

УДК 628.16

Бусарев А.В. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: reder1@myrambler.ru

Шешегова И.Г. – старший преподаватель

E-mail: ig-7@mail.ru

Низамова А.Х. – старший преподаватель

E-mail: Anizamova@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Подготовка технической воды для заводнения продуктивных нефтеносных горизонтов

Аннотация

Постановка задачи. Для заводнения продуктивных горизонтов с целью повышения давления в нефтеносных пластах используются нефтепромысловые сточные воды, которые образуются в процессе подготовки и переработки сырой нефти. При недостаточных объемах нефтепромысловых стоков используется вода из поверхностных источников. Данная статья посвящена подготовке технической воды, которая применяется для закачки в нагнетательные скважины нефтепромыслов.

Результаты. В статье приведены данные по качественным показателям воды из поверхностных источников, используемой для заводнения нефтеносных горизонтов с целью повышения нефтеотдачи. Также здесь предложены технологические схемы установок, предназначенных для очистки воды из поверхностных источников от взвешенных веществ. Данные установки позволяют снизить концентрацию взвешенных веществ в очищенной воде до 10 мг/л.

Выводы. Исследования очистки технической воды от взвешенных веществ в напорных цилиндрических гидроциклонах, а также в гидроциклонных установках (блок гидроциклон-отстойник, гидроциклонно-фильтровальная установка) являются перспективными и имеют практическую значимость для нефтепромыслов РФ.

Ключевые слова: вода для заводнения нефтеносных горизонтов, вода для поддержания пластового давления, установка подготовки воды для заводнения нефтеносных горизонтов, гидроциклон, напорный горизонтальный отстойник, автоматизированная сверхскоростная фильтровальная станция, скорые напорные фильтры, гидроциклонно-фильтровальная установка.

С целью поддержания пластового давления (ППД) и повышения нефтеотдачи в настоящее время широко применяется метод заводнения нефтеносных горизонтов. Суть этого метода заключается в закачке в нефтяные пласты через нагнетательные скважины воды под высоким давлением. Для закачки используются нефтепромысловые сточные воды (НСВ), образующиеся в процессе добычи и подготовки нефти. В тех случаях, когда объемов НСВ не хватает, в систему ППД подается вода из поверхностных источников [1].

Опыт эксплуатации нагнетательных скважин показал, что для обеспечения их долговременной приемистости необходимо осуществлять очистку технической воды, закачиваемой в продуктивные нефтеносные горизонты, от твердых взвешенных веществ. Степень очистки этой воды от взвеси определяется индивидуально для каждого нефтяного месторождения. Так для нефтепромыслов Республики Татарстан (РТ) концентрация взвешенных веществ в технической воде, используемой в системах ППД, не должна превышать 10-50 мг/л [2]. Для нефтяных месторождений Республики Удмуртия эта концентрация достигает 30 мг/л [3].

На нефтепромыслы ОАО «Татнефть» вода для заводнения продуктивных горизонтов подается из р. Кама, точнее из Нижнекамского водохранилища. Забор воды осуществляется Камским водозабором, расположенным в г. Набережные Челны и принадлежащим ПАО «Татнефть» [4]. На Камском водозаборе имеются сооружения подготовки речной воды, обеспечивающие снижение концентрации взвешенных веществ

с 15-25 мг/л до 1,5-2 мг/л. Далее вода по трубопроводам подается на нефтяные промыслы, расположенные на расстоянии 90-120 км от реки Камы в Заинском, Альметьевском, Азнакаевском, Лениногорском, Сармановском и других районах РТ. В ходе длительной транспортировки камской воды наблюдается ее вторичное загрязнение: концентрация взвешенных веществ увеличивается до 10-30 мг/л, что может сделать эту воду непригодной для использования ее в системах ППД.

НГДУ «Воткинск» ОАО «Удмуртнефть» использует для заводнения продуктивных нефтеносных горизонтов воду из р. Сива. Концентрация взвешенных веществ в речной воде, поступающей на очистку достигает 400 мг/л. Расход технической воды, используемой НГДУ «Воткинск» ОАО «Удмуртнефть» составляет 1200 м³/сут [3].

