

МЕХАНИЗМ ОЧИСТКИ РЕЗЕРВУАРОВ КРИОГЕННЫМ БЛАСТИНГОМ С УЧЕТОМ УДАЛЕНИЯ КАПЕЛЯРНО-КОНДЕНСИРОВАННЫХ ОСТАТКОВ УГЛЕВОДОРОДОВ

Васильцов А.С.

Научный руководитель – к.т.н., профессор, Подвезенный В.Н.

Сибирский федеральный университет

Проблема очистки резервуаров, емкостей хранения и транспортирования нефтепродуктов, возникла в период после бурного развития нефтедобычи и массового строительства мощностей по хранению. В России, где нефтедобыча и переработка ведется достаточно давно и сформирована инфраструктура транспортных мощностей и разветвленная сеть хранилищ нефтепродуктов, проблема зачистки основного фонда хранения стоит достаточно актуально.

Загрязнения резервуаров, предназначенных для хранения нефти и нефтепродуктов, характеризуются большим содержанием асфальто-смолистых веществ, карбенов и карбоидов представляющих собой твердые эмульгаторы, что создает значительные трудности при их очистке.

Большое влияние на состав нефтеостатков оказывают смешение различных сортов нефтепродуктов, многократные подогревы и длительные сроки эксплуатации резервуаров без периодических очисток, т. е. происходит агдезирование механических примесей, продуктов разложения топлив и коррозии металлов на поверхности конструкционных материалов.

Также при анализе загрязнений очень важно учитывать капелярно-конденсированные углеводороды. Поскольку поверхностный слой конструкционного материала не является однородным и имеет дефекты, которые схематически рассматриваются как трещины, щели клиновидного сечения (поры), неравномерно распространенные по его поверхности и глубине, то загрязнению подвергается не только наружная часть поверхностного слоя металла, но и его внутренняя.

Авторами установлено, что практически не изучен вопрос извлечения капелярно-конденсированного остатка нефтепродуктов из пор металлических стенок резервуаров. Наличие этого вида остатков нефтепродуктов не принимается во внимание, поэтому капелярно-конденсированный остаток не удаляется. Практика показывает, что диффундируя из пор металла в полость резервуара он повторно загрязняет поверхность и создает концентрацию нефтепродукта выше ПДК, препятствуя дальнейшим работам внутри резервуара, емкости.

В нашей работе мы предлагаем учитывать глубинные загрязнения конструкционных материалов, они принимаются как загрязнения устьев пор, так как здесь находится основной объем капелярно-конденсированного остатка. Углеводороды, находящиеся в капиллярных порах не оказывают значительного влияния на качество очистки поверхности.

В начальный период налива нефтепродукта в резервуар за счет процессов сорбции, вызванных контактом металла топлива, происходит загрязнение наружного слоя поверхности металла топливом – образуется поверхностное загрязнение. В дальнейшем за счет диффузионных процессов нефтепродукт проникает вглубь пор и в результате адсорбции и капиллярной конденсации заполняет их, образуя при этом глубинное загрязнение конструкционного материала.

Поверхностными и глубинными загрязнениями являются остатки нефтепродуктов, находящихся в резервуаре в различных фазовых состояниях. Суммарное количество остатков нефтепродуктов, удаляемое из резервуара (M_6) определяется уравнением:

$$M_6 = M_{AD} + M_{ПМ},$$

где:

M_{AD} – масса нефтепродукта, адсорбированного наружной поверхностью конструкционных материалов, кг;

$M_{ПМ}$ – масса нефтепродукта в устьях пор материала, кг.

Наиболее сложной стадией процесса удаления остатков нефтепродуктов из резервуара является стадия удаления глубинных загрязнений – остатков топлив, находящихся в устьях пор металла, масса которых составляет 10-14% от общей массы остатков топлив.

В диссертационной работе проводится исследование и изучение процесса удаления поверхностных загрязнений криогенным бластингом, а также предлагается механизм извлечения максимально возможного количества капелярно-конденсированного остатка из устьев пор конструкционных материалов.

Предлагаемый способ очистки резервуаров и емкостей от остатков углеводородов, удовлетворяет современным требованиям, наиболее экономически эффективный и оказывает наименьшее воздействие на окружающую среду из существующих ныне методов очистки.

