

УДК 621.643

**НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ
ПО ОЧИСТКЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ ОТ ОСТАТКОВ НЕФТИ**

*канд. техн. наук, доц. Л.М. СПИРИДЁНОК; В.О. КАЗМИРКИВСКИЙ
(Полоцкий государственный университет)*

Представлен анализ методов и предложений по организации работ и технологии очистки от остатков нефти и асфальтосмолопарафиновых отложений с внутренней поверхности магистральных нефтепроводов. Разработаны критерии соблюдения технологии выполняемых работ, обобщены требования. По результатам анализа предложены способы по их организации. Раскрыты основные аспекты проблемы, предложены варианты решения. Показана актуальность рассматриваемого вопроса. Предложены меры по улучшению технологии очистки, направленные на увеличение качества очистки, экономической эффективности и снижение времени технологических операций.

Ключевые слова: магистральный нефтепровод, очистка нефтепроводов от остатков нефти и отложений, варианты решения проблемы.

В 2007 году компания «Транснефть» завершила часть проекта «Север», целью которого было создание новой трубопроводной системы по транспортировке и отгрузке экспортных нефтепродуктов. Магистраль прошла по территориям Владимирской, Ивановской, Ярославской, Тверской, Новгородской, Ленинградской областей. Ее протяженность 1056 км. Строительство всех объектов нефтепровода обошлось почти в 31 млрд руб., из них около 7,5 млрд было вложено в создание перегрузочных мощностей в порту «Приморск», который стал первым в России морским терминалом по наливу светлых нефтепродуктов.

В 2011 году была принята программа модернизации российских нефтеперерабатывающих заводов и ввода новых мощностей вторичной переработки нефти, которая предполагала качественный скачок в развитии отрасли. В результате действия программы увеличились объемы производства нефтепродуктов и объемы их экспорта. Если в 2012 году в направлении порта «Приморск» было перекачено 6,5 млн тонн топлива, то в 2013-м – уже 9,3 млн. Через год благодаря применению противотурбулентных присадок нефтепродуктопровод превысил свои проектные мощности на 2,9 млн тонн.

Как видим, в результате модернизации будет увеличиваться производство качественных светлых нефтепродуктов, следовательно, понадобится больше трубопроводных мощностей для их транспортировки на экспорт через российские терминалы. Перед ОАО «Транснефть» поставлена задача по обеспечению этих мощностей [1].

Решить эту задачу можно двумя способами: первый способ – построить новый нефтепродуктопровод, а следовательно, создать новую инфраструктуру и перекачивающие станции; второй способ – использовать имеющуюся нефтепроводную инфраструктуру, максимально адаптировав её под перекачку нефтепродуктов, проведя зачистку внутренней полости трубы. Этот способ оказался наиболее быстрым и экономически выгодным.

Учитывая опыт, полученный в ООО «Балтнефтепровод» при реализации проекта «Развитие системы магистральных нефтепроводов для увеличения поставок нефтепродуктов в порт “Приморск” до 15 млн тонн в год»: перевод магистрального нефтепровода Ярославль – Кириши и Кириши – Приморск к перекачке дизельного топлива, проведен анализ технологии очистки от остатков нефти и асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) с внутренней поверхности магистральных нефтепроводов Ярославль – Кириши (Ду700 участок 525,4...546 км) и «Кириши – Приморск» (Ду700 участок 546...804,8 км). В результате при разработке нормативно-технической документации были внесены предложения по организации работ при проведении очистки от остатков нефти и АСПО с внутренней поверхности нефтепроводов.

Согласно утвержденным ООО «НИИ ТНН» предложениям и рекомендациям по очистке полости нефтепровода от нефти использовалась следующая технология, состоящая из 3-х этапов:

1-й этап – очистка внутренней поверхности магистрального нефтепровода растворителем:

- запуск двух поролоновых литых поршней (ППЛ) и очистных скребков поршня-разделителя внутритрубного (ПРВ1) (№ 1) на 3 км вперед;
- формирование пробки растворителя: ПРВ1 (№ 2) – пробка растворителя – ПРВ1 (№ 3) – пробка растворителя – ПРВ1 (№ 4) согласно рисунку 1;
- запуск пробки из конечной точки очищаемого участка в начальную со скоростью не более 0,7 км/ч и созданием противодавления не менее 2,0 кгс/см², но не более 4,0 кгс/см²;
- прием ППЛ (№ 1), ППЛ (№ 2) и ПРВ 1 (№ 1) в начале очищаемого участка;
- прием объединенной пробки растворителя в начале участка;

- пропуск пробки (реверсом) в обратном направлении;
- прием объединенной пробки на конце участка.

