УДК 622.276, ВАК 25.00.19, 05.02.13

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ТРУБНЫХ ОБВЯЗОК МАЛОГО ДИАМЕТРА ОТ АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗА СЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА РАСТВОРИТЕЛЯ

DYNAMICS RESEARCH OF THE EFFICIENCY OF REMOVAL ASPHALTENE DEPOSITS FROM SMALL DIAMETER PIPE STUDS DUE TO SOLVENT'S TEMPERATURE CHANGE

Щербатюк Яна Валерьевна
студент,
Ухтинский государственный
технический университет,
yana.shcherbatyuk@mail.ru

Сальников Александр Викторович
кандидат технических наук,
доцент кафедры проектирования и эксплуатации
магистральных газонефтепроводов,
Ухтинский государственный
технический университет,
ugtusovet@yandex.ru

Shcherbatyuk Yana Valeryevna
Student,
Ukhta state technical university,
yana.shcherbatyuk@mail.ru

Salnikov Alexander Viktorovich
Candidate of technical sciences,
Associate professor of design and operation
trunk gas and oil pipelines,
Ukhta state technical university,
ugtusovet@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы очистки труб малого диаметра от асфальтосмолопарафиновых отложений химическим методом. Особое внимание уделено оценке эффективности растворения отложений в зависимости от температурного режима процесса очистки и выявлению зависимости скорости растворения от температуры растворителя.

Ключевые слова: асфальтосмолопарафиновые отложения, трубы малого диаметра, эффективность растворителя, скорость растворения, температурный режим.

Annotation. The article deals with the small-diameter pipe cleaning from asphaltene deposits chemical method. Particular attention is paid to assessing the effectiveness of dissolving fat, depending on the temperature treatment process and the dissolution rate of detection depending on the temperature of the solvent.

Keywords: asphaltene deposits, small diameter pipes, the effectiveness of the solvent, dissolution rate, temperature control.

В процессе трубопроводной транспортировки высоковязких и парафинистых нефтей одной из наиболее серьезных проблем, приводящей к осложнениям в функционировании технического оборудования и трубопроводных коммуникаций, является образование асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО), ведущее к снижению производительности и эффективности работы трубопроводной системы в целом. Относительно магистрального трубопровода методы очистки от АСПО представлены достаточно широко, однако ввиду конструктивных особенностей в трубных системах малого диаметра (обвязках резервуарных парков, блоков измерения показателей качества нефти приемо-сдаточных участков нефтеперекачивающих станций, выполняющих функции приема, хранения, отбора представительной пробы, измерений показателей качества и коммерческого учета нефти) эффективным методом может являться лишь химический. Кроме того, эффективность очистки труб от АСПО зависит не только от состава отложений, соотношения массы АСПО к объему растворителя и его физико-химических характеристик, но и температурных условий процесса очистки.

Данная работа посвящена изучению эффективности применения растворителя разной температуры для очистки труб малого сечения от АСПО на примере системы измерения качества нефти (СИКН) приемо-сдаточного участка нефтеперекачивающей станции для условий НПС «Ухта». Подогрев растворителя может быть осуществлен в портативном парогенераторе взрывозащищенного исполнения АПГ в баке для промывочной жидкости блока измерения количества нефти.

Целью лабораторных исследований, проведенных на базе кафедры ПЭМГ УГТУ, являлось изучение эффекта от изменения температурного режима растворителя для очистки трубных обвязок малого диаметра от АСПО.

В качестве базовой методики оценки эффективности растворяющей способности химического реагента был использован метод «сетчатых корзинок», реализованный для динамических условий, имитирующих промывку трубопроводной обвязки нагретым растворителем. В качестве исследуемого растворителя АСПО был рассмотрен Азол 4020, как наиболее экономически выгодный и не изменяющий товарных свойств нефти. Основные физико-химические показатели растворителя приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные физико-химические показатели растворителя АСПО Азол 4020

Наименование показателя	Значение
Внешний вид при 20 ºС	подвижная жидкость от бесцветного до светло-коричневого цвета
Плотность при 20 ºС, г/см^3	0,75
Кинематическая вязкость по вискозиметру ВПЖ-2 при 20 ºС, г/см^3, не менее	5,0
Температура застывания, ºС, не выше	–50