Предполагаемая технологическая схема установки подготовки технической воды для НГДУ «Воткинск» представлена на рис. 1. В состав данной установки входят микрофилтры – 1, вихревые смесители – 2, горизонтальные отстойники – 3, оборудованные встроенным аэрофлокуляторами и полочными блоками, резервуар чистой воды (РЧВ) – 4, блок приготовления коагулянта – 5, блок приготовления флокулянта – 6, соединительные трубопроводы, запорно-регулирующая арматура, насосы и компрессоры.

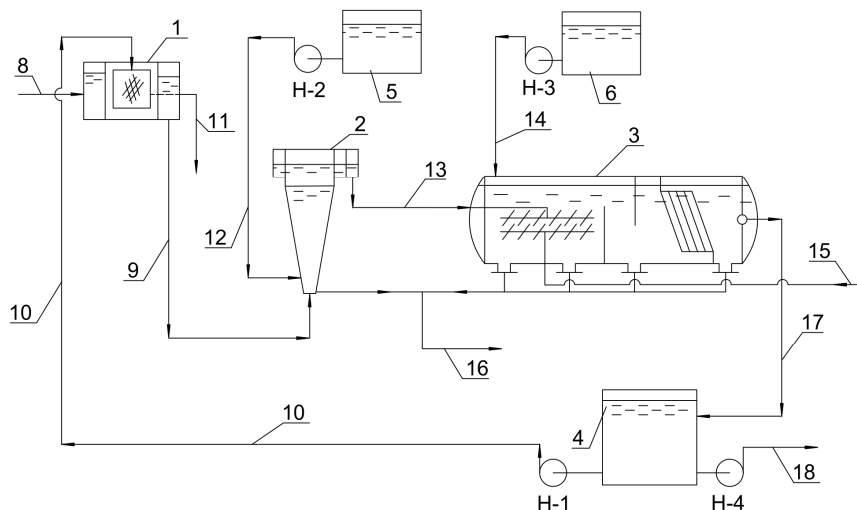


Рис. 1. Технологическая схема установки подготовки технической воды на водозаборе «Сива»

Работает установка подготовки технической воды водозабора «Сива» следующим образом. По трубопроводу – 8 вода с водопроводной насосной станции первого подъема (ВНС-1) поступает в микрофилтры – 1, откуда очищенная вода по трубопроводу – 9 самотеком подается в смесители – 2. Промывка микрофилтров осуществляется очищенной водой, которая из РЧВ подается насосами Н-1 по трубопроводу – 10. Загрязненная промывная вода отводится по трубопроводу – 11 на сооружения обработки промывных стоков.

В блоке – 5 готовится водный раствор коагулянта, в качестве которого используется реагент типа «Аква-Аурат-30». Раствор коагулянта подается в вихревые смесители – 2 насосом-дозатором Н-2 по трубопроводу – 12.

Обработанная коагулянтам вода по трубопроводу – 13 подается в отстойники – 3.

В блоке – 6 также готовится раствор флокулянта, в качестве которого используется реагент типа «Праестол 2515». Раствор коагулянта подается в отстойник – 3 насосом-дозатором Н-3 по трубопроводу – 14. Перемешивание обрабатываемой воды с флокулянтам осуществляется в аэрофлокуляторах отстойников – 3, куда по трубопроводу – 15 подается сжатый воздух от компрессоров.

Осадок, образующийся в отстойниках – 3, и шлам из вихревых смесителей – 2 по трубопроводу – 16 поступает в сгуститель, откуда он отводится на обезвоживание в вакуум-фильтрах.

Очищенная вода из отстойников 3 по трубопроводу 17 поступает в РЧВ, откуда насосами Н-4 она по трубопроводу 18 подается в систему ППД.

Недостатком данной технологической схемы является наличие сложного реагентного хозяйства. Обработка воды реагентами (коагулянтами и флокулянтами) повышает эксплуатационные расходы на подготовку технической воды.

Возможна безреагентная подготовка речной воды с использованием для ее очистки от взвешенных веществ напорных цилиндрических двухпродуктовых гидроциклонов [5]. За рубежом также ведутся исследования очистки воды от взвешенных веществ в гидроциклонах различных конструкций [6-9].

