

УДК 628.33

## Направления модернизации схемы механической очистки сточных вод АО «Ангарская нефтехимическая компания»

© А.С. Тарасенко<sup>1</sup>, Н.Д. Губанов<sup>2</sup>Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
г. Иркутск, Российская Федерация

Рассмотрена действующая установка очистки сточных вод АО «Ангарская нефтехимическая компания», выявлены и описаны ее основные недостатки, определена степень негативного воздействия на окружающую среду. Показано, что большинство оборудования действующей установки очистки сточных вод физически и морально устарело, что повышает риск техногенных аварий. Предложена замена песколовушек на гидроциклоны и нефтеловушек открытого типа на герметичные напорные нефтеловушки, что позволит повысить эффективность очистки сточных вод.

*Ключевые слова:* сточные воды, механическая очистка, схема очистки, модернизация, нефтеловушки

## Direction of modernization scheme for mechanical wastewater treatment of JSC Angarsk petrochemical company

© Anastasia S. Tarasenko, Nikolai D. Gubanov

Irkutsk National Research Technical University,  
Irkutsk, Russian Federation

The article discusses the existing wastewater treatment plant of JSC Angarsk Petrochemical Company, identifies and describes its main drawbacks, and determines the degree of negative environmental impact. It shows that most of the equipment of the existing wastewater treatment plant is physically and morally obsolete, which increases the risk of industrial accidents. The article suggests the replacement of sand traps with hydrocyclones and open-type oil traps with hermetic pressure oil traps, which will improve the efficiency of wastewater treatment.

*Keywords:* wastewater, mechanical treatment, modernization, cleaning circuit, oil trap

АО «Ангарская нефтехимическая компания», расположенное на протяжении нескольких километров в водоохранной зоне реки Ангары, осуществляет сброс сточных вод с территории предприятия после их подготовки на установках очистки. В настоящее время действующая схема по механической очистке сточных вод имеет ряд серьезных недостатков, которые сказываются на качестве и эффективности очистки.

Установка 101 АО «Ангарская нефтехимическая компания» предназначена для механической и физико-химической очистки сточных вод первой и второй системы. На объект поступают сточные воды с различных установок завода, где они подвергаются очистке от нефти и нефтепродуктов, механических примесей и доочистке на установке напорной флотации. Очищенные сточные воды направляются на биологическую очистку, обеззараживаются ультрафиолетом и сбрасываются в Ангару; уловленный нефтепродукт направляется на последующую переработку.

Проект очистных сооружений был разработан и утвержден в 1950 г., реализация проекта осуществлена в 1960 г., в 1962 г. установка по очистке сточных вод была введена в эксплуатацию. Очевидно, что в настоящее время большинство проектных решений являются неактуальными, так как с момента утверждения проекта прошло более 60 лет [1].

В связи с физическим износом большинство оборудования работает на пределе и уже не может отвечать необходимым современным требованиям эффективности, надежно-

<sup>1</sup> Тарасенко Анастасия Сергеевна, магистрант Института высоких технологий, e-mail: tarasenko.nastya95@gmail.com

Anastasia S. Tarasenko, a postgraduate of High Technologies Institute, e-mail: tarasenko.nastya95@gmail.com

<sup>2</sup> Губанов Николай Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент кафедры химической технологии Института высоких технологий, e-mail: gubanov\_nd@ex.istu.edu

Nikolai D. Gubanov, Cand. Sci (Technics), Associate Professor of Chemical Technology Department of High Technologies Institute, e-mail: gubanov\_nd@istu.edu

сти и экологичности работы; выработало трех- и четырехкратный ресурс работы, установленный заводом-изготовителем.

Оборудование механической очистки и действующая схема очистки являются морально устаревшими, технико-экономические и экологические показатели данной схемы давно уже не достигают необходимых требований. Кроме того, устаревшее оборудование и методы производства значительно повышают риск техногенных аварий, выбросов в окружающую среду загрязняющих веществ.

