

Класична задача із використанням МСЕ основана на обмежені переміщень та кутів повороту вузлів, тобто забезпечується стабільність основі (її недеформативність). В постановці, що розглядається основною задачею є навпаки, відома деформативність основи (лінійні параметри зрушення в горизонтальній та вертикальній площині), що викликає певні труднощі при накладанні граничних умов при розрахунку грунтового напівпростору.

Таким чином, виникає необхідність використання МСЕ за відомими значеннями переміщень вузлів. Для розрахунку на задані зміщення зв'язків в SCAD передбачено використання нуль-елементів. Вони є комбінацією послідовно сполучених один з одним пружин додатної (C) та від'ємної (-C) жорсткості. Оскільки для послідовно сполучених елементів підатливості  $1/C$  і  $1/(-C)$  підсумовуються, то отриманий елемент сумарної нульової підатливості є абсолютно жорстким зв'язком по відношенню до взаємного зсуву його крайніх вузлів. Якщо в якості зовнішньої дії на систему необхідно прикласти примусове переміщення пари зовнішніх вузлів на величину  $\Delta$ , відповідно буде достатньо прикласти до внутрішнього вузла нуль-елемента силу  $P = C\Delta$  і зрівноважити її в іншому вузлі.

Отже, розрахунок на задане переміщення еквівалентний розрахунку на силу  $P$ , прикладену у вузлі, за напрямком, співпадаючим з переміщенням  $\Delta$ .

Грунтуючись на результатах досліджень [7] системи «основа-труба» за допомогою МСЕ, для подальшого розрахунку були прийняті прямокутні елементи з розміром сторін  $10 \times 10 \times 10$  см.

Після виконання наведеного алгоритму з'являється можливість виконання лінійного розрахунку та отримання ізоліній напружень.

В результаті варіантного підбору конструктивних елементів водопропускої труби (з урахуванням варіативних факторів) є можливість отримання оптимальної (за геометричною ознакою) конструкції, яка б враховувала параметри зрушення земної поверхні (деформативність основи) та містила мінімальні вертикальні та горизонтальні деформації.

**Висновки.** Запропонований алгоритм підбору конструктивних елементів водопропускних труб на автомобільних дорогах, розташованих на техногенно-деформованих територіях дозволить більш раціонально використовувати існуючі типові розміри елементів конструкції для зменшення негативних наслідків зрушення земної поверхні внаслідок підземних гірничих робіт, а в деяких випадках і повністю їх компенсувати.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Иофис М.А. Сдвижение земной поверхности и охрана сооружений во Львовско-Волынском бассейне/ М.А. Иофис// Уголь Украины.–Л.: 1962. – №12. – С.22-24.
2. Исследование сдвиганий и деформаций горных пород и земной поверхности для рекомендаций по проектированию и строительству автомобильных дорог на подрабатываемых территориях.: Отчёт по НИР./ ГФ ДПИ -№ГР 75064881. –г. Горловка, 1980. – 203с.
3. Правила підробки будівель, споруд та природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом: ГСТУ 101.00159226.001-2003. –[Чинний від 2003-11-22] – К. :Мінпаливнерго України, 2003. – 126 с.–табл. – (Національні стандарти Україні). – Текст: рос., укр.
4. Колбенков С.П. Аналитическое выражение типовых кривых сдвижения поверхности / С.П. Колбенков– Л.: сб. трудов ВНИМИ., 1961г. – вып. №43 – С.46-49.
5. Мости та труби. Основні вимоги проектування ДБН В.2.3-22:2009 – [Чинний від 2009-11-11]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 73 с.– (Державний стандарт України)
6. Городецкий А.С. Метод конечных элементов в проектировании транспортных сооружений / А.С. Городецкий, В.И. Заворицкий, А.И. Лантух-Лященко, А.О.Рассказов. – М.: Транспорт, 1981. – 144 с.
7. Попов А. Н. Характерні деформації водопропускних труб автомобільних доріг / А.Н.Попов, Б.І. Злочевський, А.Б. Ліневич – тр. СоюздорНДІ, 1972. – Вип. 59. – 180 с.

УДК 628.39

Юрченко В.А., д-р техн. наук, Михайлова Л.С., Ячник М.В.

