

Проектирование, устройство и эксплуатация песчано-гравийных фильтров очистных сооружений сточных вод

Ануфриев В. Н.¹, Волкова Г. А.², Алферчик В. В.¹, Семикашева Э. Э.¹

¹Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь,

²Брестский государственный технический университет
Брест, Республика Беларусь

В работе рассмотрены особенности устройства и функционирование очистных сооружений биологической очистки сточных вод в естественных условиях. Способы очистки сточных вод на песчано-гравийных фильтрах интенсивно развиваются, и такие сооружения активно распространяются. В Беларуси песчано-гравийные фильтры являются альтернативой полям фильтрации. В отличие от полей фильтрации песчано-гравийные фильтры не имеют ограничений по производительности и характеризуются меньшим воздействием на окружающую среду.

В статье приведены краткие результаты работы по адаптации методов DWA A-262 [1] по расчету и проектированию песчано-гравийных фильтров, в том числе с растительностью, с учетом требований ТНПА Республики Беларусь. Выполнялась задача по обеспечению внедрения передовых технологий и достижений научно-технического прогресса путем использования доступной информации об установившейся практике проектирования подобных сооружений.

Разработка проекта рекомендаций выполнялась в соответствии требованиями ТНПА Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь [2]. Рекомендации одобрены научно-техническим советом РУП «Стройтехнорм», зарегистрированы № 188 от 08.08.2022 [3].

Песчано-гравийные фильтры, в том числе фильтры с растительными насаждениями, используются как:

- локальные очистные сооружения небольшой производительности, с нагрузкой менее 50 ЭН, в том числе для отдельных домов или группы домов;
- в качестве дополнительной биологической ступени и доочистки в комбинированных установках;
- сезонные очистные сооружения, функционирующие в летний период;
- очистные сооружения населенных пунктов.

В последнем случае такие сооружения могут рассматриваться как альтернатива – как замена при выводе из эксплуатации полей фильтрации.

Принцип работы песчано-гравийных фильтров основан на фильтровании предварительно осветленных сточных вод через слой загрузки из гравия, песка. Для предварительного осветления сточной воды преимущественно применяются септики. При производительности сооружений более чем $25 \text{ м}^3/\text{сут}$ используются биологические пруды, отстойники [4].

Так же предусматривается возможность применения песчано-гравийных фильтров для предварительного осветления исходной сточной воды.

На рис. 1 показан песчано-гравийный фильтр для предварительного осветления сточной воды, выполняемый в виде фильтрующей загрузки из гравия крупностью 2–8 мм, размещаемой в выемке, с высотой слоя – не менее 0,3 м.

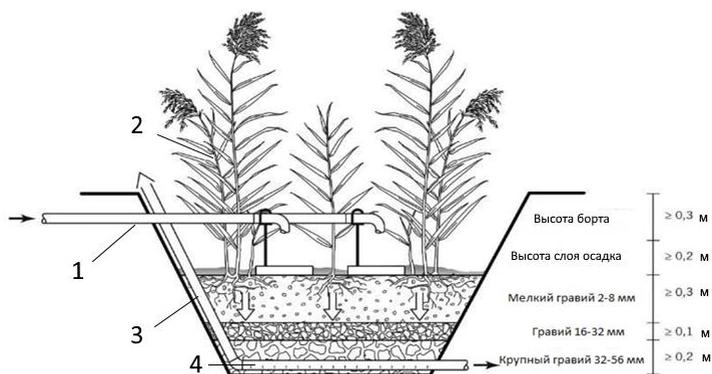


Рис. 1. Схема фильтра для предварительного осветления сточных вод:
 1 – подающий трубопровод; 2 – посадки растительности;
 3 – вентиляционный трубопровод; 4 – дренажный трубопровод

Требуемая площадь верхней части фильтра определяется исходя из расхода сточных вод и допустимой гидравлической нагрузки. При этом требуемая площадь фильтра определяется из условия, что только третья часть работает с подачей сточных вод на поверхность фильтра. Продолжительность периода для части фильтра, которая находится в резерве, без подачи сточных вод, составляет не менее 7 суток. Таким образом, фильтр должен иметь не менее трех секций, для возможности ротации рабочей секции с резервными.

Среднесуточная удельная поверхностная нагрузка по ХПК принимается не более $300 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$ при среднесуточной удельной гидравлической нагрузке на рабочую поверхность верхней части фильтра – не более $750 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$.

Локальные очистные сооружения небольшой производительности, с нагрузкой менее 50 ЭН, выполняются в виде загрузки из отмытого песка с размером зерен не менее 2 мм, высотой – не менее 0,5 м. Сточная вода по подающим трубопроводам распределяется по поверхности загрузки. Сточная вода фильтруется сверху вниз через загрузку из песка. Расчет и проектирование таких фильтров основаны на удельной площади верхней части фильтра, принимаемой от 1,0 до 4,0 м²/ЭН. Меньшее значение нагрузки принимается при загрузке из песка не менее 2,0 мм, большее значение принимается при загрузке из песка 4,0 мм и выше.

Очистные сооружения населенных пунктов с применением песчано-гравийных фильтров в качестве биологической очистки выполняются в виде фильтров с вертикальным или горизонтальным потоком, устроенных в одну или нескольких ступеней, соединенных последовательно.

Вертикальный фильтр с фильтрующей загрузкой из песка крупностью зерен менее 2 мм приведен на рис. 2.