Технологическая вода не достигает необходимой степени очистки, периодически происходят нарушения норм показателей качества очищенной воды, что подтверждается актами аналитического контроля.

Необходимо отметить, что проектная мощность очистных сооружений составляет 3600 м<sup>3</sup>/ч загрязненной воды. Фактически же на очистку с территории предприятия поступает около 1000 м<sup>3</sup>/ч. На основании этого можно сделать вывод, что действительный расход воды в несколько раз меньше определенного проектом и не может обеспечить нормальный запроецированный режим работы очистных сооружений. К тому же из-за сильно завышенной проектной мощности большая часть оборудования является балластом, находится в резерве и не выполняет своих функций, но в то же время продолжает потреблять энергоресурсы: электроэнергию, пар, чистую воду, промтеплофикационную воду; требует постоянного контроля и обслуживания, создавая дополнительные риски разгерметизации или аварии на опасном производственном объекте.

В настоящее время на АО «Ангарская нефтехимическая компания» действует следующая схема очистки сточных вод. Промливневые стоки по безнапорному трубопроводу самотеком поступают в приемные колодцы, затем – в лоток промстоков и далее по лотку самотеком – в двухсекционную горизонтальную песколовку, где происходит оседание песка и механических примесей. Песок из песколовки удаляется механизированным способом при помощи грейферного ковша, закрепленного на автокране, с последующей погрузкой в автомобиль и выгрузкой на илонакопителе.

Из песколовки часть стоков поступает по лоткам через распределительные камеры в четырехсекционные нефтеловушки № 1–3, другая часть стоков через камеры по стальному трубопроводу поступает в четырехсекционную нефтеловушку № 4 и двухсекционную нефтеловушку № 5. Перед песколовкой в застойной зоне имеются две нефтесборные воронки для сбора отстоявшегося нефтепродукта с регулировкой их положения по вертикали и отводом нефтепродукта по трубопроводу.

В каждой секции нефтеловушек за первыми нефтесборными трубами установлены нефтеудерживающие шторы для задерживания некоторой части нефтепродукта, поступающего на нефтеловушку в ее начале. При нормальном режиме работы нефтеловушек время нахождения в ней сточных вод должно быть не менее двух часов. Сгон нефти с поверхности нефтеловушек к нефтесборным трубам осуществляется за счет промстоков, прошедших очистку на нефтеловушках и подаваемых насосами из брызгалок гидромониторной системы.

Уловленный продукт самотеком поступает в резервуар нефти, с перепуском верхнего слоя в резервуар ила. Далее насосами подается в резервуары на разделение с последующей откачкой на вторичную переработку с содержанием влаги не более 20 %.

После нефтеловушек стоки поступают в секцию промстоков пятисекционного резервуара, откуда насосами подаются в приемные емкости флотационной установки.

Из приемной емкости сточные воды поступают на приемную линию насосов. В эти же трубопроводы подается воздух из атмосферы при помощи эжекторов, работающих за счет разности давлений в напорном и всасывающем трубопроводах. Оптимальное количество воздуха, требуемое на очистку, составляет 5–6 % от общего объема поступающих сточных вод.

