

Разработка и внедрение интенсифицирующих устройств для подготовки высоковязкой нефти в ПАО «Татнефть»

И.И. Уразов

инженер отдела ИППНГВ¹
urazov@tatnipi.ru

Ф.Р. Губайдулин

к.т.н., нач. отдела ИППНГВ¹
gfr@tatnipi.ru

С.Н. Судькин

к.т.н., зав. лабораторией ТПН отдела ИППНГВ¹
sudykinsn@tatnipi.ru

Р.Р. Мухаметгалеев

нач. службы ПСН²
muhametgaleev@tatneft.ru

¹«ТатНИПнефть» ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина, Бугульма, Россия

²ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина, Альметьевск, Россия

Эмульсия высоковязкой нефти, добываемой в ПАО «Татнефть», характеризуется высокой устойчивостью к разрушению. Причиной этому является высокая вязкость нефти, малая разность плотностей нефти и попутно добываемой воды, повышенное содержание смол и асфальтенов, а для СВН наличие большого количества мелкодисперсных капель воды. Подготовка такой эмульсии с использованием традиционных технологий и стандартного оборудования не позволяет получить нефть товарной кондиции.

Добываемая в ПАО «Татнефть» тяжелая карбоновая и сверхвязкая нефть (СВН) характеризуется высокой вязкостью (карбон — до 300 мПа·с, СВН — до 9000 мПа·с при 20°С) и плотностью (карбон — до 930 кг/м³, СВН — до 970 кг/м³), повышенным содержанием смол (карбон — до 25%, СВН — до 35%) и асфальтенов (до 6%). Попутно добываемая вода месторождений СВН является слабоминерализованной, а водонефтяная эмульсия характеризуется высокой степенью дисперсности капель воды, что обусловлено применением паротепловых методов добычи. Высокая вязкость нефти препятствует эффективной коалесценции капель дисперсной фазы, малая разность плотностей нефти и попутно добываемой воды затрудняет их разделение за счет гравитационных сил, повышенное содержание смол и асфальтенов (природных стабилизаторов) приводит к образованию прочных бронирующих оболочек на глобулах воды, что существенно затрудняет процессы их укрупнения и осаждения. Мелкодисперсные капли воды, содержащиеся в эмульсии, без предварительного укрупнения практически не участвуют в процессе осаждения. Все это приводит к тому, что использование традиционных технологий и стандартного оборудования не позволяет подготавливать тяжелую нефть до товарной кондиции. Поэтому исследование процесса обезвоживания тяжелой нефти, разработка технических средств для интенсификации процесса разделения эмульсий являются актуальными задачами.

Для интенсификации процесса разрушения водонефтяных эмульсий необходимо ускорить процесс осаждения капель воды. Скорость седиментации (осаждения) капель воды в эмульсиях, принимая во внимание допущение о подобии капель дисперсной фазы твердым сферическим частицам, рассчитывается по формуле Стокса (1) [1]:

$$v = (d^2 \times \Delta\rho \times g) / 18\mu, \quad (1)$$

где: v — скорость седиментации капель воды, м/с; d — диаметр капель воды, м; $\Delta\rho$ — разность плотностей между водой и нефтью, кг/м³; g — ускорение свободного падения, м/с²; μ — динамическая вязкость нефти, Па·с.

Как следует из формулы Стокса, для ускорения осаждения капель воды необходимо увеличить их диаметр, разность плотностей

между водой и нефтью, а также снизить вязкость нефти, причем определяющим параметром будет являться диаметр капель дисперсной фазы, потому как скорость осаждения зависит от этого параметра во второй степени.

Добыча СВН способом паротеплового воздействия на пласт характеризуется образованием мелкодисперсной эмульсии, в которой основная часть капель воды имеет диаметр от 6 до 36 мкм [2]. Коалесценцию капель воды в эмульсии можно описать с помощью механизма турбулентной диффузии, аналогично теории Смолуховского о коагуляции дисперсных систем. Однако данная теория справедлива лишь для капель воды, размеры которых превышают микромасштаб турбулентности (размер самых малых вихрей) [3]. Исследования, выполненные в работе [2], показывают о существенном превышении значения микромасштаба турбулентности Колмогорова над размерами основного количества капель воды в эмульсии СВН. Такие мелкие капли воды не подвергаются воздействию турбулентных пульсаций скорости, а перемещаются вместе с ними, что не приводит к их столкновению и укрупнению и не позволяет описать процесс коалесценции капель воды в эмульсии СВН механизмами турбулентной диффузии. Однако в силу неоднородности турбулентного поля скоростей имеет место относительное перемещение капель воды под воздействием градиента пульсационных скоростей аналогично градиентному механизму коагуляции, что может приводить к их столкновению и укрупнению. В работе [2] представлена математическая модель процесса укрупнения капель воды в мелкодисперсной эмульсии.