Из АСПО нефти Ярегского месторождения были сформированы образцы цилиндрической формы массой 2 ± 0,05 г, которые поочередно растворялись в 60 мл испытуемого реагента по методу «сетчатых корзинок». Вес АСПО, равный 2 г и количество растворителя АСПО Азол 4020, равное 60 мл, соответствуют на практике 1,5 кг АСПО в обвязке блока измерения показателей качества нефти и 50 литрам растворителя АСПО Азол 4020. Такой объем растворителя обусловлен вместимостью промывочного бака, которым оборудован БИК, а 2 г испытуемого образца является масштабным эквивалентом 1,5 кг АСПО в обвязке БИК, что соответствует уменьшению проходного сечения трубопроводной обвязки на 1 %, при котором уже необходимы мероприятия по очистке системы для обеспечения ее эффективной эксплуатации.

Температура растворителя при проведении эксперимента изменялась в диапазоне от 20 ºС до 60 ºС с шагом в 10 ºС путем нагрева испытательной емкости с растворителем в термостате ВТ-ро-02.

Для имитации технологического процесса промывки трубопроводной обвязки СИКН был выбран динамический режим испытаний, реализованный при помощи магнитной мешалки ММ-5. Для обеспечения воздействия растворителя лишь с трех сторон и исключения выпадения частиц АСПО на дно испытательной емкости в ходе перемешивания дно корзинки выстилалось вощеной бумагой.

Продолжительность растворения при каждом блоке исследований была принята равной 120 секунд, после чего оставшаяся часть АСПО извлекалась и взвешивалась на аналитических весах GR-200 (рис. 1).

Рисунок 1 – Контроль массы АСПО на аналитических весах GR-200

Эффективность растворения АСПО в зависимости от температуры растворителя $Э_t$, %, рассчитывалась по формуле:

$$Э_t = (m - m_1)/m \cdot 100, \quad (1)$$

где m – масса образца АСПО до эксперимента, г; m_1 – масса остатка АСПО в корзинке после эксперимента, г.

Для определения времени полного растворения образцов АСПО при различных температурах растворителя испытательную емкость с Азолом 4020 объемом 600 мл помещали в термостат ВТ-ро-02 и подогревали до температур 30, 40, 50 и 60 ºС соответственно. После чего в емкость опускали корзинку с испытуемым образцом АСПО и фиксировали время его полного растворения (рис. 2).

Рисунок 2 – Нагрев растворителя АСПО Азол 4020 в термостате ВТ-ро-02

Для обеспечения достаточного массива данных в ходе экспериментов было проведено пятнадцать блоков исследований по десять образцов в каждом для каждого вида исследований.

По результатам статистически обработанных гравиметрических измерений, представленных в таблице 2, по формуле (1) были получены следующие значения эффективности растворителя АСПО Азол 4020: при температуре 20 ºС $Э_{20}$ = 8 %; при температуре 30 ºС $Э_{30}$ = 22 %; при температуре 40 ºС $Э_{40}$ = 40 %; при температуре 50 ºС $Э_{50}$ = 62 %; при температуре 60 ºС $Э_{60}$ = 100 %.

Кинетическая кривая растворимости, представленная на рисунке 3, удовлетворительно описывается уравнением:

$$Э_t = 0{,}0371 \cdot t^2 - 0{,}7314 \cdot t + 8{,}8, \qquad (2)$$

где $Э_t$ – эффективность растворителя АСПО, %; t – температура растворителя, ºС.