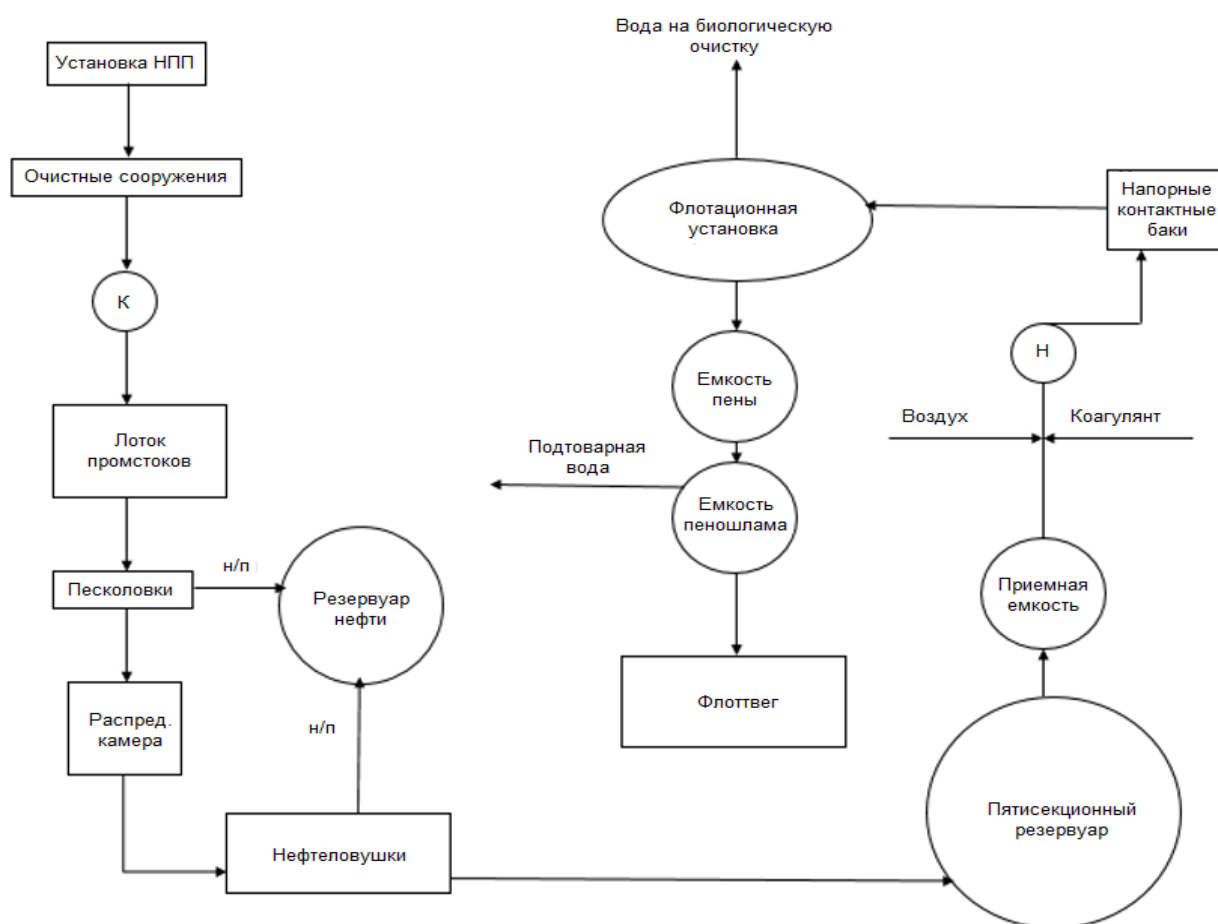
Сточные воды в смеси с воздухом от насосов подаются в напорные контактные баки, где происходит их насыщение воздухом и коагулянтом. В напорный трубопровод насосов подается раствор сернокислого алюминия или алюмохлоридный раствор из реагентного хозяйства. Стоки, насыщенные воздухом и коагулянтом, из напорных баков через камеру смешения и распределения подаются на флотаторы № 1–4.

На флотаторах коагулянт вместе с пузырьками воздуха обволакивает мелкие частицы эмульгированного нефтепродукта и образует на поверхности легко удаляемый пенообразный слой. Время пребывания сточных вод на флотаторах – 20 мин. Осветленные стоки

после очистки на флотаторах самотеком поступают в приемные емкости, откуда насосами откачиваются на биологическую очистку.

Слой пены непрерывно удаляется из флотаторов скребковыми механизмами и отводится в приемную емкость пены.