Общеизвестно, что процессы коалесценции капель воды эффективнее протекают на поверхности контактного устройства, чем в объеме эмульсии. На основании этого институтом «ТатНИПнефть» были разработаны, испытаны и внедрены коалесцирующие устройства с внутренней развитой поверхностью (рис. 1).

Коалесцирующие устройства представляют собой трубные элементы расчетного диаметра. При прохождении водонефтяной эмульсии через коалесцентор, наполненный интенсифицирующими элементами, за счет гидродинамического воздействия происходит

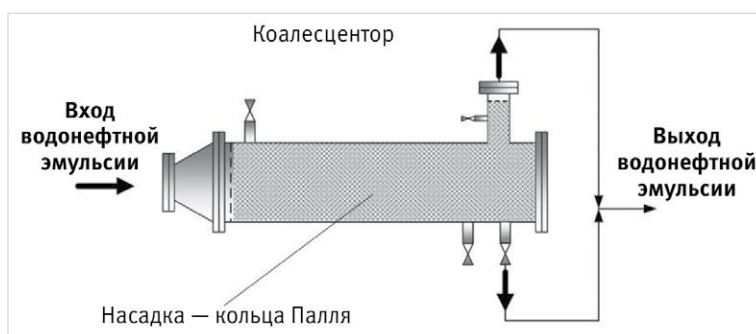


Рис. 1 — Коалесцентор

Применение знаний о возможности изменения дисперсности эмульсии за счет гидродинамического воздействия турбулентного потока и об эффективности данных процессов на поверхности контактных элементов позволили разработать технологию интенсификации процессов разделения эмульсии на нефть и воду.

Материалы и методы

Исследован процесс обезвоживания нефти и разработано техническое средство для интенсификации процесса разделения эмульсии высоковязкой нефти. Пилотные испытания.

Ключевые слова

высоковязкая нефть, обезвоживание и обессоливание нефти, коалесценция, средства интенсификации

столкновение и укрупнение капель воды на поверхности элементов внутренней насадки и в объеме эмульсии. Тем самым коалесцентор позволяет значительно увеличить вероятность столкновений капель воды друг с другом, ускоряет процесс их коалесценции (слияния) и последующее отделение воды в отстойном оборудовании. Это позволяет снизить время отстаивания в аппаратах и увеличить глубину обезвоживания нефти.

По результатам опытно-промысловых испытаний оптимальная скорость прохождения водонефтяной эмульсии через коалесцентор составляет 5 см/с, при этом применение данных устройств позволяет в 2 раза сократить время отстаивания эмульсии СВН. На сегодняшний день данные устройства внедрены на установках подготовки сверхвязкой нефти (УПСВН) «Ашалчи» и «Каменка» компании «Татнефть», также планируется внедрение на строящейся УПСВН «Кармалка» (рис. 2) [4, 5].

Продукция скважин СВН, обработанная дезэмульгатором в системе нефтесбора, поступает в трехфазный сепаратор, где осуществляется отделение попутного газа и предварительное обезвоживание нефти. Далее нефть насосом откачивается в печи, где при необходимости нагревается до температуры 80–90°C. После этого предварительно обезвоженная СВН проходит через коалесцентор, где происходит укрупнение капель воды и далее поступает в электродегидратор, в котором осуществляется глубокое обезвоживание нефти. На выходе электродегидратора подготовленная СВН соответствует 1-ой группе качества.

В зависимости от скорости движения потока жидкости интенсифицирующее устройство может выполнять функции как коалесцентора, так и смесителя для смешения

пресной промывочной воды с водонефтяной эмульсией на ступени обессоливания. При этом основным отличием смесителя над коалесцентором является преобладание процесса дробления капель воды.

