

---

---

# ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

---

---

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ НЕФТИ К ПЕРЕРАБОТКЕ

**Г.В. Бушнев, кандидат технических наук, доцент;**

**Е.Н. Кравцов.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрена характеристика эмульсионной нефти на нефтепромыслах. Даны понятия способов разделения эмульсий путём отстаивания, термической и термохимической очистки, а также электрообессоливания и электрообезвоживания на установках ЭЛОУ. Проанализирована пожарная опасность на этих установках.

*Ключевые слова:* нефтяная эмульсия, электрообессоливающая установка (ЭЛОУ), горючая среда, источник зажигания, пути распространения пожара

Нефтеперерабатывающая промышленность является одной из ведущих и высокоразвитых отраслей тяжелой индустрии нашей страны. На сегодняшний день нефть — это наиболее ценный вид сырья, из которого получают практически все виды моторных топлив, смазочных масел, а также значительное количество химических веществ и материалов. В связи с тем, что потребность в высококачественных нефтепродуктах очень велика, развитию нефтеперерабатывающей отрасли промышленности в России уделяется большое внимание [1].

Нефть, добытая на нефтепромыслах, содержит значительное количество механических примесей, воды и неорганических солей. При транспортировании загрязненной нефти засоряются коммуникации технологических линий, оборудование. Соли и пески вызывают сильную эрозию металлических поверхностей. Наряду с этим хлористые соли вызывают коррозию металла, преждевременный износ и разрушение технологического оборудования. Загрязненная нефть считается эмульсионной. Нефтяная эмульсия представляет собой дисперсную систему, состоящую из двух взаимно нерастворимых жидкостей. При этом внешней дисперсионной средой является нефть, а внутренней дисперсной фазой капельки воды, крупинки глины, соль, песок и другие механические примеси. Эмульсии могут быть сильно- и слабоконцентрированными, что определяется количественным содержанием одной фазы в другой. Слабоконцентрированные (сильно разбавленные) эмульсии характеризуются малым количеством весьма мелких глобул (диаметром 1 мк) диспергированной фазы в большом объеме дисперсионной среды. Такая глобула при малых ее размерах под действием межмолекулярных сил и поверхностного натяжения обычно приобретает сферическую форму, близкую к форме шара. Эту форму может исказить лишь сила тяжести или сила электрического поля.

Разделение эмульсии с целью удаления из нефти воды, соли и грязи может осуществляться несколькими способами. Основными из них являются отстаивание, термическая или термохимическая очистка, а также электрообессоливание и электрообезвоживание [2].

*Процесс отстоя* применяют для очистки нефти от воды и растворимых в воде солей, когда на очистку подают неустойчивую эмульсию. В этой эмульсии вода находится в виде макрокапель, равномерно распределенных в нефти.

Процессы химической и термохимической очистки сырой нефти, осуществляемые на установках ТХУ, применяются для выделения из нефти водонерастворимых солей.

Процессы электрообессоливания и электрообезвоживания являются на сегодняшний день наиболее эффективными способами очистки нефтей.

Электрообессоливание и обезвоживание нефтей осуществляется на установках ЭЛОУ (рис. 1).

