

УДК 628.3

К ВОПРОСУ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОКОВ В ГИДРОЦИКЛОННЫХ УСТАНОВКАХ

Бусарев А.В., Селюгин А.С., Каюмов Ф.Ф.

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», Казань,
e-mail: kgasu.viv@gmail.com*

Настоящая статья посвящена актуальной проблеме очистки поверхностных сточных вод. В Казанском государственном архитектурно-строительном университете разработана установка для их очистки. Одним из аппаратов, входящих в ее состав, является батарея напорных двухпродуктовых цилиндрикоконических гидроциклонов, работающих с противодавлением на сливах. Исследования процессов очистки поверхностных сточных вод в напорных гидроциклонах проведены на экспериментальной гидроциклонной установке, включающей емкость для исходной воды, насос, испытываемый гидроциклон, пробоотборные устройства и цилиндры для отстаивания обработанной в гидроциклоне сточной воды. Исследования процессов очистки поверхностных сточных вод проводились на напорных гидроциклонах диаметром 40, 80 и 100 мм. Результаты исследований показали, что обработка поверхностных стоков в напорных гидроциклонах повышает эффективность их последующей очистки методом отстаивания. Необходимо продолжить изучение процессов очистки поверхностных сточных вод, что позволит улучшить механизмы их очистки от нефтепродуктов и взвешенных веществ в установках типа «блок гидроциклон – отстойник».

Ключевые слова: поверхностные сточные воды, очистка, гидроциклон, экспериментальная установка, исследования

TO THE QUESTION OF CLEARANCE OF SURFACE SEWAGE IN HYDROCYCLONE UNITS

Busarev A.V., Selyugin A.S., Kayumov F.F.

Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, e-mail: kgasu.viv@gmail.com

This article is devoted to the topical problem of surface wastewater treatment. In the Kazan state University of architecture and construction has developed an installation for cleaning them. One of the devices included in its composition, is a battery of two-product pressure cylinder-conic hydrocyclones operating with back pressure on the plums. The study of the processes of surface wastewater treatment in the pressure hydrocyclones conducted on the experimental setup, including capacity for source water, pump, hydrocyclone test, the sampling device and cylinders for settling processed in a hydrocyclone wastewater. The study of the processes of surface wastewater treatment was carried out on the discharge hydrocyclones with a diameter of 40, 80 and 100 mm. The results showed that treatment of runoff in the pressure hydrocyclones increases the efficiency of their subsequent treatment by the creaming method. It is necessary to continue the study of the processes of surface wastewater treatment, which will improve the mechanisms for their purification from oil products and suspended substances in plants of type «unit is a hydrocyclone – sedimentation tank».

Keywords: surface wastewater, cleaning, hydrocyclone, eksperimental installation, research

Дождевые и талые стоки, которые ранее считались условно чистыми и без очистки сбрасывались в поверхностные источники или на рельеф местности, загрязнены эмульгированными нефтепродуктами (до 120 мг/л), твердыми взвешенными веществами (до 2000 мг/л) и органическими соединениями (БПК_{полн} достигает 30 мг/л). Таким образом, необходима их очистка перед сбросом в водоемы [1]. В Казанском государственном архитектурно-строительном университете (КГАСУ) для этого разработана установка очистки поверхностных стоков [1] технологическая схема которой приведена на рис. 1.

В состав установки очистки поверхностных стоков входят: аппарат типа «блок гидроциклон – отстойник» 1, фильтровальная станция 2 и блок глубокой очистки поверхностных стоков от нефтепродуктов 3. Очищенные в БГО поверхностные стоки

под избыточным давлением поступают в фильтровальную станцию 2, состоящую из нескольких скорых напорных фильтров с двухслойной загрузкой из антрацита и кварцевого песка или из сверхскоростных фильтров, загруженных кварцевым песком. Очищенные от взвешенных веществ и основной массы нефтепродуктов в фильтровальной станции 2 поверхностные стоки поступают в блок 3, в котором осуществляется их глубокая очистка от нефтепродуктов. В состав блока 3 входят либо напорные адсорбционные фильтры, загруженные активированным древесным углем, либо мембранные разделители [2].

Одним из аппаратов, входящих в ее состав, является батарея напорных двухпродуктовых цилиндрикоконических гидроциклонов конструкции КГАСУ, работающих с противодавлением на сливах. Основной задачей гидроциклонов является очистка по-

верхностных стоков от взвешенных веществ. Как показали предварительные исследования, эффект очистки дождевых сточных вод от взвешенных веществ в напорных гидроциклонах, работающих с противодавлением на сливах, достигает 55–70% [1]. В то же время поверхностные стоки загрязнены также нефтепродуктами. Целью данных исследований являлось выяснение воздействия гидроциклонной обработки на процесс очистки поверхностных стоков от эмульгированных нефтепродуктов.

