

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ЛОКАЛЬНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ СТОЧНЫХ ВОД АВТОМОЙКИ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7523939>



ELSEVIER

Умаров Учкун Вафокулович

докторант Ташкентский государственный транспортный университет, E-mail: uchqunflying@gmail.com

Арифжанов Айбек Мухамеджанович

д.т.н., профессор, кафедры Гидравлика и гидроинформатика
Национальный исследовательский университет "Ташкентский институт
инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства", E-mail: obi-
life@mail.ru

Рихсходжаева Гулчехра Рашидходжаевна

PhD, доцент Ташкентский государственный транспортный университет,
E-mail: gulchexrarr@gmail.com;

Умарова Динара Шамшаддиновна

ведущий инженер Государственное унитарное предприятие «Узбеккоммуналлоихакурилиш», E-mail:
aranid.licky@gmail.com.



Abstract: Создание и совершенствование технологий и устройств очистки промышленных сточных вод остается одним из актуальных вопросов в обеспечении эффективного использования водных ресурсов и экологической стабильности окружающей среды. Вопросы увеличения производственной мощности локальных очистных сооружений, повышения уровня очистки сточных вод, предотвращения ущерба окружающей среде требуют специальных научных исследований в связи с улучшением конструктивных параметров ресурсоэффективных очистных сооружений при очистке сточных вод. В статье представлены выбор фильтров, основного звена очистных сооружений промышленных предприятий, способы использования различных фракций гравия из местного сырья в качестве фильтрующей загрузки и их гидравлический расчет. Создано устройство для очистки-отстаивания сточных вод, содержащих нефть и нефтепродукты. При создании модели устройства параметры устройства основываются на законах геометрического, кинематического и динамического подобия. Эксперименты проводились в лабораторных условиях на реальных промышленных сточных водах. На основании экспериментов были рассчитаны высота и поверхность фильтрующих загрузок в зависимости от различного расхода сточных вод автомойки, подобрана оптимальная фракция фильтрующей загрузки и определена скорость фильтрации. На основе перерасчета структурных параметров модели определены оптимальные структурные параметры для натуре.

Keywords: локальные очистные сооружения, фильтр, фильтрующая загрузка, скорость фильтрации, гидравлическое моделирование, взвешенные частицы, сточные воды, нефтепродукты, взвешенные вещества, напор, расход, давления.

About: FARS Publishers has been established with the aim of spreading quality scientific information to the research community throughout the universe. Open Access process eliminates the barriers associated with the older publication models, thus matching up with the rapidity of the twenty-first century.

Received: 09-01-2023

Accepted: 10-01-2023

Published: 22-01-2023

Очистка воды в основном производится в зависимости от целей, для которых она потребляется. Водопотребление подразделяется на питьевую воду, техническую воду, воду для пожаротушения, орошения, благоустройства и другие виды. Очистка промышленных сточных вод подразделяется на этапы очистки и уровни очистки в зависимости от их повторного использования, сброса в природу или в канализационные сети. Особое значение имеет правильный подбор фильтров на очистных сооружениях промышленных сточных вод [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

Процесс фильтрации сточных вод считается гораздо более эффективной структурой, чем отстойники, песколовки и другие сооружения в очистке вредных мелких частиц, и его место не может быть заменено другим сооружением. Создание, конструирование, монтаж, эксплуатация и

выполнение гидравлического расчета фильтров для воды, являющихся одним из широко применяемых в водоподготовке сооружений, представляет собой сложный процесс. При проектировании фильтров сточных вод необходимо определить его коэффициент фильтрации, скорость фильтрации, пористость фильтрующей загрузки, конструктивные параметры: высоту, поперечные сечение, толщину слоя фильтрующей загрузки, потери давления в фильтрах и реализовать расчетные проекты на их основе [11, 12, 13, 14, 15].

Проведение опытов, гидравлический расчет и определение конструктивных параметров для усовершенствования очистных сооружений промышленных сточных вод вызывает на практике ряд трудностей [1, 2, 8, 9, 10].

Для усовершенствования очистных сооружений промышленных сточных вод проведение на них опытов, гидравлический расчет и определение конструктивных параметров вызывает на практике ряд трудностей

На современном этапе развития промышленности актуальным вопросом является широкое использование доли местного сырья. Фильтры, используемые в местных очистных сооружениях на большинстве автомоек, расположенных на территории республики, в основном импортного производства, а их стоимость и высокий спрос на них обуславливают прерывание своевременной замены этих фильтров. В результате промышленные сточные воды сбрасываются в городские канализационные сети или каналы без полной очистки, вызывая разрушение природы и экологические проблемы [1, 2, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15].