Так, для интенсификации массообменных процессов и повышения качества обезвоживания и обессоливания нефти, институтом «ТатНИПнефть» разработан блок интенсифицирующих устройств, состоящий из последовательно смонтированных смесителя и коалесцентора (рис. 3).

Смеситель устанавливается на нефтепроводе после подачи пресной промывочной воды. При прохождении нефти и пресной воды через смеситель, заполненный интенсифицирующими элементами, создается интенсивное гидродинамическое воздействие и происходит эффективное смешение пресной воды с нефтью. По результатам испытаний скорость прохождения эмульсии через смеситель должна составлять не менее 50 см/с. После смесителя водонефтяная эмульсия направляется в коалесцентор, где происходит укрупнение капель воды для последующего отделения в отстойном оборудовании.

Разработанные интенсифицирующие устройства испытаны и эксплуатируются на УПСВН-1 «Андреевка» НГДУ «Нурлатнефть», УПН НГДУ «Бавлынефть», Кама-Исмагиловской НГДУ «Лениногорскнефть» и Кичуйской УПСВН НГДУ «Елховнефть». Также запланировано внедрение на Кичуйской ТХУ и Акташской УПСВН НГДУ «Елховнефть» ПАО «Татнефть» (рис. 4).

Внедрение смесителей и коалесценторов на установках подготовки высокосернистой нефти ПАО «Татнефть» позволило на 20% снизить концентрацию хлористых солей в товарной нефти, на 30% уменьшить расход

