



УДК 628.16

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД И ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ЕЁ МОДЕРНИЗАЦИИ НА НЕФТЕБАЗЕ N

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF THE EXISTING WASTE WATER TREATMENT SYSTEMS AND JUSTIFICATION THE NECESSITY OF ITS MODERNIZATION AT THE N

Кирилкин Дмитрий Юрьевич

студент
кафедры оборудования нефтяных и
газовых промыслов,
Кубанский государственный
технологический университет
kirilkin.00@mail.ru

Дрмеян Гарик Леонович

студент
кафедры оборудования нефтяных и
газовых промыслов,
Кубанский государственный
технологический университет
drmeyan.00@mail.ru

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук, доцент
кафедры оборудования нефтяных и
газовых промыслов,
Кубанский государственный
технологический университет
akngs@mail.ru

Дьяконенко Антон Сергеевич

студент кафедры оборудования нефтяных и
газовых промыслов,
Кубанский государственный
технологический университет
dyakonenko.00@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается нефтебаза как объект экономики, который является потенциально опасным для окружающей природной среды и человека. Проведён анализ эффективности существующей системы очистки сточных вод на нефтебазе и дано обоснование необходимости её модернизации. Для очистки сточных вод нефтебазы N рекомендуется установка «КЛЮЧ. 5Н», которая позволяет гарантированно обеспечить высокую степень очистки при подаче особозагрязнённых стоков, а также возможность сброса вод в водоёмы рыбохозяйственного назначения. Показателем экологичности модернизированного оборудования является качество предполагаемой очистки сточных вод от загрязнителей и эффективность очистки. Расчёты показывают, что установка «КЛЮЧ. 5Н» для очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты, является экономически эффективной, т.к. её внедрение позволяет получить условный годовой экономический эффект в размере 650 тыс. рублей при условном сроке окупаемости первоначальных вложений 13 месяцев, что для экологических проектов считается приемлемым.

Kirilkin Dmitry Yurievich

Student,
Department Equipment of Oil and Gas Fields,
Kuban State Technological University
kirilkin.00@mail.ru

Drmeyan Garik Levonovich

Student,
Department Equipment of Oil and Gas Fields,
Kuban State Technological University
drmeyan.00@mail.ru

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Department Equipment of Oil and Gas Fields,
Kuban State Technological University
akngs@mail.ru

Dyakonenko Anton Sergeevich

Student,
Department Equipment of Oil and Gas Fields,
Kuban State Technological University
dyakonenko.00@mail.ru

Annotation. The article considers the tank farm as an object of the economy, which is potentially dangerous for the environment and humans. The analysis of the effectiveness of the existing wastewater treatment system at the tank farm and the rationale for the need for its modernization are given. For wastewater treatment of tank farm N, the «KEY. 5H», which makes it possible to ensure a high degree of purification with the supply of specially contaminated effluents, as well as the possibility of discharging water into fishery ponds. The environmental friendliness of the modernized equipment is the quality of the proposed wastewater treatment from pollutants and the efficiency of treatment. Calculations show that the «KEY. 5H» for the treatment of wastewater containing petroleum products is cost-effective, because its implementation allows to obtain a conditional annual economic effect of 650 thousand rubles with a conditional payback period of initial investments of 13 months, which is considered acceptable for environmental projects.



Ключевые слова: состав сточных вод нефтебазы; концентрация загрязнений стока нефтебазы; нормативные требования к качеству воды; характеристика очистных сооружений нефтебазы; принципиальная технологическая схема очистных сооружений; модернизация существующей системы очистки сточных вод; экономическое обоснование модернизации существующей системы.

Keywords: composition of the sewage tank farm; concentration of runoff from the tank farm; regulatory requirements for water quality; characteristics of the treatment facilities of the tank farm; schematic diagram of treatment facilities; modernization of the existing wastewater treatment system; business case for upgrading an existing system.

Состав сточных вод нефтебазы

В сточной воде основная часть нефтепродуктов находится в грубодисперсном (капельном) состоянии, образуя плавающую плёнку или слой. Меньшая часть находится в тонкодисперсном состоянии, образуя эмульсию «нефть в воде». Эта эмульсия весьма устойчива, она не разрушается в течение длительного времени.

Сточные воды нефтебазы подразделяются на следующие категории:

- 1) сточные воды от мойки автомобилей и автоцистерн;
- 2) поверхностные сточные воды с территории нефтебазы (ливневые);
- 3) смывки с территории нефтебазы при небольших аварийных разливах нефтепродуктов на маслоэстакаде, на автоналивной эстакаде, на железнодорожной эстакаде;
- 4) отстойные (из продуктовых резервуаров, в которых они образовывались в результате отстаивания обводнённых нефтепродуктов);
- 5) загрязнённый конденсат (от паронагревательных устройств для тёмных нефтепродуктов);
- 6) воду, использованную для уплотнения сальников и охлаждения подшипников нефтяных насосов.

Основными загрязнителями сточных вод являются взвешенные вещества и нефтепродукты. Концентрация взвешенных веществ в них зависит от типа и размера автомобиля, характера дорожного покрытия и состава грунтов, сезонных условий, периодичности мойки подвижного состава и типа моечных машин. Особенностью нефтепродуктов, содержащихся в стоке, является их слабая эмульгированность и адсорбция на взвеси. Это осложняет использование осадка из отстойников без его дополнительной обработки и утилизацию всплывших нефтепродуктов. Средняя концентрация загрязнений в стоке дана в таблице 1.