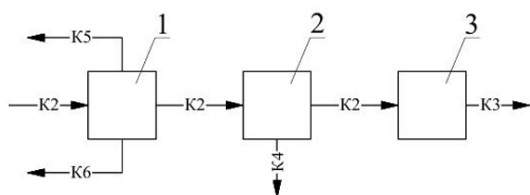


Рис. 1. Технологическая схема установки очистки поверхностных стоков. –K2– поверхностные сточные воды; –K3–очищенные поверхностные стоки; –K4–загрязненные промывные стоки; –K5–отвод уловленных нефтепродуктов; –K6–отвод осадка

Известно, что стабильность эмульсий типа «нефть в воде» (Н/В) обеспечивается не только изначальными размерами частиц нефтепродуктов, но также их полидисперсностью. Кроме того, на поверхности этих частиц образуются защитные оболочки, обладающие достаточно высокой механической прочностью, что препятствует укрупнению капель нефтепродуктов, а значит, и расслоению эмульсий типа Н/В [3].

В ходе исследований, которые проводились КГАСУ на нефтепромыслах Республики Татарстан, было установлено, что при обработке нефтепромысловых сточных вод (НСВ), образующихся в процессе подготовки и переработки нефти, в напорных гидроциклонах происходит не только расслоение эмульсий типа Н/В, но также разрушаются оболочки вокруг капель нефтепродуктов, осуществляется их укрупнение (коалесценция), увеличивается монодисперсность нефтяных эмульсий [3, 5]. Таким образом, напорные гидроциклоны могут работать как гидродинамические каплеобразователи, значительно интенсифицирующие процесс последующей очистки НСВ методом отстаивания [3, 5].

Для исследования влияния гидроциклонной обработки поверхностных стоков на процесс их последующей очистки отстаиванием использована установка ЭГУ-150 (см. рис. 2).

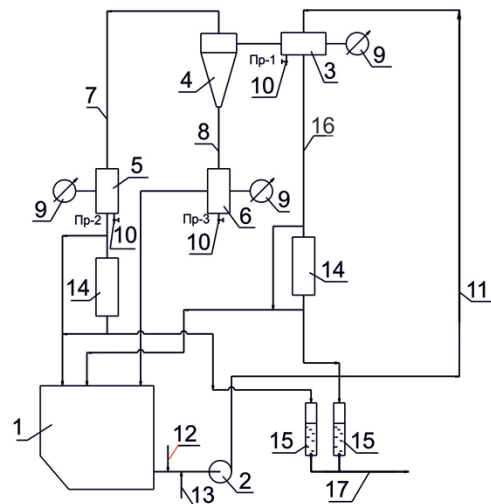


Рис. 2. Схема экспериментальной установки: 1 – емкость для исходной воды; 2 – насос; 3 – успокоительная емкость; 4 – гидроциклон; 5 – напорная емкость верхнего слива; 6 – напорная емкость нижнего слива; 7 – трубопровод верхнего слива; 8 – трубопровод нижнего слива; 9 – манометр; 10 – пробоотборник; 11 – подача воды на очистку; 12 – подача нефтепродуктов; 13 – подача суспензии; 14 – пробоотборное устройство; 15 – цилиндр для отстаивания; 16 – подача исходной воды в цилиндр для отстаивания; 17 – дренаж

Из емкости 1 вода насосом 2 подается по трубопроводу 11 на обработку в гидроциклон 3. Во всасывающий трубопровод насоса 2 по трубопроводу 12 насосом-дозатором подаются нефтепродукты, а по трубопроводу 13 – суспензия (взвешенные вещества). Перемешивание нефтепродуктов и взвешенных веществ с водой осуществляется в рабочем колесе центробежного насоса 2. Емкость 3 предназначена для стабилизации потока жидкости, поступающей в гидроциклон 4 [3]. Она оборудована манометром М-1 и пробоотборником ПР-1. Емкости верхнего слива 5 и емкость нижнего слива 6 служат для создания противодействия на сливах гидроциклонов. Они снабжены пробоотборниками ПР-2 и ПР-3, а также манометрами М-2 и М-3 [1,3]. Пробоотборные устройства 14 представляют собой цилиндрические напорные емкости, снабженные отсекательными вентилями и воздушными кранами. Конструкцией устройства 14 предусмотрено предотвращение изменения крупности частиц нефтепродуктов при их свободном изливе из емкостей 3 и 5 [3].