Более высокая эффективность очистки воды от взвешенных веществ может быть достигнута при использовании аппаратов типа «блок гидроциклон – отстойник» (БГО). Они состоят из напорных гидроциклонов и отстойников различных конструкций [2, 10]. Процессы очистки природных и сточных вод в напорных двухпродуктовых цилиндрических гидроциклонах в течение целого ряда лет ведутся в Казанском государственном архитектурно-строительном университете (КГАСУ) [2, 10].

В напорном гидроциклоне под действием сил центробежного поля, возникающего за счет тангенциального ввода жидкости в этот аппарат, взвешенные вещества, как более тяжелая фаза, отбрасываются к стенкам корпуса гидроциклона и вместе с частью воды выносятся через его нижнее сливное отверстие. Очищенная вода вместе с частью взвешенных веществ восходящим аксиальным потоком выносятся через верхнее сливное отверстие напорного гидроциклона. Если вода со сливов гидроциклонов поступает в резервуар, работающий под избыточным давлением, то считается, что эти аппараты работают с противодействием на сливах. Если же вода со сливов изливается в атмосферу или в резервуар, работающий в безнапорном режиме, то считается, что гидроциклон работает со свободным изливом [2, 5, 10].

Давление на входах в гидроциклон должно быть больше противодействия на его сливах не менее, чем на 0,2 МПа (2 кгс/см^2) [2, 10].

Эффект очистки технической воды в напорных двухпродуктовых цилиндрических гидроциклонах конструкции КГАСУ от взвешенных веществ достигает 55-65 % при работе этих аппаратов с противодействием на сливах [11].

Для очистки речной воды от взвеси в КГАСУ разработана еще одна напорная гидроциклонная установка [12]. Ее технологическая схема представлена на рис. 2. В состав этой установки входят батарея гидроциклонов – 1, состоящая из нескольких аппаратов конструкции КГАСУ, напорных горизонтальных отстойников – 2, оборудованных тонкослойными блоками, автоматизированной сверхскоростной фильтровальной станции (АСФС), состоящей из отдельных вертикальных сверхскоростных фильтров – 3, резервуара чистой воды – 4, трубопроводов, насосов, компрессоров и запорно-регулирующей арматуры.

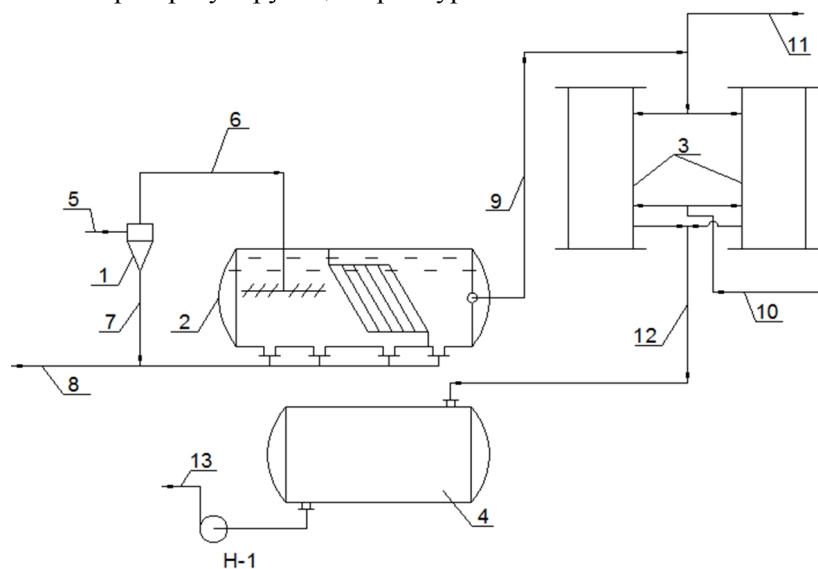


Рис. 2. Технологическая схема гидроциклонной установки подготовки технической воды

После обработки речной воды в напорных цилиндрикоконических гидроциклонах, в которые она под давлением подается по трубопроводу – 5, очищенная вода (верхний слив гидроциклонов) под избыточным давлением по трубопроводу – 6 подается в отстойники – 2, а вода сильно загрязненная взвешенными веществами (нижний слой гидроциклонов) отводится под избыточным давлением по трубопроводу – 7 в шламонакопитель.