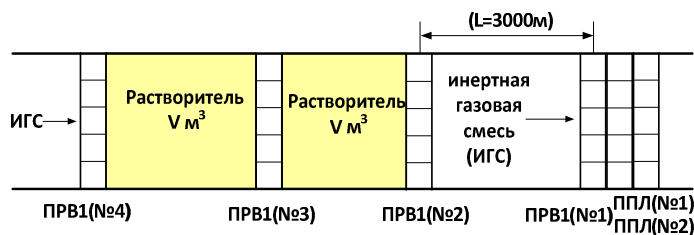


Рисунок 1. – Пробка растворителя согласно 1-му этапу очистки

При учете неравномерности движения пробки растворителя, связанного с одновременным удалением из нефтепровода герметизирующих устройств (ГРК), необходимо дополнительно прогнать использованный растворитель (после реверса), не извлекая его в начальной точке участка, перед пробкой абсорбционного дизельного топлива ДТ № 1.

2-й этап – прокачка абсорбционной партии дизельного топлива

Очистка внутренней поверхности магистрального нефтепровода от остатков растворителя и АСПО абсорбционной партии дизельного топлива должна проводиться тремя циклами.

Первый цикл:

- перед пробкой абсорбционного ДТ (№ 1) запустить использованную пробку растворителя (после реверса) на 3 км вперед, затем на 3 км вперед запустить пробку ДТ (5 м³), ограниченную двумя ПРВ. Схема формирования: ПРВ1 (№ 1) – растворитель – ПРВ1 (№ 2) – растворитель – ПРВ1 (№ 3) – 3 км – ПРВ1 (№ 4) – ДТ 5 м³ – ПРВ1 (№ 5) – 3 км – ПРВ1 (№ 6) – ДТ – ПРВ1 (№ 7) – ДТ – ПРВ1 (№ 8) (рис. 2);
- прогон абсорбционной пробки ДТ из конечной точки очищаемого участка в начальную со скоростью 0,7...1,0 км/ч;
- прием пробки растворителя и абсорбционного ДТ (№ 1) в начале очищаемого участка;
- утилизация пробки растворителя и 5 м³ абсорбционного ДТ в поток нефти;
- основную пробку абсорбционного ДТ пропустить реверсом;
- прием пробки абсорбционного ДТ № 1 в конце очищаемого участка.

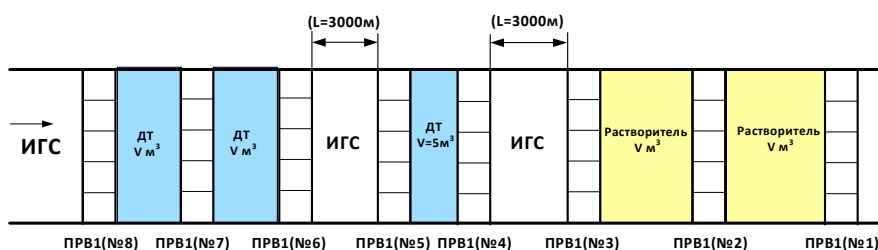


Рисунок 2. – Абсорбционная пробка ДТ № 1

Второй и третий циклы:

- перед запуском пробки абсорбционного ДТ (№ 2 и № 3) запустить два ПРВ1 на 5 км вперед. Схема формирования представлена на рисунке 3: ПРВ1 (№ 1) – 1 км – ПРВ1 (№ 2) – 5 км – ПРВ1 (№ 3) – ДТ – ПРВ1 (№ 4) – ДТ – ПРВ1 (№ 5);
- прогон пробки абсорбционного ДТ (№ 2 и № 3) из начальной точки очищаемого участка в конечную со скоростью 1,2...1,5 км/ч;
- прием пробки абсорбционного ДТ (№ 2 и № 3) в конце очищаемого участка.

