**Концепция уменьшения воздействия поверхностного стока на экосистему**

А.И. Демков

Рассмотрена официальная концепция очистки поверхностного стока городов, на примере г. Ялты. Определены ее проблемы экономического, технологического порядка. Предложена новая концепция очистных сооружений поверхностного стока на полипропиленовом фильтре Демкова А.И. и расчет отстойника по патенту а200707766 UA. Пример очистных сооружений поверхностного стока на компьютерных моделях для поверхностного стока на 150 и 600 м3/час.

В концепции очистных сооружений один из постулатов формулируется так: очистные сооружения начинаются с канализации. Это особенно наглядно видно для очистки поверхностного стока. В [5] разделение дождевого стока перед очистными сооружениями осуществляется двумя способами (рис.1).

В первом способе (схема 1) предусматривается регулирование расхода стока за счет устройства на коллекторах дождевой канализации раздельных камер. В этом случае на очистку направляется сток от мало интенсивных дождей и часть стока с определенным расходом от интенсивных дождей, а остальная часть сбрасывается без очистки.

Второй способ разделения (схема 2, рис. 1) заключается в аккумулировании и последующим отведении на очистку объема дождевых вод, притекающих от начала стока до определенного момента. При таком разделении на очистку направляется концентрированная часть стока от всех дождей, а в водный объект сбрасывается наименее концентрированная часть стока от значительных по слою дождей.

Изобретения ВНИИВО г. Харьков [6,7] и др. направлены на регулирования дождевых потоков и улучшения работы разделительной камеры 7 из схемы 2 (рис. 1). В связи с огромными потоками дождевых стоков перехватить их и очистить не возможно. Поэтому предложили использовать регулирующую (или аккумулирующую) емкость 8 (схема 3 рис. 1) , рассчитанную на прием пиковых расходов стока, с последующей их очисткой.

Из [2] рассмотрим табл. 1 и 2.

