

УДК 614.8.002.5

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ И СРЕДСТВА СБОРА АВАРИЙНО ПРОЛИТОЙ НЕФТИ НА ПОВЕРХНОСТИ ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМОВ

Шмулевцов И.А.*

*Учреждение образования «Институт переподготовки и повышения квалификации МЧС Республики Беларусь»

В статье рассмотрены способы и средства сбора аварийно пролитой нефти на поверхности внутренних водоемов. Обращено внимание на недостаточную оснащенность подразделений МЧС Республики Беларусь средствами для сбора пролитой нефти. Предложены некоторые технические способы повышения эффективности сбора аварийно пролитой нефти на поверхности внутренних водоемов.

Аварии с проливом нефтепродуктов и последующим попаданием их на поверхность внутренних водоемов могут происходить на железнодорожном, автомобильном транспорте, технологических установках. Для нашей республики наибольшую опасность представляют чрезвычайные ситуации, связанные с разливом нефти на магистральном трубопроводном транспорте.

По территории Республики Беларусь проходят следующие магистральные нефтепроводы и нефтепродуктопроводы:

а) нефтепроводы «Дружба»:

- Россия – Украина, Словакия, Чехия, Венгрия (протяженность в пределах республики 216 км);
- Россия – Польша, Германия (протяженность 635 км);
- Россия – Вентспилс (протяженность 496 км, 196 км);
- Россия – Мяжейкай (протяженность 496 км, 196 км);

б) нефтепродуктопроводы:

- Россия – Литва, Латвия (протяженность около 450 км);
- Новополоцк – Фаниполь (протяженность около 230 км);
- Россия – Украина, Словакия, Чехия, Венгрия (протяженность около 230 км).

Анализ приведенных данных показывает, что на территорию республики приходится около 100 мест пересечения магистральными нефтепроводами рек и водоемов, причем 20% из них находятся на расстоянии до 50 км от границы, в том числе половина – в непосредственной близости (20 и менее км).

Приняв во внимание параметры трубопроводов и расстояния между устройствами отсечки, можно оценить максимальный объем разлива нефти

при полном разрушении одного из трубопроводов. Он может достигать до 3,8 тыс. тонн нефти.

Причины возникновения аварийной ситуации можно разделить на четыре класса:

- 1) отказы оборудования;
- 2) отклонения от технологического регламента;
- 3) ошибки производственного персонала;
- 4) внешние причины (стихийные бедствия, катастрофы, диверсии и т.д.).

При попадании на водную поверхность нефть очень быстро растекается и передвигается по направлению ветра или течения. Поступление нефтепродуктов в водные объекты резко изменяет газообмен между воздушной и водной средами, количество кислорода начинает интенсивно снижаться, что приводит к ухудшению жизнедеятельности организмов, и при длительном кислородном голодании – к их гибели.

Снижается количество солнечной радиации, поступающей в толщу воды, что уменьшает синтезирующую способность фитопланктона, и также приводит к уменьшению кислорода в воде.

Часть водорастворимых компонентов сложных смесей нефтепродуктов переходит в раствор и приводит к повышению концентрации углеводородов в несколько раз превышающих ПДК.

Легкие составляющие нефтепродуктов интенсивно испаряются, усиливая загрязнение атмосферы, и как редкий, но встречающийся случай, может привести к возгоранию по всей поверхности разлива нефтепродуктов.

Часть нефтепродуктов переходит в водный объект в виде эмульсии, частицы её, фильтруясь через жабры водных жителей, осаждаются на них. Попадая на кожные покровы живых организмов, вызывают на них ожоги и резко снижают микрофлору и фауну водной среды.

При попадании нефтепродуктов в водный объект питьевого назначения приводят к необходимости увеличения затрат на очистку воды или вообще выводят данный объект из питьевого обращения.

Трубопроводы прокладываются через водные преграды путем заглубления (подводный переход) или через мостовой переход. В обоих случаях используется конструкция "труба в трубе". Наружный кожух выполняет функции защитной оболочки, а сами трубы покрыты изоляционным материалом. Для снижения последствий аварий трубопровод разделен на секции запорной аппаратурой.