## ЗАЩИТА ПРИРОДНИХ ЭКОСИСТЕМ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЛИВНЕВЫМИ СТОКАМИ С МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ВОДОТОКАХ

**Анотація.** В експериментальних дослідженнях установили, що під час дощу зливові стоки з мостових споруджень у 2-6,4 рази підвищують концентрацію завислих речовин і нафтопродуктів у річковій воді. Механічна обробка (фільтрування через природні матеріали) не забезпечує очищення поверхневих стоків такого складу до нормативних вимог.

**Ключові слова:** зливовий стік з мостів, забруднення водотоків, охорона поверхневих вод, механічні методи очищення, фільтруючий патрон.

**Аннотация.** В экспериментальных исследованиях установили, что во время дождя ливневые стоки с мостовых сооружений в 2-6,4 раза повышают концентрацию взвешенных веществ и нефтепродуктов в речной воде. Механическая обработка (фильтрование через природные материалы) не обеспечивает очистку поверхностных стоков такого состава до нормативных требований.

**Ключевые слова:** ливневой сток с мостов, загрязнение водотоков, охрана поверхностных вод, механические методы очистки, фильтрующий патрон.

**Abstract.** It has been found in experimental studies, that storm runoff from bridges increase the concentration of suspended solids and petrochemicals in the river water in 2-6,4 times in the rain. The mechanical processing (filtering through natural materials) does not provide cleaning of the surface runoff of this composition to the regulatory requirements.

**Keywords:** storm runoff from bridges, polluting of the watercourse, protection of surface water, mechanical cleaning methods, the filter cartridge.

К числу наиболее значимых социально-экономических последствий модернизации и развития сети автомобильных дорог в Украине можно отнести сокращение негативного влияния транспортно-дорожного комплекса на окружающую среду. Проблема очистки ливневых и талых вод с полотна шоссейных дорог вне города довольно мало изучена. Даже в развитых европейских странах вопрос о необходимости очистки поверхностного стока с шоссейных дорог, проходящих вне города, был поставлен на повестку дня только в последние годы. Вместе с тем при строительстве и эксплуатации шоссейных дорог первой категории при интенсивности транспортного потока 80000 – 100000 автомобилей в сутки загрязнение ливневых и талых сточных вод нефтепродуктами, взвешенными веществами, тяжелыми металлами достигает экологически опасных уровней. Особенно остро стоит вопрос по очистке ливневого стока с мостов и эстакад при пересечении рек и водоемов [1].

Основными загрязняющими компонентами поверхностного стока, формирующегося на поверхности автомобильных дорог, являются смываемые с поверхности пыль, бытовой мусор, вымываемые компоненты дорожных покрытий, продукты истирания шин, а также нефтепродукты. Концентрации загрязняющих веществ в ливневых водах по разным источникам существенно отличается. Так, концентрации взвешенных веществ в поверхностных сточных водах по данным разных источников колеблются от 53 до 20000 мг/дм<sup>3</sup>, содержание нефтепродуктов – от 6 до 87,5 мг/дм<sup>3</sup> [1]. Большой диапазон разброса концентраций объясняется большим разнообразием условий загрязнения и отсутствием унифицированных методов измерений. Но при всех приведенных концентрациях сброс неочищенных ливневых вод с дороги в реки согласно «Правил охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами, затверджені постановою Кабінету Міністрів України від 25.03.99 № 465» [2] и «Рекомендацій по запобіганню забруднення довкілля поверхневими стоками з автомобільних доріг РБ 2.2-218-03450778-310-2004» [3] не допустим.

Цель данной работы – экспериментальная оценка загрязнения речных вод после мостовых переходов и прогнозная оценка предлагаемых способов очистки ливневого стока с мостов при пересечении рек и водоемов. Контроль химического состава речных вод выполняли согласно нормативным методикам по анализу поверхностных вод в Украине [4].

В настоящее время именно воздействием транспорта в значительной мере определяется качество вод пересекаемых водотоков [1, 5]. Как показали наши данные контроля состава речных вод (во время дождя) до и после моста в г. Харькове (табл.1), загрязнение воды в р. Харьков после пересечения трассы увеличивается и достигает значений, превышающих ПДК по всем контролируемым показателям (концентрации взвешенных веществ, нефтепродуктов, аммонийного азота и ХПК), что согласуется с данными российских специалистов [1]. Суммируя наши данные и данные [1], можно заключить, что концентрации взвешенных веществ и нефтепродуктов в речной воде после пересечения мостовых переходов повышаются в 2-6,4 раза.

