ремонт автомобильной дороги М-5 «Урал» Москва - Рязань - Пенза - Самара - Уфа - Челябинск, подъезд к г. Екатеринбург на участке км 79+899 - км 121+509, Челябинская область. Положительное заключение ФАУ «Главгосэкспертиза России» № 00252-19/ЕГЭ-19779/204;

- Капитальный ремонт автомобильной дороги Р-254 «Иртыш» Челябинск -Курган - Омск - Новосибирск на участке км 286+000 - км 297+000, Курганская область. Положительное заключение ФАУ «Главгосэкспертиза России» № 00267-20/ЕГЭ-24484 и т.д.

Фильтрующая обочина представлена в виде многослойной конструкции, проходя через которую, загрязненные сточные воды с проезжей части очищаются от взвешенных частиц и нефтепродуктов и состоит из:

1. Щебень фракции 8-16 мм, ГОСТ 32703-2014;
2. "Сорбент АС" в обойме из геотекстильного полотна с прочностью на разрыв не менее R_p 10 кН;
3. Щебень фракции 16-31,5 мм, ГОСТ 32703-2014.

При этом толщины конструктивных слоев фильтрующей обочины определяются расчетным способом согласно методики представленной ниже.

Расчет поглощающей способности и эффективности очистки фильтрующих обочин (полос)

1. Определение поглотительной емкости фильтрующих обочин

Поглотительная емкость фильтрующих обочин (полос) рассчитывается по воде, по взвешенным веществам и по нефтепродуктам.

Поглотительная емкость фильтрующих обочин (полос) по воде и по взвешенным веществам рассчитывается по формуле:

$$P = \sum_1^i L * m * h * \alpha * K_n \quad (1)$$

где $P_{\text{воде}}/P_{\text{в.в.}}$ - поглотительная емкость фильтрующих обочин (полос) по воде/по взвешенным веществам, м³;

i - количество фильтрующих слоев;

L - длина фильтрующей обочины, м;

m - ширина фильтрующей обочины, м;

h - высота слоя фильтрующей обочины, м;

α - коэффициент активной пористости для фильтрующей загрузки слоя;

K_n - коэффициент насыщения загрузки. Коэффициент насыщения загрузки для воды равен 1, для взвешенных веществ – 0,5.

Поглотительная емкость фильтрующих обочин (полос) по взвешенным веществам $P_{\text{в.в.}}$ в тоннах рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{в.в.}} (\text{т}) = P_{\text{в.в.}} (\text{м}^3) * \rho \quad (2)$$

где $P_{\text{в.в.}}$ - поглотительная емкость фильтрующих обочин (полос) по взвешенным веществам, м³. Величина, рассчитанная по формуле (1);

ρ - средняя плотность взвешенных веществ, т/м³. Принимается равной 2,4 т/м³;

Поглотительная емкость фильтрующих обочин (полос) по нефтепродуктам рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{н.п.}} = L * m * h * d * \rho \quad (3)$$

где $P_{\text{н.п.}}$ - поглотительная емкость фильтрующих обочин (полос) по нефтепродуктам, т;

L - длина фильтрующей обочины, м;

m - ширина фильтрующей обочины, м;

h - высота слоя сорбента фильтрующей обочины (полосы), м;

d - динамическая емкость по нефтепродуктам для сорбента, мг/г;

ρ - плотность сорбента, т/м³.

2. Расчет расхода поверхностных сточных вод

2.1 Годовой объем поверхностных сточных вод

Среднегодовой объём дождевых W_d и талых W_m вод, м³/год, стекающих с полотна дороги, определяется согласно п. 7.2.2 СП 32.13330.2018 по формулам:

$$W_d = 10 * h_d * \psi_d * F \quad (4)$$

$$W_T = 10 * h_T * \psi_T * K_y * F \quad (5)$$

где h_d - слой осадков за теплый период года, определяется по СП 131.13330, мм;

h_T - слой осадков за холодный период года, определяется по СП 131.13330, мм;

F - площадь стокообразования, га;

ψ_d и ψ_T - общий коэффициент стока дождевых и талых вод соответственно, определяется как средневзвешенная величина согласно указаниям п.п. 7.2.3 - 7.2.5 СП 32.13330.2018;

K_y - коэффициент, учитывающий частичный вывоз и уборку снега, определяется по формуле: $K_y = 1 - F_y/F$, где F_y – площадь, очищаемая от снега, га.

