

В.П. Назаров, А.А. Куршев

(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: kirschew@yandex.ru)

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ РЕЗЕРВУАРОВ ИЗ-ПОД НЕФТЕПРОДУКТОВ

Проведён анализ пожарной опасности процесса гидравлической очистки резервуаров от остатков нефтепродуктов.

Ключевые слова: пожарная опасность, очистка, резервуар, нефть.

V.P. Nazarov, A.A. Kirshev

FIRE DANGER OF THE HYDRAULIC CLEANING OF OIL PRODUCTS TANKS

Analyzed of fire danger process of hydraulic cleaning of tanks from oil residues.

Key words: fire danger, cleaning, tank, oil.

Для обеспечения качественной работы любого предприятия **топливно-энергетического комплекса (ТЭК)** важно своевременно делать очистку топливных резервуаров от нефтесодержащих осадков, нефтяных шламов и примесей. За своевременностью такой очистки топливных резервуаров строго следят контролирующие органы. Контроль технического состояния и очистка резервуаров для хранения и транспортировки нефтепродуктов является обязательным требованием для обеспечения пожарной безопасности и надёжной эксплуатации в течение всего срока службы резервуара. От того, как тщательно произведена очистка резервуаров, зависит не только качество топлива, но и пожарная безопасность предприятия.

Очистка резервуаров от остатков нефтепродуктов проводится в соответствии с нормативными документами, регламентирующими порядок выполнения работы по очистке резервуаров с соблюдением требований охраны труда, а также экологической и пожарной безопасности.

Выявленные и устраненные дефекты во время периодического осмотра и ремонта резервуаров препятствуют потере топлива и загрязнению окружающей среды, повышают пожарную безопасность объекта. Согласно рекомендациям [1], частичное обследование резервуаров проводится не реже одного раза в 5 лет, полное – один раз в 10 лет. Для проведения полного обследования обязательно выполняется очистка резервуаров до санитарных норм.

Периодичность очистки емкостей изложена в требованиях ГОСТ 1510-84 и зависит от вида нефтепродуктов, технического состояния резервуаров, условий хранения и частоты смены сорта нефтепродуктов. Частая очистка топливных резервуаров предусмотрена для емкостей с топливом, к которому предъявляются высокие требования качества и чистоты: топливо для реактивных двигателей, авиационные и прямогонные бензины, масла и их компоненты (не менее двух раз в год). Один раз в год проводят очистку емкостей **горючесмазочных материалов (ГСМ)**. Резервуары с дизельным топливом, автомо-

бильными бензинами, парафинами очищаются один раз в два года. Очистка мазутных ёмкостей, резервуаров с моторными топливами проводится по мере необходимости для обеспечения условий надёжной эксплуатации, пожарной безопасности и потребительских свойств нефтепродуктов [2].

Способы очистки поверхностей резервуаров могут быть классифицированы следующим образом:

1. Гидравлическая очистка:

- ручная мойка водой;
- мойка горячей водой;
- химико-механизованная мойка;
- мойка *легковоспламеняющимися и горючими жидкостями (ЛВЖ и ГЖ)*.

2. Абразивная очистка:

- пневмоабразивная;
- гидропневмоабразивная;
- гидроабразивная.

Классификация способов очистки:

1. По виду средства очистки:

- вода;
- водный раствор *технических моющих средств (ТМС)*;
- нефть (мазут);
- органические ТМС;
- абразив (кварцевый песок);
- температурно-активированная вода;
- гранулированная твердая углекислота.

2. По способу подачи средств очистки:

- ручной;
- механизированный;
- роботизированный.

3. По пожарной опасности ТМС:

- негорючие ТМС (вода, водные растворы);
- горючие ТМС (мазут, ТМС на основе *дизельного топлива (ДТ)*);
- ЛВЖ;
- ГЖ;
- флегматизирующие.

Условиями обеспечения пожарной безопасности перечисленных способов очистки являются требования Федерального закона [3], в соответствии с которым пожарная безопасность объекта защиты считается обеспеченной, если:

- в полном объёме выполнены обязательные требования пожарной безопасности, установленные федеральными законами о технических регламентах;
- пожарный риск не превышает допустимых значений, установленных настоящим федеральным законом.