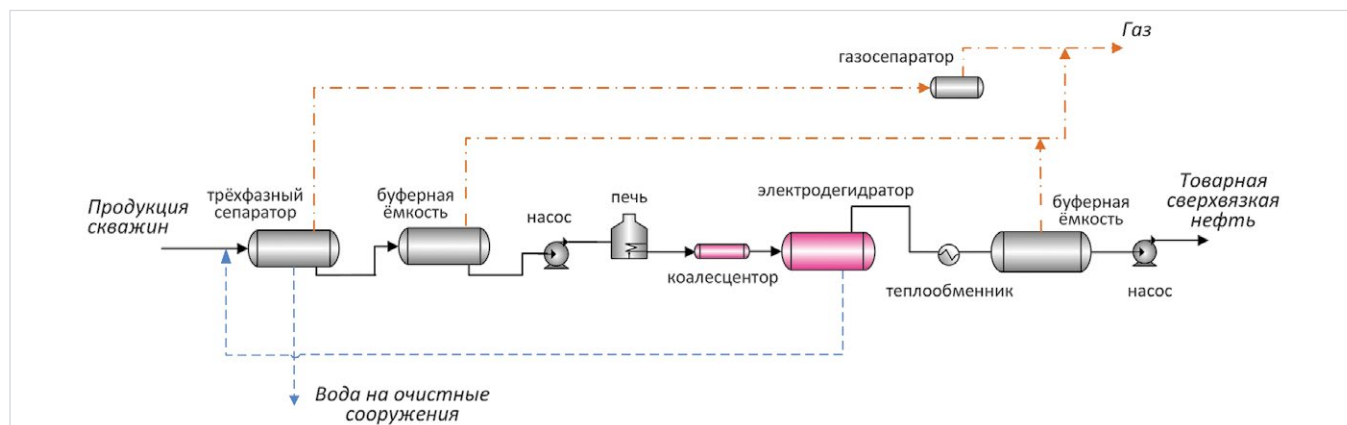


Рис. 2 — Схема установки подготовки сверхвязкой нефти

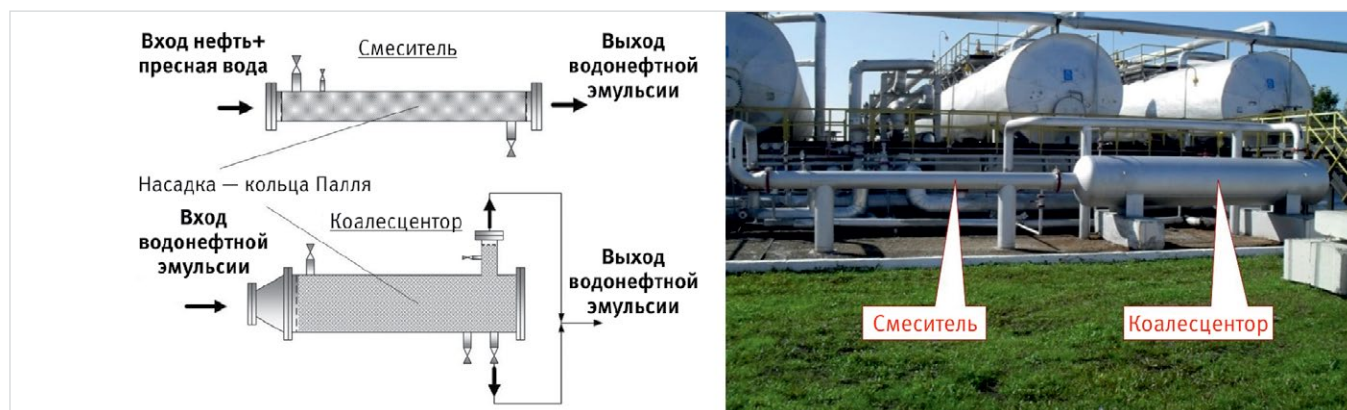


Рис. 3 — Интенсифицирующие устройства на установке подготовки высокосернистой нефти

пресной промывочной воды и на 10% сократить объем повторно подготавливаемой нефти [6].

Итоги

С целью улучшения процессов обезвоживания и обессоливания высоковязкой эмульсии институтом «ТатНИПнефть» разработаны, испытаны и внедрены интенсифицирующие устройства.

Выводы

Разработанные и внедренные средства интенсификации процессов обезвоживания СВН на УПСВН и обессоливания карбоновой нефти на УПСВН ПАО «Татнефть» позволили снизить капитальные и эксплуатационные затраты на подготовку нефти, повысить стабильность работы установок и гарантированно получать товарную нефть, соответствующую 1 группе качества.

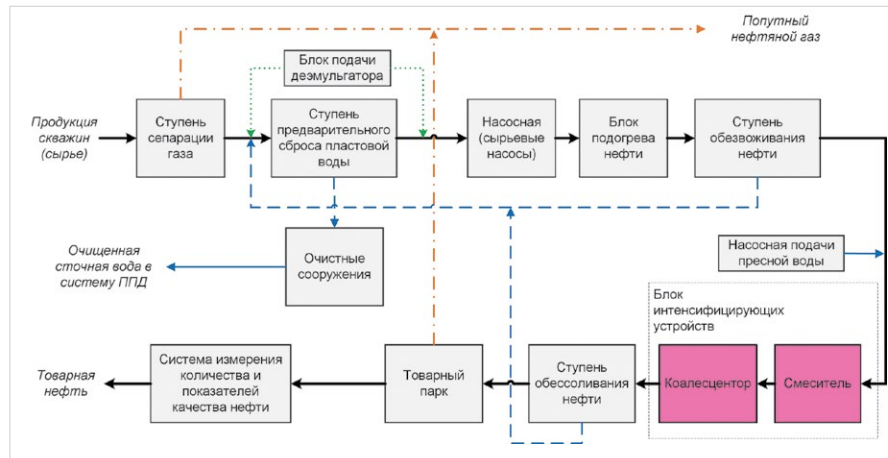


Рис. 4 — Схема установки подготовки нефти с применением интенсифицирующих устройств

Список литературы

1. Лутошкин Г.С. Сбор и подготовка нефти, газа и воды. М.: Недра, 1979. 204 с.
2. Судыкин С.Н. Совершенствование технологий обезвоживания тяжёлых нефтей пермской системы Республики Татарстан. дис. ... канд. тех. наук. Бугульма, 2011. 183 с.
3. Пергусев Л.П. Влияние неоднородности дисперсной фазы по размерам на свойства обратных нефтяных эмульсий, процессы сбора и подготовки нефти: дис. ... канд. тех. наук. Бугульма, 1999. 244 с.
4. Патент №2471853. Установка подготовки тяжёлых нефтей. Заявл. 23.11.11. Опубл. 10.01.13. Бюл. № 1.
5. Губайдулин Ф.Р., Сахабутдинов Р.З., Космачёва Т.Ф., Судыкин С.Н., Судыкин А.Н. Технологии подготовки сверхвязкой нефти Татарстана. Казань: Центр инновационных технологий, 2015. 280 с.
6. Губайдулин Ф.Р., Судыкин С.Н., Гумовский О.А., Багаманшин Р.Т. Результаты внедрения коалесцирующих устройств на установках подготовки нефти ОАО «Татнефть». Сб. науч. тр. ТатНИПнефть. Выпуск № LXXXI. Казань: Центр инновационных технологий. 2013. С. 412–420.