Таблицы 1 – Влияние на состав речных вод пересечения с мостовыми переходами

Водные объекты и документы, нормирующие концентрации загрязнений при сбросе сточных вод в водоемы	Показатели								
	Взвешенные вещества.		Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>		ХПК, мг/дм <sup>3</sup>		Азот аммонийный, мг/дм <sup>3</sup>		
Водные объекты и документы, нормирующие концентрации загрязнений при сбросе сточных вод в водоемы	Взвешенные вещества.	Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	ХПК, мг/дм <sup>3</sup>	Азот аммонийный, мг/дм <sup>3</sup>	Водные объекты и документы, нормирующие концентрации загрязнений при сбросе сточных вод в водоемы	Взвешенные вещества.	Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	ХПК, мг/дм <sup>3</sup>	Азот аммонийный, мг/дм <sup>3</sup>
р.Харьков	21	53	0,2	0,4	30	80	0,8	1,4	
р.Охта [1]			0,3	1,94					
ПДК для водоемов культурно-бытового назначения	+0,75		0,3		Не нормир.			2,0	

ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения	+0,75	0,05	Не нормир.	0,5
ПДК (приказ №451 Минагрополитики и продовольствия Украины) [6]	25 мг/дм <sup>3</sup>	Не нормир.	50	0,5-1,0

Одной из задач водоочистки является сокращение сброса загрязненных ливневых стоков с мостов автомобильных дорог. Для решения этой задачи необходимо предусматривать устройство соответствующих очистных сооружений при проектировании автодорожных мостов. Согласно исследованиям, проведенным ФГУП «РОСДОРНИИ», при строительстве и реконструкции мостов на территории РФ в настоящее время применяются несколько типов очистных сооружений (рис. 1).



Рисунок 1 - Сооружения, используемые при очистке ливневых стоков на мостовых переходах [7]

Для обработки смывов с мостовых переходов в первую очередь строятся очистные сооружения индивидуального проектирования из сборного и монолитного железобетона. Это вызвано тем, что в дорожной отрасли отсутствуют конкретные требования к очистным сооружениям, поэтому их проектирование и строительство выполняется по типу, используемому для промышленных предприятий [7].

Из приведенных на рис. 1 очистных сооружений наиболее простыми и экономными в исполнении являются устройства в виде комбинированного фильтрующего патрона. Тем не менее, они должны обеспечивать очистку поверхностных сточных вод с мостов до норм сброса в водоемы рыбохозяйственного значения. Применение фильтрующего патрона осуществляется при невозможности размещения очистного сооружения за пределами конструкции моста, с учетом результатов проведения технико-экономического обоснования. Установка фильтрующего патрона осуществляется, как правило, на опорах моста с двух сторон. Сточные воды по двухскатному поперечному профилю моста собираются на лотках вдоль проезжей части, где они стекают в водоприемные решетки, расположенные выше фильтрующего патрона. По водоприемному коллектору загрязненный сток попадает на подающий лоток, по которому стекает на фильтр очистки от крупных предметов и мусора фильтрующего патрона. Затем в среднюю часть фильтрующего патрона, где в процессе прохождения через синтетический или природный фильтрующий материал, происходит осаждение основной части взвешенных частиц и нефтепродуктов. Далее частично очищенные сточные воды поступают в сорбционный блок на основе угольных фильтров, где происходит более глубокое удаление из воды взвешенных веществ и нефтепродуктов. После прохождения фильтров, очищенные сточные воды через выпускной коллектор сбрасываются в водоем [7].

Очистные устройства в виде фильтрующего патрона устанавливают на мостах в Украине, например в Черкасской области на р. Вильшанка (рис.2). Однако данный фильтрующий патрон содержит только

природные фильтрующие материалы (щебень, гравий, песок) и не содержит сорбционного блока, что снижает эффективность очистки от мелкодисперсных загрязнений.