Перечень мер по очистке резервуаров определяется индивидуально для каждого хранящегося вещества [1]. Обязательным требованием является выполнение очистки резервуаров от нефтепродуктов в случае проведения огневых работ, при устранении механических отложений, градуировке (измерении и калибровке), полной дефектоскопии, определении коррозионного износа.

В первую очередь операцию очистки резервуаров от нефтепродуктов необходимо проводить для емкостей, требующих срочного обследования – находящихся в аварийном состоянии, изготовленных из сталей, подверженных быстрому разрушению в агрессивных средах, эксплуатирующихся более 20 лет.

Технологический процесс очистки резервуаров от остатков нефтепродуктов состоит из последовательных операций и имеет свои характерные особенности в зависимости от вида хранящегося вещества, конструкции резервуара, длительности периода эксплуатации, количества и состава отложений, а также цели проведения очистки [5, 6].

В общем случае процесс очистки резервуаров включает:

- подготовительные работы;
- удаление технологического остатка нефтепродукта;
- предварительная дегазация резервуара;
- мойка и очистка внутренних поверхностей резервуара;
- дегазация газового пространства резервуара до санитарных норм;
- удаление и обработка донных отложений;
- окончательная очистка внутренних поверхностей резервуара;
- контроль качества очистки.

Технологический остаток, находящийся на дне резервуара, не поддающийся выборке насосом, необходимо очистить вручную или с применением специальных механизмов и машин. При очистке резервуаров, в которых хранились вязкие нефтепродукты, в остатке обнаруживаются механические примеси, парафины и продукты коррозии металла. При хранении в резервуаре легких нефтепродуктов (керосин, бензин, дизтопливо) остаток состоит из ржавчины, воды и минеральных загрязнений.

Для понижения взрывоопасности проводится предварительная дегазация резервуара путем естественной или принудительной вентиляции. Мойка внутренних поверхностей емкости осуществляется моющими машинами-гидромониторами. Для подачи и откачки моющей жидкости используют насосы. Применяют также различные специальные устройства механизированной мойки. Сточные воды помещаются в отстойники, очищаются и утилизируются.

Чтобы создать оптимальные санитарно-гигиенические условия для проведения очистки резервуаров от остатков нефтепродуктов работниками внутри емкости, проводится дегазация газового пространства резервуара до санитарных норм. Затем работники выполняют очистку емкостей, удаляя с поверхностей остатки донных отложений вручную с использованием специальных приспособлений, инструментов и материалов.

При очистке резервуаров обязательным требованием является оформление наряда-допуска – письменного разрешения на проведение работ повышенной опасности. Очистка резервуаров, сбор остатков нефтепродуктов и их утилизация должна проводиться специалистами, имеющими аккредитацию в области пожарной безопасности "Системы добровольной Сертификации услуг (работ), систем менеджмента качества в области пожарной безопасности" и разрешительные документы.

Особое внимание уделяется организации работы по очистке резервуаров. Выполнять очистку резервуаров могут только специальные бригады, в состав которых входят квалифицированные и опытные работники. Проверка технического состояния, ремонт и очистка нефтяных резервуаров требует также наличия необходимых средств механизации и контроля.

Выбор способа очистки отложений зависит от их физико-химических и пожароопасных свойств. Аппараты с пылью предварительно увлажняют путём подачи водяного пара или тонкораспыленной воды, а затем производят механическую очистку.

Для очистки аппаратов с отложениями, образовавшимися при хранении или транспортировке органических жидкостей, широко используются механическая очистка, выжигание, гидравлическая (химико-механизированная) мойка струями жидкости.

При механической очистке следует применять искробезопасные инструменты и оборудование. Выжигание отложений, например, из воздухопроводов и газопроводов, производится на специальных площадках.

Пожарная опасность гидравлической мойки струями жидкости определяется возможностью образования горючей среды и наличием источников зажигания (искры, связанные с работой моечного оборудования, и разряды статического электричества).