2.2 Определение расчетных расходов дождевых и талых вод

2.2.1 Расчетный расход дождевых вод (л/с) с полотна дороги определяется согласно п. 7.4.1 СП 32.13330.2018 по формуле:

$$Q_r = Z_{mid} * A^{1,2} * F / t_r^{1,2n-0,1} \quad (6)$$

где Z_{mid} - среднее значение коэффициента покрова, характеризующего поверхность бассейна стока, определяемое как средневзвешенное значение в зависимости от значений коэффициентов для различных видов поверхности водосбора, по таблицам 13 и 14 СП 32.13330.2018;

A , n - параметры, характеризующие соответственно интенсивность и продолжительность дождя для конкретной местности (определяются в соответствии с п. 7.4.2 СП 32.13330.2018);

F - площадь стокообразования, га;

t_r - расчетная продолжительность дождя, равная продолжительности протекания дождевых вод по поверхности до расчетного участка (определяется в соответствии с п.7.4.5 СП 32.13330.2018); при отсутствии данных рекомендуется принимать 5-10 мин.

Параметры A и n определяются по результатам обработки многолетних записей самопишущих дождемеров местных метеорологических станций или по данным территориальных управлений Гидрометеослужбы. При отсутствии обработанных данных параметр A допускается определять по СП 32.13330.2018:

$$A = q_{20} * 20^n * \left(1 + \frac{\lg P}{\lg m_r}\right)^y \quad (7)$$

где q_{20} - интенсивность дождя для данной местности продолжительностью 20 мин при $P=1$ год (определяют по рисунку А.1 приложения А СП 32.13330.2018);

n - показатель степени, определяемый по таблице 8 СП 32.13330.2018;

m_r - среднее количество дождей за год, принимаемое по таблице 8 СП 32.13330.2018;

P - период однократного превышения расчетной интенсивности дождя, годы по таблице 9 СП 32.13330.2018;

y - показатель степени, определяемый по таблице 8 СП 32.13330.2018.

Расчетный расход дождевых вод (л/с) необходимо выразить в м³/час. Для этого необходимо расчетный расход дождевых вод (л/с) умножить на 1,2 (гидравлические расчеты проводятся при максимальном расчетном расходе, который рассчитывается по методу предельных интенсивностей, т.е. часовой расход образуется всего за 20 минут).

2.2.2 Расчетный расход талых вод (л/с) с полотна дороги определяется по формуле (4.4.3) «Рекомендации по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов» (одобренны Минтрансом России, Протокол от 26.06.1995):

$$Q_c^T = \frac{5,5}{10 + t} \times F \times h_c \times K_c, \quad (8)$$

где F - площадь стокообразования, га;

t - время протекания талых вод до расчетного участка, часов (при отсутствии данных допускается принимать 1 час);

h_c - слой стока за 10 дневных часов в миллиметрах, определяемый в зависимости от территориального района по схеме районирования (рис. 4.4.2 "Рекомендации..."). Для выделенных четырех территориальных районов величины h_c равны: для 1 района - 25, для 2 - 20, 3 - 15, 4 - 7 мм;

K_c - коэффициент, учитывающий окучивание снега, принимаемый равным 0,8.

Расчетный расход талых вод (л/с) необходимо выразить в м³/час. Для этого необходимо расчетный расход (л/с) умножить на 3,6.

3. Расчет валового (годового) количества задержанных загрязняющих веществ с поверхностного стока

Валовое (годовое) количество задержанных загрязняющих веществ (т/год) с поверхностного стока определяется по формуле:

$$M_{ЗВ} = C_{ЗВ} * W_{Д}(W_{Т}) * 10^{-6} \quad (9)$$

где $W_{Д}(W_{Т})$ - среднегодовой объём дождевых и талых вод, стекающих с полотна дороги, м³/год. Величины, рассчитанные по формулам (4) и (5);

$C_{ЗВ}$ - концентрация загрязняющих веществ в дождевых и талых водах принимаем по данным таблицы 4.4.1. «Рекомендации по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов» (одобрены Минтрансом России, Протокол от 26.06.1995), мг/л. Концентрация зависит от категории рассматриваемой автомобильной дороги:

Категория автомобильной дороги	Коэффициент перевода относительно а.д. I категории	Концентрация ЗВ в дождевом стоке, мг/л		Концентрация ЗВ в талый сток, мг/л	
		в.в.	н.п.	в.в.	н.п.
I	-	1300	24	2700	26
II	0,8	1040	19,2	2160	20,8
III	0,6	780	14,4	1620	15,6
IV	0,4	520	9,6	1080	10,4
V	0,3	390	7,2	810	7,8