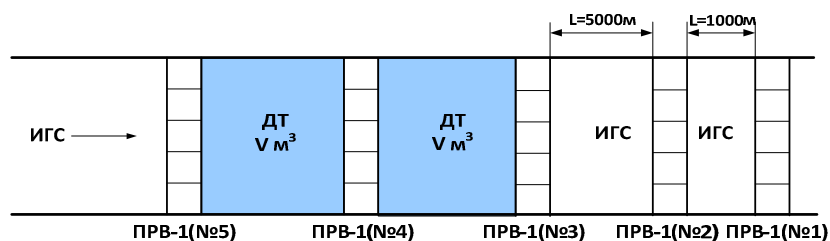


Рисунок 3. – Абсорбционная пробка дизельного топлива (№ 2 и № 3)

3-й этап очистки – прокачка контрольной партии дизельного топлива

Время между прокачкой абсорбционной и контрольной партий ДТ не лимитируется.

- перед запуском пробки контрольного ДТ запустить четыре ПРВ вперед. Схема формирования (рис. 4): ПРВ1 (№ 1) – 1 км – ПРВ1 (№ 2) – 1 км – ПРВ1 (№ 3) – 3 км – ПРВ1 (№ 5) – ДТ – ПРВ1 (№ 6);
- прогон контрольной пробки ДТ из начальной точки очищаемого участка в конечную со скоростью 0,4...0,6 км/ч;
- прием пробки контрольного ДТ (№ 1) в начале очищаемого участка;
- отбор проб контрольной партии ДТ в конце участка из установленного пробоотборника в начале, середине и конце очищаемого участка.

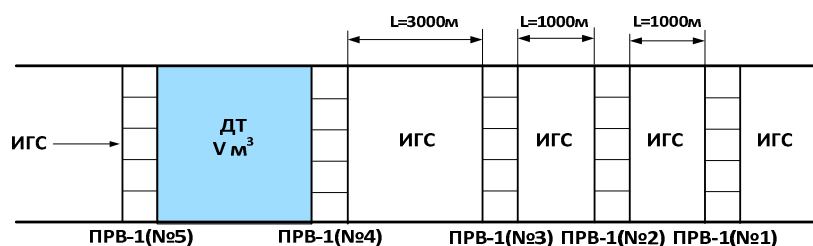


Рисунок 4. – Контрольная пробка дизельного топлива

Принятая в конце очищаемого участка контрольная партия дизельного топлива может применяться в качестве абсорбционной для следующего очищаемого участка при условии соответствия выбранных показателей качества установленным требованиям:

- содержание серы менее 10 мг/кг – использование как абсорбционное ДТ № 2 на любых следующих участках;
- содержание серы от 10 до 50 мг/кг – использование как абсорбционную партию дизтоплива на любых следующих участках.

Для успешной реализации проекта, а именно очистки от остатков нефти и удаления пристенных отложений с внутренней поверхности магистрального нефтепровода, необходимо обеспечить выполнение **особых условий** – в связи с особенностями технологического процесса по химической очистке внутренней полости нефтепровода от АСПО и в соответствии с рекомендациями ООО «НИИ ТНН» необходимо **соблюдение скоростных режимов движения пробки химического реагента и дизельного топлива** (абсорбционных и контрольных партий).

1. Увеличение производительности мобильной компрессорной азотной установки для выхода на рекомендуемую скорость движения пробки абсорбционных партий дизельного топлива 1,2...1,5 км/ч

При распределении имеющихся азотных установок по участкам необходимо руководствоваться рекомендациями ООО «НИИ ТНН» по скоростному режиму пробки и, безусловно, обеспечивать соответствие указанным в них параметрам, отклонение от которых может привести к нарушению технологии.

Следование технологии, согласованной с ООО «НИИ ТНН» и указанной в методике, в части скорости движения пробки обеспечит:

- производительность азотных установок (рис. 5) не менее 65 м³/мин (рассчитывается исходя из противодавления не менее 2 кг/см², но не более 4,0 кгс/см²);
- жесткое соблюдение скорости пробки при каждом пропуске в пределах от 1,2 до 1,5 км/ч (абсорбционные партии ДТ);