Незначительные утечки устраняются обходчиками или аварийными бригадами. При более крупных авариях перекрывают секционные клапаны, останавливают насосные станции, заменяют поврежденные

участки трубы, а разлившуюся нефть собирают. Однако эти мероприятия не могут предотвратить в полном объеме разлив нефти по поверхности воды.

Операцию по ликвидации разлива нефти (ЛРН) можно условно разделить на следующие этапы:

- 1) обнаружение и оповещение о разливе нефти;
- 2) оценка обстановки и организация первоочередных действий;
- 3) локализация разлива, прекращение выброса нефти;
- 4) сбор нефти с поверхности воды и прибрежных участков;
- 5) транспортирование собранной нефти для дальнейшего использования или ее утилизации.

В настоящее время для ликвидации разлива нефти применяются механические и физико-химические методы. Для непосредственной сборки нефти используют специальные сборщики-скиммеры, которые включают узел для сбора нефти плавающего или подвешного вида, а также насос для перекачки собранной нефти в емкость. Некоторые скиммеры могут быть самоходными, иметь различные сменные узлы для сбора нефти, встроенные емкости для хранения собранной нефти и водонефтяные сепараторы для отделения воды от собираемой нефти. Различают два основных принципа, заложенные в конструкцию скиммеров.

Первый принцип – всасывание собираемой нефти насосом или струей непосредственно с поверхности воды или через какой-либо барьер. Этот тип скиммеров имеет высокую производительность, что является преимуществом при сборе значительного количества высоковязкой нефти, так как помогает избежать закупорки, забивания шлангов и труб, однако требуются большие емкости для хранения собранной нефти и отделение ее от воды, содержание которой в смеси может достигать 90%.

Второй принцип - использование эффекта налипания на синтетические тросы, ремни, диски, цилиндры и т.п. Он позволяет максимально снизить количество воды в собираемой смеси. Эти устройства хорошо работают на нефти средней вязкости.

В настоящее время в органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям Республики Беларуси практически отсутствуют специальные технические средства для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов с водной поверхности.

Например, в подразделениях Гомельского областного УМЧС (Речицкий и Светлогорский ГРОЧС) применяются автомобили АТ (157) К на шасси ЗиЛ-157, оборудованных компрессором. Автомобиль обеспечивает предотвращение растекания нефтепродуктов при помощи наполненных

сжатым воздухом рукавов напорных пожарных диаметром 77 мм до 200 метров с толщиной нефтепродуктов до 5 см.

В ПАСО «Витязь», ПАСО Гомельского и Могилевского областных управлений МЧС применяются промышленные насосы производительностью от 30 до 150 л/мин.

В РОСН МЧС имеются насос для перекачки агрессивных жидкостей (до 150 л/мин) и эксгаустер (моющий пылесос) производительность до 40 л/мин;

В ПАСО г. Бреста имеется самодельное боновое ограждение на основе напорных пожарных рукавов диаметром 51 мм длиной 160 метров.

Эти средства уступают зарубежным образцам, применяемым для этих целей, и не могут обеспечить ликвидацию аварий при транспортировке нефти.

Стоимость нефтесборщиков, выпускаемых ведущими мировыми производителями, очень высока, ее применение на внутренних водоемах Республики Беларусь невозможно, поэтому разработка в Республике Беларусь своих средств для этих целей является актуальной задачей.

Для Республики Беларусь целесообразно иметь нефтесборщики, способные перемещаться как по воде, так и по суше. Такие средства разрабатываются в мире. Так ОАО "Омский региональный центр инжиниринговой сети научно-технических нововведений России "Омск-инжиниринг" разработал и выпустил нефтесборное средство на базе плавающего транспортера ПТС-2, способное перемещаться как по воде, так и по суше. Данный нефтесборщик закачивает в емкости, находящиеся на его борту, пролитую на поверхности воды нефть. Он собирает вместе с нефтью большое количество воды, что является существенным недостатком.

Для ликвидации недостатка, связанного с закачкой большого количества воды при сборе разлитой нефти, предлагается переоборудовать и дооснастить гусеничный плавающий транспортер ПТС-М.

Для этого на гусеничном плавающем транспортере ПТС-М предлагается установить дополнительное оборудование, позволяющее направить компактно пятно нефти в выбранное место с помощью бонового ограждения и закачивать нефть в емкости, установленные на грузовой платформе транспортера, отделяя воду от нефти с помощью устройства для отделения нефти от воды (центрифуги или гидроциклона) и выбрасывая ее за борт, а отделенную от воды нефть собирать в емкости.