4. Расчет срока службы фильтрующей обочины (полосы)

Срок службы фильтрующих обочин (полос) по взвешенным веществам ($T_{в.в.}$, лет) рассчитывается по формуле:

$$T_{в.в.} = P_{в.в.} / M_{в.в.} \quad (10)$$

где $P_{в.в.}$ - поглотительная емкость фильтрующих обочин (полос) по взвешенным веществам, т. Величина, рассчитанная по формуле (2);

$M_{в.в.}$ - валовое (годовое) количество задержанных взвешенных веществ с поверхностного стока, т/год. Величина, рассчитанная по формуле (9).

Срок службы фильтрующих обочин (полос) по нефтепродуктам ($T_{н.п.}$, лет) рассчитывается по формуле:

$$T_{н.п.} = P_{н.п.} / M_{н.п.} \quad (11)$$

где $P_{н.п.}$ - поглотительная емкость фильтрующих обочин (полос) по нефтепродуктам, т. Величина, рассчитанная по формуле (3);

$M_{н.п.}$ - валовое (годовое) количество задержанных нефтепродуктов с поверхностного стока, т/год. Величина, рассчитанная по формуле (9).

5. Выводы об эффективности работы фильтрующей обочины (полосы)

1. Фильтрующая обочина с предложенными параметрами способна полностью обеспечить пропуск объемов дождевых и талых вод, если выполняется условие: Поглощительная емкость фильтрующей обочины по воде ($R_{воды}$), больше чем Часовой расход дождевых и талых вод Q м³/час:

$$R_{воды} > \text{Часовой расход дождевых вод } Q \text{ м}^3/\text{час}$$

$$R_{воды} > \text{Часовой расход талых вод } Q \text{ м}^3/\text{час}$$

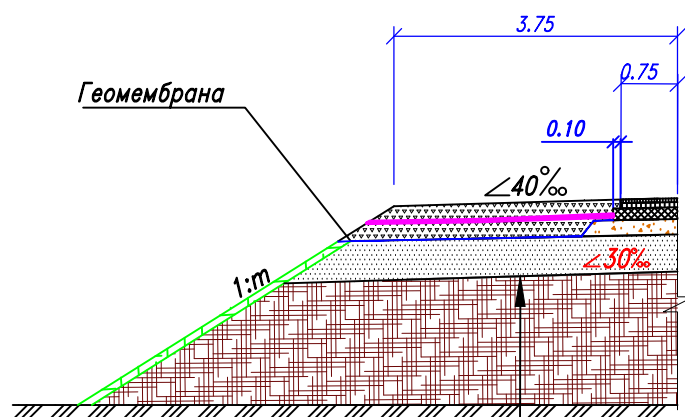
2. Фильтрующая обочина с предложенными параметрами способна обеспечить очистку дождевых и талых вод, не теряя своих качеств, если выполняется условие: Срок службы фильтрующих полос по взвешенным веществам и нефтепродуктам ($T_{в.в.}$ и $T_{н.п.}$), больше чем 24-летний Межремонтный срок проектируемой дороги:

$$T_{в.в.} > \text{24-летний Межремонтный срок}$$

$$T_{н.п.} > \text{24-летний Межремонтный срок}$$

Категория IA-IB

Фильтрующая обочина



Конструкция фильтрующей очистной обочины

Щебень М 800 фр. 16–31,5 мм, ГОСТ 32703–2014

Слой сорбента АС

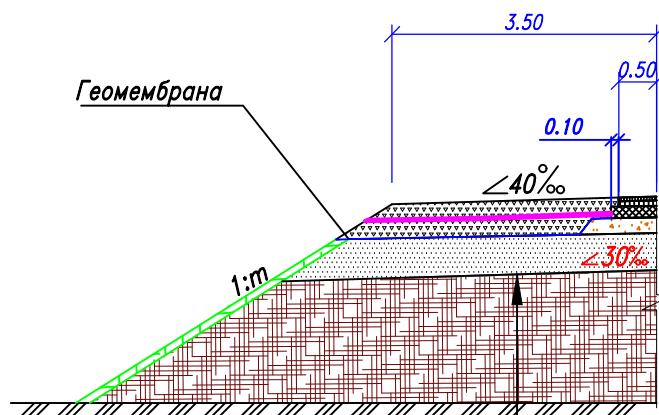
Геотекстиль (типа Полимердор ПП20/20)