Меры пожарной профилактики разрабатываются исходя из вида моющей жидкости, способа её подачи (свободная или затопленная струя), пожарной опасности отложений и наличия паров в газовом пространстве аппаратов:

- при использовании в качестве моющих средств негорючих жидкостей (воды, водных растворов технических моющих средств) требуется проводить предварительную дегазацию (снижение концентрации паров углеводородов) путем сорбции, вентиляции, пропарки или последовательно осуществляя перечисленные операции. Учитывая требования экологии, целесообразно улавливать выбрасываемые пары (газы) или производить мойку с солюбилизующими присадками;

- при использовании органических жидкостей или моющих средств, приготовленных на их основе, проводится предварительная флегматизация природным (нефтяным) газом или парами ЛВЖ, инертными газами, водяным паром и т.п. Например, при мойке резервуаров свободными струями нефти целесообразно поддерживать в газовом пространстве концентрацию нефтяных паров выше значения верхнего концентрационного предела распространения пламени.

При отсутствии технической возможности дегазации или флегматизации осуществляются следующие меры по снижению электростатической опасности:

- использование для мойки затопленных струй;
- циклическая подача моющих струй;
- применение антистатических присадок;
- уменьшение разбрызгивания жидкости;
- контроль параметров электростатического поля;
- ограничение мощности и количества моечных машин;
- в технологических аппаратах с наличием пирофорных соединений их предварительно нейтрализуют путем подачи смеси водяного пара и воздуха, смачивают водой или водным раствором дезактиватора.

Общей предварительной стадией перед очисткой аппаратов является выполнение следующих технологических операций [6]:

- стравливание избытка газа, пара (для аппаратов, работающих под избыточным давлением);
- слив жидкости (для аппаратов с жидкой фазой);
- отсоединение аппаратов от производственных коммуникаций.

Стравливание избытка газа (пара) связано с образованием наружных взрывоопасных зон, а слив жидкости приводит к поступлению в аппарат окислителя – кислорода воздуха и к образованию горючей среды внутри аппарата.

Слив жидкости осуществляется через прямо-раздаточное устройство или специальные технологические трубопроводы.

Если невозможно удалить всю жидкость, то есть имеется так называемый "мёртвый остаток", осуществляют дополнительные технологические операции по его сливу с помощью передвижных насосных агрегатов или эжекторов через люк-лазы в специальные емкости или через прямо-раздаточные устройства, обеспечив при этом подъем горючей водонерастворимой жидкости на слое воды в отстойник.

Мерами пожарной профилактики при опорожнении аппаратов являются:

- стравливание избытка газа (пара) в газгольдеры через газоотводные трубы в атмосферу при создании безопасных условий рассеивания паров или абсорберы (адсорберы);
- флегматизация газового пространства во время слива жидкой фазы;
- опорожнение аппаратов при электростатически-безопасных скоростях;
- использование негорючих жидкостей (газов) при выдавливании горючих веществ из аппаратов (из теплообменников, трубчатых печей и т.п.);
- предотвращение сброса остатков горючих жидкостей в канализацию.

Отсоединение технологического аппарата от производственных коммуникаций производится в целях предотвращения попадания в него пожароопасных веществ. Отключение осуществляется путём перекрытия задвижек. Однако это не гарантирует полной герметичности из-за износа клапанов и сидел у задвижек. В связи с этим производят герметизацию аппаратов, что предусматривает установку заглушек с хвостовиком.

Толщина заглушек определяется по формуле:

$$S = 0,55D \sqrt{\frac{P}{[\sigma]}} , \quad (1)$$

где S – толщина заглушки, m ;

D – диаметр заглушки, m ;

P – максимальное давление в трубопроводе, $MПа$;

$[\sigma]$ – допустимое напряжение на изгиб, $MПа$.