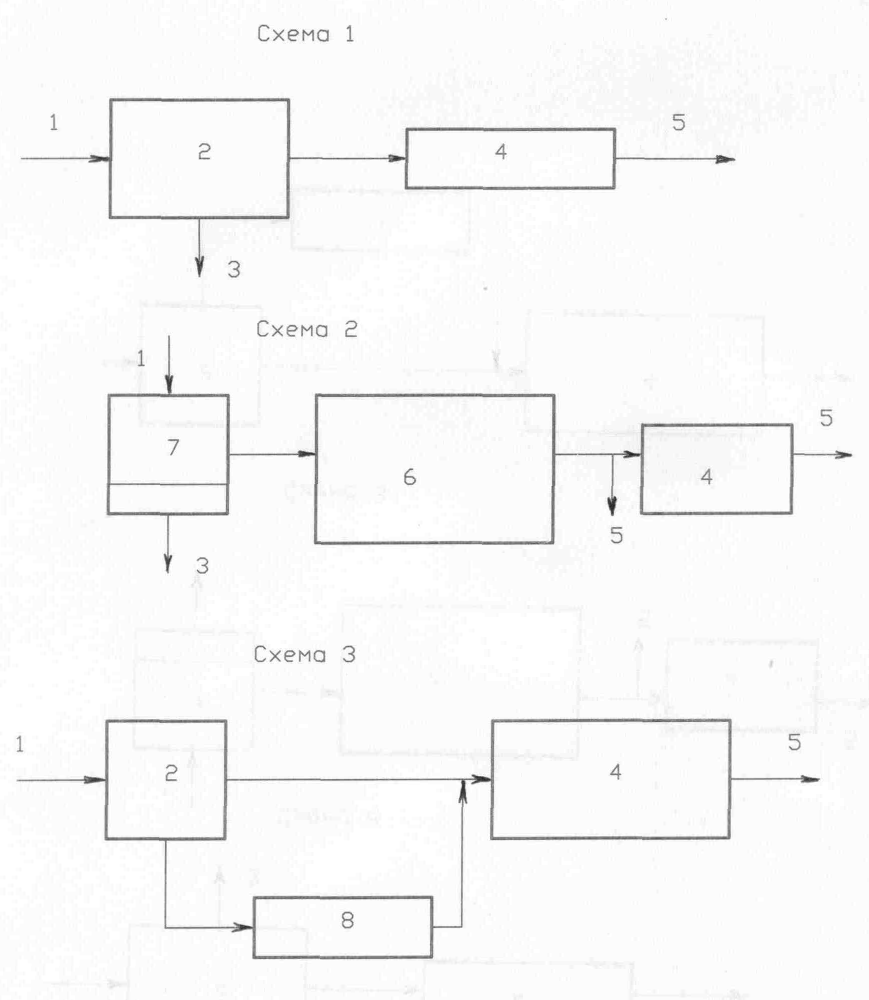


Рис. 1. Принципиальная схема разделения дождевого стока перед очистными сооружениями:

1 – коллектор дождевой канализации; 2 – разделительная камера; 3 – сброс неочищенного поверхностного стока в водный объект; 4 – очистные сооружения; 5 - отведение очищенного поверхностного стока в водный объект или в систему производственного водоснабжения; 6 – аккумулирующая емкость; 7 – камера распределения стока; 8 – регулирующая емкость

Таблица 1.Расчетные объемы аккумулирующих емкостей (WAE, м3), гарантирующие аккумулирование и односуточное отстаивание 70% годового объема поверхностного стока для каждого ливнеспуска г. Ялты

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №№  п/п | Ливневод,  № | F,  га | WAE,  м3 | | №№  п/п | Ливневод,  № | F,  га | WAE,  м3 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 10 | 416,5 | | 528 | 18 | 16 | 73,75 | 23 |
| 2 | 9 | 37,6 | | 1204 | 19 | 4в | 6,75 | 216 |
| 3 | 8 | 42,3 | | 1352 | 20 | 17а | 6,1 | 196 |
| 4 | 7 | 129 | | 4140 | 21 | 17 | 22 | 712 |
| 5 | 1в | 13 | | 412,7 | 22 | 18 | 45 | 1448 |
| 6 | 2в | 46 | | 1474,7 | 23 | 11м | 6,9 | 220 |
| 7 | 26 | 64,6 | | 2068 | 24 | 10м | 38,5 | 1232 |
| 8 | 27 | 58,5 | | 1872 | 25 | 5в | 17,6 | 564 |
| 9 | 24 | 42,5 | | 1360 | 26 | 22 | 77,8 | 2488 |
| 10 | 21 | 68,9 | | 2204 | 27 | 23 | 22,6 | 724 |
| 11 | 21а | 12,8 | | 408 | 28 | 6в | 12,5 | 400 |
| 12 | 2 | 28 | | 896 | 29 | 11 | 19,4 | 620 |
| 13 | 3 | 52,3 | | 1672 | 30 | 20 | 8,1 | 260 |
| 14 | 4 | 76,9 | | 2461 | 31 | 12 | 5,25 | 168 |
| 15 | 13 | 141,6 | | 4532 | 32 | 1м | 52,1 | 1668 |
| 16 | 3в | 11,83 | | 378,7 | 33 | 6м | 71,4 | 2284 |
| 17 | 15 | 38,4 | | 1260 |  |  |  |  |
| ∑ | | 1280,73 | | 28223 | ∑ | | 485,75 | 13223 |

Таким образом, суммируя общий объем аккумулирующей емкости для г. Ялты составит 41446 м3.

Учитывая вышеизложенное, имеет смысл провести инженерный расчет на качественную очистку поверхностного стока и сравнить объем данных очистных сооружений с объемом аккумулирующей емкости. Для примера, возьмем ливневоды № 11 и №22 г. Ялты.