Цель статьи - провести исследование фильтров, способных заменить импортную продукцию с использованием местного сырья.

Перед проведением исследования были изучены технология, мощность водоочистки и степень очистки локальных очистных сооружений автомоек. В ходе исследования было установлено, что на 70-80% исследованных автомоек города Ташкента в качестве горизонтальных сеток и фильтров используются преимущественно импортные синтетические продукты. В связи с тем, что фильтры некоторых не были заменены, наблюдался прямой сброс сточных вод без полной очистки.

Полная очистка сточных вод с использованием местного сырья вместо импортных фильтров является решением подобных проблем, к тому же достигается экономическая эффективность. В качестве фильтрующей загрузки можно использовать местный гравий, клинет, песок, керамику, активированный уголь, пористые полимерные материалы. В статье приводится отчет об экспериментах, проведенных с различными фракциями местного гравия для загрузки фильтра.

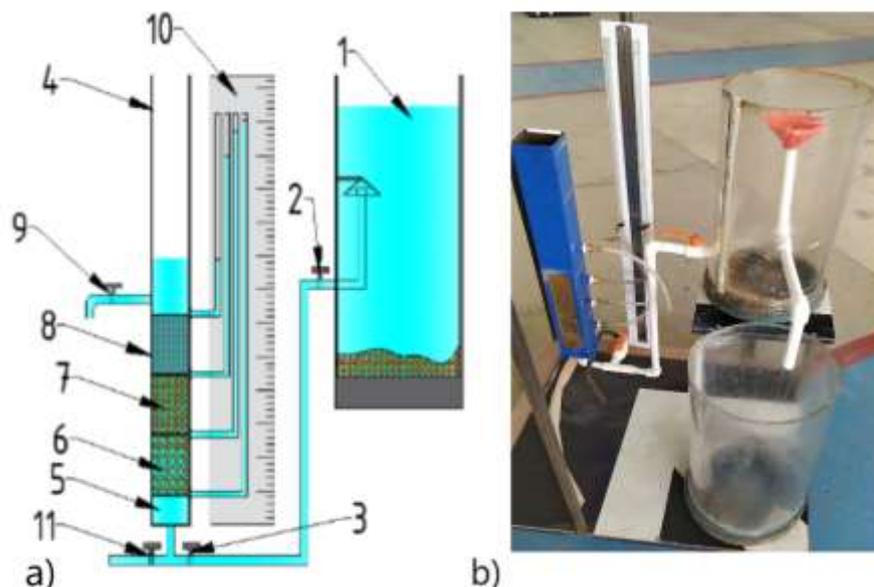


Рис. 1. Технологическая схема локального очистного сооружения с фильтром быстрой очистки сточных вод (а), модель локального очистного сооружения (б)

Быстрый фильтр был создан из следующих элементов (рис. 1):

1. Удерживающий фильтрующую нагрузку металлический трубчатый корпус фильтра (4) с основанием $a \times b = 80 \times 80$ мм, высотой $H = 800$ мм;

2. Труба $d = 15$ мм (2, 3) с вентиляем, подающим отстоенные в отстойнике (1) сточные воды к фильтру;

3. Металлическая сетка (5) размером $1 \text{ мм} \times 1 \text{ мм}$, размещенная в нижней части 1-го слоя фильтрующей загрузки, установленная на 5 см выше дна фильтра;

4. 1-й слой фильтрующей загрузки - местный щебень (6) средней зернистости ($2 \div 5$ мм), толщина слоя $l_1 = 10$ см;

5. 2-й слой фильтрующей загрузки - местный щебень (7) мелкой зернистости ($1 \div 1,5$ мм), толщина слоя $l_2 = 10$ см;

6. 3-й слой фильтрующей загрузки - местный песок (8) крупной зернистости ($0,5 \div 0,75$ мм), толщина слоя $l_3 = 10$ см;

7. Пьезометры (10), установленные для определения потерь напора на конце каждого слоя фильтрующей загрузки и штуцер для их соединения с фильтром;

8. Кран слива фильтрованных сточных вод (9);

9. Вентиль (11) отвода сточной воды от промывки мутных фильтровальных загрузок.

При моделировании гидравлических процессов предусматривается обеспечение требований геометрического, кинематического и динамического подобия [1, 2, 8, 9, 10, 22].

