

Шабуро Ирина Семеновна, Терехина Юлия Викторовна

НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ОСНОВНОГО УРАВНЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОБЪЕМА СМЕСИ, ОБРАЗУЮЩЕЙСЯ В ПРОЦЕССЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ПЕРЕКАЧКИ НЕФТЕЙ И НЕФТЕПРОДУКТОВ МЕТОДОМ ПРЯМОГО КОНТАКТИРОВАНИЯ

Метод последовательной перекачки нефтей и нефтепродуктов заключается в том, что в магистральный трубопровод последовательно и непрерывно закачиваются отдельные партии нефтей или нефтепродуктов, различных по своим качественным показателям. Достоинства метода - равномерная поставка разнородных продуктов потребителю, разгрузка железнодорожного транспорта. Недостаток - образование технологической смеси, которая для своего исправления требует дополнительных ресурсов. Теоретические закономерности смесеобразования наиболее полно разработаны для продуктов, отличающихся по плотности и вязкости. Если в будущем, в связи с разработкой северных месторождений, будет востребована последовательная перекачка нефтей, разных по классу и типу, то уравнение по определению объема смеси должно быть откорректировано для новых условий.

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2013/1/53.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2013. № 1 (68). С. 178-180. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2013/1/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

8. Сухинов А. И., Чистяков А. Е. Параллельная реализация трехмерной модели гидродинамики мелководных водоемов на супервычислительной системе // Вычислительные методы и программирование: новые вычислительные технологии. 2012. Т. 13. С. 290-297.
9. Сухинов А. И., Чистяков А. Е., Алексеев Е. В. Численная реализация трехмерной модели гидродинамики для мелководных водоемов на супервычислительной системе // Математическое моделирование. 2011. Т. 23. № 3. С. 3-21.
10. Сухинов А. И., Чистяков А. Е., Бондаренко Ю. С. Оценка погрешности решения уравнения диффузии на основе схем с весами // Известия ЮФУ. Технические науки. 2011. № 8 (121). С. 6-13.
11. Сухинов А. И., Чистяков А. Е., Проценко Е. А. Построение дискретной двумерной математической модели транспорта наночастиц // Известия ЮФУ. Технические науки. 2011. № 8 (121). С. 32-44.
12. Фоменко Н. А. Моделирование гидродинамических процессов при обтекании корпуса судна // Известия ЮФУ. Технические науки. 2011. № 8 (121). С. 139-147.
13. Чистяков А. Е. Об аппроксимации граничных условий трехмерной модели движения водной среды // Известия ЮФУ. Технические науки. 2010. № 6 (107). С. 66-77.
14. Чистяков А. Е. Теоретические оценки ускорения и эффективности параллельной реализации ПТМ скорейшего спуска // Известия ЮФУ. Технические науки. 2010. № 6 (107). С. 237-249.

УДК 51

Технические науки

Метод последовательной перекачки нефтей и нефтепродуктов заключается в том, что в магистральный трубопровод последовательно и непрерывно закачиваются отдельные партии нефтей или нефтепродуктов, различных по своим качественным показателям. Достоинства метода - равномерная поставка разносортных продуктов потребителю, разгрузка железнодорожного транспорта. Недостаток - образование технологической смеси, которая для своего исправления требует дополнительных ресурсов. Теоретические закономерности смесеобразования наиболее полно разработаны для продуктов, отличающихся по плотности и вязкости. Если в будущем, в связи с разработкой северных месторождений, будет востребована последовательная перекачка нефтей, разных по классу и типу, то уравнение по определению объема смеси должно быть откорректировано для новых условий.

Ключевые слова и фразы: нефть; нефтепродукты; последовательная перекачка; смесеобразование; технологическая смесь; объем смеси; компаундирование.

Ирина Семеновна Шабуро, к.т.н.