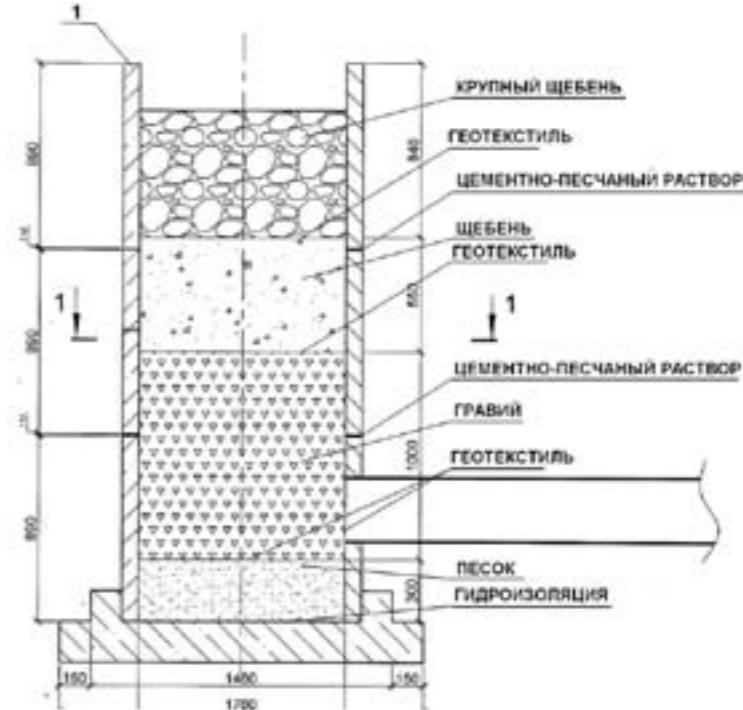


Рисунок 2 - Очистное устройство на мостах

Очистное устройство такого типа является сооружением механической очистки сточных вод, предназначенным для удаления из воды крупнодисперсных суспендированных веществ, в том числе взвешенных веществ и нефтепродуктов. В фильтрах с зернистой загрузкой предусматривается фильтрование сверху вниз, скорость фильтрования достигает 5-10 м/ч. При этом продолжительность использования нерегенерируемого фильтранта составляет не менее 3-4 месяцев. При эксплуатации такого устройства также необходимо предусмотреть решение вопроса утилизации отработанного материала [8]. Загрязнение смывов с автомобильных дорог, принимаемое при расчете и проектировании систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока в Российской Федерации [5], составляет по взвешенным веществам - 1000-3000 мг/дм<sup>3</sup> и по нефтепродуктам – 20-25 мг/дм<sup>3</sup>. По данным наших измерений, в г. Харькове смывы с дорожного полотна на мосту в первые 20 мин дождя содержат 150-870 мг/дм<sup>3</sup> взвешенных веществ и 11-41 мг/дм<sup>3</sup> нефтепродуктов. Прогноз надежности защиты природных водоемов от загрязнения сточными водами такого состава с помощью только механических методов очистки (фильтрованием через природные материалы) весьма негативный. Эффект очистки на таких сооружениях составляет до 80% по нефтепродуктам и взвешенным веществам, что не обеспечит достижения нормативно допустимого уровня концентраций по этим загрязнениям. Остаточные концентрации взвешенных веществ и нефтепродуктов после такой обработки согласно расчетом будут составлять:

- 200-600 мг/дм<sup>3</sup> взвешенных веществ и 4-4,5 мг/дм<sup>3</sup> нефтепродуктов (если исходное загрязнение смывов принять по [5]);
- 30-174 мг/дм<sup>3</sup> взвешенных веществ и 2,2-8,2 мг/дм<sup>3</sup> нефтепродуктов (если исходное загрязнение смывов принять по данным наших измерений в г. Харькове).

Эти концентрации превышают допустимые при сбросе поверхностных сточных вод в водоемы культурно-бытового и тем более рыбохозяйственного назначения в Украине (25 мг/дм<sup>3</sup> по взвешенным веществам и 0,05- 0,3 мг/дм<sup>3</sup> по нефтепродуктам).