Для создания параметров фильтра очистных сооружений в лабораторных условиях рассмотрим следующие габариты фильтра в объекте, выбранном в качестве «натуры»: рабочий диаметр $D_n=0,7$ м, высота $H_n=2,5$ м.

Размер фильтра в модели: поперечное сечение основания $0,077$ м x $0,077$ м, рабочая высота $H_m=0,35$ м.

Линейный масштаб моделирования: $K_1=8$

Безразмерные комплексы и симплексы, используемые в качестве критериев подобия (для обеспечения геометрического и динамического подобия), называются независимыми безразмерными параметрами. Кроме них в гидромеханике использую так называемые зависимые (искомые) безразмерные параметры [1, 2, 8, 9, 11, 14, 24].

В процессе моделирования фильтров коэффициент фильтрации рассматривается как зависимый параметр:

$$k_n = k_m$$

По закону Дарси коэффициент фильтрации представляет собой отношение скорости фильтрации к градиенту напора:

$$k_f = \frac{v_f}{i}$$

Градиент Напора определяется как:

$$i = \frac{\Delta h_f}{l}$$

Из равенства коэффициентов фильтрации в модели и в натуре ($k_n=k_m$) масштаб скоростей равен:

$$\frac{v_n}{v_m} = 1, \quad \text{то есть } v_n = v_m$$

В моделируемом процессе из равенства скоростей в натуре и в модели следует, что масштаб времени равен значению линейного масштаба:

$$K_1 = \frac{T_n}{T_m}$$

После определения геометрических параметров модели на основе законов подобия в лаборатории кафедры гидравлики и гидроинформатики Национального исследовательского университета «Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» и лаборатории гидравлики «Ташкентского государственного транспортного университета» была создана модель фильтра. На модели был проведен ряд экспериментов. В ходе экспериментов определяли коэффициент фильтрации фильтрующей загрузки, скорости фильтрации, эффективность очистки, потери напора при различной высоте слоев фильтра.

Формулы и величины, используемые при осуществлении гидравлического расчета в экспериментах:

1. Объем протекающей в каждом опыте воды ($W=10$ л) заливали в мерные емкости и измеряли отдельно;

2. Расход воды определялся следующим образом [1, 2, 8, 9, 10, 16, 17, 18, 19]:

$$Q = \frac{W}{t}, \text{ л/с};$$

3. Площадь поперечного сечения фильтра в ходе опытов не изменилась и равна:

$$\omega = a^2, \text{ м}^2$$

4. Потери напора в слоях наполнителя определялись отдельно для каждого слоя с помощью пьезометров:

$$h_{f(i)} = H_i - H_{i+1}, \text{ м}$$

где: $h_{f(i)}$ – потери напора в слое, H_i и H_{i+1} – показатели пьезометров, установленных в начале и конце слоя соответственно.

5. Гидравлический уклон определялся по следующей формуле:

$$i_i = \frac{h_{f(i)}}{l_i}$$

6. Для определения коэффициентов фильтрации средне- и мелкозернистого местного гравия и крупнозернистого песка были проведены опыты отдельно для каждого из них в модели фильтра и определены по закону Дарси: Коэффициенты фильтрации средне- и мелкозернистого гравий и крупнозернистый песок оказались равны соответственно следующему:

$$k_1=0,0017, \text{ м/с}, k_2=0,0008, \text{ м/с}, k_3=0,0003, \text{ м/с}.$$

7. В эксперименте определяли значения скорости сточных вод (скорости фильтрации) в каждом слое фильтра по следующей формуле:

$$v_i = k_i i_i, \text{ м/с}$$

Однако в связи с тем, что движение воды в опыте было систематическим, то есть она двигалась последовательно и непрерывно в слоях фильтра, для модели фильтра было принято значение наименьшей скорости фильтрации воды (скорость в 3-м слое) и используемые в расчетах:

$$v_\phi = k_3 i_3 = 0.0003 \text{ м/с} \cdot 1.80 = 0.00052 \text{ м/с}$$

Заключение/рекомендации. На основании проведенных экспериментов были рассчитаны параметры модели скоростного фильтра предлагаемой локальной очистной сооружения и по созданной модели рекомендованы размеры для расчетных параметров натуральных очистных сооружений (табл. 1).