- необходимое время контакта химического реагента с внутренней поверхностью нефтепровода. Так как средняя скорость не позволяет его определить, то необходимо производить фиксацию и регистрацию параметров (рис. 6) работы азотных установок, таких как: расход азота; концентрация кислорода; скорость движения; давление в точке подачи азота; дистанция прохождения пробки L (м); мгновенная скорость пробки на время предоставления информации; средняя скорость от последнего времени предоставления информации; средняя скорость от времени запуска пробки. Для этого требуется установить на азотных установках оборудование, позволяющее производить фиксацию и регистрацию параметров при движении пробки. Эти значения должны фиксироваться как в режиме он-лайн, так и в усредненном значении на каждый пропуск. Оборудование, входящее в состав азотных установок, позволяет мгновенно корректировать движение пробки и избежать разрушения сформированной пробки. Отсутствие данного оборудования и программного обеспечения в составе азотных установок ставит под вопрос возможность соблюдения скорости движения партий химреагента, абсорбционных и контрольных партий дизельного топлива (Евро-5, сорт С, вид III) согласно рекомендациям НИИ ТНН;

- обязательное наличие резервных азотных установок на случай выхода из строя имеющихся.



Рисунок 5. – Мобильная компрессорная азотная установка МКАУ-25/13 С-95 (а); передвижная азотная компрессорная станция ПКСА-9/200 (б)

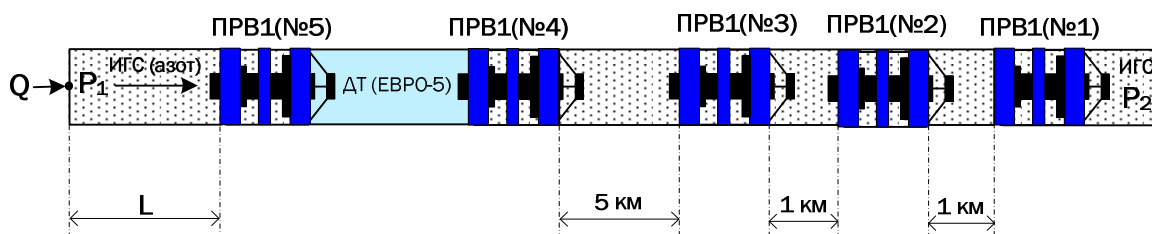


Рисунок 6. – Основные параметры при движении партий дизельного топлива:
 Q – расход азота, м³/мин; P_1 – давление в точке закачки, кгс/см²;
 P_2 – противодействие, не менее 2,0 кгс/см²; L – дистанция прохождения пробки, м;
 U – средняя скорость от времени запуска прохождения пробки

Автоматизация систем управления технологическими процессами обеспечивает дистанционное и автоматическое управление агрегатами (регулирование расхода и давления, регулирование чистоты азота), регистрацию, хранение, передачу и визуализацию информации о работе агрегатов (давления, расходы, и т.д.).

2. Возможность использования отработанного химического реагента при очистке трубопроводной обвязки камеры пуска и приема средств очистки и диагностирования (КПП СОД)

Количество необходимого химического реагента производит ООО «НИИ ТНН» по результатам проведенных лабораторных исследований в зависимости от длины участков, степени насыщения реагента, минимального времени контакта с внутренней стенкой трубы, обеспечивающего качество удаления остатков нефти и АСПО.

После окончания всех этапов очистки внутренней полости магистрального нефтепровода (рис. 7) при прогоне пробки с химическим растворителем объема принятой партии отработанного растворителя достаточно для заполнения им трубопроводной обвязки для промывки, в том числе промывки линейных задвижек и дренажных линий узла камер пуска-приема СОД.

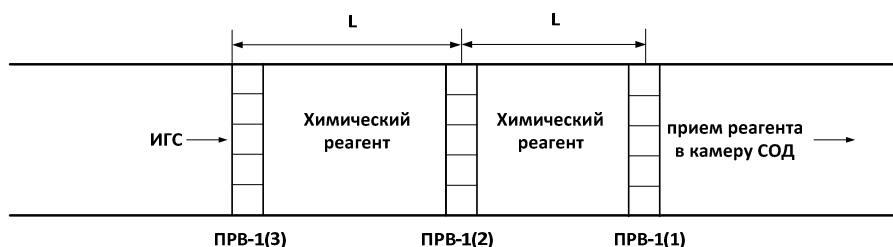


Рисунок 7. – Пробка растворителя последнего этапа очистки

После приема контрольной партии ДТ, разработав мероприятия по промывке обвязки КПП СОД дизельным топливом, включающим в себя предварительную пропарку отводов камер СОД, дренажных линий, напорных линий погружных насосов, механическую очистку внутренней полости емкостей, требуется провести комплекс работ по проверке качества очистки узлов КПП СОД на соответствие показателей качества ДТ требованиям, установленным стандартом, техническим условиям. Эти работы играют немаловажную роль в определении количества некондиционного топлива, принимаемого в конечной точке после заполнения магистрального нефтепровода.