Щебень М 800 фр. 16–31,5 мм, ГОСТ 32703–2014



Категория IV

Фильтрующая обочина



Конструкция фильтрующей очистной обочины

Щебень М 800 фр. 16–31,5 мм, ГОСТ 32703–2014

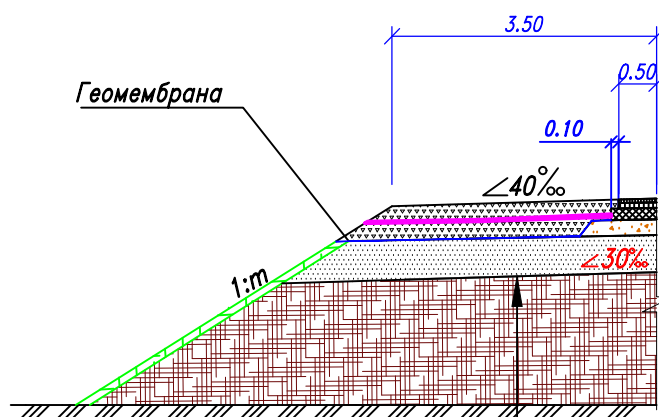
Слой сорбента АС

Геотекстиль (типа Полимердор ПП20/20)

Щебень М 800 фр. 16–31,5 мм, ГОСТ 32703–2014



Категория II Фильтрующая обочина



Конструкция фильтрующей очистной обочины

Щебень М 800 фр. 16–31,5 мм, ГОСТ 32703–2014

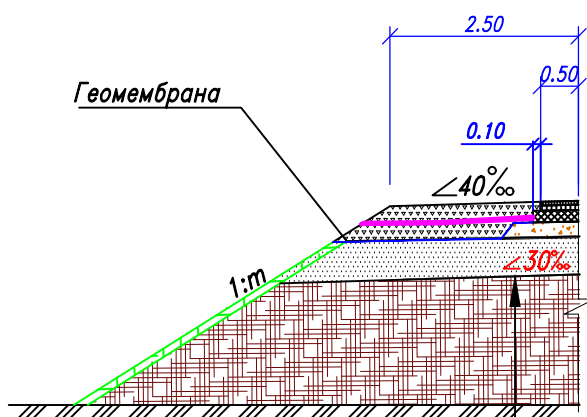
Слой сорбента АС

Геотекстиль (типа Полимердор ПП20/20)

Щебень М 800 фр. 16–31,5 мм, ГОСТ 32703–2014



Категория III Фильтрующая обочина



Конструкция фильтрующей очистной обочины

Щебень М 800 фр. 16–31,5 мм, ГОСТ 32703–2014

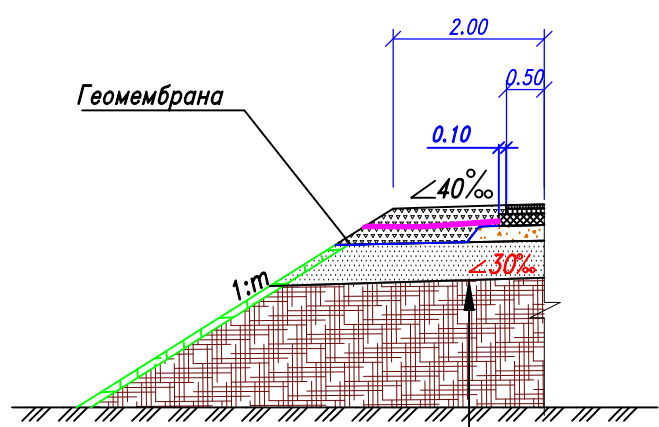
Слой сорбента АС

Геотекстиль (типа Полимердор ПП20/20)

Щебень М 800 фр. 16–31,5 мм, ГОСТ 32703–2014



Категория IV Фильтрующая обочина



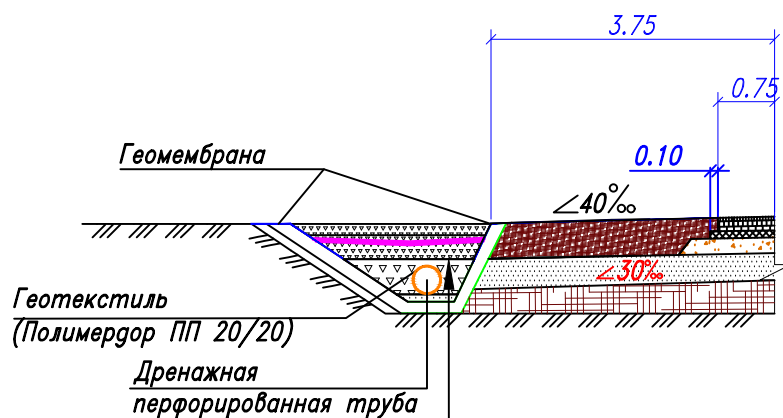
Конструкция фильтрующей очистной обочины