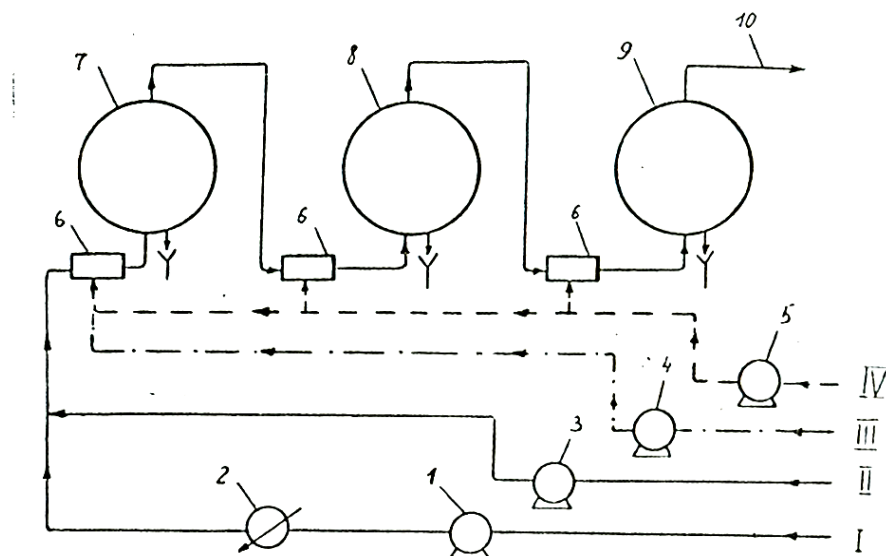


Рис. 1. Принципиальная схема ЭЛОУ:

1, 3, 4, 5 – насосы; 2 – теплообменник; 6 – смесители; 7 – термохимический отстойник; 8, 9 – электродегидраторы; 10 – линия подачи очищенной нефти на установку первичной переработки. I – сырая нефть; II – деэмульгатор; III – горячая вода; IV – раствор щелочи

Эмульсионная нефть сырьевыми насосами 1 изначально подается в кожухотрубчатый теплообменник 2, где подогревается до температуры 90–110 °С с целью снижения вязкости. Чтобы ускорить процесс расслоения нефтяной эмульсии, в нее добавляют деэмульгаторы, которые, снижая поверхностное натяжение водяных капель, способствуют их свободному слиянию, укрупнению при соударении друг с другом. Наряду с этим сырую нефть предварительно смешивают с горячей водой (в объеме до 15 %), которая постепенно растворяет в себе соли, содержащиеся в нефти. Для превращения водонерастворимых солей в растворимые в нефтяную эмульсию добавляют раствор щелочи. Подача горячей воды и щелочи производится соответственно насосами 4 и 5, а их смешивание с нефтью осуществляется в смесителях 6.

Нефтяная эмульсия с добавками деэмульгатора, горячей воды и щелочи подается в термохимический отстойник 7. В этом аппарате производится частичное отстаивание воды и механических примесей, а также растворение солей. Предварительно очищенная нефтяная эмульсия выводится из верхней части отстойника и проходит последовательно электродегидраторы 8 и 9.

Электродегидраторы являются основными аппаратами электрообессоливающих и обезвоживающих установок. По конструкции они могут быть горизонтальными, вертикальными и шаровыми. Наибольшее распространение для очистки эмульсионной нефти получили шаровые электродегидраторы. Шаровой электродегидратор (рис. 2) представляет собой стальную сферическую емкость диаметром около 10 м, установленную посредством металлических опор на бетонный фундамент. Внутри ёмкости на специальных изоляторах 5 подвешены три пары горизонтальных электродов 2 диаметром 2–3 м. Электроды представляют собой наборы концентрических колец из полосового алюминия.

Расстояние между парными электродами 15–17 см. Электроды питаются током высокого напряжения от трансформаторов 3, расположенных на верхней площадке аппаратов.

Ток от трансформаторов к электродам подаётся через корпус аппарата посредством проходных изоляторов (бушингов) 4. Давление в аппарате 0,5–0,7 МПа, температура 110–115 °С.

Принцип работы электродегидратора заключается в воздействии на стойкую водно-нефтяную эмульсию поля переменного электрического тока высокого напряжения (до 40 000 В). Эмульсионную нефть вводят в электродегидратор снизу по трём трубам, снабжённым на концах распылительными головками 6. Щели каждой головки, откуда выходит нефть, располагаются посередине между парой электродов. Под действием электрического поля глобулы эмульсии приобретают электрический заряд и стремятся расположиться вдоль силовых линий поля. Это обусловлено сравнительно высокой электрической проводимостью воды по отношению к нефти. Элементарные глобулы образуют между электродами водяные нити-цепочки, что вызывает увеличение проводимости эмульсии и увеличение протекающего через нее тока. Между цепочками глобул возникают свои электрические поля, ведущие к пробою, разрыву оболочек и слиянию глобул в капли [2].

