

УДК 662.758.2

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ УЛАВЛИВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ
ПРИ ХРАНЕНИИ И ТРАНСПОРТИРОВКЕ**

*канд. техн. наук, доц. Е.В. САФРОНОВА, канд. техн. наук, доц. А.В. СПИРИДОНОВ,
Т.В. ГОЛУБЕВ
(Полоцкий государственный университет)*

Рассматриваются вопросы, связанные с причинами потерь нефтепродуктов, даны характеристики и оценки потерь, подробно описаны способы их сокращения и мероприятия по их снижению. Анализируются методы сокращения потерь нефтепродуктов при транспортировке, хранении и отгрузке. Представлен алгоритм расчета потерь от «больших» и «малых» дыханий резервуара и предложен оптимальный способ улавливания и рекуперации углеводородов при наливке цистерн.

Ключевые слова: углеводороды, потери нефтепродукта, снижение потерь, алгоритм расчета, рекуперация, улавливание.

Введение. Проблемы, связанные с потерями нефтепродуктов, в разной степени затрагивают все звенья – от транспортировки до реализации нефтепродуктов. В настоящее время одно из наиболее эффективных направлений развития экономики – всемирное ресурсосбережение. Особенно остро эта проблема ощущается в области экономии энергетических ресурсов. Сокращение потерь нефтепродуктов – одно из важнейших направлений сбережения ресурсов в условиях, когда запасы нефти ограничены, а ее добыча требует все больших усилий. Естественным, необходимым и само собой разумеющимся в таких ситуациях является стремление бережнее относиться к тому, что уже добыто и переработано в товарный продукт.

Транспортировка нефтепродуктов к потребителю связана со значительными их потерями. Потери от смешения и утечек при трубопроводном транспорте, из резервуаров, от неполного слива железнодорожных и автомобильных цистерн, обводнения, зачистки, а также вследствие аварий, разливов, разбрызгивания и испарения наносят огромный ущерб экономике страны, приводят к затратам общественного труда и снижению эффективности производства. Многократные перевалки нефтепродуктов и хранение нефти и нефтепродуктов в резервуарах ведут к потерям от испарения. В атмосферу уходят миллионы тонн углеводородов. Испаряются главным образом легкие фракции. При этом ухудшается качество нефтепродукта. Из товарного резервуарного парка только одного предприятия по распределению нефтепродуктов в атмосферу уходит в среднем около 50 тыс. т углеводородов в год. Углеводороды загрязняют атмосферу, пагубно действуют на здоровье обслуживающего персонала и жителей, особенно детей, близлежащих жилых массивов [1].

Потери нефтепродуктов обуславливаются как их свойствами, так и условиями перекачки, хранения, приема, отпуска, техническим состоянием средств транспорта и хранения, а также внимательностью и добросовестностью обслуживающего персонала. Потери нефтепродуктов в окружающую среду приняли глобальный характер и без постоянного соблюдения действенных мер по борьбе с ними будут возрастать пропорционально росту добычи нефти и их потреблению.

Основная часть. *Анализ источников потерь нефтепродуктов.* Значительной проблемой при эксплуатации резервуарных парков считается сохранение качества и количества продукта. Все потери нефти и нефтепродуктов систематизируются на последующие типы: количественные потери, связанные с уменьшением самого продукта; качественно-количественные потери, при которых происходит утрата с совместным ухудшением качества продукта, – потери от испарения; качественные потери, когда ухудшаются свойства продукта, но при этом его количество не изменяется, – потери при недопустимом смешении.

Кроме этого, необходимо отметить еще две категории потерь углеводородов, определяющие естественную убыль и безвозвратные потери при авариях [2]. Под естественной убылью понимаются потери, связанные с несовершенством используемых средств и технологий приема, отпуска, хранения и транспортировки нефтепродуктов. При этом допускается только уменьшение количества продукта, но сохранение его свойств в допустимых пределах заданных требований.

Естественные потери в основном находятся в зависимости:

- от физико-химических показателей нефтепродуктов (фракционный состав, давление насыщенных паров, плотность и т.п.);
- условий окружающей среды (влажность, атмосферное давление, температура и т.п.);
- качества оборудования при транспортировке нефтепродуктов и на складах (внутрискладские перекачки, хранение, прием, выдача, транспортировка различными видами транспорта).

На данном этапе естественные потери регламентируются нормами естественной убыли [3].

Нефтепродукты в связи с физико-химическими качествами, обуславливающими их естественные потери, распределены согласно 9 группам (таблица 1). Календарный год разделяется на два этапа: осенне-зимний (с 1.10 по 31.03 включительно) и весенне-летний (с 1.04 по 30.09 включительно) [4].