Известно, что для улучшения антидетонационных и физико-химических свойств топлив в них добавляют парафиновые и ароматические углеводороды, кислородсодержащие соединения. Например, в целях повышения эксплуатационных свойств бензинов в них вводят до 2 % присадок.

Из примесей, входящих в состав товарных нефтепродуктов и попадающих в сточные воды нефтебаз, является тетраэтилсвинец. При хранении этилированного бензина в течение длительного времени в осадок выпадает до 15 % окислившегося тетраэтилсвинца, который при зачистке резервуаров попадает в сточные воды. Содержание в ТЭС в стоке составляет 0,002–0,1 мг / л, однако при мойке двигателей оно может достичь 2,5 мг / л. При этом осадок и нефтепродукты, задерживаемые на очистных сооружениях, обладают высокой токсичностью.

Объём отстойных вод зависит от степени обводнённости нефтепродуктов, которая определяется условиями их транспортировки и хранения. Вода просачивается в ёмкости через образовавшиеся неплотности во время дождей, конденсируется из воздуха в период хранения, попадает при пропарочной промывке подвижного состава, разогреве «острым» паром тёмных нефтепродуктов.

Обводнённость нефтепродуктов при доставке железнодорожным транспортом или по трубопроводам составляет 0,25–6,0 %. Отстойные воды из резервуаров сбрасываются периодически объёмом 25–50 м³ один раз в 10–20 суток. Загрязнённый конденсат поступает от паронагревательных устройств при нарушении плотности трубных коммуникаций. При качественном монтаже и высоком уровне эксплуатации этот вид загрязнённых вод можно свести к минимуму.

Для полноценной помывки легкового автомобиля необходимо 0,1 м³ воды, для помывки грузового – 0,3 м³ воды, для автоцистерны требуется около 0,35 м³ воды. На автомойке нефтебазы в среднем ежедневно осуществляют мойку 7 легковых, 5 грузовых и 2 автоцистерны. Потребляемое количество воды составляет около 2,9 м³. Объём образующихся сточных вод с учётом загрязнений составляет около 3,5 м³ / сут.

Количество нефтесодержащих сточных вод, образующихся на нефтебазе, колеблется от 15 до 100 м³ / сут.

На нефтебазе по плану должна производиться очистка сточных вод до нормативных требований к качеству воды для мойки (автомобилей, резервуаров и т.д.). За сбросы сточных вод с превышенным содержанием загрязняющих веществ нефтебазой осуществляются платежи за загрязнение окружающей природной среды.

Нормативные требования к качеству воды представлены в таблице 2.



Таблица 1 – Концентрация загрязнений стока нефтебазы

Категория сточной воды	Взвешенные вещества, мг / л	Нефтепродукты, мг / л	pH	БПК 20, мг O ₂ / л	ТЭС, мг / л
Сточные воды от мойки автомобилей и автоцистерн					
Легковые	400–600	20–40	7–8	20–40	0,01
Автобусы	900–1300	20–50	7–8	30–40	0,01
Грузовые малой грузоподъёмности	1400–1800	40–50	7–8	30–40	0,1
Грузовые большой грузоподъёмностью	2000–4000	50–180	7–8	30–40	0,1
Автоцистерны	2000–4000	300–800	7–8	90–120	1,5
Поверхностные сточные воды с территории нефтебазы					
Ливневые сточные воды	2200–4000	150–250	7–9	до 100	0,001
Смывки с территории нефтебазы при небольших аварийных разливах нефтепродуктов					
Маслоэстакада	2200–4000	250–800	7–9	до 200	0,01
Автоналивная эстакада	2200–4000	200–600	7–9		0,01
Железнодорожная эстакада	2500–4000	300–800	7–9		0,01
Отстойные					
Подтоварные	до 20	до 8000	7–8	80	0,01
Загрязнённый конденсат					
От паронагревателей	до 10	20–100	7–8	40	0,001

Таблица 2 – Нормативные требования к качеству воды

Показатели	Единицы измерения	Вода, используемая для мойки	Для рыбохозяйственных водоёмов
Температура	°С	не нормируется	не более 28
Взвешенные вещества	мг / л	25	0,25
Нефтепродукты	мг / л	15	0,05
Эфирорастворимые	мг / л	до 3	–
Запах	балл	7,2–8,5	не допускается
pH	–	–	6,5–8,5
Жидкость карбонатная	мг-экв. / л	до 10	–
Щелочность общая	мг / л	до 350	8
Cl (хлориды)	мг / л	до 500	350
SO ₄ (сульфиды)	мг / л	до 0,1	0,03
Свинец	мг / л	0,03	0,01
Окисляемость	мг O / л	до 15	до 10
БПК	мг O ₂ / л	до 15	3
Мешающие, токсичные, возгораемые вещества, выдерживаемые при температуре с образованием огня и взрывоопасных смесей	–	не допускается	не допускается

Общая характеристика очистных сооружений нефтебазы

На нефтебазе имеется две системы очистных сооружений. Первая предназначена для очистки поверхностных (ливневых), смывочных с территории при аварийных разливах нефтепродуктов, подтоварных и паронагревательных сточных вод. Вторая система предназначена для очистки сточных вод от мойки автомобилей и автоцистерн.

Для очистки основной массы сточных вод на нефтебазе N предусмотрены очистные сооружения, принципиальная технологическая схема которых показана на рисунке 1.