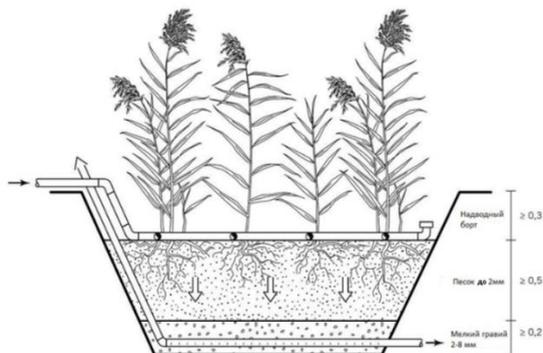


Рис. 2. Схема вертикального фильтра с фильтрующей загрузкой из песка крупностью зерен менее 2 мм

Вертикальные фильтры выполняются с разделением на 2–4 секции, на которые периодически отдельно подают сточную воду. Часть секций, как минимум 25 % от общей площади, находится в резерве без подачи сточной воды. Ротация секций производится через неделю. Кроме того, сточная вода на рабочую секцию подается периодически. Средняя минимальная продолжительность периода между периодической подачей сточных вод принимается не менее 6 ч, что обеспечивает полное удаление воды из фильтрующей загрузки.

Среднесуточная удельная поверхностная нагрузка ХПК на общую площадь верхней части фильтра принимается не более 20 г/(м²·сут), удельная

гидравлическая нагрузка на общую площадь верхней части фильтра – не более $80 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$, средняя удельная гидравлическая нагрузка на поверхность верхней части фильтра во время периодической подачи сточных вод – не менее $6 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{мин})$.

Горизонтальные фильтры работают в затопленном режиме, фильтрационный поток в загрузке направлен от распределительного устройства к дренажу со снижением уровня воды в грунте. При этом регулирование уровня воды в загрузке осуществляется в колодце, расположенном на отводящем трубопроводе. Конструкция фильтра с горизонтальным потоком приведена на рис. 3.

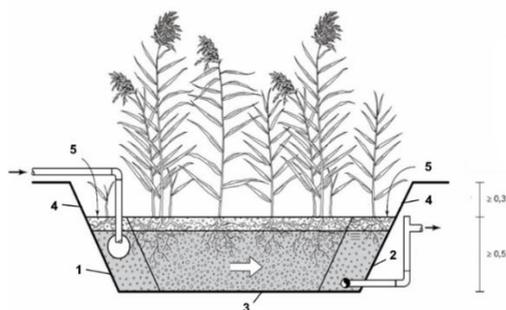


Рис. 3. Схема песчано-гравийного фильтра с горизонтальным потоком:
 1 – распределительный слой; 2 – дренажный слой; 3 – слой фильтрующей загрузки;
 4 – надводный борт; 5 – поверхностный слой

При проектировании фильтров с горизонтальным потоком для предотвращения поступления поверхностных вод на поверхности загрузки материала создают зону обратного уклона или отделяют ее поперек основного направления потока. В зоне подачи сточной воды на горизонтальный фильтр слои фильтрующих материалов укладывают в порядке уменьшения крупности зерен по направлению движения фильтрационного потока с образованием распределительного слоя. В зоне выхода потока к дренажу принимают более крупный фильтрующий материал для равномерного дренирования фильтрующей загрузки с образованием дренажного слоя.

Среднесуточную удельную поверхностную нагрузку по ХПК на общую площадь на поверхности притока принимают не более $40 \text{ г}/\text{м}^2 \cdot \text{сут}$, среднесуточную удельную поверхностную нагрузку по ХПК, отнесенную к площади дна фильтра, – более $16 \text{ г}/\text{м}^2 \cdot \text{сут}$. Для посадок на фильтрах используются растения-макрофиты или тростниковые растения, например, тростник,

осока и другие. При выборе растений учитывают местоположение участка, требования к освещенности.

Преимуществами песчано-гравийных фильтров является простое исполнение, отсутствие сложных систем управления, а также низкий уровень энергопотребления. Имеют место возможности широкого использования местных строительных материалов, таких как песок, гравий. Вместе с тем, следует учитывать потребности в площадях для размещения песчано-гравийных фильтров.

Литература

1. Arbeitsblatt DWA–A 262 Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Kläranlagen mit bepflanzten und unbepflanzten Filtern zur Reinigung häuslichen und kommunalen Abwassers. DWA, Hennef, 2017. – 70 s.

2. ТКП 45–1.01–289–2013* (02250) Методические документы в строительстве. Рекомендации и пособия в области архитектуры и строительства. Правила разработки, утверждения и применения (Измененная редакция, Изм. № 2), Минск, 2020. – 22 с.

3. Рекомендации по проектированию, устройству и эксплуатации песчано-гравийных фильтров очистных сооружений сточных вод. Р 4.01.188-2022, Международное благотворительное общественное объединение «ЭкоСтроитель», Минск, 2022. – 79 с.

4. СН 4.01.02–2019 «Канализация. Наружные сети и сооружения» Строительные нормы Республики Беларусь, Минск, 2019. – 80 с.

УДК 628.3:662.6

Брикетирование осадков сточных вод – направление создания альтернативного топлива

Вострова Р. Н.¹, Пехота А. Н.², Коваленко В. Н.¹

¹Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Республика Беларусь,

²Белорусский национальный технический университет,
Минск, Республика Беларусь

Исследовательский и производственный опыт объективно доказывает актуальность изготовления топливных брикетов с использованием осадков сточных вод, что дает возможность получить энергетический и экономический эффект от совместного использования ОСВ и древесных отходов, улучшая при этом экологическую обстановку в местах складирования и производства местного твердого топлива с необходимыми энергетическими характеристиками и физико-химическими свойствами.