Щебень М 800 фр. 16-31,5 мм, ГОСТ 32703-2014
Слой сорбента АС
Геотекстиль (типа Полимердор ПП20/20)
Щебень М 800 фр. 16-31,5 мм, ГОСТ 32703-2014



Категория IA-IB

Фильтрующий кювет



Конструкция фильтрующего кювета

Щебень М 800 фр. 16-31,5 мм, ГОСТ 32703-2014

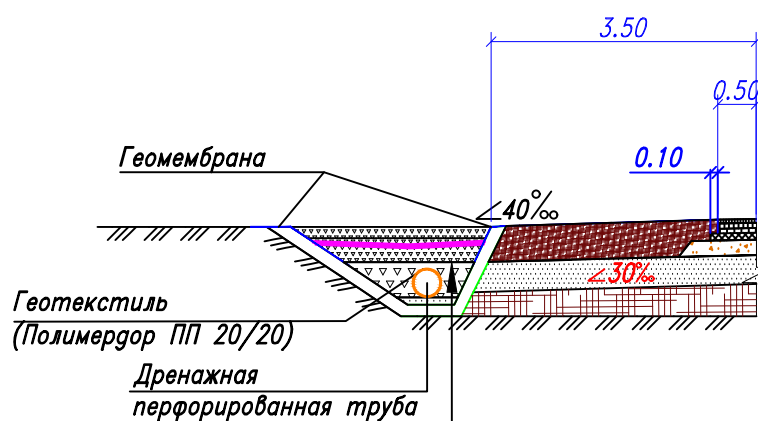
Слой сорбента АС

Геотекстиль (типа Полимердор ПП20/20)

Щебень М 800 фр. 16-31,5 мм, ГОСТ 32703-2014



Категория IV Фильтрующий кювет



Конструкция фильтрующего кювета

Щебень М 800 фр. 16–31,5 мм, ГОСТ 32703–2014

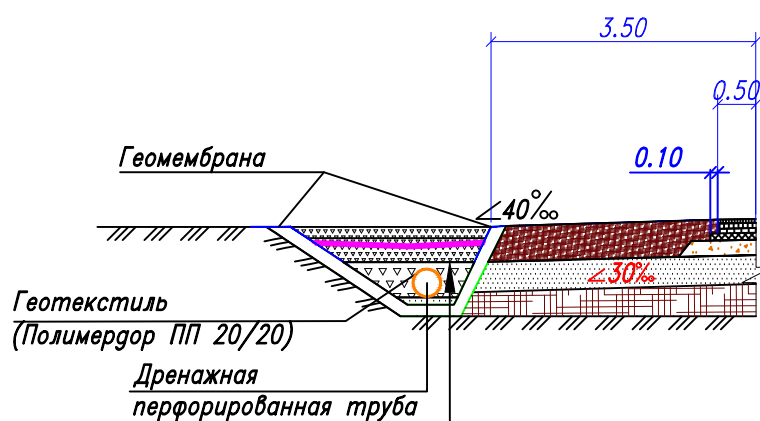
Слой сорбента АС

Геотекстиль (типа Полимердор ПП20/20)

Щебень М 800 фр. 16–31,5 мм, ГОСТ 32703–2014



Категория II Фильтрующий кювет



Конструкция фильтрующего кювета

Щебень М 800 фр. 16–31,5 мм, ГОСТ 32703–2014

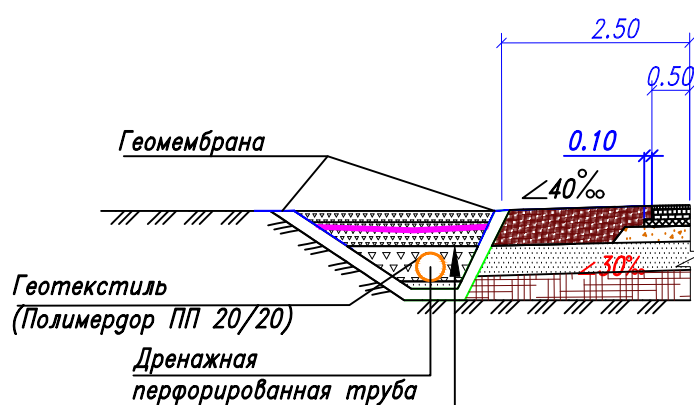
Слой сорбента АС

Геотекстиль (типа Полимердор ПП20/20)