А для удаления специфических загрязняющих компонентов, растворяющихся в воде, - аммонийного азота - необходимо применять специальные методы очистки либо на завершающем этапе очистки, либо использование комбинированных сооружений, включающих сорбцию, биосорбцию или ионный обмен.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Во время дождя ливневые стоки с мостовых сооружений повышают концентрации взвешенных веществ, нефтепродуктов, аммонийного азота и ХПК в речной воде. Загрязнение воды в р. Харьков после пересечения трассы достигает значений, превышающих ПДК по всем контролируемым показателям.

2. Использование только механических методов очистки ливневых смывов с мостов (фильтрование через природные материалы) не позволит достичь ПДС по концентрации взвешенных веществ, нефтепродуктов и аммонийному азоту.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Леонов Е.А. Проблемы очистки сточных вод с поверхности автомобильных дорог на примере кольцевой автомобильной дороги вокруг Санкт-Петербурга. / Е.А. Леонов, М.С. Михайлова // Жизнь и безопасность. - 2002. - № 3. - С. 280-286.
2. Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами, затверджені постановою Кабінету Міністрів України від 25.03.99 № 465.
3. Рекомендацій по запобіганню забруднення довкілля поверхневими стоками з автомобільних доріг РБ 2.2-218-03450778-310-2004.
4. Перелік атестованих та тимчасово допущених до використання методик визначення складу, властивостей та забруднюючих речовин проб природних та стічних вод.
5. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. Федеральное Агентство Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (РОССТРОЙ). ФГУП «НИИ ВОДГЕО». - Москва. – 2006.
6. Про затвердження Нормативів екологічної безпеки водних об'єктів, що використовуються для потреб рибного господарства. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Наказ №471 від 30.07.2012. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 14 серпня 2012 за № 1369/21681.
7. Бобков А.В. Очистка загрязненных ливнестоков на мостах автомобильных дорог / А.В. Бобков, О.А. Бобкова // ДОРОГИ И МОСТЫ. – М.: ФГУП «РОСДОРНИИ», 2011. – № 3. - С. 253 – 261.

## ЗМІСТ

	стр.
<b>Бошота В.В.</b> Вплив площи басейну стоку на параметри ексфільтраційних траншей	5
<b>Гамеляк І.П., Гордієнко А.С.</b> Протиерозійний захист при будівництві та реконструкції автомобільних доріг	11
<b>Дмитренко Л.А., Гамеляк І.П., Шатило Т.В., Строкач С.Л</b>	18
Дослідження впливу швидкості навантаження та ширини зразка на механічні властивості термоскріпленого геотекстилю	23
<b>Дубик О.М.</b> Розрахунок на міцність захисних залізобетонних обойм безнапірних труб дощових мереж від дії дорожнього покриття і тиску тягача нк-80	29
<b>Срмакова І.А.</b> Екологічний підхід при будівництві будівель і споруд на насипах	35
<b>Жук В.М., Павлишин В.Г.</b> Метод гіdraulічного розрахунку нестационарних гіdraulічних процесів у блочних очисних спорудах дощових стічних вод	41
<b>Ільченко В.В., Слінчук П.Б., Сергєєв О.С.</b> Аналіз стану штучних споруд на території полтавської області, збудованих на початку ХХ століття	44
<b>Кривенко Ю.М., Елятинський А. О., Кривенко А.Ю.</b>	49
Про необхідність і способ контролю температури поверхні аеродромів та автошляхі	56
<b>Кузло М. Т.</b> Моделювання вертикальних зміщень ґрутового масиву в процесі його осушення	61
<b>Литвиненко А.С.</b> Про недоцільність використання приладу В.С. Сиралєва для визначення коефіцієнта фільтрації пісків у ДСТУ Б В.2.1-23:2009, та необхідність відмови від влаштування "дренуючих" піщаних шарів в основі дорожніх одягів автомобільних доріг	67
<b>Малахов А.В., Рублев А.В., Старостин С.Н.</b> Оценка кавитационных характеристик поворотных регуляторов расхода	71
<b>Неїло Я.В.</b> вплив форми гідрографу на загальній розмив під мостовими переходами	79
<b>Osiaiev Iu.M., Bryk Douglas</b> The use of the dirichlet distribution in probability statistic methods of research	85
<b>Петрович В.В., Артеменко В.А.</b> До оцінки синхронності коливань річного стоку річок	91
<b>Савенко В.Я., Славінська О.С., Усиченко О.Ю., Стьожка В.В.</b> Особливості врахування надходження кількості водоги в дренажні конструкції при відтаванні ґрунту земляного полотна	100
<b>Савенко В. Я., Славінська О. С., Козарчук І. А.</b> Математична модель розгалуженого потоку в зоні впливу мостового переходу з груповими отворами	103
<b>Сліпець О.В.</b> Визначення ефективності використання геотекстилю в дорожньому будівництві за допомогою розподілу діріхле	109
<b>Сорочук Н.И.</b> Анализ методов очистки сточных вод с поверхности автомобильных дорог в инженерных сооружениях	112
<b>Ткачук С.Г., Башкевич І.В.</b> Критеріальне рівняння залишкового розмиву	119
<b>Ткачук С.Г., Євсейчик Ю.Б., Медведєв К.В.</b> Особливості врахування гідростатичного тиску в проектуванні фундаментів мостових опор	122
<b>Ткачук С.Г., Матвеєва К.Ю.</b> Види хвиль і побудова кривої вільної поверхні при прориві греблі	126
<b>Чечуга О.С., Каськів В.І., Каськів С.В.</b> Результати математичного та числового моделювання навантажень на круглі водопропускні труби в земляному полотні	127
<b>Шилін І.В., Грицук Ю.В.</b> Розробка алгоритму підбору конструктивних елементів при проектуванні водопропускних труб на техногенно-деформованих територіях	133
<b>Юрченко В.А., Михайлова Л.С., Ячник М.В.</b> Защита природных экосистем от загрязнения ливневыми стоками с мостовых сооружений на водотоках	139