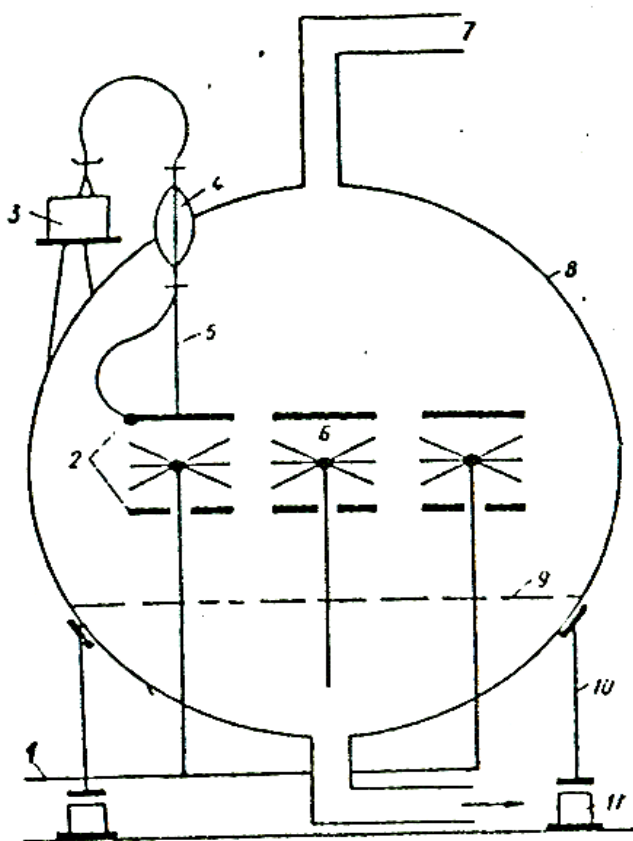


Рис. 2. Шаровой электродегидратор:

1 – линия подачи эмульсионной нефти; 2 – электроды; 3 – трансформатор; 4 – проходной изолятор; 5 – изолятор; 6 – распылительная головка; 7 – линия подачи очищенной нефти на установку первичной переработки; 8 – корпус электродегидратора; 9 – уровень раздела фаз; 10 – опора; 11 – фундамент

При помещении эмульсии в электрическое поле, созданное переменным током, скорость слияния глобул и расслоения эмульсии в пять с лишним раз больше, чем в поле постоянного тока. Это объясняется большей вероятностью столкновения глобул. Кроме того, при этом разрыв оболочек адсорбированного на глобулах эмульгатора облегчается возникающим в них натяжением и перенапряжением.

Обессоленная и обезвоженная нефть отводится из верхней части электродегидратора по трубопроводу 7 и далее подается на сырьевые насосы установок первичной переработки нефти. Отстоявшаяся в электродегидраторе солёная вода отводится из нижней его части и сбрасывается в промышленную канализацию или подается в отстойники.

Наряду с тем, что процессы электрообессоливания и электрообезвоживания являются наиболее эффективными способами очистки сырой нефти, они обладают повышенной пожарной опасностью. Пожарная опасность ЭЛОУ характеризуется:

- наличием большого количества нефти, обрабатываемой в технологическом оборудовании;
- возможностью образования горючей среды внутри технологического оборудования и системах промышленной канализации;
- возможностью повреждения корпуса термохимического отстойника и электродегидратора из-за образования повышенного давления, коррозии и температурных воздействий;
- высокой вероятностью возникновения источников зажигания;
- возможностью быстрого распространения пожара.

*Горючая среда* внутри технологического оборудования при нормальном режиме работы образоваться не может, так как отсутствует паровоздушный объем и, кроме того, рабочая температура превышает значение верхнего температурного предела воспламенения, то есть  $T_p > T_{ВПВ}$ .

Опасность образования горючей концентрации появляется внутри аппаратов в периоды пуска и остановки. В период пуска основной причиной образования горючей среды является контакт горючих паров с кислородом воздуха, находящегося в объеме аппаратов. Причинами образования горючей среды при остановке технологического оборудования являются:

- снижение температурного режима в аппаратах. При этом температура, снижаясь, достигнет значения  $T_{ВПВ}$  и войдет в температурную область воспламенения;
- поступление наружного воздуха через открытые люки;
- неполное удаление из аппаратов горючих веществ;
- негерметичное отключение аппаратов от трубопроводов с горючими веществами.