Осадок, образующийся в отстойниках – 2, под избыточным давлением периодически отводится по трубопроводу 8 в шламонакопитель, из которого он подается на обезвоживание.

Доочистка технической воды осуществляется в АСФС, куда вода из отстойников – 2 под избыточным давлением поступает по трубопроводу – 9.

Сверхскорые фильтры загружены кварцевым песком. Фильтрация в них осуществляется в направлении сверху вниз.

Для регенерации загрузки сверхскорых фильтров – 3 применяется водовоздушная промывка, для чего в эти аппараты от компрессоров по трубопроводу – 10 подается сжатый воздух. Промываются фильтры – 3 очищенной водой (фильтратом), которая подается на промываемый фильтр из работающих фильтров [13].

Загрязненная промывная вода под остаточным давлением по трубопроводу – 11 отводится в блок обработки промывных стоков. Очищенная вода из АСФС под остаточным давлением по трубопроводу поступает в РЧВ, откуда она насосами Н-1 по трубопроводу – 13 подается в систему ППД.

Описанная выше установка позволяет снизить концентрацию взвешенных веществ в речной воде с 1000 мг/л до 10 мг/л.

Подобная технологическая схема была предложена для очистки речной воды для нужд Бугульминского фарфорового завода (г. Бугульма).

Данная технологическая схема подготовки технической воды не требует применения реагентов, что значительно снижает эксплуатационные затраты. Предлагаемая установка достаточно компактна, легко автоматизируется, для промывки сверхскорых фильтров не требуется резервуар для промывной воды и специальные насосы для ее подачи на регенерацию загрузки данных аппаратов [13].

Для подготовки технической воды (ее очистки от взвеси), которая закачивается в нефтеносные продуктивные горизонты, может быть использована гидроциклонно-фильтровальная установка (ГФУ) [14]. Технологическая схема ГФУ, разработанная в ГФУ, представлена на рис. 3.

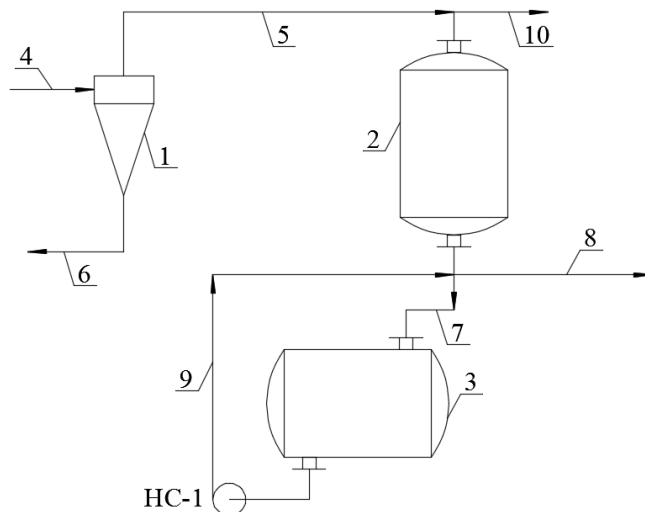


Рис. 3. Технологическая схема ГФУ

Вода на очистку подается под избыточным давлением по трубопроводу – 4 в напорные гидроциклоны – 1. После обработки ее в этих аппаратах верхний слив гидроциклонов (очищенная вода) под избыточным давлением по трубопроводу – 5

подается в скорые напорные фильтры – 2. Вода в них движется сверху вниз. В качестве загрузки применяются дробленый керамзит или антрацит и кварцевый песок.

Нижний слив гидроциклонов под избыточным давлением отводится по трубопроводу – 6.

Часть очищенной воды из фильтров – 2 под остаточным давлением по трубопроводу – 7 поступает в емкость – 3, а часть – по трубопроводу – 8 отводится в систему ППД.

Промывка фильтров – 2 осуществляется водой, которая подается в эти аппараты насосами Н-1 по трубопроводу – 9. Загрязненная промывная вода под остаточным давлением отводится от фильтров – 2 по трубопроводу – 10.