Таблица 1

Конструктивные параметры и гидравлический расчет скорейшего фильтра в модели и в натуре

Обозначение	a	H	l_1	l_2	l_3	H_s	W	Q	T	ω	h_1	h_2	h_3
-------------	---	---	-------	-------	-------	-------	---	---	---	----------	-------	-------	-------

Единица измерения	м	м	м	м	м	м	л	л/с	с	м ²	м	м	м
Значение модели	0,08	0,4	0,1	0,1	0,1	0,95	10	0,001	7560	0,0059	0,89	0,78	0,60
Масштаб моделирования	K ₁ ³	K ₁ ²	K ₁	K ₁ ²	K ₁	K ₁	K ₁						
	8	8	8	8	8	8	512	64	8	64	8	8	8
Значение в натуральном выражении	0,70	2,80	0,80	0,80	0,80	7,60	5120	0,08	60480	0,38	7,12	6,24	4,80

Продолжение таблица 1

Обозначение	h _{f(1-2)}	h _{f(2-3)}	h _{f(3-4)}	i ₁	i ₂	i ₃	k ₁	k ₂	k ₃	V ₁	V ₂	V ₃
Единица измерения	м	м	м				м/с	м/с	м/с	м/с	м/с	м/с
Значение модели	0,06	0,11	0,18	0,60	1,10	1,80	0,0017	0,0008	0,0003	0,0010	0,0009	0,0005
Масштаб моделирования	K ₁	K ₁	K ₁	K ₃								
	8	8	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Значение в натуральном выражении	0,48	0,88	1,44	0,60	1,10	1,80	0,0017	0,0008	0,0003	0,0010	0,0009	0,0005

Для определения изменения качества очищенной воды, состава исходных сточных вод были взяты химические анализы после охлаждения в осветлителе на локальных очистных сооружениях и после фильтрации. Результаты химического анализа представлены в табл. 2.

Эффективность фильтрации быстрого фильтра в модели была равна:

$$C = 100\% \cdot \frac{C_1 - C_2}{C_1} = 100\% \cdot \frac{345 - 70}{345} = 79,7\%$$

Обычно на очистных сооружениях эффективность быстрой фильтрации превышает 70%. Тот факт, что эффективность очистки быстрого фильтра в модели составляет 79,7%, свидетельствует о правильности подбора конструктивных параметров модели и успешном проведении эксперимента.

Таблица 2

Условия очистки промышленных сточных вод в модели локальной очистной станции

Обозначение	Щелочность рН0	Взвешенные вещества Св.в.	Нефтьпродукты Сн
Единица измерения		мг/л	мг/л
Исходный состав воды	7.5	870	9
Состав воды после отстаивание	7.4	345	3.5

Состав воды после фильтрации	7	70	1
------------------------------	---	----	---

В лабораторных условиях была создана модель локальной очистной станции, на основе расчетов были получены значения конструктивных параметров модели, и через них были даны рекомендации по конструктивным параметрам локальной очистной станции в натуре.

Использование местного гравия и песка в качестве загрузки фильтра очистки сточных вод оказалось целесообразным, и эффективность очистки фильтра достигла 79,7%.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Aybek Arifjanov, Uchqun Umarov, Akmal Abdullayev. Resource-building structures hydraulic account for treatment of vehicle washing stations wastewater. "Construction Mechanics, Hydraulics & Water Resources Engineering" (CONMECHYDRO 2021) были опубликованы в 264-ом номере журнала E3S Web of Conferences, 02.06.2021 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126403013>
2. U.Baxramov, U.V.Umarov, A.J.Obidzhonov. Simulation of engineering networks and assessment of the accuracy of the mathematical model. "Construction Mechanics, Hydraulics & Water Resources Engineering" (CONMECHYDRO 2021) были опубликованы в 264-ом номере журнала E3S Web of Conferences 02.06.2021 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126403013>
3. Arifjanov, A., Rakhimov, K., Abduraimova, D., Babaev, A., Melikuziyev, S. Hydrotransport of river sediments in hydroelelators. (2020) IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 869 (7). DOI: 10.1088/1757-899X/869/7/072003
4. Arifjanov, A., Juraev, S., Samiev, L., Ibragimova, Z., Babajanov, F. Determination of filtration strength and initial filtration gradient in soil constructions. (2020) Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems, 12 (4 Special Issue), pp. 1860-1864. DOI: 10.5373/JARDCS/V12SP4/20201672
5. Arifzhanov, A.M. Method for calculation of the distribution of drift particles in variable section beds (VSB) (2004) *Gidrotekhnicheskoe Stroitel'stvo*, (2), pp. 44-45.
6. Arifzhanov, A.M. Distribution of Suspended Sediment Particles in a Steady-State Flow. (2001) *Water Resources*, 28 (2), pp. 164-166. DOI: 10.1023/A:1010375500148