3. Увеличение противодействия до 4 кгс/см² на момент пуска пробки

Согласно рекомендациям ООО «НИИ ТНН» для очистки внутренней поверхности магистрального нефтепровода от АСПО необходимо обеспечить контакт растворителя с АСПО, отложившимися на внутренней поверхности нефтепровода. Величина противодействия должна быть не менее 2,0 кгс/см², но не более 4,0 кгс/см². Схема регулировки представлена на рисунке 8.

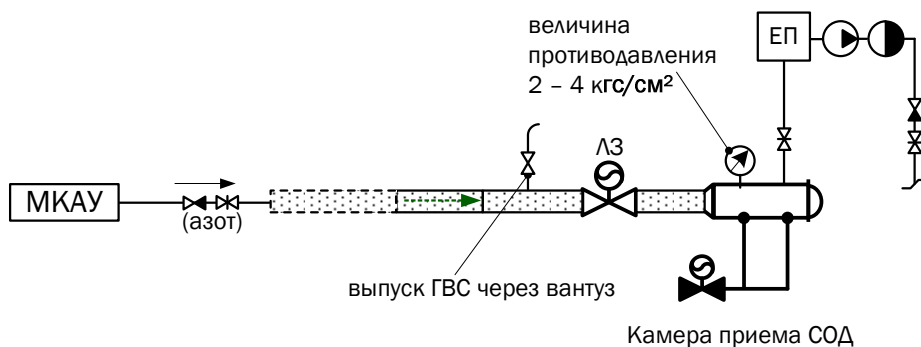


Рисунок 8. – Регулировка величины противодействия

После прогона каждой предыдущей партии реагента или дизельного топлива остаточное давление в участке магистрального нефтепровода составляет порядка 4...6 кгс/см².

Проанализировав основные параметры работы азотных установок при проведении очистки от АСПО участков МН «Ярославль – Кириши» (525,4...546 км) и МН «Кириши – Приморск» (546...805 км) определено, что скорость движения очистных устройств в МН зависит не только от производительности МКАУ, но и от интенсивности снижения (сравливания) противодействия в конечной (приемной) точке.

При величине противодействия 4 кгс/см² на момент пуска пробки интенсивность сравливания давления выше, нежели при 2 кгс/см², что способствует искусственному подтягиванию пробки. Таким образом, очистные устройства движутся более равномерно и стабильно напрессовывают противодействие.

Стоит отметить, что особенно важно осуществлять такой метод пропуска абсорбционных партий дизельного топлива по участкам магистрального нефтепровода, где требуется большая средняя скорость 1,2...1,5 км/ч, при этом уменьшается время прогона партии по участку, следовательно, снижается средний расход топлива на работу азотных установок.

4. Двойной реверс пробки с химическим реагентом Petro Vic2

Согласно рекомендациям ООО «НИИ ТНН» партия с химическим реагентом после реверса пробки должна быть запущена без выемки повторно с абсорбционной партией ДТ № 1. С учетом неравномерности хода (скачков движения) очистного устройства необходимо производить двойной реверс пробки с химическим реагентом Petro Vic2. Так можно добиться эффекта полного контакта со стенками трубы по всей длине участка магистрального нефтепровода.

Предложение заключается в повторном пропуске растворителя в прямом и реверсивном направлении, осуществив полный цикл пропуска без первой абсорбционной партии ДТ.

5. Увеличение числа очистных устройств в абсорбционных и контрольных партиях дизельного топлива

По рекомендациям ООО «НИИ ТНН» внести вместо двух пропусков абсорбционных пробок с дизельным топливом с реверсивным движением пропуск трех пробок абсорбционного дизельного топлива без реверсивного движения. Партии с абсорбционным и контрольным ДТ пропускаются по участкам, имея в конце движения только ПРВ1 – последний в пробке с ДТ.