Для нотаток

Збірник наукових праць

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
*Національний транспортний університет*

**АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ  
І ДОРОЖНЕ БУДІВНИЦТВО**

Науково-технічний збірник

Заснований у 1964 р.

Випуск 87

Відп. редактор В.Я.Савенко

Комп'ютерна верстка: А.П.Яремов

*За стилістику і орфографію статей збірника несуть відповідальність автори*

Підписано до друку 20.03.2013  
Формат 84<sup>у</sup>108/32. Папір офсетний №1  
Гарнітура Антиква. Друк офсетний.

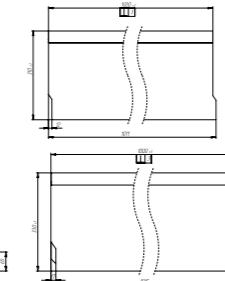
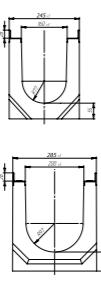
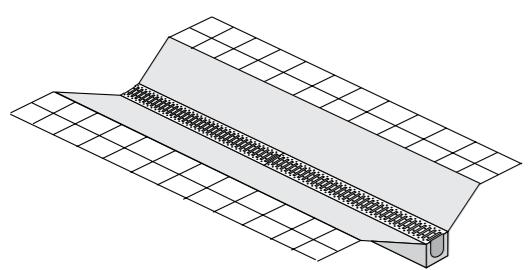
Наклад 300. Зам. №

01103, м. Київ, вул. Кіквідзе, 39.  
Редакційно-видавничий відділ НТУ, тел. (044) 284-26-26

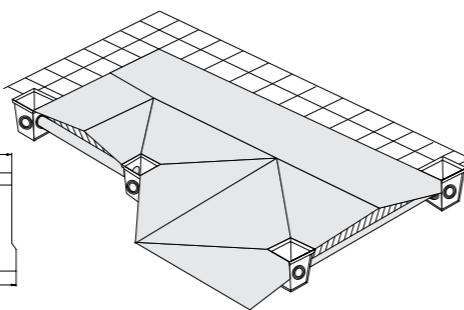
## «Стандартпарк» — професійні системи водовідведення для промислового будівництва

### Системи поверхневого водовідводу

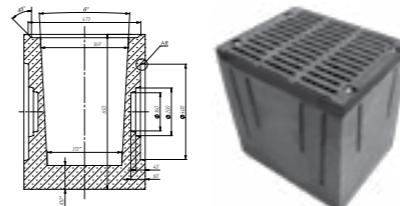
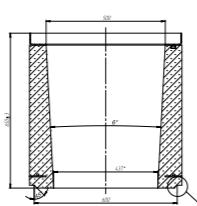
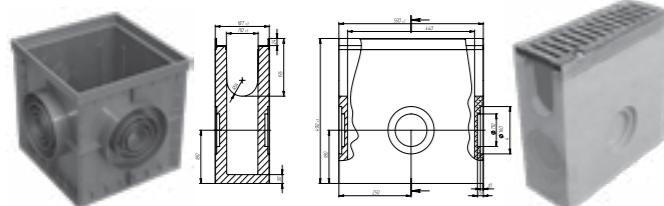
Лінійний тип водовідведення