Таблица 2. Средняя расчетная пропускная способность очистных сооружений проточного типа для поверхностного стока каждого ливнеспуска г. Ялта

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №№  п/п | Ливневод № | Qср,  м3/час | №№  п/п | Ливневод, № | Qср,  м3/час | №№  п/п | Ливневод,  № | Qср,  м3/час |
| 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11 | 10  9  8  7  1в  2в  26  27  24  21  21а | 130,69  297,99  334,62  1024,6  103,62  364,98  511,83  463,32  336,6  545,49  100,98 | 12  13  14  15  16  17  18  19  20  21  22 | 2  3  4  13  3в  15  16  4в  17а  17  18 | 221,76  413,82  609,18  1121,67  93,72  311,85  584,1  53,46  48,51  176,22  358,98 | 23  24  25  26  27  28  29  30  31  32  33 | 11м  10м  5в  22  23  6в  11  20  12  1м  6м | 304,45  304,92  139,59  615,78  179,19  99  153,45  64,35  41,58  412,82  565,29 |

Инженерный расчет очистных сооружений поверхностного стока на максимальную производительность 150 м3/час и 600 м3/час

Выбираем оптимальную технологическую схему, предложенную в статье [25], двухсекционный отстойник двухсекционный приемный резервуар

насосная фильтр сброс в водоем. Для обезвоживания осадка применяем иловые площадки с расчетом на выдерживание его с нагрузкой 3м3 на 1м2 в год согласно п. 4.2.10 [1] .

Вопреки рекомендации [1] доочистка поверхностного стока будет производиться на фильтрах по патенту изобретения 1086585. Данные по проектированию фильтра взяты на основании научных исследований по фильтрации на Запорожской АЭС и очистных сооружений водопровода г. Старый Крым.

Расчет будет произведен на максимальную эффективность очистки воды, поэтому не имеет смысла эту воду сбрасывать в канализацию города, согласно схеме 1, рис. 1.

Для расчета очистных сооружений поверхностного стока перечислим существенные рекомендации и ограничения.

Раздел 4.2.8. [1]: Пред сооружениями для регулирования и очистки поверхностного стока следует предусматривать установку решеток для задержания мусора с прозорами 10 – 20 мм.

Для реализации проекта очистки ПС выбирается схема 1 разделения дождевого стока [1].

Максимальную горизонтальную скорость движения воды в отстойнике принимаем до 12 мм/с, скорость осаждения взвеси не более 0,4 мм/с [1].

Для металлических труб наибольшая скорость движения воды следует принимать 8 м/сек ( СН и П 2.04.02-84).

Максимальная скорость фильтрации - 100 м/час.

Максимальное рабочее давление на фильтрующий материал – 2 атм.

Последние ограничения приняты из исследований, проведенных на ЗАЭС и ВОС г. Старый Крым.

Общие технические решения для очистных сооружений ПС производительностью 150 и 600 м3/час: минимальная глубина отстойника 1,7 м, насосная из двух, трех насосов, ресивер на 270 л, компрессор для создания вакуума или избыточного давления воздуха.

**Расчет входного трубопровода**

Расчет будет произведен на скорость движения воды в безнапорных трубопроводах 1 м/с. Максимальной расчетной скоростью называют допустимую скорость течения жидкости, не вызывающую снижение механической прочности материала труб при истирающем действии песка и твердых веществ, транспортируемых сточной жидкостью. Эту скорость обычно принимают 4 м/с для неметаллических труб и 8 м/с для металлических труб. В дождевой канализации для неметаллических труб эта скорость может быть принята до

7 м/с, а для металлических 10 м/с, т.к. потоки воды здесь имеют кратковременный характер.

на 150 м3/час

сечение трубопровода равно

S = Q/V = 150/1х 3600 = 0,0417 (м2),

D тр =



Можно принять трубу электросварную (ГОСТ 10704 – 76) - 245 х 5

на 600 м3/час

сечение трубопровода равно

S = Q/V = 600/1х 3600 = 0,1667 (м2),

D тр =



Можно принять трубу электросварную (ГОСТ 10704 – 76) - 480 х 5,

отводящие трубы в отстойник выбираем 273 х 8 (ГОСТ 8732-70) в количестве 4 шт. для каждой секции и с дросселирующими заслонками 250 мм.

Насосная на 150 м3/час

По условию эксплуатации выбираем два насоса, для параллельной работы,

КМ 90/20 Насосы КМ – консольный моноблочный, монтируется на валу - фланце электродвигателя.

Насосная на 600 м3/час

По условию эксплуатации выбираем три насоса типа КМ 150-125-250, для параллельной работы. Это позволит более качественно регулировать производительность насосной в целом и увеличит надежность оборудования.