Криогенный бластинг – пневмо-абразивоструйный способ обработки поверхности. Гранулы сухого льда имеют значительно более низкую температуру, чем очищаемая поверхность. Резкое снижение температуры поверхностного слоя вызывает эффект «термического удара», при котором охлажденные до хрупкого состояния загрязнения легко отслаиваются от поверхности. Чем больше температурный градиент, тем меньше адгезия между материалом поверхности и загрязнениями ввиду различия их коэффициентов линейного расширения. При этом основная масса объекта не охлаждается, и механические свойства конструкций не ухудшаются, что подтверждено экспериментально.

При соударении с поверхностью объекта к гранулам сухого льда подводится огромное количество холода. В результате теплообмена твердые частицы CO_2 мгновенно нагреваются и сублимируются, стремясь расшириться в объеме в сотни раз. Образовавшийся газ, частично проникая в пространство между загрязнениями и очищаемой поверхностью, образует так называемый «газовый клин», отламывающий под давлением частицы загрязнений от поверхности.

Для полного удаления загрязнений необходимо перманентное механическое воздействие на очищаемую поверхность. Этот процесс обеспечивается за счет кинетической энергии гранул сухого льда, вылетающих из устройства распыла со значительной скоростью.

Углекислый газ расширяется в объеме и кинетическая энергия гранул сухого льда отламывает и удаляет частицы загрязнений от поверхности (рис. 1).

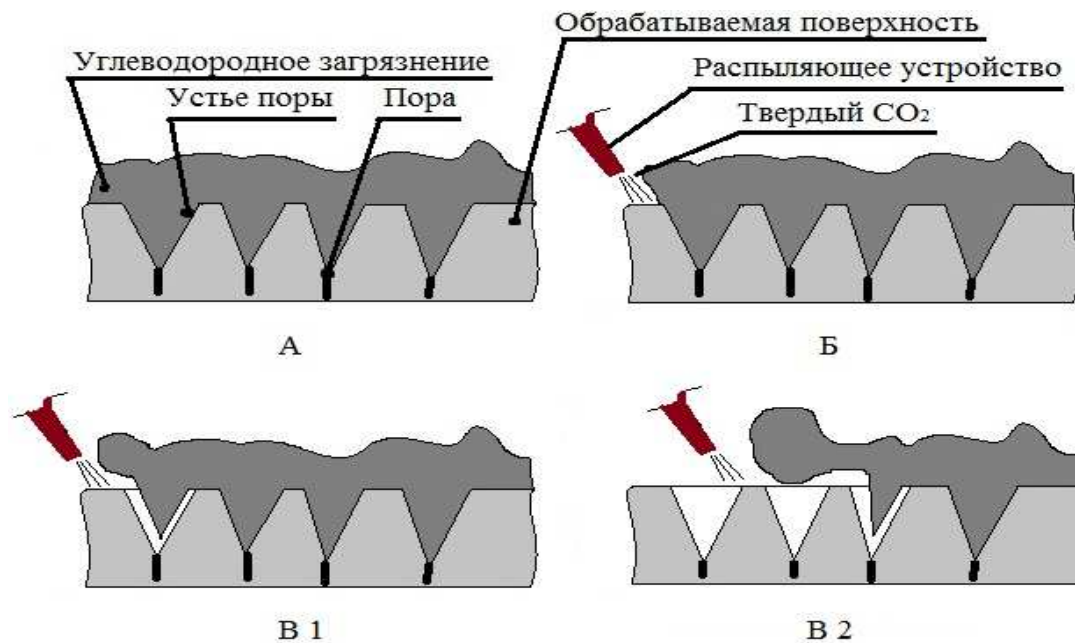


Рис. 1. Механизм удаления поверхностных и глубинных загрязнений:
 А – загрязненная углеводородами поверхность; Б – отслаивание загрязнений под влиянием ΔT ; В – удаление загрязнений в результате газодинамического воздействия (1 – начало воздействия; 2 – результат воздействия)

Таким образом, предложенный авторами механизм очистки металлических конструкций резервуаров позволяет наиболее эффективно удалять поверхностные и, что немало важно, глубинные углеводородные загрязнения. Так как при криогенном бластинге не используются токсичные и пожароопасные вещества, на окружающую среду оказывается наименьшее воздействие.