Кафедра «Трубопроводный транспорт»

Самарский государственный технический университет

it@samgtu.ru

Юлия Викторовна Терехина

АК «Транснефть» ОАО «МН «Дружба»

it@samgtu.ru

НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ОСНОВНОГО УРАВНЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОБЪЕМА СМЕСИ, ОБРАЗУЮЩЕЙСЯ В ПРОЦЕССЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ПЕРЕКАЧКИ НЕФТЕЙ И НЕФТЕПРОДУКТОВ МЕТОДОМ ПРЯМОГО КОНТАКТИРОВАНИЯ[©]

Последовательная перекачка нефтей, нефтепродуктов по магистральным трубопроводам методом прямого контактирования предполагает закладку в трубопровод последовательно и непрерывно различных по качественным показателям нефтей или нефтепродуктов отдельными партиями определенного объема. При этом обеспечивается максимальная загрузка трубопровода, равномерная поставка различных нефтепродуктов потребителю на всей протяженности магистрального трубопровода, разгружается железнодорожный транспорт, особенно в зимний период времени. Такой метод перекачки разносортных нефтей позволяет готовить нефть нужного качества как головной ЛПДС, так и на любой промежуточной станции или на конечном пункте с резервуарными парками, куда была прокачена нефть с показателями качества, не отвечающими требованиям потребителя, и которую необходимо довести до показателей качества, позволяющих ее откачку в МНП или отгрузку в другие виды транспорта. В случае нефтепродуктов последовательная перекачка позволяет поставлять их для внутренних нужд народного хозяйства и на экспорт в достаточно широком ассортименте. Однако при последовательной перекачке продуктов, которые отличаются по плотности, вязкости, содержанию серы или по другим характеристикам, этот метод перекачки имеет существенный недостаток. В зоне контакта двух, следующих внутри трубопровода друг за другом нефтей или нефтепродуктов, образуется технологическая смесь, т.е. смесь, образование которой предотвратить невозможно.

Смесь образуется вследствие неравномерности осредненных местных скоростей по сечению трубопровода и турбулентного перемешивания, и объем смеси нарастает при ее движении по трубопроводу.

Протяженность зоны смеси и ее объем, даже при отсутствии различия вязкостей контактирующих продуктов, увеличивается прямо пропорционально величине $(D \cdot t)^{0,5}$, где D - эффективный коэффициент диффузии, который характеризует интенсивность продольного нарастания зоны смеси под воздействием конвективной диффузии при ламинарном режиме движения потока и конвективной диффузии с турбулентным перемешиванием в поперечном направлении при турбулентном режиме движения, t - время движения зоны контакта двух продуктов до конечной точки.

Авторы [1, с. 285] показывают, что отношение эффективных коэффициентов диффузии при ламинарном и турбулентном режимах равно:

$$\frac{D_{\text{лам}}}{D_{\text{тур}}} = \frac{R \cdot U_{\text{ср}}}{172 \chi \sqrt{\lambda}} \approx 10^6, \quad (1)$$

где D - эффективный коэффициент диффузии;

R - радиус трубопровода;

λ - коэффициент гидравлических сопротивлений;

χ - коэффициент молекулярной диффузии;

$U_{\text{ср}}$ - средняя скорость потока.

Изменение объема смеси в этих случаях составляет:

$$\frac{V_{\text{см}}^{\text{лам}}}{V_{\text{см}}^{\text{тур}}} = \sqrt{\frac{D_{\text{лам}}}{D_{\text{тур}}}} \approx 10^3, \quad (2)$$

где $D_{\text{лам}}$, $D_{\text{тур}}$ - эффективные коэффициенты диффузии при ламинарном и турбулентном режимах.

Приведенные теоретические зависимости показывают, что осуществлять последовательную перекачку разносортных продуктов следует только при турбулентных режимах движения и с максимально возможной линейной скоростью потока.

При турбулентном режиме протяженность зоны смеси и ее объем, как показано выше, нарастает, но смесь движется компактной зоной и достаточно легко принимается на конечном пункте.

Подход зоны смеси к промежуточным НПС и конечному пункту определяется диспетчером управления МНПП или МНП расчетным путем. Для уточнения расчетных данных станции оборудуются выносными и местными контрольными пунктами, оснащенными ультразвуковыми датчиками, фиксирующими мгновенные значения плотности чистого продукта и в зоне смеси. Сама смесь неоднородна по составу. Часть смеси от 50%-й точки до впередиидущего продукта обогащена им, вторая часть смеси - сзадиидущим продуктом.