Сточные воды через систему ливнестока по трубопроводам самотёком сбрасываются на очистные сооружения. Первой ступенью очистки являются решётки, проходя через которые сточные воды поступают в аккумулирующую ёмкость объёмом 25 м³. Далее из аккумулирующей ёмкости самотёком вода попадает в песколовку, где происходит очистка от тяжёлых примесей минерального происхождения. Шлам от песколовки направляется в специальный шламоборник, откуда передаётся на утилизацию специализированной организации. Далее сточные воды из песколовки попадают самотёком



в секцию тонкослойного отстойника, блока глубокой очистки, где происходит очистка от неуловленных в песколовке крупных дисперсных частиц, тяжёлых нефтяных фракций и всплывающих нефтепродуктов. С верхних слоёв отстаивающейся воды всплывающие нефтепродукты удаляются с помощью устройства для сбора нефтепродуктов с поверхности воды, которое представляет собой плавающий корпус и частично погружённый в воду нефтепродуктосборный элемент с приводом и с горизонтальной осью вращения. При этом собранные нефтепродукты направляются в специальный сборник объёмом 2,25 м³, который является местом временного хранения. Из сборника шлам нефтепродуктов передаётся на утилизацию специализированной организации по договору. Далее сточные воды направляются на доочистку на фильтр с зернистой загрузкой с помощью дренажного насоса. Иногда вода после процесса отстаивания сбрасывается на городские очистные сооружения, не проходя через фильтр с зернистой загрузкой.

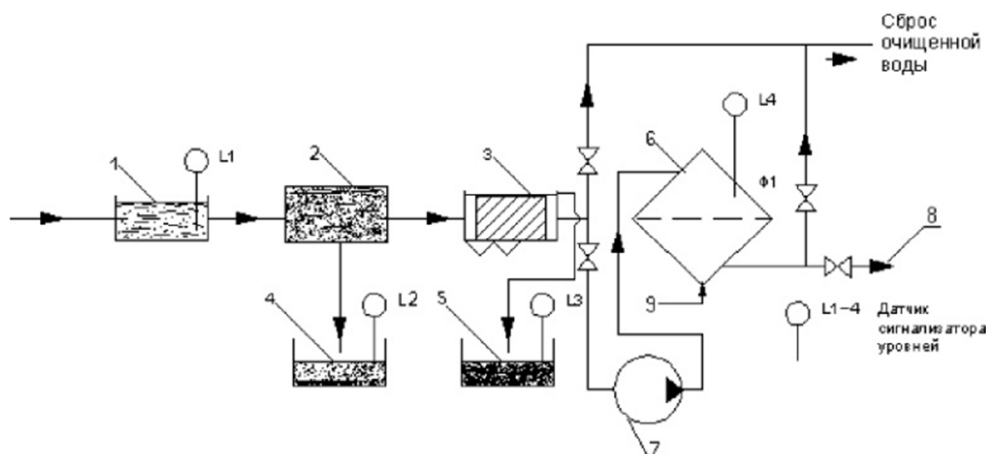


Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема очистных сооружений ливневых сточных вод на нефтебазе:
 1 – накопительная ёмкость; 2 – песколовка; 3 – тонкослойный отстойник; 4 – шламосборник; 5 – нефтесборник;
 6 – фильтр с зернистой загрузкой; 7 – дренажный насос; 8 – загрязнённая вода после регенерации;
 9 – промывочная вода

Первая система очистных сооружений была смонтирована в 1993 году. В 2003 году нефтебазой было приобретено устройство для сбора нефтепродуктов с поверхности воды, в результате чего был переоборудован отстойник.

Система очистки ливневых, смывочных, подтоварных и паронагревательных сточных вод

Решётки. Первым этапом очистки сточных вод является механическая очистка. В составе очистных сооружений предусмотрены решётки-сетки. Загрязнённая вода протекает через решётки из стальных прутьев с прозорами 16 мм, мусор остаётся на решётке, затем вручную сгребаётся в ёмкость. Решётка сварена из стального проката круглого профиля. Далее вода попадает на сетку с прозорами 10 мм × 10 мм, откуда также в ручную удаляется осадок. Максимальная производительность решётки 15 м³ / час.

Задержанные на стержнях твёрдые частицы образуют дополнительный фильтрующий слой, через который в дальнейшем идёт процесс фильтрации.

Сточная вода проходит сначала через решётку, затем через сетку, происходит двухступенчатая очистка на решётке-сетке.

Количество взвешенных веществ в сточной воде при поступлении на решётку составляет в среднем по данным предприятия 3000 мг / л. После решётки-сетки количество составляет 2500 мг / л. Всплывающих веществ 2000 мг / л, после решётки-сетки 1950 мг / л.

Чертёж решётки-сетки приведён на рисунке 2.

На нефтебазе действует 7 решёток-сеток. Агрегаты расположены в специальных углублениях. Решётки-сетки соединены с ливневыми трубопроводами, которые направлены к очистным сооружениям.

Решётка-сетка очищается от мусора вручную. Сначала задержанные загрязнители удаляются с решётки, затем решётка приподнимается и вручную загрязнители удаляются с сетки. Шлам очистки решёток-сеток накапливается в специальной ёмкости и по мере накопления передаётся на утилизацию.

Песколовка. Для удаления из сточных вод песка и других нерастворимых загрязнений на нефтебазе используют горизонтальную песколовку. Она представляет собой железобетонную конструкцию удлинённой прямоугольной формы с прямолинейным движением воды. Песколовка состоит из проточной и осадочной частей. Общий вид конструкции аппарата показан на рисунке 3.