Необходимо запускать дополнительные очистные устройства за основной пробкой с дизельным топливом для доудаления остатков продукта на стенке трубопровода и объема частично перепускаемого продукта при пропуске предыдущих пробок.

Также перед запуском всех пробок абсорбционного ДТ необходимо предусмотреть возможность очистки камер пуска всех участков от остатков отложений, механических примесей и других продуктов, оставшихся после пропусков предыдущих пробок.

6. Возможность отказаться от врезки и последующей врезки временных линейных задвижек и вантузов

Имеющаяся технология предполагает врезку временных вантузов и линейных задвижек, используемых для формирования пробок с химическим реагентом и дизельным топливом. Возможно отказаться

от врезки и последующей вырезки временных линейных задвижек и вантузов, так как это предполагает большие экономические затраты и увеличение времени технологических операций.

Как показала практика по пропуску итоговых контрольных партий по МН «Кириши – Приморск» (546...805 км), выпуск инертной газовой смеси (ИГС), отбор проб, заливку ДТ возможно осуществлять через КПП СОД, используя дренажную трубопроводную обвязку камер СОД, отборы давления, взрывозащищенные насосы с обратным клапаном для закачки ДТ, МКАУ для формирования пробок с ДТ.

7. Усовершенствование линии для подключения азотных установок

Немаловажной задачей является снижение времени технологических операций. Предлагаемая схема оборудования камер СОД (рис. 9) дает возможность обойтись без остановки закачки азота в магистральный нефтепровод, тем самым, запустив очередное очистное устройство, возможно производить запасовку следующего, закрыв секущую задвижку камеры СОД, и одновременно осуществлять прогон запущенного ПРВ1 на необходимую дистанцию в трубопроводе.

Данная схема также позволяет использовать камеру СОД в качестве камеры приема при осуществлении реверсивного движения пробок с химическим реагентом и абсорбционной партией ДТ.