Выбор в качестве устройства для отделения нефти от воды центрифуги или гидроциклона требует дальнейших исследований.

Устройство для сбора нефти с поверхности воды работает следующим образом. При обнаружении пятна нефти на поверхности водо-

ема гусеничный плавающий транспортер ПТС-М, оснащенный дополнительным оборудованием, входит в водоем, один конец бонового заграждения закрепляется на берегу, устройство движется по воде в выбранном направлении и растягивает боновое заграждение таким образом, чтобы нефть локализовалась в месте, где возможно осуществить ее сбор. После чего устройство подходит к локализованному пятну нефти, опускает в удобное положение приемный лоток и включается откачивающий насос. Смесь нефти, воды и мусора проходит через решетку в приемном лотке, очищается от мусора и вместе с водой по гибкому трубопроводу поступает по нагнетательному трубопроводу в устройство для отделения нефти от воды. После отделения воды нефть по трубопроводу, поступает в соединенные между собой резервуары. Устройство подходит к месту выгрузки собранной нефти и сливает ее в автоцистерны или другие емкости.

Отделение воды от нефтепродуктов в поле центробежных сил при вращении смеси воды и нефти в аппарате основано на переносе частиц воды к периферии центробежной силой, равной разности значений центробежной силы для воды и нефти. Эта сила P , возникающая при тангенциальном впуске смеси в аппарат под некоторым давлением, может быть определена по формуле

$$P = \frac{\pi d^2}{6} (p_v - p_n) \frac{v^3}{R}, \quad (1)$$

где d – эквивалентный диаметр частиц взвеси, см;

P_B и P_H – плотность воды и нефтепродукта г/см³;

v – скорость движения смеси на входе в аппарат, см/с;

R – расстояние от центра аппарата до оси тангенциального питающего патрубка, см.

Исследования, выполненные в разное время И. В. Скирдовым, А. М. Фоминых, В. В. Найденко, В. Г. Пономаревым, показали эффективность осветления воды в проточных центрифугах и гидроциклонах. Однако высокая стоимость проточных центрифуг и сложность эксплуатации делают их неконкурентоспособными в сравнении с гидроциклонами. Вместе с тем результаты исследований Г. А. Илясова показали целесообразность и эффективность применения центрифуг с подложкой для извлечения из воды планктона.

Большой интерес для применения в устройстве для отделения нефти от воды представляет конструкция мультициклона, включающего несколько гидроциклонов, схема которых приведена на рисунке. В основу проектирования и расчета гидроциклонов принимается формула 2 для определения гидравлической крупности частиц u , на задержание которых рассчитывают аппарат:

$$u = QD^2 / 3.6(D^2 - d^2) , \quad (2)$$

где Q – гидравлическая нагрузка, приходящаяся на один ярус гидроциклона, $m^3 (m^2 \cdot ч)$;

D и d – соответственно диаметры гидроциклона и шлакозадерживающего козырька, м.

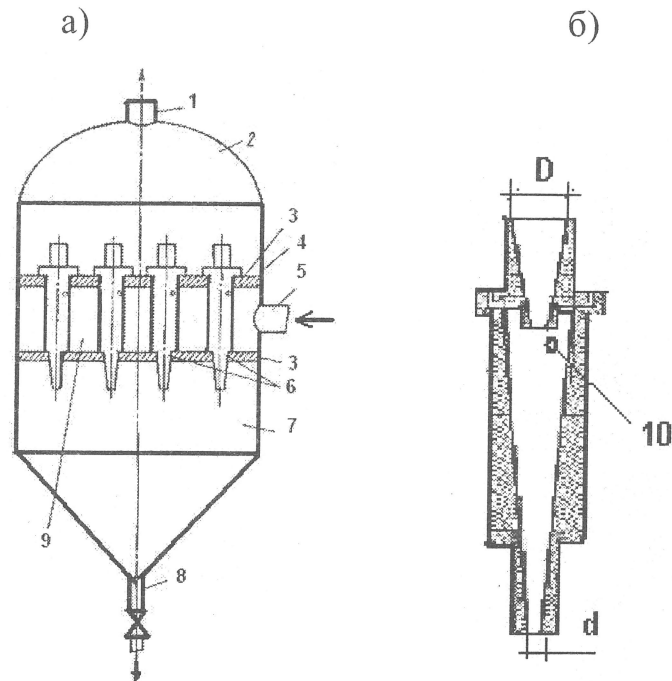


Рис. Схема мультициклона (а) и гидроциклона (б):