Совместная работа насосов.

Регулирование производительности.

Изменение производительности насоса может осуществляться тремя способами.

1. Изменение числа оборотов насоса, когда приводом является двигатель, допускающий изменение числа оборотов. Этот метод регулирования является наиболее экономичным, т.к. исключаются какие- либо дополнительные потери напора.

2. При неизменном числе оборотов производительность насоса чаще всего регулируется при помощи задвижки на нагнетательном трубопроводе. Прикрытием задвижки создается добавочное сопротивление, которое уменьшает производительность насоса. Иногда прикрывают задвижку на всасывающем трубопроводе, но рекомендовать этого нельзя, т.к. высота всасывания может достичь такой величины, при которой в насосе возникнет кавитация.

Методы регулирования дросселированием являются не экономичными вследствие бесполезного расходования энергии на преодоление сопротивление задвижки 3. Если производительность насоса должна быть изменена на длительное время, то вместо дросселирования следует иметь два комплекта колес насоса, один – для максимальной производительности насоса, второй, уменьшенным путем обточки диаметром колеса, - для минимальной производительности насоса, имеется третий способ – регулированием частоты в электрической сети.



Рис.1. Компьютерная модель ЛОС поверхностного стока на 150 м3/час

Поскольку поступление поверхностных стоков имеет очень неравномерный характер, то регулирование производительности очистных сооружений будем осуществлять путем включения или отключения насосов, собранных в технологическую схему параллельно, и не зависимо друга от друга, каждый насос дросселирующей заслонкой будет настроен индивидуально. Для гидравлической развязки, во избежание обратного движения воды с входа на прием насоса, в напорном трубопроводе будет установлен обратный клапан. Управление насосами возможно как в автоматическом режиме с помощью датчиков уровня, так и в ручном режиме.

**Расчет отстойника**

Для увеличения эффективности удаления взвеси в отстойниках будут установлены тонкие сетки на всю ширину живого сечения отстойника, по патенту а200707766 UA. Это позволит стабилизировать горизонтальную скорость движения воды, уменьшит завихрения во второй рабочей зоне, а также ликвидируются «мертвые зоны» в отстойнике. Данное предложение более экономично по сравнению с методом тонкослойного отстаивания. Время отстаивания на максимальной производительности зададим 15 мин, что подтверждается исследованиями [5].

Отстойник на 150 м3/час

Ширину одной секции отстойника принимаем 2400мм, глубину отстойной части

1500 мм.

Определим длину отстойной части.

V = Q/BШ

V= 150: (2 х 2,4 х 1,5 х 3600) = 0,0058 (м/с) = 5,8 мм/с - горизонтальная

средняя скорость движения воды в отстойнике.

Длина второй зоны отстойника равна

L = VT = 5,8 х 15 х 60 = 5220 (мм)

За время T = 15 мин = 900с взвесь с гидравлической крупностью 0,4 мм опуститься на глубину

H = U T = 0,4 х 900 = 360 (мм)

При наличие гидрозатвора перед отводящей трубой и ламинарном течение данная взвесь не попадет на следующую ступень очистки.

Отстойник на 600 м3/час

Определим объем отстойной части при 15 минутном отстаивании: 600: 4 = 150 (м3).

Зададим глубину отстойной части 1,5 м, ширину одной секции 6 м, тогда длина отстойника будет определяться 150 : (2 х 1,5 х 6) = 8,33 (м), к этому размеру надо прибавить длину зон 1 и 3 отстойника.



Рис.1. Компьютерная модель ЛОС поверхностного стока на 600 м3/час

Горизонтальная скорость очищаемой воды:

V= 600 : (2 х 6 х 1,5 х 3600) = 0,0093 (м/с) = 9,3 мм/с < 10 мм/с, что допустимо по эксплуатации.

**Приемные емкости**

Данные емкости необходимы для гидравлической развязки отстойников с насосной. Расчет их сводится в определении минимального объема для пребывания 5 минутного максимального стока. Таким образом, минимальная емкость приемного резервуара может быть для 150 м3/час = 150 : 12 = 12,5 (м3), для 600 м3/час = 600:12 = 50 (м3). В действительности этот объем должен конструктивно быть больше из – за «мертвых зон», не участвующих в технологическом процессе.