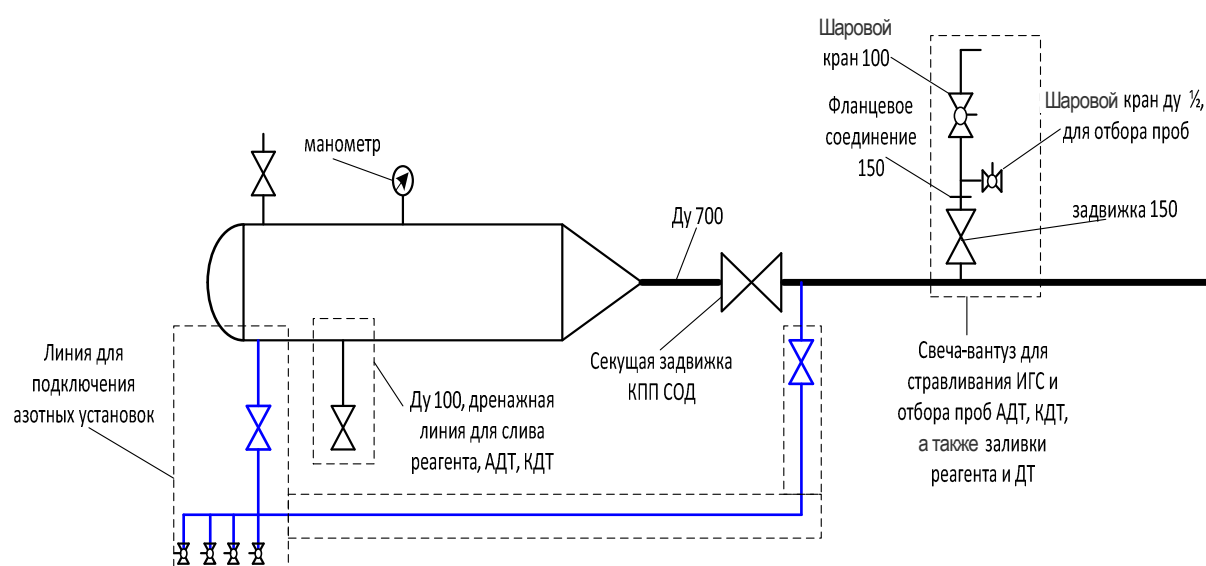


Рисунок 9. – Предлагаемая схема камер средств очистки и диагностирования

8. Утилизация принятых асфальтосмолопарафиновых отложений

Чтобы исключить возможность нанесения ущерба окружающей среде, необходимо проводить своевременную утилизацию принятых АСПО, имеющих сложный физико-химический состав. Работа по утилизации нефтешламов – необходимая мера для защиты экологии от загрязнения почвы, грунтовых вод и воздуха. Переработку и утилизацию АСПО с внутренней поверхности трубопровода следует производить эффективными и экологически безопасными технологиями с применением специализированного оборудования и безотходной технологии очистки и утилизации.

При приеме очистных устройств необходимо учитывать тот факт, что отложения могут включать в себя остатки химического реагента.

Растворитель представляет собой горючую жидкость и относится к легковоспламеняющимся жидкостям, при работе с ним должны выполняться требования пожарной безопасности. При работе с растворителем (как и с его остатками) необходимо применять средства индивидуальной защиты. Для защиты рук применяют перчатки по ГОСТ 12.4.010, для защиты ног – обувь по ГОСТ 12.4.137, защитные костюмы, для защиты органов дыхания – респираторы РПГ-67 с патроном марки А.

К работе с растворителями допускаются: лица, обученные в соответствии с ГОСТ 12.0.004, РД 03-19-2007, РД 03-20-2007 безопасным методам выполнения работ и оказанию первой помощи пострадавшим на производстве; прошедшие инструктаж по охране труда и пожарной безопасности; обученные пожарно-техническому минимуму; прошедшие стажировку на рабочем месте, проверку знаний требований охраны труда, промышленной и пожарной безопасности.

Заключение. Все вышеизложенные предложения по организации работ при проведении очистки от остатков нефти и асфальтосмолопарафиновых отложений с внутренней поверхности магистральных

нефтепроводов направлены на увеличение качества очистки, экономической эффективности и снижение времени технологических операций и могут быть использованы при разработке нормативно-технической документации данного вида работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трубопроводный транспорт нефти и газа / Р.А. Алиев [и др.]. – М. : Недра, 1972.
2. Использование внутритрубных снарядов на трубопроводах // Трубопроводный транспорт нефти. – 1996. – № 12. – С. 14–18.
3. Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава : ГОСТ 2177-99 / Гос. ком. Рос. Федерации по стандартизации, метрологии. – Введ. 01.01.2001.
4. Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб: межгосударственный стандарт : ГОСТ 2517-2012. – М. : Стандартинформ, 2014.
5. Регламент очистки магистральных нефтепроводов от асфальтосмолопарафиновых веществ (АСПВ) : ОР-75.180.00-КТН-018-10 (отраслевой регламент ОАО «Транснефть»).
6. Освобождение нефтепроводов от нефти при выводе из эксплуатации для последующей консервации, перевода в безопасное состояние, демонтажа : РД-75.180.00-КТН-060-13.
7. Правила безопасности при эксплуатации магистральных нефтепроводов : РД-13.110.00-КТН-319-09.
8. Правила пожарной безопасности на объектах организаций системы «Транснефть» : РД-13.220.00-КТН-211-12.

Поступила 04.02.2016

STANDARD TECHNICAL BASE WHILE CONDUCTING REFINING WORKS OF MAIN PIPELINES FROM OIL LEFTOVERS

L. SPIRIDENOK, V. KAZMIRKIVSKI

The given article represents an analysis of methods and suggestions for organizing works and technologies of refining the inner surface of main pipelines from oil leftovers and asphaltene precipitates. The abundance criteria of the working technologies are developed; the generalization of requirements to the work organizing of refining the inner surface of main pipelines from oil leftovers and asphaltene precipitates is held. As a result of the analysis, recommendations for work organizing are given. Here come the main aspects of problems and variants of solutions are put forward. In the article, one may find the topicality of the problem. The article proposed measures to improve the treatment technologies which are aimed at increasing of treatment quality, economic efficiency and reducing of time of technological operations. Keywords: trunk pipeline, oil pipelines cleaning from oil residues and deposits the solutions to the problem.

Keywords: *trunk pipeline, oil pipelines cleaning from oil residues and deposits the solutions to the problem.*