Из емкости пеношлам подается в емкости пеношлама для отстаивания. В них ведется нагрев, отстой и подрезка подтоварной воды в заглубленную емкость. Схемой предусмотрена отвод подтоварной воды самотеком в промливневую канализацию нижней зоны. Подготовленный пеношлам из емкостей подается на установку «Флоттвег» на переработку [1]. Принципиальная действующая схема очистки сточных вод на установке 101 представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Принципиальная схема очистки сточных вод на АО «Ангарская нефтехимическая компания»**

Помимо гидросферы эксплуатируемая установка оказывает негативное влияние и на окружающую среду. На стадии выделения нефтепродукта в действующей схеме очистки сточных вод используются нефтеловушки открытого типа, которые напрямую соединены с атмосферой. Так как на очистку подается загрязненная нефтепродуктом вода с температурой до 50 °С, а нефтепродукт вследствие более низкой, чем у воды, плотности скапливается на поверхности, происходит обильный выброс углеводородов в атмосферу. Это усугубляется большой поверхностью испарения нефтепродукта. Применение нефтеловушек открытого типа является нарушением требования законодательства об использовании наилучших доступных технологий, допускает постоянное неконтролируемое выделение вредных загрязняющих веществ в атмосферу.

Кроме того, недостаточно эффективное отделение нефти и нефтепродуктов от сточных вод снижает эффективность работы установок по переработке ловушечного продукта. Одной из основных причин является тот факт, что для сбора отстоявшегося нефтепродукта с поверхности нефтеловушек и перекачивания его на дальнейшую переработку используются центробежные насосы. Нефтепродукт с поверхности собирается частично с водой. В

насосе под действием центробежных сил и интенсивного вращательного движения рабочего колеса насоса происходит эмульгирование. Вода под таким воздействием сильно диспергируется в объеме нефтепродукта, что затрудняет либо делает невозможным дальнейшее качественное разделение и получение нефтепродукта с необходимым содержанием воды, что подтверждается актами аналитического контроля. Возможным решением данной проблемы является использование для перекачки уловленного нефтепродукта насосов объемного типа.

Несоответствие ловушечного продукта по содержанию воды делает невозможным и экономически нецелесообразным нормальный режим работы установки по переработке уловленного нефтепродукта. В связи с высоким содержанием влаги в сырье установка Г-64, предназначенная для перегонки сернистых нефтей и выработки из них нефтепродукта, вынуждена циркулировать пять суток при температуре 100–120 °С для того, чтобы выпарить остатки воды, и лишь двое суток находится на режиме перерабатывания нефтепродукта. Также наличие воды в сырье установки создает опасность возникновения паровых пробок, гидроударов, разрушения и разгерметизации технологического оборудования, аварийных ситуаций.

Предлагается модернизировать настоящую схему очистки путем замены песколовков на гидроциклоны, нефтеловушек открытого типа – на герметичные напорные нефтеотделители. Также предлагается включить в схему решетки барабанного типа.

Решетки в предлагаемой схеме служат для задержки крупнодисперсных примесей в поступающей на очистку воде. Решетки барабанного типа представляют собой цилиндрическую корзину, вращающуюся в канале, по которому поступают сточные воды. Она состоит из стержней, через которые происходит фильтрация (механическая очистка) сточных вод, может быть в перфорированном исполнении. Крупные загрязнения, задержанные фильтрующей корзиной, промываются и уплотняются на винтовом конвейере и моющем прессе, которые совмещены с решеткой [2]. Устройство решетки показано на рис. 2.