Таблица 2 – Результаты измерений остаточной массы АСПО при различных температурах растворения

№ блока испытаний	Средняя остаточная масса АСПО m_1, г				
	Температура растворителя АСПО Азол 4020 t, ºС				
	20 ºС	30 ºС	40 ºС	50 ºС	60 ºС
1	1,80	1,53	1,22	0,70	0
2	1,82	1,56	1,12	0,77	0
3	1,86	1,59	1,16	0,73	0
4	1,84	1,59	1,24	0,75	0
5	1,83	1,61	1,20	0,72	0
6	1,81	1,58	1,18	0,79	0
7	1,78	1,57	1,17	0,82	0
8	1,88	1,55	1,23	0,81	0
9	1,79	1,52	1,15	0,75	0
10	1,87	1,51	1,28	0,71	0
11	1,90	1,60	1,17	0,80	0
12	1,89	1,54	1,25	0,78	0
13	1,80	1,57	1,15	0,74	0
14	1,88	1,55	1,25	0,76	0
15	1,85	1,53	1,23	0,77	0

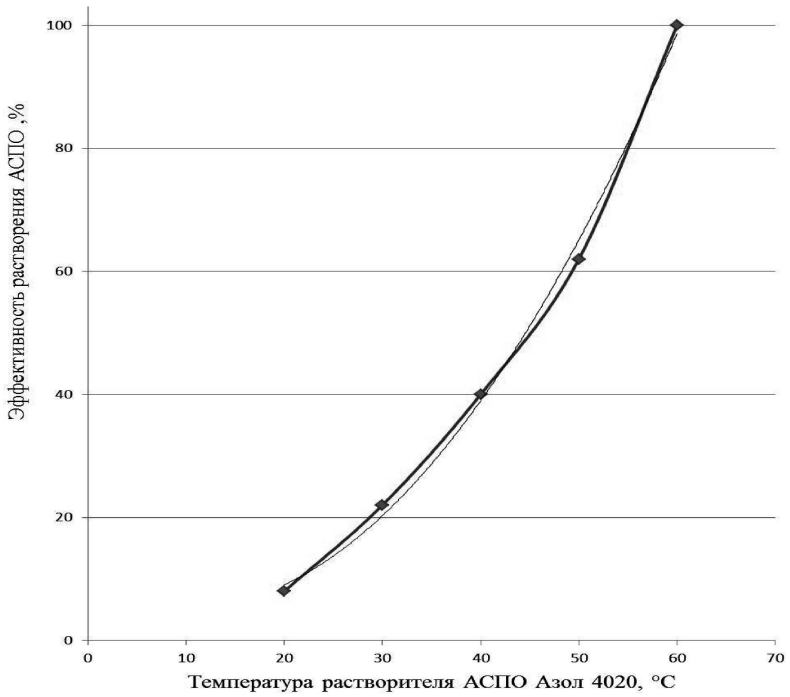

Рисунок 3 – График зависимости эффективности растворения АСПО от температуры растворителя Азол 4020
(2 г АСПО в 60 мл растворителя)

Результаты испытаний по определению времени растворения АСПО при различной температуре растворителя приведены в таблице 3, а график зависимости времени растворения АСПО $T_{рас}$ от температуры t – на рисунке 4.

Таблица 3 – Время растворения образцов АСПО в зависимости от температуры растворителя

№ блока испытаний	Время растворения АСПО $T_{рас}$, с				
	Температура растворителя АСПО Азол 4020 t, ºС				
	20 ºС	30 ºС	40 ºС	50 ºС	60 ºС
1	380	322	220	155	102
2	385	317	217	143	109
3	389	308	224	161	105
4	375	311	218	147	103
5	390	313	230	151	93
6	371	315	227	145	107
7	370	319	233	157	91
8	372	321	232	142	97
9	378	309	223	153	95
10	388	317	226	156	105
11	382	316	233	139	100
12	381	313	225	144	106
13	383	321	221	158	95
14	379	314	217	150	94
15	377	309	229	149	98

В данной работе с применением известной методики «сетчатых корзинок», адаптированной для динамических условий, которые имитируют промывку трубопроводной обвязки СИКН нагретым до разных температур растворителем, была оценена эффективность ингибитора Азол 4020 и влияние на нее изменения температуры растворителя.

Ряд проведенных исследований позволил сделать вывод, что наибольшей эффективности растворитель достигает при температуре 60 ºС. Дальнейшее повышение температуры может привести как к увеличению эффективности отмыва АСПО, так и к снижению времени на очистку. Однако ис-

пользуя комбинированный (термохимический) метод для очистки трубной обвязки СИКН дальнейшее повышение температуры растворителя нецелесообразно, поскольку может негативно повлиять на корректность работы КИП системы.