Установка типа ГФУ позволяет снизить концентрацию взвешенных веществ в воде с 110-130 мг/л до 10 мг/л.

Применение гидроциклонных установок для подготовки технической воды позволяет повысить эффективность ее очистки от взвешенных веществ.

Список библиографических ссылок

1. Шешегова И. Г., Бусарев А. В., Нестеров Н. В. Некоторые аспекты подготовки технической воды для заводнения нефтеносных горизонтов : сб. докладов XII Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика РАН Яковлева С. В. Яковлевские чтения / МГСУ. М., 2017. С. 217–220.
2. Бусарев А. В., Селюгин А. С., Шешегова И. Г., Урмитова Н. С. Гидроциклонные установки подготовки воды для заводнения нефтеносных горизонтов с целью повышения их нефтеотдачи // Нефтегазовое дело. 2015. № 4. С. 199–215.
3. Шешегова И. Г., Бусарев А. В., Галаялтинова Ф. Ф. Подготовка воды для целей заводнения нефтяных пластов Мишкинского нефтяного месторождения НГДУ «Воткинск» ОАО «Удмуртнефть» : сб. научных трудов 65-ой Всероссийской научной конференции / КГАСУ. Казань, 2013. С. 158–159.
4. Адельшин А. Б., Бусарев А. В., Селюгин А. С. К вопросу совершенствования систем водоснабжения территорий Республики Татарстан : сб. материалов II Конгресса – Чистая вода. Казань / Выставочный центр «Казанская ярмарка». Казань, 2011. С. 89–91.
5. Найденко В. В. Примененике математических методов и ЭВМ для оптимизации и управления процессами разделения суспензий в гидроциклонах. Горький : Волго-Вятское книжное изд-во, 1976. 287 с.
6. Zhu G., Liow I. L. Experimental Study of particle separation and the fishhook effect in mini-hydrocyclone // Chemical engineering science. 2014. V. 111. P. 94–105.
7. Dueck I., Farghaly M., Neesse Th. The theoretical partition curve of the hydrocyclone. // Minerals Engineering. 2014. V. 62. P. 289–294
8. Dueck I., Neesse Th., Minkov L. Mechanism of hydrocyclone separation with water injection // Minerals Engineering. 2011. V. 23. № 4. P. 289–294
9. Minkov L., Dueck I., Neesse Th. Computer simulations of the fish-hook effect in hydrocyclone separation // Minerals Engineering. 2014. V. 62. P. 19–24.
10. Адельшин А. А., Адельшин А. Б., Урмитова Н. С. Гидродинамическая очистка нефтепромысловых сточных вод на основе применения закрученных потоков. Казань : КГАСУ, 2011. 245 с.
11. Адельшин А. Б., Бусарев А. В., Селюгин А. С., Гареев Б. М., Манвелян Ш. Г. Исследование процессов очистки поверхностных стоков // Вода, химия и экология. 2014. № 8. С. 113–117.
12. Кожуков И. В., Бусарев А. В., Шешегова И. Г. Разработка установки подготовки воды для заводнения нефтяных пластов : сб. науч. тр. по материалам международной научно-практической конференции – Наука и образование в жизни современного общества в 14 томах: том 2. Тамбов : Консалтинговая компания «ЮКОМ», 2015. С. 65–67.

13. Адельшин А. Б., Барлев А. А. Автоматизация установки скоростных методов очистки вод. Казань : КИСИ, 1993. 88 с.
14. Фоминых А. М., Попков Н. С. Частичное осветление воды по схеме «Гидроциклон – скорый фильтр» // Промышленная энергетика. 1971. № 11. С. 33–41.

Busarev A.V. – candidate of technical sciences, assistant professor

E-mail: reder1@myrambler.ru

Sheshegova I.G. – senior lecturer

E-mail: ig-7@mail.ru

Nizamova A.Kh. – senior lecturer

E-mail: Anizamova@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Preparation of technical water for flooding productive of oil-bearing horizons

Abstract

Problem statement. To flood productive horizons in order to increase the pressure in oil-bearing formations, oilfield wastewater is used, which are formed during the preparation and processing of crude oil. With insufficient volumes of oilfields, water from surface sources is used. This article is devoted to the preparation of technical water, which is used to inject oil fields into injection wells.