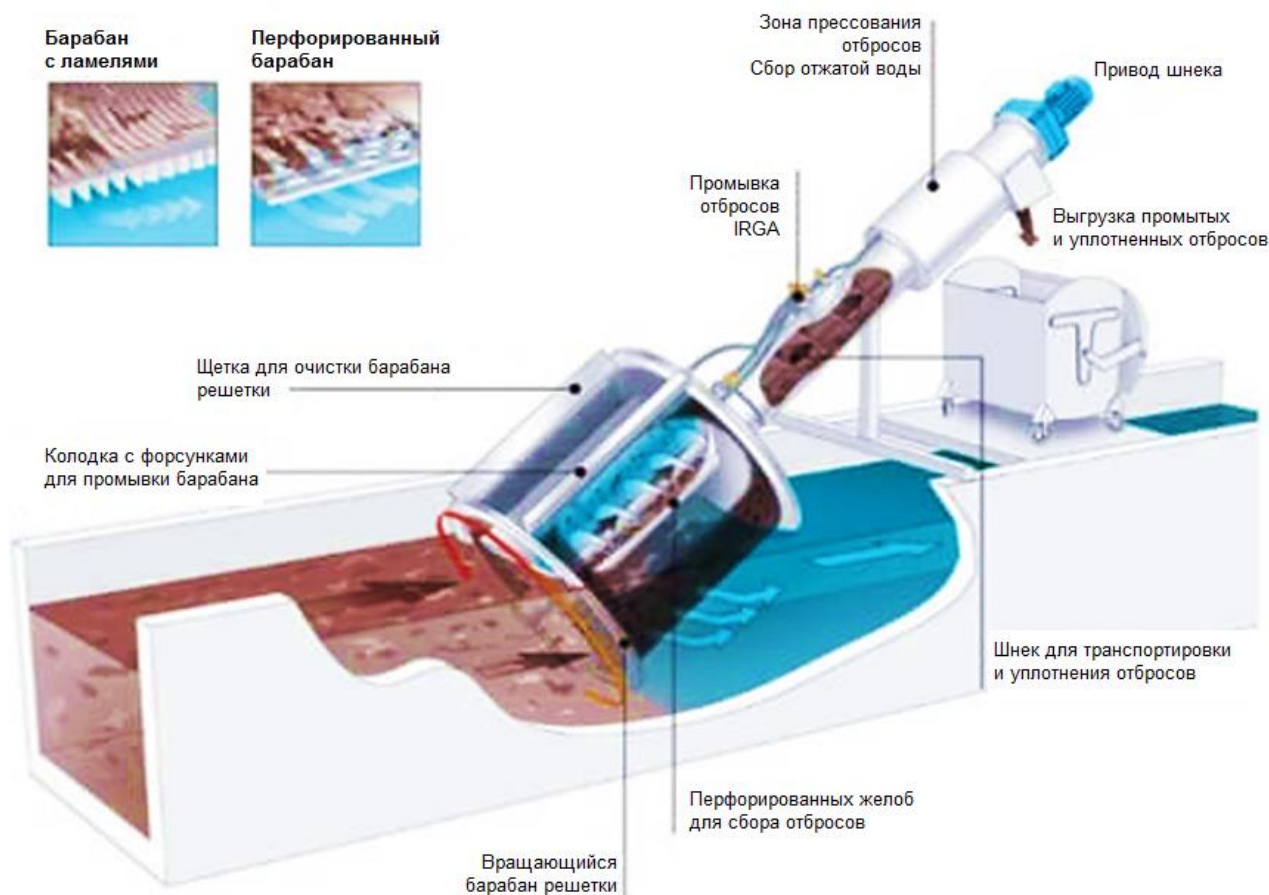


Рис. 2. Устройство решеток барабанного типа

Достоинства решеток барабанного типа заключается в следующем:

- за счет барабанной формы и угла наклона используется гораздо большая рабочая поверхность, чем у обычных решеток;
- им характерна высокая устойчивость к агрессивным и коррозионоактивным компонентам;
- не требуется дополнительный отжим загрязнений за счет функции уплотнения отбросов непосредственно в решетке;
- часть органических веществ возвращается в стоки благодаря функции промывки;
- допускается возможность полной автоматизации процесса, исключения применения ручного труда;
- для установки решеток барабанного типа требуются минимум территории.

После решеток сточные воды направляются на очистку от взвешенных веществ в отделение гидроциклонов.

Безнапорные гидроциклоны открытой конструкции отличаются рядом преимуществ:

- процесс может быть практически полностью автоматизирован;
- большая часть нефти улавливается еще на начальной стадии механической очистки;
- возможно разделение на три фазы, совмещение функций нефтеотделителя и песколовки;
- достаточно высоко качество отделяемого нефтепродукта (обводненность – до 10 %).