ENGLISH

OIL PRODUCTION

Development and implementation of technology to enhance the performance of high-viscosity oil treatment in PJSC Tatneft

UDC 622.276

Authors:

Il'as I. Urazov — engineer¹; urazov@tatnipi.ru

Faat R. Gubaidulin — Ph.D., head of department¹; gfr@tatnipi.ru

Sergey N. Sudykin — Ph.D., head of laboratory¹; sudykinsn@tatnipi.ru

Radik R. Mukhametgaleev — head of oil treatment and custody transfer service²; muhametgaleev@tatneft.ru

¹TatNIPneft¹, PJSC "Tatneft", Bugulma, Russian Federation

²PJSC "Tatneft" "Almetyevsk, Russian Federation

Abstract

Emulsions of highly viscous oil produced in Tatneft Company exhibit high resistant to breakdown. This is attributable to high oil viscosity, insignificant density differences between oil and produced water, and substantial content of resins and asphaltenes. For extra-viscous oil this is associated with the presence of multiple finely-dispersed water droplets. Conventional technologies and standard equipment fail to process such emulsions to oil commercial standards. Knowledge of how hydrodynamic effects of turbulent flow can alter emulsion dispersion

characteristics and understanding of the efficiency of such processes at the surface of contact elements enabled development of the technology to enhance oil-water separation performance.

Materials and methods

Studies of oil dehydration process resulted in the development of the device to enhance separation performance for high-viscosity oil emulsions. Pilot testing.

Results

To improve the efficiency of dehydration and desalting of high-viscosity emulsions

TatNIPneft Institute has developed, tested and implemented oil treatment enhancing devices.

Conclusions

Technologies designed for enhancement of extra-viscous oil dehydration and carboniferous oil desalting enabled reduction of oil treatment CAPEX and OPEX, improved reliability of operations and ensured recovery of marketable oil corresponding to the 1st Group of Quality.

Keywords

high-viscosity oil, oil dehydration and desalting, coalescence, oil treatment enhancing devices

References

1. Lutoshkin G.S. *Sbor i podgotovka nefi, gaza i vody* [Gathering and treatment of oil, gas and water]. Moscow: Nedra, 1979, 204 p.
2. Sudykin S.N. *Sovershenstvovanie tekhnologii obezvozhivaniya tyazhelykh neftey permской системы Республики Татарстан* [Advancements in dehydration technology for heavy oil of the Permian system in the Republic of Tatarstan]. PhD thesis. Bugulma, 2011, 183 p.
3. Pergushev L.P. *Vliyanie neodnorodnosti dispersnoy fazy po razmeram na svoystva*

obratnykh nefyanykh emul'siy, protsessy sbora i podgotovki nefi [Influence of dispersed phase size heterogeneity on properties of inverse emulsions, oil gathering and treatment processes]. PhD thesis, Bugulma, 1999, 244 p.

4. Patent №2471853. *Ustanovka podgotovki tyazhelykh neftey* [Heavy oil treatment plant]. Declared 23.11.11. Published 10.01.2013. Bulletin №1.

5. Gubaydulin F.R., Sakhabutdinov R.Z., Kosmacheva T.F., Sudykin S.N., Sudykin A.N. *Tekhnologii podgotovki sverkhvyazkoy nefi*

Tatarstana [Technologies for treatment of Tatarstan extra-viscous oil]. Kazan: *Tsentr innovatsionnykh tekhnologii*, 2015, 280 p.

6. Gubaydulin F.R., Sudykin S.N., Gumovskiy O.A., Bagamanshin R.T. *Rezultaty vnedreniya koalestsiruyushchikh ustroystv na ustanovkakh podgotovki nefi OAO «Tatneft'»* [Results of implementation of coalescing devices at Tatneft's oil treatment facilities]. Collection of TatNIPneft research papers, Volume LXXXI. Kazan: *Tsentr innovatsionnykh tekhnologii*, 2013, pp. 412–420.