- 1,5 – отводящий и питательный патрубки;
- 2, 9 – камера сбора отделенного нефтепродукта и распределения исходной смеси;
- 3 – верхняя и нижняя разделительные плиты;
- 4 – корпус аппарата;
- 6 – гидроциклоны;
- 7 – камера для отделенной воды;
- 8 – сброс воды;
- 10 – входное отверстие.

Обрабатываемая смесь подводится в верхнюю часть гидроциклона тангенциально и, вращаясь, движется к сливному патрубку, расположенному в центре по оси аппарата. Центробежной силой диспергированная вода перемещается к стенкам гидроциклона и по ним опускается вниз, в конус, через насадку в нижней части которого они непрерывно удаляются в сток. Перемещение воды к стенкам аппарата происходит со скоростью, равной разности между значением скорости, возникающей в результате действия центробежных сил, и радиальной скорости движения, направленной к центру.

Подачу гидроциклона по отделенному нефтепродукту определяют по формуле:

$$q = 864\delta \times a \frac{d}{d_n} (2g\Delta H)^{0,5}, \quad (3)$$

где δ – коэффициент, учитывающий потерю части нефтепродукта с водой, равным 0,8 ...0,9 (большее значение для меньшего диаметра насадки);

a – площадь живого сечения питающего отверстия, мм;

d – диаметр сливного патрубка, см;

d_n – эквивалентный диаметр питающего отверстия (диаметр круга, равновеликого площади питающего отверстия), см;

g – ускорение свободного падения;

ΔH – потеря напора в гидроциклоне, м.

Потери напора в гидроциклоне зависят от его конструкции и подачи. С возрастанием расхода смеси воды и нефти через аппарат в нем увеличивается скорость движения нефтепродуктов, адекватно этому возрастает и эффект отделения нефтепродуктов, одновременно растут и потери напора в гидроциклоне.

К достоинствам гидроциклонов следует отнести: компактность, простоту устройства и отсутствие движущихся частей; высокую объемную производительность; большую скорость и высокую эффективность разделения суспензий; простоту обслуживания; быстроту пуска и выключения из работы.

В качестве вывода необходимо отметить:

1. Имеющиеся на оснащении подразделений МЧС Республики Беларусь средства для сбора аварийно пролитой нефти на поверхности внутренних водоемов не в полной мере удовлетворяют требова-

- ниям при ведении работ в ходе ликвидации последствий аварий во время транспортировки нефти.
2. Известные импортные средства для сбора аварийно пролитой нефти на поверхности воды имеют высокую стоимость и не могут найти применение на территории Республики Беларусь.
 3. Для подразделений МЧС Республики Беларусь целесообразно иметь самоходное средство для сбора аварийно пролитой нефти на поверхности внутренних водоемов.
 4. Предлагаемый переоборудованный и дооснащенный гусеничный плавающий транспортер ПТС-М позволит эффективно производить сбор нефти с поверхности внутренних водоемов на всей территории Республики Беларуси при аварийном ее проливе в ходе транспортировки, что повысит возможности подразделений МЧС при ликвидации аварий, связанных с транспортировкой нефти.
 5. Установка на ПТС-М в качестве устройства для отделения нефти от воды центрифуги или гидроциклона требует экспериментальной проверки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бариев Э.Р., Чрезвычайные ситуации с утечкой нефти и нефтепродуктов в Республике Беларусь в 2000-2003 годах. Тезисы докладов Белорусско-российского научно-практического семинара «Технологии ликвидации последствий аварийных разливов нефти и нефтепродуктов». Мн. 2003.
2. Исаева Л.К. «Экология пожаров, техногенных и природных катастроф» Академия Государственной противопожарной службы МВД РФ. Учебное пособие М. 2000. с.128-138.
3. Николадзе Г.И. «Технология очистки природных вод». М.: Высшая школа. 1987. – 164 с.

Поступила в редакцию 01 июня 2006 г.