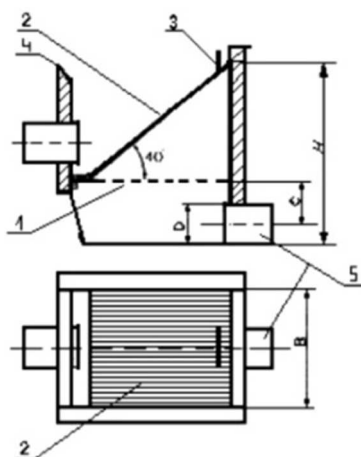


Рисунок 2 – Решётка-сетка: 1 – сетка; 2 – решётка; 3 – ручка для подъёма решётки; 4 – приямок для стекания воды; 5 – канализационный трубопровод

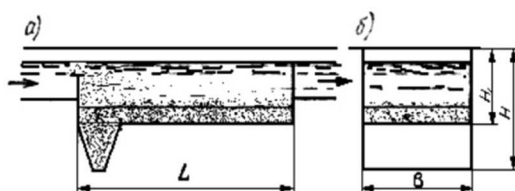


Рисунок 3 – Горизонтальная песколовка:
а) продольный разрез; б) поперечный разрез

Песколовки применяют для предварительного выделения минеральных и органических загрязнений (0,20–0,25 мм) из сточных вод.

Ориентировочная глубина песколовки 0,5 м. Отношение ширины к глубине 1:2, т.е. ширина равна $B = 1$ м. Осаждение песка из сточных вод с некоторыми допущениями можно отнести к свободному осаждению частиц в ламинарном режиме.

Угол наклона к горизонту стенок пескового приямка – 60° .

На входе в песколовку вода содержит: тяжёлых механических примесей – 2500 мг / л; всплывающих нефтепродуктов – 1900 мг / л. После прохождения сточной воды через песколовку концентрация механических примесей сокращается до 700 мг / л, а нефтепродуктов – 1000 мг / л за счёт оседания тяжёлых фракций.

На песколовке песок и тяжёлые фракции удаляются вручную, один раз в смену.

Шлам очистки песколовки собирается в шламонакопительную ёмкость объёмом 1 м^3 и затем передаётся на утилизацию.

Всплывшую плёнку из нефтепродуктов собирают с поверхности специальным устройством для сбора нефтепродуктов.

Тонкослойный отстойник. Для удаления из сточных вод всплывающей плёнки из нефтепродуктов, а также доочистки от взвешенных частиц на нефтебазе используют тонкослойный отстойник, работающий по перекрёстной схеме, модернизированный устройством для сбора нефтепродуктов с поверхности воды. По классификации отстойник является полочным, в качестве полок смонтированы плоские пластины прямоугольной формы.

Вертикальный тонкослойный отстойник с контактной камерой хлопьеобразования приведён на рисунке 4.

Исходными данными для расчёта отстойника являются:

- расход сточных вод (максимальный) $100 \text{ м}^3 / \text{сут.}$;
- исходная концентрация тяжёлых механических примесей 700 мг / л, масло- и нефтепродуктов 1000 мг / л;
- коэффициент часовой неравномерности 1,1, нефтебаза работает в 2 смены.

Допустимая концентрация механических примесей в очищенной воде – 50 мг / л, нефтепродуктов – 25 мг / л.

Осадок из отстойника удаляется под гидростатическим напором. Сбор нефтепродуктов с поверхности воды осуществляется с помощью специального, отдельного, введённого в эксплуатацию сборного устройства. Эффективность очистки сточной воды в отстойнике напрямую зависит от эффективности сбора нефтепродуктов с поверхности отстойника специальным нефтесборным устройством.

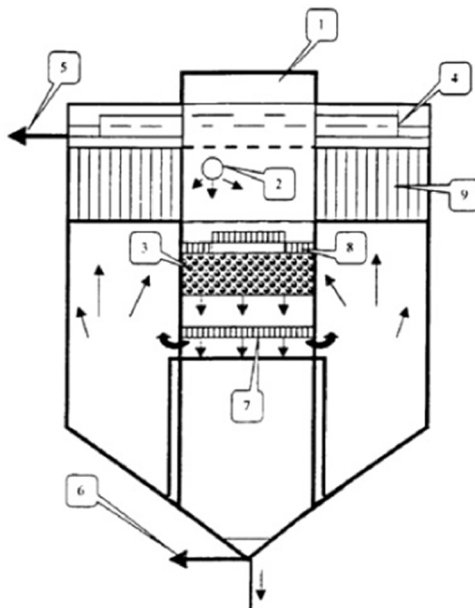


Рисунок 4 – Вертикальный тонкослойный отстойник с контактной камерой хлопьеобразования:
 1 – камера хлопьеобразования; 2 – подача исходной воды; 3 – контактная плавающая загрузка;
 4 – сборный лоток; 5 – отвод осветлённой воды; 6 – сбор осадка;
 7 и 8 – нижняя и верхняя поддерживающие решётки соответственно; 9 – тонкослойные сотоблоки

Устройство для сбора нефтепродуктов с поверхности воды. Устройство для сбора нефтепродуктов с поверхности воды включает в себя плавучий корпус в виде открытой снизу кюветы, в которой размещены патрубок насоса и датчик его управления; цилиндрический нефтепродуктосборный барабан с эластичными лопастями, с приводом, с горизонтальной осью вращения и примыкающей к боковой стенке корпуса со стороны сбора нефтепродуктов, с образованием с ней канала, имеющего телескопическую вставку,двигающуюся по направляющим.