Щебень М 800 фр. 16–31,5 мм, ГОСТ 32703–2014



Категория III Фильтрующий кювет



Конструкция фильтрующего кювета

Щебень М 800 фр. 16–31,5 мм, ГОСТ 32703–2014

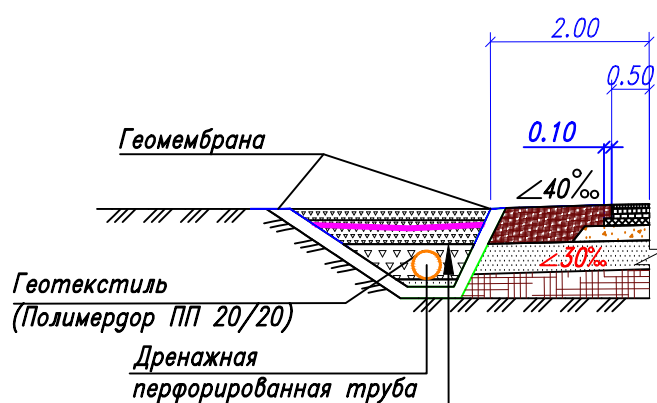
Слой сорбента АС

Геотекстиль (типа Полимердор ПП20/20)

Щебень М 800 фр. 16–31,5 мм, ГОСТ 32703–2014



Категория IV Фильтрующий кювет



Конструкция фильтрующего кювета

Щебень М 800 фр. 16–31,5 мм, ГОСТ 32703–2014

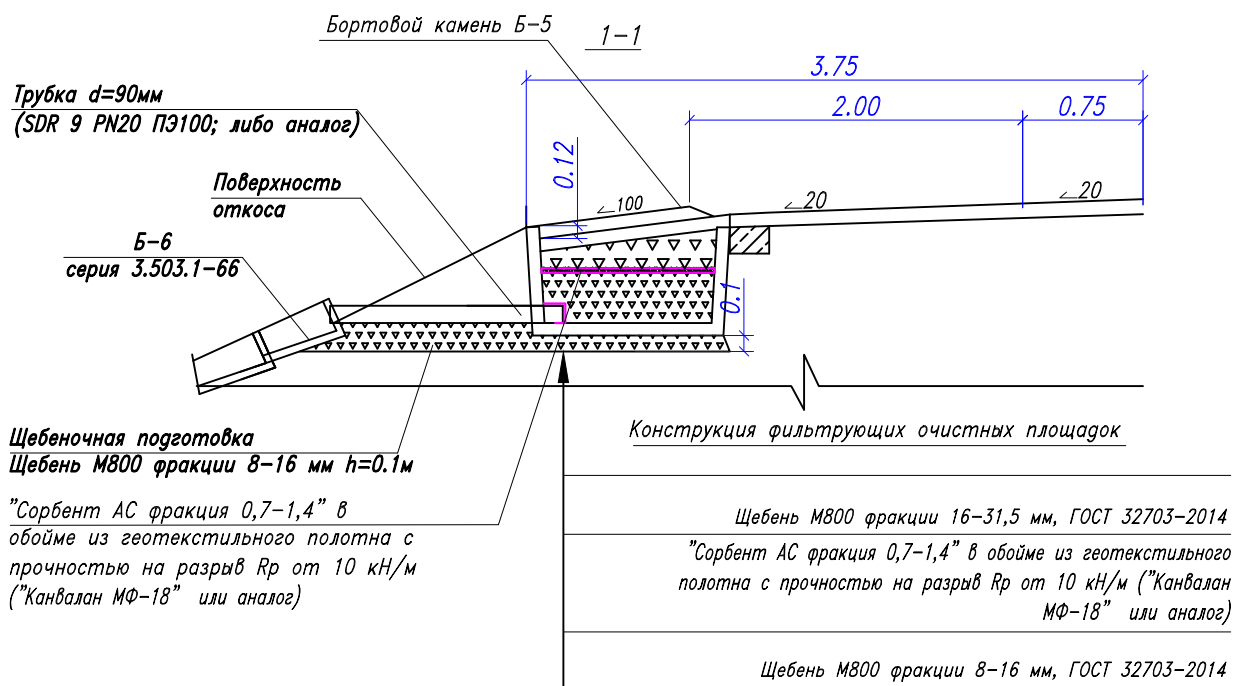
Слой сорбента АС

Геотекстиль (типа Полимердор ПП20/20)