Results. The article presents data on qualitative indicators of water from surface sources used to flood oil-bearing horizons in order to improve oil recovery. Also, technological schemes of plants designed for water purification from surface sources from suspended solids are proposed here. These plants allow reducing the concentration of suspended solids in purified water to 10 mg / l.

Conclusions. Studies of the purification of technical water from suspended solids in pressure cylindrical hydrocyclones, as well as in hydrocyclone units (hydrocyclone-sedimentation unit, hydrocyclone-filter unit) are promising and of practical significance for Russian oilfields.

Keywords: water for flooding of oil-bearing horizons, water to maintain reservoir pressure, a water treatment plant for flooding oil-bearing horizons, a hydrocyclone, a pressure horizontal settler, an automated ultra-high speed filter station, fast pressure filters, a hydrocyclone filter unit.

References

1. Shesheva I. G., Busarev A. V., Nesterov N. V. Some aspects of preparation of technical water for water flooding of oil-bearing horizons: dig. of art. of the XII International scientific and technical conference, dedicated to the memory of academician RAS Yakovlev S. V. Yakovlev's readings / MSSU. M., 2017. С. 217-220.
2. Busarev A. V., Selyugin A. S., Sheshcheva I. G., Urmitova N. S. Hydrocyclone water treatment plants for water flooding of oil-bearing horizons with the purpose of increasing their oil recovery // Neftegazovoye delo. 2015. № 4. P. 199–215.
3. Shesheva I. G., Busarev A. V., Galyaltdinova F. F. Water treatment for oil flooding of the Mishkinskoye oil field of the NGDU «Votkinsk» OJSC «Udmurtneft» : dig. of art. of the 65th All-Russian scientific conference / KSUAE. Kazan, 2013. pp. 158-159.
4. Adelshin A. B., Busarev A. V., Selyugin A. S. To the question of improving of water supply systems in the territories of the Republic of Tatarstan: proceedings of the II Congress - Pure water. Kazan / Exhibition Center «Kazan Fair». Kazan, 2011. С. 89-91.
5. Naidenko V. V. Application of mathematical methods and computers for optimization and control of processes of separation of suspensions in hydrocyclones. Gorky : Volg-Vyatskoe knizhnoe izd-vo, 1976. 287 p.

6. Zhu G., Liow I. L. Experimental Study of particle separation and the fishhook effect in mini-hydrocyclone // *Chemical engineering science*. 2014. V. 111. P. 94–105.
7. Dueck I., Farghaly M., Neesse Th. The theoretical partition curve of the hydrocyclone. // *Minerals Engineering*. 2014. V. 62. P. 289–294
8. Dueck I., Neesse Th., Minkov L. Mechanism of hydrocyclone separation with water injection. – *Minerals Engineering*. 2011. V. 23. № 4. P. 289–294
9. Minkov L., Dueck I., Neesse Th. Computer simulations of the fish-hook effect in hydrocyclone separation // *Minerals Engineering*. 2014. V. 62. P. 19–24.
10. Adelshin A. A., Adelshin A. B., Urmitova N. S. Hydrodynamic cleaning of oilfield sewage based on the use of swirling flows. Kazan : KGASU, 2011. 245 p.
11. Adelshin A. B., Busarev A. V., Selyugin A. S, Gareyev B. M., Manvelyan Sh. G. Investigation of the processes of surface of runoff purification // *Voda, himiya i ehkologiya*. 2014. № 8. С. 113–117.
12. Kozhukov I. V., Busarev A. V., Shesheva I. G. Development of a water treatment plant for flooding oil reservoirs // *Science and education in the life of modern society: dig. of art. of the international scientific and practical conference in 14 volumes: V. 2. Tambov : Consulting company «YUKOM», 2015. P. 65–67.*
13. Adelshin A. B., Barlev A. A. Automation of installation of high-speed methods of water purification. Kazan : KISI, 1993. 88 p.
14. Fominykh A. M, Popkov N. S. Partial clarification of water according to the scheme «Hydrocyclone – fast filter» // *Promyshlennaya ehnergetika*. 1971. № 11. P. 33–41.