Точковий тип водовідведення

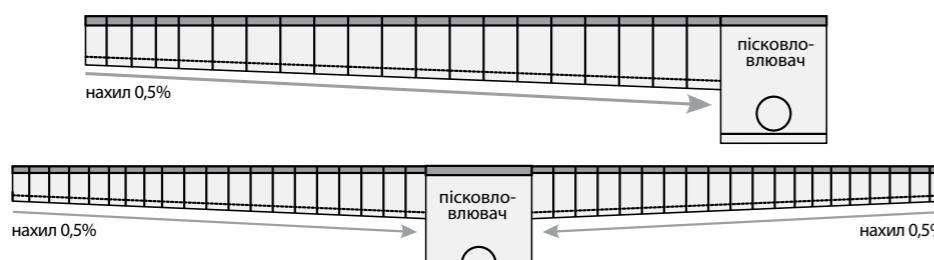


Матеріал	Клас навантаження	Довжина (мм)	Ширина (мм)	Висота (мм)	Вага (кг)	Пропускна здатність (л/с)
бетон, полімербетон, пластик	15-900 kN A-F (згідно EN 1433)	1 000	100-640	55-610	0,8-457	1,35-213,2



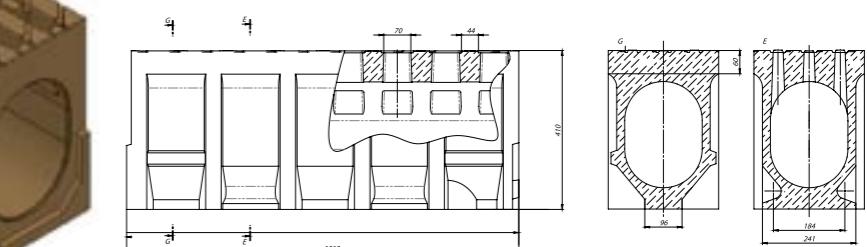
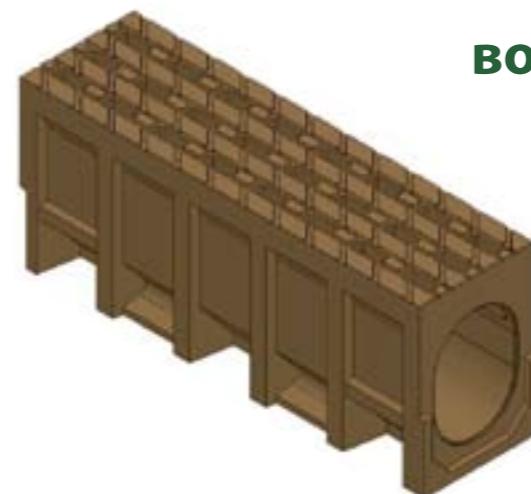
Матеріал	Клас навантаження	Довжина (мм)	Ширина (мм)	Висота (мм)	Вага (кг)	Пропускна здатність (л/с)
бетон, полімербетон, пластик	15-900 kN A-F (згідно EN 1433)	500	100-640	55-610	1,1-257	1,35-213,2

Схема монтажу лінії поверхневого водовідводу



ТОВ "Центр Стандарт Парк"

03680, Україна, м. Київ, пров. Приладний, 10  
тел./факс: (044) 496-06-52; 496-06-53; 496-06-54  
www.standartpark.com.ua



**Блок монолітний водовідвідний СотроМах БМВ 20.29.34-П полімербетонний**

# ПРОФЕСІЙНІ СТАНДАРТИ ВОДОВІДВЕДЕНИЯ ДЛЯ ДОРОЖЬОГО БУДІВНИЦТВА



 standartpark®

[www.standartpark.ua](http://www.standartpark.ua)

төл. (044) 496-06-52