Герметизация аппаратов может производиться следующим образом (рис. 1):

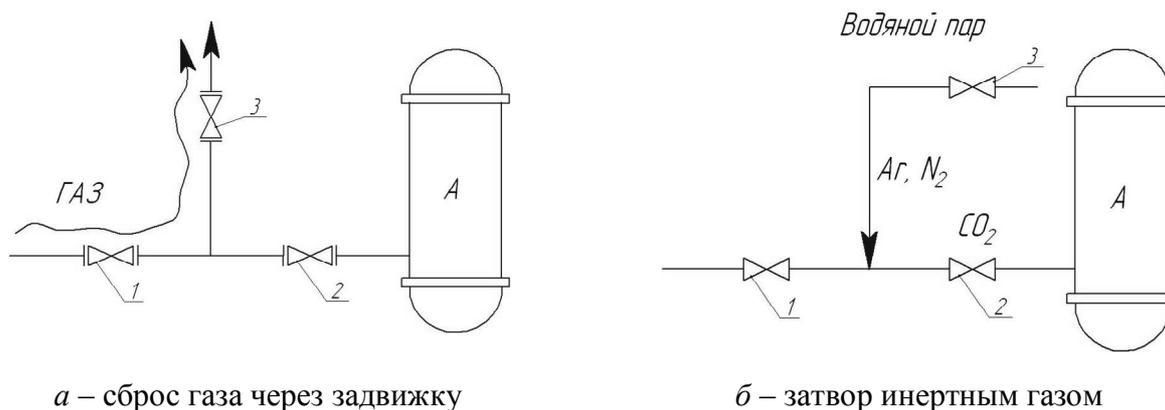


Рис. 1. Схемы герметизации аппаратов

По схеме "а" газ (пар) удаляется при открытой задвижке 3 и закрытой 2 по пути наименьшего сопротивления. По схеме б при закрытых задвижках 1 и 2 подается инертный газ под давлением, что препятствует проникновению паров в аппарат.

Вентиляция воздухом при температуре окружающей среды способна удалить только летучие нефтепродукты с температурой кипения примерно не выше 300 °С. Для удаления более тяжёлых углеводородов применяют пропарку или промывку водой и моющими растворами. В отличие от вентиляции, пропарка является более сложным тепловым процессом, предназначенным для нагрева резервуара до температуры, при которой начинают размягчаться, плавиться и испаряться тяжелые остатки [4]. Температуру пропарки принимают обычно 80-90 °С. Расход и параметры пара, необходимые для поддержания такой температуры в газовом пространстве резервуара, можно рассчитать, исходя из уравнения теплового баланса.

В общем случае тепло, подводимое паром, расходуется на нагрев остаточной жидкости до температуры пропарки и испарения, нагрев паровоздушного пространства и стенок резервуара, потери тепла через стенки, днище и крышу. Если не учитывать предварительный нагрев остатков жидкости, газового пространства, стенок, крыши и днища резервуара, а режим пропарки принять

стационарным, то уравнение теплового баланса для единицы времени имеет вид:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5, \quad (2)$$

где Q_1 – теплосодержание пара, *Дж*;

Q_2 – теплота, необходимая для испарения жидкости, *Дж*;

Q_3 , Q_4 и Q_5 – теплопотери соответственно через стенки, кровлю и днище, *Дж*.

Раскрыв значения составляющих, получим:

$$G_B r_B = G_H r_H + \alpha_c F_c (T - T_0) + \alpha_k F_k (T - T_0) + \alpha_d F_d (T - T_0), \quad (3)$$

где α_c , α_k и α_d – коэффициенты теплоотдачи через стенку, крышу и днище, *Вт/(м²·°К)*;

F_c , F_k и F_d – площадь стенок, крыши и днища, *м²*;

T – средняя температура среды в резервуаре, *°К*;

T_0 – температура наружного воздуха, *°К*;

G_H – масса испаряющегося нефтепродукта, *кг/ч*;

r_H – теплота парообразования нефтепродукта, *кДж/кг*;

G_B – расход водяного пара, *кг/ч*;

r_B – теплота парообразования воды, *кДж/кг*.

Отсюда температура пропарки:

$$T = \frac{G_B r_B - G_H r_H}{\alpha_c F_c + \alpha_k F_k + \alpha_d F_d} + T_0. \quad (4)$$

Коэффициент теплопередачи определяется по формуле:

$$\alpha = \frac{1}{1/\alpha_1 + \delta/\lambda + 1/\alpha_2}, \quad (5)$$

где α_1 и α_2 – коэффициенты теплоотдачи с внутренней и наружной стороны, *Вт/(м²·°К)*;

δ – толщина корпуса, *м*;

λ – коэффициент теплопроводности металла, *Вт/(м·°К)*.