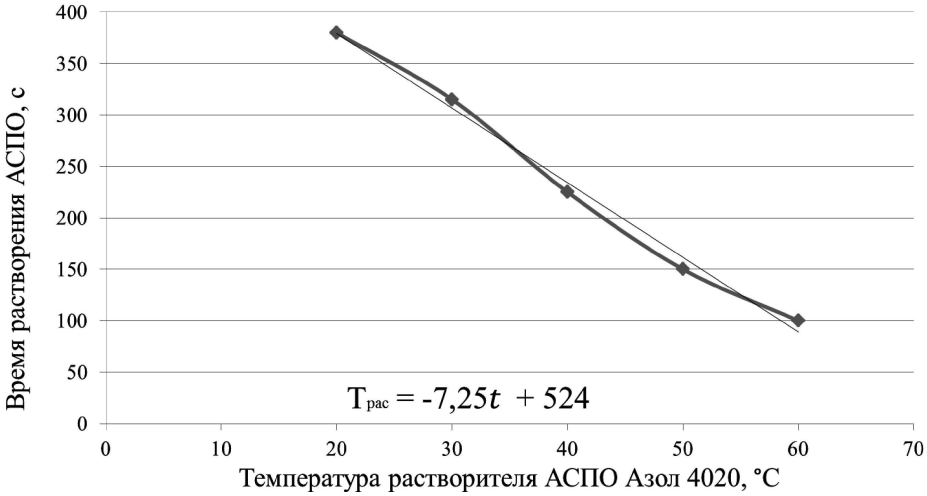

Рисунок 4 – График зависимости времени растворения АСПО от температуры растворителя Азол 4020
(2 г АСПО в 60 мл растворителя)

Полученное в ходе исследований уравнение $T_{рас} = 524 – 7,25 \cdot t$ позволяет определить необходимую температуру нагрева растворителя t в зависимости от предполагаемого времени на полную очистку обвязки блока измерения количества нефти СИКН от АСПО $T_{рас}$, конкретизировать это время, а также оптимизировать технологический процесс промывки и повысить его эффективность.

Вес испытуемого образца АСПО, равный 2 г, и 60 мл растворителя АСПО Азол 4020, принятые при проведении экспериментов, соответствуют 1,5 кг АСПО в обвязке блока измерения показателей качества нефти и 50 литрам растворителя в промывочном баке системы. В течение года в результате налипания на стенки трубопроводов обвязки СИКН полезное сечение может уменьшиться в диапазоне от 1,5 до 4 %. Если принять, что в год происходит семь технологических остановок магистрального трубопровода, то проводя на каждой второй остановке промывку трубопроводов блока измерения показателей качества нефти растворителем Азол 4020, нагретым в промывочном баке до 60 ºС, можно практически полностью обезопасить систему от угрозы АСПО.

Литература:

1. Мастобаев Б.Н. Развитие методов и средств очистки магистральных трубопроводов от грязепарафиновых отложений / Б.Н. Мастобаев, Т.В. Дмитриева, Р.З. Нагаев / Материалы II Международной научной конференции «История науки и техники – 2001». – 2001. – С. 74–75.

2. Хасанова К.И. Повышение эффективности применения средств и методов борьбы с асфальтосмолопарафиновыми отложениями в процессе транспорта нефти по магистральным трубопроводам / К.И. Хасанова, М.Е. Дмитриев, Б.Н. Мастобаев // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2013. – № 3. – С. 7–12.

References:

1. Mastobayev B.N. Development of methods and means of cleaning of trunk pipelines from mud-paraffin deposits / B.N. Mastobayev, T.V. Dmitriyeva, R.Z. Nagayev / Materials II of the International scientific conference «History of Science and Technology – 2001». – 2001. – P. 74–75.

2. Khasanova K.I. Increase in efficiency of application of means and methods of fight against asphalt pitch paraffin deposits in the course of oil transport on trunk pipelines / K.I. Khasanova, M.E. Dmitriyev, B.N. Mastobayev // Transport and storage of oil products and hydrocarbonic raw materials. – 2013. – No. 3. – P. 7–12.