**Фильтры**

Для очистки воды от дисперсных примесей в технологической схеме предусмотрены промышленные нетиповые фильтры по патенту 1086585. К каждому проекту ЛОС ПС фильтры одинаковой конструкции. Они составляют как бы фильтрующий модуль, количество их зависит от общей нагрузки. В данном проекте произведем технологический расчет фильтрующего модуля на 150 м3/час. Конструктивно выбираем двухъярусный фильтр состоящих из трех фильтрующих ячеек. Фильтрующая площадь ячейки 0,245 м2. Общая фильтрующая площадь будет 6 х 0,245 = 1,47 (м2). Максимальная скорость фильтрации 150 : 1,47 = 102 (м/час), т.е. близка к возможной максимальной скорости. Для очистных сооружений производительностью 600 м3/час, таких фильтрующих модулей будет 4 шт. Конструктивно можно максимальную скорость фильтрации уменьшить, для ЛОС 150 м3/час на 50%, для ЛОС 600 м3/час – на 25, 50%. Для этого надо поставить дополнительно фильтрующие модули – место над приемной емкостью имеется. Проблема состоит в целесообразности этого. Главное в работе фильтра – это его фильтроцикл, который зависит от качества поступающих стоков. Эту нестабильную характеристику может определить лишь опыт очистки конкретных поверхностных стоков.

**Выводы**

Основная доля стоимости промышленных сооружений, таких как аккумулирующая емкость и локальные очистные сооружения поверхностного стока, будет определяться объемом бетона, земляных работ. Как следствие этого, сравнение можно провести по показателю – общего объема конструкции. В табл. 3. приведены сравнительные показатели по реализации схемы 2 из рис. 1.

Таблица. 3. Экономическое сравнение объемов бетонных работ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Характеристика сооружений | Площадь водосбора, га | Объем сооружений, м3 |
| Ливневод 11 | | |
| Аккумулирующая емкость | 19,4 | 620 |
| Локальные очистные сооружения поверхностного стока | 157 |
| Ливневод 22 | | |
| Аккумулирующая емкость | 77,8 | 2488 |
| Локальные очистные сооружения поверхностного стока | 413 |

Экономический анализ табл. 3. убедительно доказывает, что лучшим технологическим решением является применение локальных очистных сооружений, вместо аккумулирующих и регулирующих емкостей. Как следствие этому, технологическая концепция [1] должна быть пересмотрена.

**Список литературы**

1. Временные рекомендации по проектированию сооружений для очистки поверхностного стока с территорий промышленных предприятий и расчету условий выпуска его в водные объекты. - М.: ВНИИВОДГЕО, ВНИИВО, 1983. - 67 с.

2. А. К. Кузин, В.М. Московкин, Демков А.И. и др. « Разработка рекомендаций по водоотведению и очистке поверхностного стока с застроенной территории г. Ялты в пределах водосборов рек Быстрой и Водопадной» Ялта, 1989.- 22с.

3. Хват В. М., Рокшевская А.В,.,. Абромович И.А,. Гонтарь Ю.В,

Беличенко Ю.П. Авторское свидетельство №1142607 «Устройство для регулирования стока рек» 07.08. 1983

4. Хват В. М., Рокшевская А.В,., Калашников В.М., Злотников Б.С.,

Чмелев Ю.А. Авторское свидетельство №1142607 «Система дождевой канализации» 28.02.1985

5. Демура М.В. Проектирование тонкослойных отстойников. К.: Будiвельник, 1981.- 50с.

6. Хват В. М., Рокшевская А.В., Абромович И.А,. Гонтарь Ю.В, Беличенко Ю.П. Авторское свидетельство № 1015621 «Устройство для регулирования стока рек» 07.08. 1983

7. Хват В. М., Рокшевская А.В,., Калашников В.М., Злотников Б.С., Чмелев Ю.А. Авторское свидетельство № 1142607 «Система дождевой канализации» 28.02.1985.