Устройство (рис. 5) включает в себя: цилиндрический нефтепродуктосборный барабан 1 с приводом, обеспечивающим направление вращения барабана, указанное на рисунке, и с эластичными лопастями 2. Корпус 3, выполненный в виде рамы с заданной плавучестью и образующий с указанным барабаном 1 нефтепроводной канал 4, длина которого может изменяться за счёт телескопической вставки 5,двигающейся по своим направлениям. Кювета 6, замкнутая по периметру, образованная плоскими стенками рамы, имеет дно с уклоном в сторону патрубка 7 с внутренней резьбой. В кювете 6 находится датчик 8, выполненный в виде герметичной ёмкости, установленной с возможностью перемещения по направлению 9. Датчик 8 имеет на конусообразном дне патрубок 10 с наружной резьбой, соосный патрубок 7, а в верхней части шток 11. Вся система является плавучей посредством понтона 12, обрамляющего корпус 3. Системе задаётся центровка и погружённость таким образом, чтобы барабан 1 был погружён в жидкость равномерно, приблизительно на высоту эластичных лопастей 2.

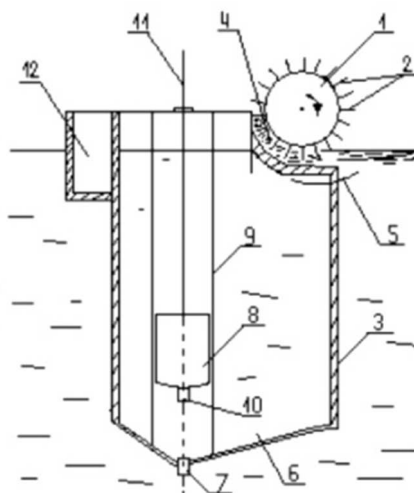


Рисунок 5 – Устройство для сбора нефтепродуктов с поверхности воды (в разрезе)



Устройство работает следующим образом. При вращении барабана 1 с лопастями 2 в направлении, указанном стрелкой, нефтепродукты с поверхности воды дискретно захватываются лопастями 2 и продвигаются по нефтепроводному каналу 4 в кювету 6, образованную корпусом 3. Если толщина слоя на поверхности воды равна или более высоты эластичной лопасти 2, то телескопическая вставка 5 задвинута в корпус по направляющим и устройство работает с максимальной производительностью по нефтепродуктам, которая может регулироваться скоростью вращения барабана и не зависит от свойств нефтепродуктов.

Если же толщина слоя нефтепродуктов незначительна, то выдвигается телескопическая вставка 5 на такую величину, чтобы глубина жидкости над порогом, образованным крайней кромкой выдвигаемой вставки, была соизмерима с толщиной всплывшего нефтепродукта. Нефтепродукты переливаются через кромку водослива без воды или при её минимуме в нефтепроводный канал 4 и далее также дискретно лопастями подаются в кювету 6. Поступившие в кювету 6 вместе с водой нефтепродукты обезвоживаются посредством вибрации корпуса 3 и всего оборудования на нём, т.к. именно на корпусе располагается двигатель, приводящий барабан 1 в действие, вытесняют воду из кюветы и заполняют её до определённого уровня, отслеживаемого датчиком 8. Герметичный датчик 8, установленный с возможностью перемещения по направляющим 9, имеющий на конусообразном дне патрубков 10 с наружной резьбой, выполнен по плавучести таким образом, что когда в кювете 6 находится вода, то архимедова сила способна поднять датчик 8 вверх.

При наполнении кюветы 6 нефтепродуктами, плотность которых меньше, а значит и архимедова сила меньше, датчик 8 либо опустится вниз, либо будет занимать какое-нибудь промежуточное положение, зависящее от количества нефтепродуктов в ёмкости 6. Визуально количество нефтепродуктов в кювете 6 можно отследить по штоку 11. При наполнении кюветы 6 нефтепродуктами посредством штока 11 патрубков 10 с внешней резьбой вкручивают в соосный патрубок 7 с внутренней резьбой, расположенный в дне кюветы 6. Дно кюветы 6 имеет уклон в сторону своего патрубка для удаления всей воды из неё. По завершении процесса соединения патрубков всё устройство может выниматься из отстойника и кювету 6 опорожняют в нефтешламосборник, затем устройство возвращают в отстойник, рассоединяют патрубки и процесс повторяется.

Недостатком данного устройства является ручная выгрузка собранных нефтепродуктов, технологическая громоздкость, аппаратная избыточность и, как следствие, его низкая надёжность, особенно при обработке небольших объёмов нефтепродуктов, например, радужной плёнки, когда весь комплекс устройств по удалению нефтепродуктов из кюветы используется во времени не значительно, а значит, не эффективно.

Количество устройств для сбора нефтепродуктов с поверхности воды на очистных сооружениях составляет 2 единицы. Одним агрегатом оборудована песколовка, вторым – тонкослойный отстойник.

Фильтр с зернистой загрузкой. После отстойника сточная вода с помощью дренажного насоса подаётся на фильтр с зернистой загрузкой. Данная стадия очистки является конечной.

Фильтр предназначен для удаления из сточной воды остатков органических соединений, мелкодисперсных взвешенных нерастворимых загрязнителей и др.

Сточная вода с помощью дренажного насоса и распределительного устройства подаётся на фильтр с песчано-гравийной загрузкой (рис. 6).