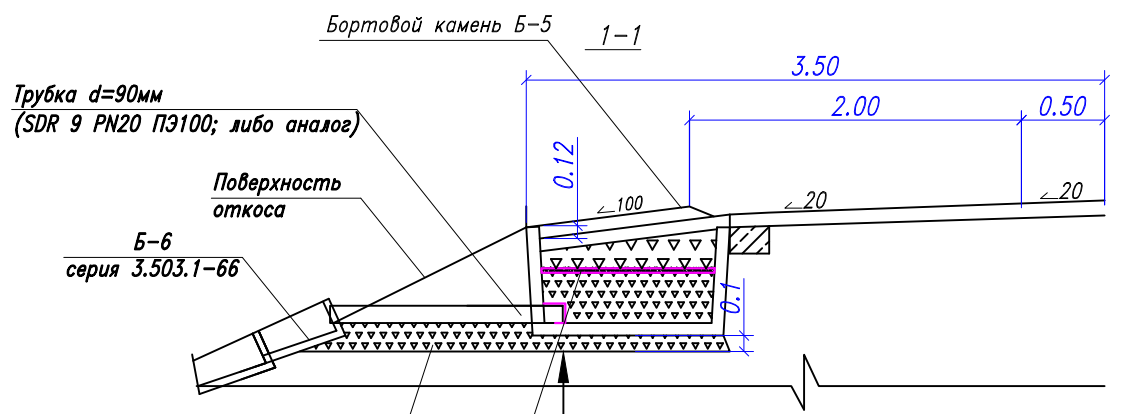
Щебень М 800 фр. 16–31,5 мм, ГОСТ 32703–2014



Категория IA-IB Фильтрующая площадка



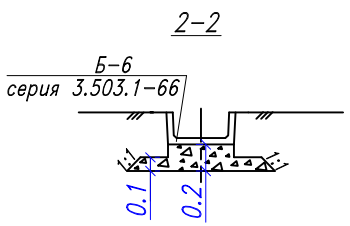
Категория IV Фильтрующая площадка



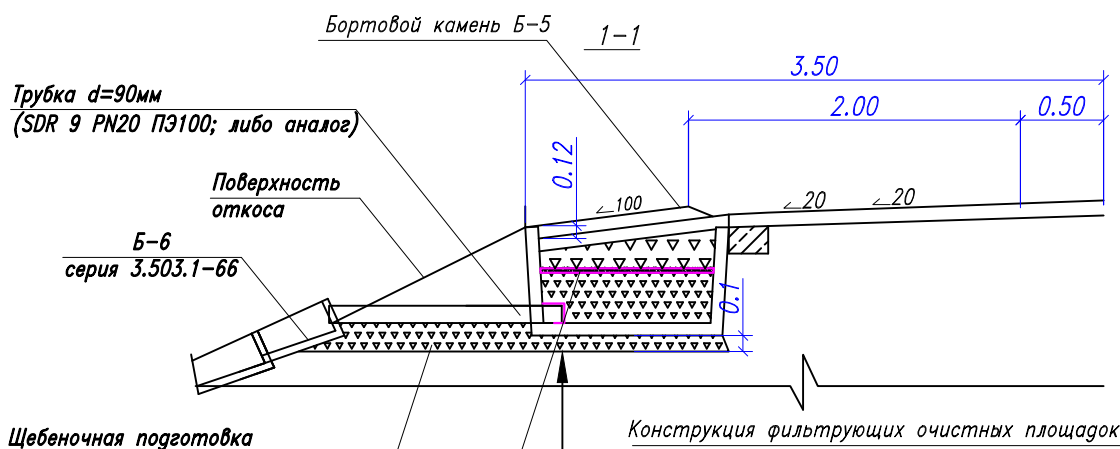
Щебеночная подготовка
 Щебень М800 фракции 8-16 мм h=0.1м
 "Сорбент АС фракция 0,7-1,4" в
 обойме из геотекстильного полотна с
 прочностью на разрыв R_p от 10 кН/м
 ("Канвалан МФ-18" или аналог)