При этом горючие вещества через неплотности будут попадать в аппарат и образовывать в смеси с воздухом горючую смесь.

Следует отметить, что наибольшую пожарную опасность при эксплуатации ЭЛОУ представляют повреждения технологического оборудования. Поскольку рабочая температура  $T_p$  нефти в аппаратах значительно превышает температуру вспышки  $T_{ВПВ}$ , то при выходе ее наружу образование горючих концентраций на технологической площадке становится неизбежным. Основными причинами повреждений технологического оборудования ЭЛОУ являются образование повышенного давления, воздействие высокой температуры, а также коррозионный и эрозионный износ.

В процессе эксплуатации ЭЛОУ утечки нефти могут также происходить через неплотности в местах фланцевых соединений трубопроводов между собой, трубопроводов с аппаратами, а также в местах установки запорной арматуры. Даже при небольших утечках нефти с течением времени на технологической площадке могут образовываться локальные зоны горючих концентраций [3, 4].

*Источниками зажигания*, специфичными для ЭЛОУ, являются:

- искры и электрические дуги, возникающие при пробое изоляторов, коротких замыканиях, перегреве трансформаторов;
- искровые разряды статического электричества;
- теплота самовозгорания сернистых соединений железа;
- высоконагретые поверхности соседних технологических установок или аппаратов;
- пламя факельных установок, предназначенных для сжигания газовых выбросов;
- искровые разряды молнии;
- искры при работе стальным инструментом;
- искры и открытое пламя при проведении огневых работ.

*Распространение пожара* на участке ЭЛОУ возможно по паровоздушному облаку, по поверхности разлившейся нефти, по пропитанной нефтью теплоизоляции, а также

по системам промышленной канализации и технологическим коммуникациям, работающим неполным сечением.

*Предупреждение образования горючей среды* внутри аппаратов ЭЛОУ и на технологической площадке должно обеспечиваться путем правильного проектирования установки, а также выполнения ряда мероприятий в процессе эксплуатации.

При проектировании ЭЛОУ должны быть учтены следующие особенности:

1. Все основное оборудование ЭЛОУ (теплообменники, термохимические отстойники, электродегидраторы) должны располагаться преимущественно вне производственных зданий, то есть на открытой технологической площадке.

2. Установка должна быть обеспечена системами автоматического контроля за основными режимными параметрами и системами автоматического регулирования

3. Для предупреждения повышения давления при образовании отложений или неполном открытии задвижек на трубопроводах целесообразно вместо насосов объемного действия использовать центробежные насосы, которые способны работать «на себя».

4. Электродегидраторы и термохимические отстойники необходимо оборудовать предохранительными клапанами. В случае повышения давления в аппаратах сверх допустимых значений часть нефти будет отводиться через предохранительный клапан в аварийную емкость.

5. Для предупреждения образования температурных напряжений в стенках аппаратов и трубопроводов из-за значительного перепада температур на внутренней и внешней поверхности необходимо снаружи покрывать их негорючей теплоизоляцией.

6. При использовании для нагрева нефти кожухотрубчатых теплообменников длиной более 2 м их необходимо оборудовать температурными компенсаторами, обеспечивающими независимые температурные деформации между корпусом аппаратов и теплообменными трубками.

7. Для предупреждения коррозионного и эрозийного износа технологического оборудования под воздействием эмульсионной нефти необходимо аппараты и трубопроводы изготавливать преимущественно из легированных сталей и производить химико-термическую обработку материалов для уменьшения шероховатости поверхности. Корпуса аппаратов изнутри и снаружи, а трубопроводы только снаружи необходимо защищать от агрессивного воздействия окружающей среды изолирующими покрытиями (лаками, красками, эмалями и т.п.). Для предотвращения повреждения технологического оборудования толщину стенок аппаратов и трубопроводов необходимо подбирать с учетом поправки на коррозионный и эрозийный износ. Наряду с вышеперечисленными способами защиты от коррозии рекомендуется предусматривать катодную и протекторную защиту металлов.