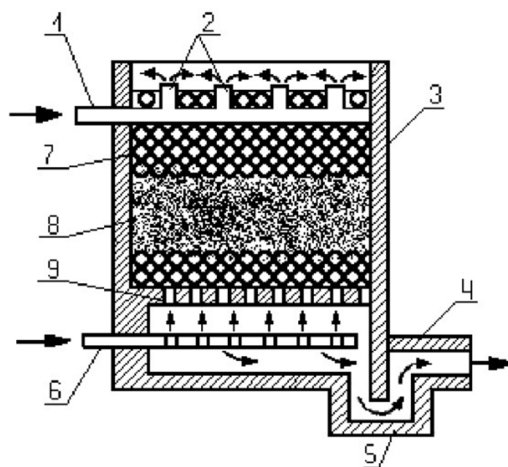


Рисунок 6 – Фильтр с зернистой загрузкой:

- 1 – патрубок для подачи сточной воды; 2 – распределительное устройство;
- 3 – корпус фильтра; 4 – патрубок для отвода очищенной воды; 5 – приямок;
- 6 – устройство для подачи промывочной воды; 7 – гравийная загрузка;
- 8 – песок; 9 – опорная металлическая решётка



После фильтра вода поступает в городской коллектор.

Регенерация фильтра осуществляется промывкой горячей водой под напором. Обычно на нефтебазе промывку осуществляют 3–4 раза, после чего фильтрующая загрузка меняется, а отработанная загрузка передаётся на утилизацию.

Эффективность очистки. Эффективность очистки сточных вод на имеющихся очистных сооружениях можно оценить по экспериментальным данным, которые сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Количество загрязняющих веществ после каждой ступени очистки

Характеристика	На входе	После решётки	После аккумулирующей ёмкости	После песколовки	После отстойника	После фильтра
Концентрация нефтепродуктов, мг / л	2000	1950	1950	1600	900	150
Концентрация механических примесей, мг / л	3000	2500	1700	700	500	90

Эффективность очистки определяется по следующей формуле:

$$\mathcal{E} = \left(\frac{C_1 - C_2}{C_1} \right) \cdot 100 \%,$$

где C_1 – концентрация загрязняющего вещества в сточной воде до очистки, мг / л; C_2 – концентрация загрязняющего вещества после очистки, мг / л.

Эффективность очистки от нефтепродуктов:

$$\mathcal{E}_{\text{нп}} = \left(\frac{2000 - 150}{2000} \right) \cdot 100 = 92,5 \, \% .$$

Эффективность очистки от механических примесей:

$$\mathcal{E}_{\text{мп}} = \left(\frac{3000 - 90}{3000} \right) \cdot 100 = 97 \, \% .$$

Нормативные требования к качеству воды представлены таблице 2. Исходя из нормативов качества, можно сделать вывод о том, что по механическим примесям концентрация превышает нормативное содержание в 2 раза, по нефтепродуктам – в 6 раз. Очистка на данных очистных сооружениях является не эффективной. Необходима модернизация существующей системы очистных сооружений.

Обоснование необходимости модернизации существующей системы очистки сточных вод на нефтебазе

Система сооружений для очистки сточных вод на нефтебазе не обеспечивают эффективную очистку сточных вод. После очистки качество воды не соответствует нормативным показателям. По механическим примесям нормативный показатель превышен в 2 раза, по нефтепродуктам – в 6 раз. Недоочищенные сточные воды сбрасываются в городской коллектор, что не приемлемо.

Малая эффективность очистки обусловлена следующими причинами:

- большим сроком службы оборудования (с 1988 года);
- неисправностью некоторых элементов оборудования (по причине коррозии и т.д.);
- отсутствием системы доочистки сточных вод и т.д.

Большим недостатком является отсутствие механизации удаления осадка из очистных сооружений (аккумулирующей ёмкости, песколовки и тонкослойного отстойника). Удаление осадка производится вручную.

Технические решения модернизации системы очистки сточных вод. Первым этапом модернизации существующей системы очистки сточных вод на нефтебазе будет демонтаж тонкослойного отстойника и зернистого фильтра. Они занимают большую площадь, кроме того, являются малоэффективными при очистке сточных вод. Таким образом, на нефтебазе из очистных сооружений остаются решётки, аккумулирующая ёмкость, песколовка и устройство для сбора нефтепродуктов с поверхности воды. Установку необходимо поставить после песколовки. Песколовку нужно оборудовать устройствами для сбора нефтепродуктов с поверхности воды в количестве 2 единиц (одно устройство переместить с демонтированного тонкослойного отстойника).

Для предлагаемой установки необходимо смонтировать крытое помещение с естественной вентиляцией, которое будет предотвращать агрегат от внешних погодных воздействий (перемерзания или перегрева). Очищенную воду можно будет сбрасывать в водоёмы рыбохозяйственного назначения.

Схема модернизированной системы очистки сточных вод на нефтебазе представлена на рисунке 7.

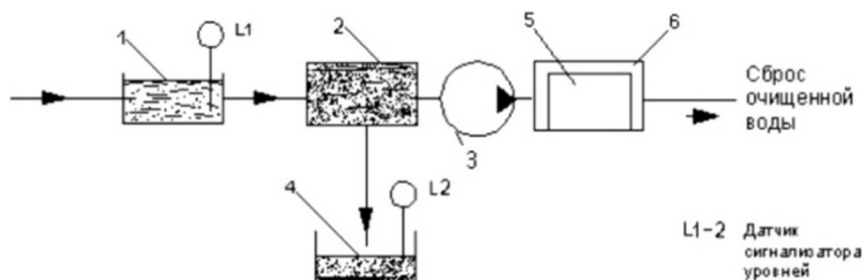


Рисунок 7 – Схема модернизированной системы очистки сточных вод на нефтебазе:
1 – накопительная ёмкость; 2 – песколовка; 3 – насос; 4-шламосборник;
5 – установка «КЛЮЧ. 5Н»; 6 – крытое помещение

Установка «КЛЮЧ. 5Н»

Для очистки сточных вод нефтебазы можно рекомендовать установку очистки сточных вод «КЛЮЧ. 5Н». Высоконадёжные технологические решения установки позволяют гарантированно обеспечить высокую степень очистки при подаче особозагрязнённых стоков, а также возможность сброса вод в водоёмы рыбохозяйственного назначения.