7. Arifjanov, A., Samiev, L., Ahmedkhodjaeva, I., Rakhimov, Q., Sobirov, S. Calculation of filtration process in channels E3S Web of Conferences, 2021 DOI:10.1051/e3sconf/202126302026
8. Aybek Arifjanov, Uchqun Umarov, Dinara Umarova. Автотранспорт воситаларини ювиш шахобчаларининг оқова сувларини тозалашда ресурстежамкор иншоотларнинг гидравлик ҳисоби. Техника фанлари. 5-жилд, 1-сон. Tadqiqot uz. ISSN 2181-9696, Doi Journal 10.26739/2181-9696, <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.0000000>
9. Aybek Arifjanov, Uchqun Umarov, Dinara Umarova. Автотранспорт воситаларини ювиш шахобчалари оқова сувларини локал тозалаш иншоотларининг тиндиргичларини гидравлик моделлаштириш. Техника фанлари. 5-жилд, 2-сон. Tadqiqot uz. ISSN 2181-9696, Doi Journal 10.26739/2181-9696, <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.0000000>
10. I.M. Oxremenko, A.R. Babayev, U.V. Umarov - SANOAT KORXONALARINI OQOVA SUVLARINI OQIZISH TIZIMLARI/ O'quv qo'llanma. "Transport" нашриёти, Тошкент, 2021, №464, 2021-04-13
11. А.М.Арифжанов. «Экотизимдаги жараёнларни моделлаштириш» фанидан маърузалар тўплами - Ўзбекистон Республикаси Қишлоқ ва сув хўжалиги вазирлиги, Тошкент ирригация ва мелиорация институти, Тошкент – 2006 й.
12. Государственный комитет республики Узбекистан по охране природы. Руководящий документ. Охрана природы. Инструкция по нормированию сбросов загрязняющих веществ в водные объекты и на рельеф местности с учетом технически достижимых показателей очистки сточных вод. O'z RH 84.3.6:2004 г. Ташкент 2004 г.-34 с.
13. Государственный комитет республики Узбекистан по охране природы. Руководящий документ. Охрана природы. Методические указания для расчета норм предельно-допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты и на рельеф местности с учетом технически достижимых показателей очистки сточных вод. Издание официальное. O'z RH 84.3.5: 2004. Ташкент. 2004. - 33 с.
14. A.M.Ariphjanov, Sh.Sh.Ergashev. Estimation of efficient operation of the monoblock unit and treatment of the sewage waters. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. ISSN:2350-0328. IJARSET Vol. 6, Issue 5 , May 2019. (05.00.00; №8)
15. Эргашев Ш.Ш. Совершенствование локальных очистных сооружений предприятий железнодорожного транспорта Республики Узбекистан. Вестник ТашИИТа, вып.1. 2014 г. Ташкент. С. 25-29. (05.00.00; №11).

16. Иванов В.Г., Черников Н.А. Водоотводящие системы промышленных предприятий. СПб.: ООО «Издательство «ОМ-Пресс». 2007. - 244 с.
17. Канализация. Наружные сети и сооружения. КМК 2.04.03-97. Госкомархитектстрой РУз. Т.: 1997. - 115 с.
18. Ласков Ю.М., Воронов Ю.В., Калицун В.И. Примеры расчетов канализационных сооружений, М., Стройиздат. 1987 г., - 254 с.
19. О воде и водопользовании - Закон Республики Узбекистан. Постановление Верховного Совета Республики Узбекистан № 837- XII от 06.05.1993 г. (в ред. № 568-II от 12.12.2003 г.)
20. СанПиН № 0056-96. Гигиенические критерии качества питьевой воды. Ташкент. 1996 г.
21. А.Г. Гудков. Механическая очистка сточных вод, Вологда: ВоГТУ, ISBN 5-87851-225-4, 2003. - 152с.
22. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Отведение и очистка сточных вод. Учебник для вузов:-М.: Ассоциация строительных вузов. 2002. - 704 с.
23. Aybek Arifjanov, Shamshodbek Akmalov, Islombek Akhmedov, Dinislom Atakulov Evaluation of deformation procedure in waterbed of rivers. XII International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 403 (2019) 012155. DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012155
24. А.Д.Гиргидов. Техническая механика жидкости и газа. Учебник. Санкт-петербург. Изд. СПбГТУ, 1999 г.