*Предупреждение возникновения источников зажигания* является основным направлением защиты при эксплуатации ЭЛОУ, иногда полностью определяющим предотвращение пожаров и взрывов на установке. Поскольку ЭЛОУ имеет достаточно разветвленную сеть кабелей и электрооборудования, работающего под высоким напряжением, то основное внимание должно быть уделено правильному его выбору и обслуживанию в процессе эксплуатации.

Выбор электрооборудования должен производиться в соответствии с требованиями Правил устройства электроустановок. Поскольку на установку подается напряжение, превышающее 1000 В, то для включения и выключения электрического тока должны применяться только масляные выключатели. Трансформаторы необходимо устанавливать таким образом, чтобы были обеспечены удобные и безопасные условия для наблюдения за уровнем масла в маслоуказателях без снятия напряжения. Для наблюдения за уровнем масла в маслоуказателях должно быть обеспечено освещение последних в темное время суток.

Чтобы не допустить пробоя проходных изоляторов электродегидраторы необходимо оборудовать системой автоматического регулирования напряжения, подаваемого на электроды.

Одним из основных защитных мероприятий, исключающих накопление высоких потенциалов статического электричества и возникновение искровых разрядов, является заземление всего технологического оборудования.

При остановке аппаратов для осмотра или ремонта могут возникать ситуации, связанные с самовозгоранием пирофорных отложений (в основном, сульфидов железа). Это обусловлено тем, что аппараты в такие периоды освобождаются от продуктов и через смотровые люки в них поступает воздух. При этом пирофоры взаимодействуют с кислородом воздуха и окисляются с выделением значительного количества теплоты. Это в свою очередь и приводит к их самовозгоранию.

Для предупреждения опасного проявления открытого пламени факельной системы необходимо предусматривать рациональное размещение факельных труб в зависимости от рельефа местности (предпочтительнее на вышележащих участках территории предприятия) и направления господствующих ветров (с учетом возможного разлета искр и максимального отклонения факела пламени). Высоту факельных труб необходимо определять расчетом с учетом теплового излучения.

Защиту от прямых ударов молнии и ее вторичных проявлений необходимо производить в соответствии с Инструкцией по устройству молниезащиты зданий и сооружений. Зона защиты zaproektirovannykh молниеотводов должна обеспечить надежную защиту ЭЛОУ от прямых ударов молнии. Для защиты от вторичных проявлений молнии металлические корпуса аппаратов должны быть присоединены к заземляющему устройству электрооборудования или к заземлителю защиты от прямых ударов молнии.

*Предупреждение распространения пожара* на участке ЭЛОУ может быть достигнуто выполнением следующих мероприятий и технических решений. Площадка под оборудование ЭЛОУ должна иметь твердое покрытие и уклон для смывания водой разлившегося продукта. Для ограничения растекания нефти необходимо по периметру площадки предусматривать сплошной бортик высотой не менее 0,15 м, который размещают на расстоянии не менее 1 м от аппаратов. На площадке должны быть предусмотрены стоки в лотки, желоба или канавы с выводом в промышленную канализацию через гидрозатворы. За пределами бортиков должны быть установлены приспособления для смыва веществ при разливе.

Термохимические отстойники и электродегидраторы должны быть оборудованы системой аварийного слива [2].

Для предупреждения растекания масла под трансформаторами необходимо устраивать специальные поддоны с отводом вытекающей жидкости в специальную сборную емкость, расположенную в безопасном месте.

В процессе осмотра или ремонта технологического оборудования необходимо заменять пропитанную горючими веществами теплоизоляцию, чтобы исключить возможность распространения по ней пожара. При эксплуатации аппаратов нельзя допускать утечек продукта и загрязнения площадки горючими веществами.

## **Литература**

1. Приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации: Указ Президента Рос. Федерации от 21 мая 2006 г. № 843. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

2. Клубань В.С., Петров А.П., Рябиков В.С. Пожарная безопасность предприятий промышленности и агропромышленного комплекса: учеб. М.: Стройиздат, 1987. 477 с.

3. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федер. закон Рос. Федерации от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ (в ред. от 13 июля 2015 г.). Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

4. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (в ред. от 13 июля 2015 г.). Доступ из справ.-правовой системы Гарант