Для повышения степени очистки стока на установке предусмотрена возможность предварительного коагулирования сточных вод.

Достоинства установки:

- технологический процесс очистки включает ступень пенно-флотационной сепарации, фильтр с плавающей загрузкой и сорбционный фильтр доочистки;
- конструкция фильтра с плавающей загрузкой такова, что позволяет применять любые разрешённые контролирующими органами виды загрузок (керамзит, нетканые материалы, пенополистирол и т.д.);
- загрузка сорбционного фильтра активированным углём;
- загрузка фильтров имеет значительный срок службы за счёт возможности многократной промывки;
- при эксплуатации установки возможно использование воды, очищенной на любой из ступеней;
- установка «КЛЮЧ. 5Н» – самовсасывающая, комплектуется высоконадёжными насосами;
- установка оснащена накопителем уловленных загрязнений, съёмными крышками для предотвращения выбросов в окружающую среду, забор воздуха осуществляется из корпуса установок;
- установка выпускается во взрывобезопасном исполнении.

Экономическое обоснование модернизации существующей системы очистки сточных вод от нефтепродуктов

Экономическая эффективность предлагаемого мероприятия зависит от ряда факторов:

- 1) объёма первоначальных капитальных вложений;
- 2) объёма эксплуатационных затрат;
- 3) объёма приведённых затрат как суммы эксплуатационных издержек и капиталовложений, приходящихся на один год эксплуатации аппарата;
- 4) сумма выплат за загрязнение окружающей среды;
- 5) сумма выплат за складирование отходов.

Таким образом, общий алгоритм экономического обоснования можно представить в виде следующих этапов:

- 1) определение объёма первоначальных капитальных вложений на покупку и установку «КЛЮЧ. 5Н»;
- 2) определение эксплуатационных издержек и себестоимости выполняемых работ;
- 3) определение приведённых затрат по проекту (в том числе демонтаж устаревших очистных сооружений);
- 4) определение экономии в сумме выплат за загрязнение окружающей среды;
- 5) определение условного срока окупаемости первоначальных капиталовложений;
- 6) определение эколого-экономической эффективности проекта.

Расчёты показывают, что установка «КЛЮЧ. 5Н» для очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты, является экономически эффективной, т.к. её внедрение позволяет получить условный годовой экономический эффект в размере 650 тыс. рублей при условном сроке окупаемости первоначальных вложений 13 месяцев, что для экологических проектов считается приемлемым.

Размер первоначальных капитальных вложений, необходимых для реализации проекта, составит 738 тыс. рублей.



Издержки по эксплуатации установки в год составят 1970,7 тыс. рублей, что значительно меньше, чем эксплуатационные издержки имеющихся очистных сооружений, которые составляют 2207,5 тыс. рублей.

Удельная себестоимость очистки 1 м³ промышленных сточных вод составит 70,05 рублей, что значительно меньше существующей себестоимости, которая составляет 97,97 рублей.

Объём приведённых затрат по проекту составит 2894,4 тыс. рублей, что значительно меньше средних затрат по разработке и внедрению аналогичных мероприятий.

При модернизации системы очистки сточных вод на нефтебазе сократится рабочий персонал, который производит очистку оборудования вручную и осуществляет другие работы. Тем самым, сократятся затраты на заработную плату.

Эколого-экономический эффект по рассматриваемому проекту определяется как отношение экономии по выплатам за загрязнение окружающей среды к приведённым затратам и составляет 0,63, т.е. 1 рубль вложений в капиталовложения, приходящиеся на 1 год, и в эксплуатацию системы позволяет получить 0,41 рубль в экономии платы за загрязнение окружающей среды.

Литература:

1. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин: учебное пособие для студентов вузов / А.И. Булатов [и др.]. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 603 с.
2. Кичигин В.И. Моделирование процессов очистки воды: учебное пособие. – М. : АСВ, 2003. – 228 с.
3. Когановский А.М., Клименко Н.А., Левченко Т.М. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении. – М. : Химия, 1983. – 287 с.
4. Справочник по очистке природных и сточных вод / Л.Л. Пааль [и др.]. – М. : Высшая школа, 1994. – 336 с.
5. Экологические аспекты при строительстве нефтяных и газовых скважин: монография / О.В. Савенок [и др.]. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 652 с.
6. Очистка производственных сточных вод: учебное пособие / С.В. Яковлев [и др.]. – М. : Стройиздат, 1985. – 335 с.
7. Аюпова М., Арифжанова М., Усманова Г. Новые флокулянты для очистки сточных вод нефтегазовой промышленности // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 5. – С. 61–64.
8. Дегтярев Г.В., Стрельников В.В., Дегтярева О.Г. Устройство для сбора нефтепродуктов с поверхности воды // Экологические системы и приборы. – 2006. – № 2. – С. 48–49.
9. Техногенные месторождения России – рамки и условия их освоения / В.И. Дунаев [и др.] // Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар, 2020. – С. 112–116.
10. Панжиев У.Р., Холбоев Б.М., Юсупов И.Н. Новый способ очистки сточных вод нефтегазовой промышленности // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 5. – С. 212–213.
11. Поварова Л.В. Анализ методов очистки нефтесодержащих сточных вод // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 1. – С. 189–205.
12. Поварова Л.В. Влияние нефтяных загрязнений на окружающую среду и определение методов борьбы с ними // Вестник студенческой науки кафедры информационных систем и программирования. – 2019. – № 1. – URL : vsn.esrae.ru/7-34. – URL : <http://vsn.esrae.ru/pdf/2019/01/34.pdf>
13. Савенок О.В., Поварова Л.В., Березовский Д.А. Перспективы использования физико-химического и математического моделирования для разработки высокоэффективной комплексной технологии очистки и подготовки пластовых вод // Экология и промышленность России. – 2019. – Т. 23. – № 3. – С. 66–71.
14. Организация и управление охраной окружающей природной среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности / С.И. Шиян [и др.] // Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар, 2020. – С. 266–271.
15. Экологические аспекты в нефтегазовом комплексе / С.И. Шиян [и др.] // Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар, 2020. – С. 272–277.
16. Шиян С.И., Нелин А.К., Медведева Е.В. Источники и масштабы техногенного загрязнения в нефтяной промышленности // Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар, 2020. – С. 278–283.
17. Юсупов И.Н., Панжиев У.Р., Мухамедгалиев Б.А. Новые иониты для очистки сточных вод нефтегазовой промышленности // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 5. – С. 340–341.
18. Патент 2190724. Устройство для сбора нефтепродуктов с поверхности воды. В.Н. Гетман, Г.В. Дегтярев, О.Г. Дегтярева. Дата подачи заявки: 10.07.2000. Дата публикации патента: 10.10.2002. Патентообладатель: Кубанский государственный аграрный университет.

References:

1. Ecology in the construction of oil and gas wells: a textbook for university students / A.I. Bulatov [et al.]. – Krasnodar : LLC «Prosveshchenie-Yug», 2011. – 603 p.
2. Kichigin V.I. Modeling processes of water purification: a training manual. – M. : ASV, 2003. – 228 p.
3. Koganovsky A.M., Klimenko N.A., Levchenko T.M. Wastewater treatment and use in industrial water supply. – M. : Chemistry, 1983. – 287 p.
4. Handbook for natural and waste water treatment / L.L. Paal [et al.]. – M. : The Higher School, 1994. – 336 p.
5. Ecological aspects in building of oil and gas wells: monograph / O.V. Savenok [et al.]. – M. ; Vologda : infra-engineering, 2021. – 652 p.



6. Industrial wastewater treatment: a training manual / S.V. Yakovlev [et al.]. – M. : Stroyizdat, 1985. – 335 p.
7. Ayupova M., Arifzhanova M., Usmanova G. New flocculants for wastewater treatment of oil and gas industry // Bulatov readings. – 2018. – Vol. 5. – P. 61–64.
8. Degtyarev G.V., Strelnikov V.V., Degtyareva O.G. Device for collecting oil products from the water surface // Environmental Systems and Instruments. – 2006. – № 2. – P. 48–49.
9. Technogenic deposits of Russia – framework and conditions of their development / V.I. Dunayev [et al.] // Proceedings of the International Scientific-Practical Conference: in 3 vol. – Krasnodar, 2020. – P. 112–116.
10. Panzhiev U.R., Kholboev B.M., Yusupov I.N. New way of wastewater treatment of oil and gas industry // Bulatov readings. – 2020. – Vol. 5. – P. 212–213.
11. Povarova L.V. Analysis of methods of oil-contaminated wastewater treatment // Science. Technique. Technology (Polytechnic Bulletin). – 2018. – № 1. – P. 189–205.
12. Povarova L.V. The impact of oil pollution on the environment and the definition of methods to combat it // Bulletin of Student Science Department of Information Systems and Programming. – 2019. – № 1. – URL : vsn.esrae.ru/7-34. – URL : <http://vsn.esrae.ru/pdf/2019/01/34.pdf>
13. Savenok O.V., Povarova L.V., Berezovsky D.A. Prospects for the use of physical and chemical and mathematical modeling for the development of highly efficient complex technology of treatment and preparation of formation waters // Ecology and Industry of Russia. – 2019. – Vol. 23. – № 3. – P. 66–71.
14. Organization and management of environmental protection at oil and gas industry enterprises / S.I. Shiyan [et al.] // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference: in 3 vol. – Krasnodar, 2020. – P. 266–271.
15. Environmental aspects in oil and gas complex / S.I. Shiyan [et al.] // Proceedings of the International Scientific-Practical Conference: in 3 vol. – Krasnodar, 2020. – P. 272–277.
16. Shiyan S.I., Nelin A.K., Medvedeva E.V. Sources and extent of technogenic pollution in the oil industry // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference: in 3 vol. – Krasnodar, 2020. – P. 278–283.
17. Yusupov I.N., Panzhiev U.R., Mukhamedgaliev B.A. New Ionites for Wastewater Treatment of Oil and Gas Industry // Bulatov Readings. – 2020. – Vol. 5. – P. 340–341.
18. Patent 2190724. Device for the collection of oil products from the water surface. V.N. Getman, G.V. Degtyarev, O.G. Degtyareva. Date of filing: 10.07.2000. Date of patent publication: 10.10.2002. Patent-holder: Kuban State Agrarian University.