Эффект очистки от нефтепродуктов достигается тем, что в вихревом движении воды создается увеличивающаяся к центру угловая скорость, способствующая концентрированию нефтяных частиц в центральной части аппарата. Осветленная вода отводится тонким слоем через водослив, отдаленный от всплывшего слоя полупогружной перегородкой. Уловленные нефтепродукты с поверхности воды могут быть удалены через переливные воронки или лотки. Образующийся в конусной части гидроциклона осадок выпускается через патрубок со шламовой насадкой [3].

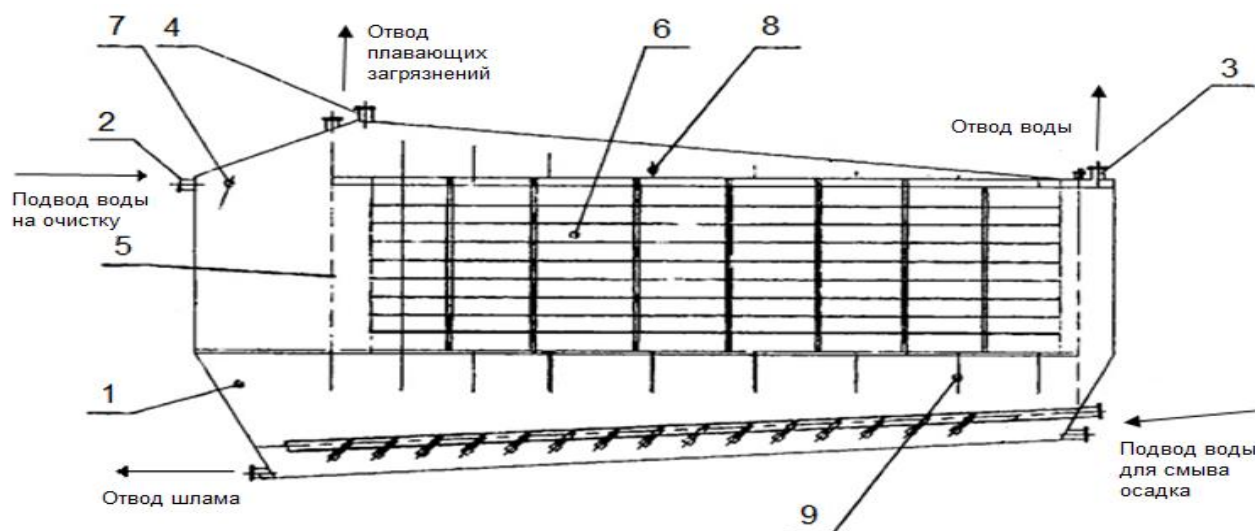
В простом по конструкции открытом гидроциклоне уходящим потоком жидкости могут захватываться взвешенные вещества из периферийной зоны, и это снижает эффективность гидроциклона при увеличении гидравлической нагрузки. Преодолеть этот недостаток позволяет установка конической диафрагмы и внутренней цилиндрической стенки.

После отделения грубодисперстных примесей и части нефтепродукта предлагается очистка стоков в напорном герметичном нефтеотделителе.

Основные преимущества герметичного нефтеотделителя заключаются в следующем:

- низкая концентрация нефтепродукта на выходе (менее 10–12 мг/дм<sup>3</sup>);
- возможность извлечения частиц гидравлической крупностью 0,3–0,2 мм/с;
- отсутствие испарения паров нефтепродуктов и других вредных веществ в атмосферу;
- исключение необходимости использования насосов для сбора ловушечного продукта, следовательно, и низкое содержание воды в нефтепродукте.