Общий вид стеклянных цилиндров, предназначенных для отстаивания эмульсий типа Н/В, представлен на рис. 3. Его геометрические размеры приняты по реко-

мендациям методики, изложенной в работе [4]. Один из цилиндров 15 предназначен для воды, не обработанной в гидроциклоне, а второй – для эмульсии типа Н/В из верхнего слива гидроциклона. Регулирование давления на входе в гидроциклон осуществляется с помощью запорно-регулирующей арматуры по показаниям манометра М-1, а противодействие на сливах гидроциклона – по показаниям манометров М-2 и М-3.

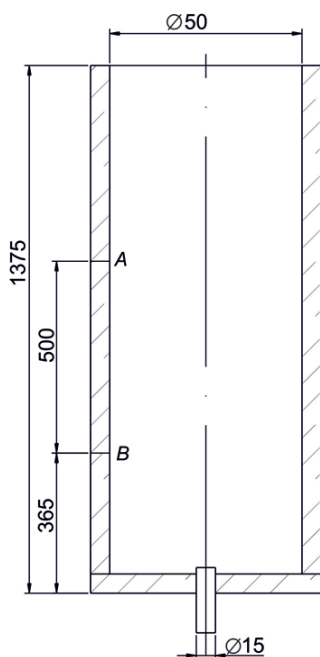


Рис. 3. Цилиндр для отстаивания эмульсий типа «нефть в воде»

Под действием сил центробежного поля, возникающего за счет тангенциального ввода поверхностных стоков в напорный гидроциклон, нефтепродукты, как более легкая фаза, концентрируются в осевой части гидроциклона и выносятся восходящим аксиальным потоком через его верхнее сливное отверстие. Таким образом, концентрация нефтепродуктов в воде из верхнего слива гидроциклона будет значительно выше, чем в поверхностных стоках, поступающих на очистку [3, 5].

Исследования по оценке влияния гидроциклонной обработки на процесс последующего отстаивания проводились следующим образом. Включался насос 2, и поверхностные стоки, загрязненные нефтепродуктами и взвешенными веществами, по трубопроводу 11 подавались в напорный гидроциклон 4 типа ГЦ-80-І. Устанавливалось давление на входе в гидроциклон, равное 0,6 МПа и противодействие на сливах гидроциклона – 0,4 МПа. Через 15 мин после включения

ЭГУ-150, когда движение жидкости в системе стало установившимся [3], одновременно отбирались пробы из пробоотборников ПР-1 и ПР-2. Концентрация нефтепродуктов в пробах ($C_{исх}$) определялась по методике, изложенной в работе [3], путем фотоколориметрирования раствора, который получен при экстракции из воды нефтепродуктов с помощью четыреххлористого углерода. Максимальная погрешность этого метода не превышает 2,5% [2]. Одновременно с отбором проб из пробоотборников ПР-1 и ПР-2 отсекались объемы воды, находящиеся в пробоотборных устройствах 14, после чего заполнялись цилиндры 15 до отметки «А». Через 5 минут с помощью нижнего сливного патрубка 15 начинали сливать воду в канализацию. Слив воды из цилиндров осуществлялся до отметки «В», что соответствует высоте отстаивания, равной $H = 500$ мм. При сливе воды из цилиндров 15 под струей вытекающей жидкости с интервалом 1–5 секунд подставлялись колбы, в которые отбирались пробы воды, в которых также определялась концентрация нефтепродуктов (C'_H). После отбора проб остатки эмульсии из цилиндров 15 сливались в канализацию, цилиндры промывались четыреххлористым углеродом, а затем водопроводной водой [2].

Эффективность отстаивания, $\Theta_{отс}, \%$, определялась по формуле [3, 4]

$$\Theta_{отс} = \frac{C_{исх} - C'_H}{C_{исх}} \times 100\%.$$

Описанная выше процедура повторяется для интервалов времени $t = 10, 20, 30, 45$ и 60 мин. В результате проведенных исследований были получены графики зависимости $\Theta_{отс} = f(t)$ для исходных поверхностных стоков и обработанных в напорных гидроциклонах. Графики зависимости $\Theta_{отс} = f(t)$ для гидроциклона типа ГЦ-80-І диаметром 80 мм представлены на рис. 4. На рис. 5 представлены подробные зависимости, полученные при испытании гидроциклона типа ГЦ-40-І диаметром 40 мм, на рис. 6 – при испытании гидроциклона типа ГЦ-100-І диаметром 100 мм.