Прием смеси на конечном пункте может производиться по двум вариантам. В первом случае головная часть смеси принимается в резервуар с впередиидущим продуктом, конечная часть смеси - в резервуар с сзадиидущим продуктом.

Во втором варианте вся смесь принимается в специально выделяемые смесевые резервуары, каждый из которых закреплен за головной и конечной частью смеси в отдельности.

Способ приема зависит от объема и запасов качества товарных нефтей или нефтепродуктов, за счет которых будет происходить исправление образовавшейся в процессе перекачки смеси.

Все вышесказанное справедливо и для контактирующих продуктов, отличающихся по плотности и вязкости, и в том случае, когда эта разница не существенна.

Однако основное уравнение по расчету смесеобразования, приведенное ниже, получено для продуктов с учетом различия указанных характеристик.

Объем образующейся смеси определяется по формуле [3, с. 89]:

$$V_{\text{см}} = 1000 (\lambda_1^{1,8} + \lambda_2^{1,8}) \left(\frac{D}{L} \right)^{0,43} V_{\text{мп}}, \quad (3)$$

где λ_1 , λ_2 - коэффициенты гидравлических сопротивлений первого и последующего продукта;

D , L , $V_{\text{мп}}$ - диаметр, длина, объем участка трубопровода, где осуществляется последовательная перекачка разносортных продуктов.

До 2002 года в России широко использовался метод прямого контактирования для перекачки автобензинов и дизельных топлив различных марок.

Накоплен большой опыт по расчету и контролю движения смеси, способам ее приема и ее исправлению методом компаундирования.

Результаты расчета по уравнению (3) в данном случае можно показать на следующем примере.

Последовательная перекачка автобензина и дизельного топлива ведется по трубопроводу диаметром 530x8 мм, длиной 708 км. Скорость движения жидкости 1,2 м/с. Режим движения потока отвечает зоне смешанного трения. Коэффициент гидравлических сопротивлений λ для автобензина равен 0,016, для дизельного топлива 0,0196.

Объем, определяемый по уравнению (3), соответствует зоне смеси в пределах концентраций контактирующих продуктов 99 - 1% и составляет 480 м³ на один контакт.

Эта смесь неоднородна по составу и $\sim 240 \text{ м}^3$ отвечает «легкому» дизельному топливу, т.е. обогащена дизельным топливом, другая часть - «тяжелому» автобензину, т.е. с преобладанием компонентов автобензина. Расчетное количество товарных продуктов, требуемых для исправления данных объемов смеси при запасе качества $6-7^\circ\text{C}$ по дизельному топливу и $6-7^\circ\text{C}$ по автобензину составляет $16-18 \text{ т м}^3$ для каждого вида смеси.

По данным эксплуатации объем смеси, образующийся в пределах концентраций 99 - 1%, 98 - 2% в подобных условиях колеблется в пределах $450-520 \text{ м}^3$.

Фактические объемы товарных продуктов с запасом качества в пределах $7-8^\circ\text{C}$, за счет которых можно осуществить исправление принятой смеси, мало отличаются от расчетных и лежат в пределах $18-20 \text{ т м}^3$.

Таким образом, при скорости потока $1,1-1,3 \text{ м/с}$ расхождение расчетных данных и данных практики не превышает 5-10%, что говорит о высокой степени достоверности теоретических положений по смесеобразованию. Недостаток формулы (3), используемой для оценки объема смеси в случае последовательной перекачки автобензинов и дизельных топлив в том, что она не учитывает объемы нестандартных нефтепродуктов, следующих за зоной смеси.

При этом количество нестандартного по температуре конца кипения автобензина, следующего за дизельным топливом, может достигать $800-1000 \text{ м}^3$, количество нестандартного по температуре вспышки дизельного топлива, следующего за бензином, может достигать $1500-2000 \text{ м}^3$. Отмеченная закономерность приводит к увеличению объема стандартных нефтепродуктов, требуемых для исправления технологической смеси и некондиционной продукции, по сравнению с теми, которые рассчитываются, исходя только из объема образовавшейся смеси в пределах концентрации 98 - 2%, 99 - 1%.