Методика расчёта [4] состоит в том, чтобы, предварительно задавая диаметр паропровода и параметры пара, найти температуру пропарки или, наоборот, задавая температуру пропарки (80 °С), найти расход и параметры пара, необходимые для поддержания этой температуры.

В табл. 1 приведены результаты расчёта температуры пропарки при следующих исходных данных: $\alpha_1 = 4000$ *Вт/(м²·°К)*; $\alpha_2 = 12$ *Вт/(м²·°К)*; $\lambda = 57$ *Вт/(м·°К)*; $r_B = 2200$ *кДж/кг*; $G_H = 1000$ *кг/ч*; $r_H = 290$ *кДж/кг*; расход пара 300 *кг/ч* и при диаметре паропровода 50 *мм* и 800 *кг/ч* и при диаметре паропровода 80 *мм*.

Таблица 1

| Объём резервуара, м ³ | Расход пара, кг/ч | Температура пропарки, °С |
|----------------------------------|-------------------|--------------------------|
| 400 | 300 | 100-110 |
| 2000 | 300 | 50-60 |
| 2000 | 800 | 100-110 |
| 3000 | 800 | 70-80 |
| 5000 | 800 | 50-60 |

Таким образом, характеристики системы пароснабжения существенно влияют на режим и эффективность пропарки. Для резервуара объёмом 2000 м³ и более необходимая температура пропарки при диаметре паропровода 50 мм и расходе пара 300 кг/ч не обеспечивается. Пропарку резервуара объёмом 5000 м³ необходимо осуществлять по паропроводу диаметром более 80 мм и с большим расходом пара. Этот пример наглядно указывает на наиболее вероятную причину наблюдаемых на практике случаев неэффективной и длительной пропарки без достижения желаемого результата, а также объясняет неоднократные случаи загораний после начала огневых работ в пропаренном резервуаре из-под нефти и других тяжелых нефтепродуктов.

Отечественный и зарубежный опыт в технологии и технике очистки резервуаров от тяжёлых остатков нефти и нефтепродуктов водой и водными моющими растворами освещён в работах П.И. Кочкина и М.П. Нестеровой. Промышленностью выпускается значительное число нетоксичных и пожаровзрывобезопасных технических моющих средств для химико-механизованного способа очистки с применением моющих машин.

Пожаровзрывобезопасность процесса промывки определяет не только моющий состав нефтепродуктов, но и их остатки, переходящие в процессе промывки в более активное состояние, изменяющие свойства моющего состава и повышающие его пожарную опасность, испаряющиеся и создающие в резервуаре горючие паровоздушные смеси. Кроме того, процессы механизированной очистки с применением моющих средств независимо от их горючести могут создавать источники зажигания.

При промывке резервуаров и танкеров водяными струями высокого давления, особенно при ударе о твердые поверхности и при разбрызгивании водяных струй, возможно образование опасно-высоких зарядов статического электричества, на что было указано при расследовании ряда взрывов на танкерах и затем подтверждено специальными экспериментами. На основании этих исследований рекомендуется при мойке танкеров не применять воду повторно, так как она после мойки становится эмульгированной, а при использовании химических средств избегать применения стационарных установок для подачи мощных водяных струй высокого давления.

Литература

1. **Правила** технической эксплуатации резервуаров. М.: ОАО "НК "Роснефть", 2004.
2. **ГОСТ** 1510-84. Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.
3. **Федеральный** закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
4. **Волков О.М.** Пожарная безопасность резервуаров с нефтепродуктами. М.: "Недра", 1984.
5. **Назаров В.П.** Обеспечение пожаровзрывобезопасности при ликвидации аварий и ЧС на объектах транспорта и хранения нефти и нефтепродуктов // Материалы XXI международной научно-практической конференции "Актуальные проблемы пожарной безопасности". Ч. 1. М.: ВНИИПО МЧС России, 2009. С. 166-169.
6. **Назаров В.П.** Обеспечение пожарной безопасности огневых ремонтных работ на технологическом оборудовании (лекция). М.: ВИПТШ МВД России, 1992.

Статья опубликована 3 июля 2012 г.