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы:

а) при концентрации нефтепродуктов в поверхностных стоках, поступающих на очистку, равной 118–123 мг/л, их содержание в воде из верхнего слива гидроциклонов достигает 162–181 мг/л;

б) зависимости $\Theta_{отс} = f(t)$ для поверхностных стоков, не обработанных в гидроциклонах, совпадают достаточно хорошо, что говорит о стабильности эмульсий типа Н/В, которые применялись в ходе данных исследований;

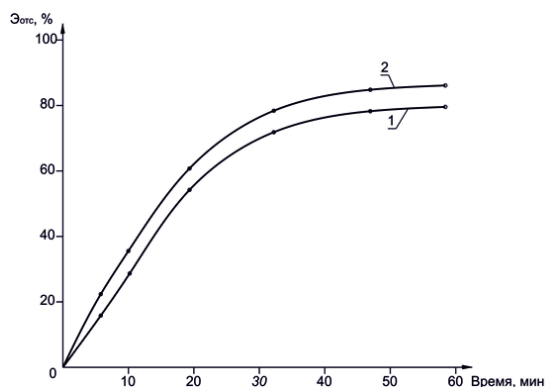


Рис. 4. Результаты исследований процессов отстаивания при использовании гидроциклона типа ГЦ-80-I: 1 – исходная вода; 2 – вода с верхнего слива гидроциклона

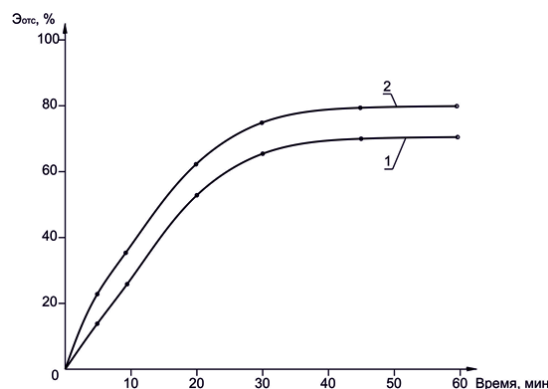


Рис. 5. Результаты исследований процессов отстаивания при использовании гидроциклона типа ГЦ-40-I

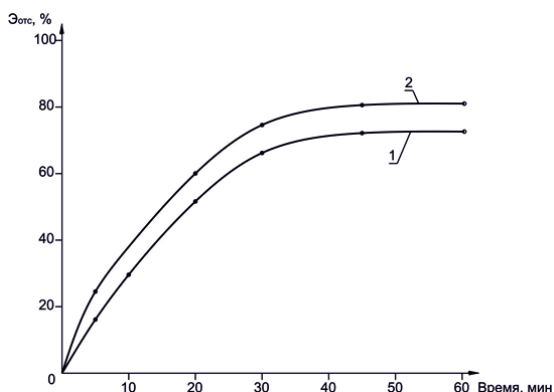


Рис. 6. Результаты исследований процессов отстаивания при использовании гидроциклона типа ГЦ-100-I

в) обработка поверхностных стоков в напорных гидроциклонах повышает эффективность их последующей очистки методом отстаивания;

г) увеличение диаметра напорных гидроциклонов, применяемых для обработки поверхностных стоков, снижает эффективность разрушения эмульсий типа Н/В методом отстаивания.

Таким образом, благоприятное влияние гидроциклонной обработки поверхностных стоков на процесс их последующей очистки от нефтепродуктов методов отстаивания можно считать доказанным. Необходимо продолжить изучение этих процессов, используя седиментационный анализ [3, 4], что позволит улучшить механизмы отчистки поверхностных стоков от нефтепродуктов и взвешенных веществ в установках типа «блок гидроциклон-отстойник».

Список литературы

1. Адельшин А.Б., Бусарев А.В., Селюгин А.С., Гареев Б.М., Манвелян Ш.Г. Исследование процессов очистки поверхностных стоков. – Вода и экология. – 2014. – № 8. – С. 113–117.
2. Адельшин А.Б., Бусарев А.В., Селюгин А.С., Хисамеева Л.Р. К вопросу применения нанотехнологий при очистке сточных вод: сб. мат. международной конференции «Нанотех 2009». – Казань: КГТУ, 2009. – С. 106–109.
3. Бусарев А.В. Интенсификация очистки нефтесодержащих сточных вод с применением гидроциклонов с противодавлением на сливах: диссертация канд. техн. наук: 05.23.04: защищена 13.05.97. – Казань, 1997. – 244 с.
4. Пономарев В.Г., Иоакимис Э.Г., Монгайт И.Л. Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов. – М.: Химия, 1985. – 256 с.
5. Селюгин А.С. Разработка и моделирование гидроциклонных установок очистки нефтесодержащих сточных вод: диссертация канд. техн. наук: 05.23.04: защищена 18.06.96. – Казань, 1995. – 180 с.