Последовательная перекачка нефтей, отличных друг от друга по классу и типу, практикуется в меньшей степени. Однако быстрое развитие нефтедобычи в северных и восточных районах Российской Федерации и необходимость закачки ее в магистральные трубопроводы может способствовать нарастанию необходимости в перекачке разных нефтей методом прямого контактирования. Экспериментальных данных по смесеобразованию для нефтей разных классов и типов очень мало. Опытная перекачка высокосернистой нефти в контакте с сернистой была проведена на трубопроводе «Лопатино-Никольское» [2, с. 15-17] диаметром $1020 \times 11 \text{ мм}$, длиной 700 км ОАО «МН «Дружба»» еще в 2001 г. На ЛПДС «Никольское» необходимо было принять партию высокосернистой нефти в отдельные резервуары, определить ее объем, оценить объемы смесеобразования. Объем партии высокосернистой нефти составлял 15800 т , на ЛПДС «Никольское» было принято 15077 т , количество смеси в головном контакте 700 т , в «хвостовом» - 382 т . Опубликованные данные крайне скудны, отсутствуют данные по плотности, вязкости контактирующих продуктов, не указаны значения плотностей, соответствующих началу и концу смеси, не ясно, как была принята смесь. Таким образом, представленные данные не дают возможность точно оценить объем образовавшейся смеси.

Если принять плотность контактирующих нефтей в пределах $850-880 \text{ кг/м}^3$, динамическую вязкость $15-25 \text{ сСт}$, производительность перекачки до $7000 \text{ м}^3/\text{ч}$, то теоретический объем, определяемый по вышеприведенным уравнениям, составит $\sim 2500 \text{ м}^3$ в пределах концентраций 99 - 1% или $\sim 2160 \text{ т}$, что значительно превышает объем смеси, зафиксированный при опытной перекачке.

В периодической печати отсутствуют данные о том, как распределяется сера в зоне смеси, если контакту подлежат нефти, отличающиеся по плотности, вязкости и содержанию серы и нефти, близкие по плотности, вязкости, но массовая доля серы в которых соответствует разному классу нефтей. Здесь можно лишь предположить, что, так как смешение происходит за счет неравномерности скоростей потока по сечению трубопровода, сопровождаемое поперечными пульсациями, то приведенные выше зависимости должны с определенной точностью отвечать процессу смесеобразования при контакте нефтей с разной серой и разной вязкостью.

Если же распределяемым параметром будет только содержание серы в контактирующих продуктах, то фактический объем смеси будет, по-видимому, меньше расчетного, и уравнение (3) должно быть скорректировано для указанных условий.

Кроме того, следует заметить, что в формулу для объема смеси входят геометрические параметры трубопровода и для диаметров до 500 мм при последовательной перекачке разноразных нефтепродуктов, как показывает практика, уравнение объема смеси дает хорошие результаты, но экспериментальных данных для больших диаметров до $1020-1200 \text{ мм}$ недостаточно, чтобы с большой степенью достоверности подтвердить предыдущий вывод.

По-видимому, если последовательная перекачка разных по классу и типу нефтей будет востребована, особенно для месторождений, где преобладают нефти 3, 4 класса и 2, 3, 4 типа, то следует провести экспериментальные исследования, которые позволили бы оценить с большей вероятностью возможность теоретического расчета по уравнению (3) объема смеси для вышеотмеченных ситуаций.

Список литературы

1. Белоусов В. Д., Блейхер Э. М., Немудров А. Г., Юфин В. А. Трубопроводный транспорт нефти и газа. М.: Недра, 1977.
2. Евлахов С. К., Козобкова Н. А., Русаков Г. Н., Елоза Ж. И. Последовательная перекачка высокосернистой нефти в потоке сернистой // Трубопроводный транспорт нефти. 2001. № 2.
3. Ишмухаметов И. Т., Исаев С. Л., Лурье М. В., Макаров С. П. Трубопроводный транспорт нефти и газа. М.: Нефть и газ, 1999.