Конструкция фильтрующих очистных площадок

Щебень М800 фракции 16-31,5 мм, ГОСТ 32703-2014
"Сорбент АС фракция 0,7-1,4" в обойме из геотекстильного полотна с прочностью на разрыв R _p от 10 кН/м ("Канвалан МФ-18" или аналог)
Щебень М800 фракции 8-16 мм, ГОСТ 32703-2014



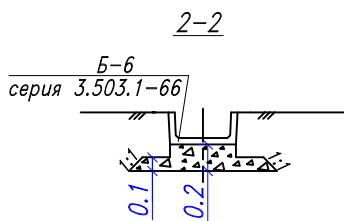
Категория II Фильтрующая площадка



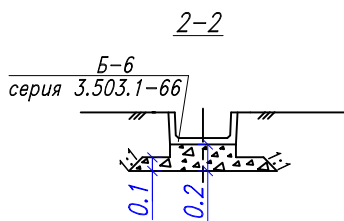
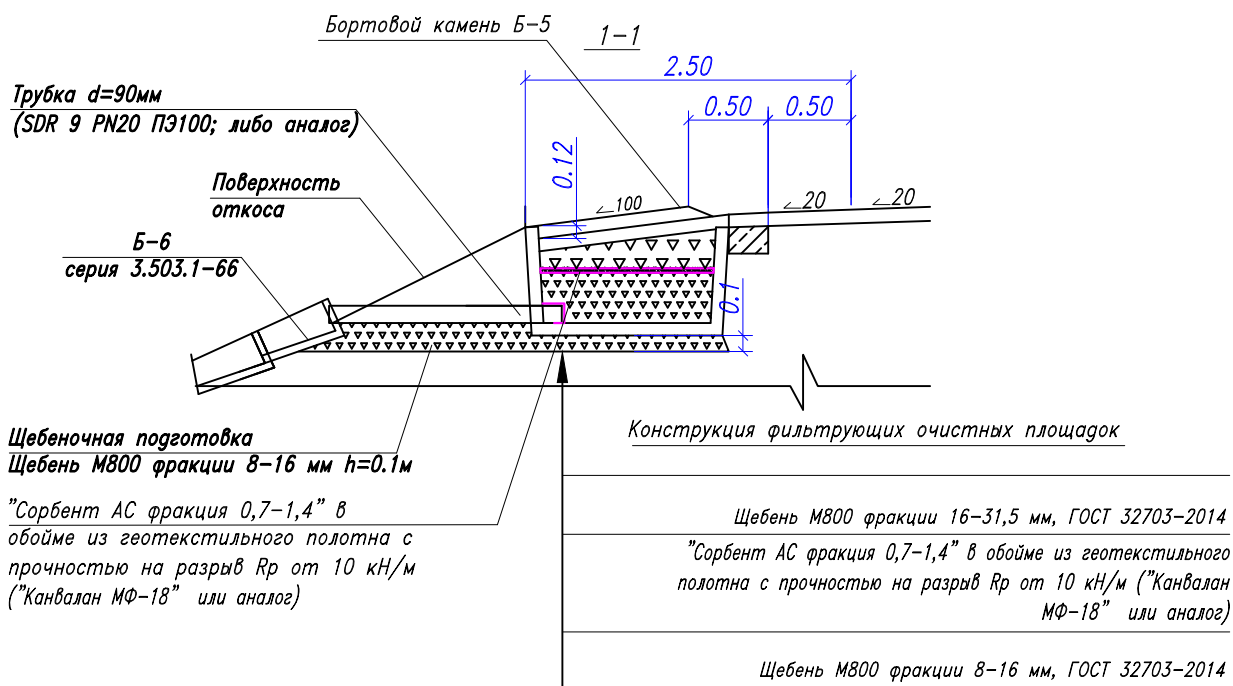
Щебеночная подготовка
 Щебень М800 фракции 8-16 мм h=0.1м
 "Сорбент АС фракция 0,7-1,4" в
 обойме из геотекстильного полотна с
 прочностью на разрыв R_p от 10 кН/м
 ("Канвалан МФ-18" или аналог)

Конструкция фильтрующих очистных площадок

Щебень М800 фракции 16-31,5 мм, ГОСТ 32703-2014
"Сорбент АС фракция 0,7-1,4" в обойме из геотекстильного полотна с прочностью на разрыв R _p от 10 кН/м ("Канвалан МФ-18" или аналог)
Щебень М800 фракции 8-16 мм, ГОСТ 32703-2014



Категория III Фильтрующая площадка



Категория IV Фильтрующая площадка