Напорный нефтеотделитель содержит герметичный корпус с патрубками подвода и отвода очищаемой воды, устройствами сбора и удаления всплывших и сбора и удаления осевших загрязнений с системой смыва осадка. Внутри корпуса размещены распределительная решетка и тонкослойные блоки с пластинами, установленными под углом. Корпус снабжен регулируемым распределительным щитом, установленным за патрубком подвода очищаемой воды, перегородками для устранения перетоков воды мимо тонкослойных блоков и направляющими для установки, перемещения и фиксации блоков. Перегородки устанавливаются над блоками и под ними. Блоки снабжены подпятниками, устанавливаемыми на направляющих, и выполнены из нескольких последовательно установленных модулей. Пластины блоков снабжены узлами стыковки друг с другом. Узлы выполнены в виде волны, соединяющейся с предыдущей пластиной внахлест. Перекрытие верхней части корпуса имеет уклон в направлении от патрубка подвода к патрубку отвода очищаемой воды, размещенного на ней, а устройство для сбора и удаления всплывших загрязнений размещается около патрубка подвода. Система смыва осадка устройства для сбора и удаления осадка выполнена в виде водяных сопел, установленных с возможностью регулирования угла их наклона к поверхности устройства, а распределительная решетка установлена с возможностью извлечения ее из корпуса [4]. Схема такого нефтеотделителя показана на рис. 3.



**Рис. 3. Устройство напорного нефтеемделителя:**

- 1 – корпус нефтеемделителя; 2 – патрубок подвода воды; 3 – патрубок отвода воды; 4 – устройство сбора и удаления всплывших загрязнений; 5 – распределительная решетка; 6 – тонкослойные блоки с пластинами; 7 – регулируемый распределительный щит; 8, 9 – перегородки для устранения перетоков воды мимо тонкослойных блоков**

Такие аппараты намного компактнее обычных емкостных отстойников, их конструкция позволяет избежать возникновения плотностных и конвективных течений, что повышает эффективность очистки нефтесодержащих стоков с 50–60 до 78–87 % при сравнительно невысоких капитальных затратах [5].

Техническое перевооружение механических очистных сооружений за счет установки гидроциклонов открытого типа и напорных нефтеловушек-нефтеемделителей герметичного типа позволит значительно сократить загрязнение атмосферы парами нефтепродуктов, упростить эксплуатацию, исключить из схемы лишнее громоздкое оборудование типа отстойников, использовать очищенный от нефтепродуктов и других загрязнений песок, повысить эффективность и качество очистки сточных вод, тем самым снизив нагрузку на последующие стадии очистки, даст возможность вовлечь воду в систему оборотного водоснабжения [6].

Таким образом, необходимость модернизации и технического перевооружения установки механической очистки сточных вод на АО «Ангарская нефтехимическая компания» является очевидной. Повышение качества воды после очистки на установке до необходимого уровня позволит вовлечь ее в систему оборотного водоснабжения и минимизировать объем сточных вод, сбрасываемых в реку Ангару.

#### Библиографический список

1. Очистки сточных вод 1 системы очистных сооружений, объект 101, парк 25, цех 12 НПЗ: технологический регламент АО «Ангарская нефтехимическая компания» № ПЗ-05 ТР-1002 ЮЛ-100. Версия 3.00.
2. Кошак Н.М., Новиков С.В., Ручкинова О.И. Совершенствование схемы очистки сточных вод от отходов нефтехимического производства // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2016. Т. 7. № 4. С. 51–63. <https://doi.org/10.15593/2224-9826/2016.4.05>.
3. Башаров М.М., Сергеева О.А. Устройство и расчет гидроциклонов: учебное пособие. Казань: Вестфалика, 2012. 92 с.
4. Пат. № 2206369 РФ, МПК В01D 21/02 (2000.01). Напорный нефтеемделитель / В.Г. Пономарев, В.Ф. Боев, Я.Б. Улановский, В.Н. Порхачев, Р.Г. Ханнанов. Заявл. 13.02.2001; опубл. 20.06.2003. Бюл. № 17.
5. Яблокова М.А., Петров С.И. Совершенствование технологии очистки сточных вод от нефтепродуктов с использованием нового перспективного оборудования // Успехи современного естествознания. 2005. № 9. С. 87–88.
6. Яблокова М.А., Петров С.И. Комплексная технология очистки сточных вод от маслонепфтепродуктов // Химическая промышленность. 2003. Т. 80. № 11. С. 54–59.