Потери, связанные с испарением в резервуарах, разделяют на потери:

Таблица 1. – Потери нефтепродуктов

Источники потерь	Потери, %
В резервуарах (в т.ч.):	74,6
от больших дыханий	54,0
от выдуваний	4,6
от газового сифона	0,9
при зачистке	5,3
в насосных станциях	2,3
с канализационными стоками	7,5
В линейной части (в т.ч.):	25,3
от утечек	22,3
от аварий	1,2
при наливке железнодорожных цистерн	1,8

- от «большого дыхания»;
- насыщения и «обратного выдоха»;
- «малых дыханий» [3].

Потери при «больших дыханиях» возникают вследствие выхода паровоздушной смеси в атмосферу через дыхательный клапан при наполнении резервуара и при поступлении воздуха в резервуар при откачке нефтепродуктов. Потери от «больших дыханий» в основном зависят:

- от температуры и объема закачиваемого нефтепродукта;
- концентрации паров нефтепродукта в паровоздушной смеси и их плотности;
- от давления, поддерживаемого в газовом пространстве резервуара;
- от количества растворенного газа.

Потери от насыщения и «обратного выдоха» возникают при выходе через дыхательный клапан паровоздушной смеси, которая достигла критического давления до насыщения в газовом пространстве резервуара. Потери от «обратного выдоха» отсутствуют при высоком коэффициенте оборачиваемости резервуара и при малом времени простаивания резервуара с «мертвым» остатком.

Потери от «малых дыханий» возникают вследствие суточных изменений температуры и давления в газовом пространстве резервуара, вызываемых воздействием солнечного тепла и условий окружающей среды на стенки и кровлю резервуара. На «малые дыхания» автомобильных и железнодорожных цистерн также оказывают влияние атмосферные условия, связанные с перемещением транспортных средств [5].

Способы сокращения потерь при хранении углеводородов: тепловая защита резервуаров, специальная конструкция емкостей, газовая обвязка, конденсация паров, плавающие крыши и понтоны, микрополые шарики и защитные эмульсии, диски-отражатели, адсорбенты, компрессионные системы, правильная организация технологических процессов.

Способы рекуперации паров нефтепродуктов. Традиционные средства сокращения потерь нефтепродуктов (диски-отражатели, газоуравнительные системы, понтоны, плавающие крыши) во многих случаях либо неприменимы, либо малоэффективны. Наиболее полное решение проблемы сокращения потерь и выбросов в атмосферу технологии улавливания и рекуперации паров можно свести к следующим группам: адсорбционные, абсорбционные, компрессионные, мембранные, конденсационные и их комбинации. Все они имеют свои преимущества и недостатки.

1. Адсорбционный способ.

Основан на поглощении газов твердыми поглотителями (адсорбентами), например, активированным углем. Преимущества: высокая степень очистки; способность обрабатывать малонасыщенные пары.

Недостатки: высокая стоимость оборудования; сложность систем автоматик; необходимость регенерации адсорбент; необходимость периодической замены адсорбента с последующей его утилизацией; пожаровзрывоопасность; большие габариты [6].

2. Абсорбционный способ.

Основан на процессе поглощения газа жидким поглотителем (абсорбентом), чаще всего дизельным топливом, что определяет основные преимущества и недостатки технологии. Абсорбционные процессы проводят в специальных массообменных контактных аппаратах (абсорберах).

Вертикальные абсорбционные аппараты.

Преимущества: высокая степень улавливания.

Недостатки: большая металлоемкость и габариты; значительное гидравлическое сопротивление; необходимость в абсорбенте (в среднем до 100 л на 1 м³ паровоздушной смеси); пожаровзрывоопасность.

Горизонтальные абсорбционные аппараты.

Преимущества: высокая степень улавливания; в технологии нет высоких или низких температур и давлений; небольшие капитальные и эксплуатационные затраты; не требуются площадки обслуживания; надежная работа установки в летний и зимний периоды; простота монтажа и обслуживания установки.

Недостатки: наличие вращающегося вала с дисковыми элементами усложняет конструкцию, вызывает дополнительный расход энергии и увеличивает пожаровзрывоопасность установок; относительная скорость газа выше рекомендованных значений для атмосферных аппаратов, что снижает эффективность абсорбции; требуются дополнительные насосы для периодической подачи и откачки абсорбента (нефтепродукта) из подземной емкости в резервуар хранения [8].

3. Компрессионный способ.

Сжатие паров углеводородов с последующим охлаждением до температуры окружающей среды и конденсации паров. Осуществляют созданием повышенного давления с помощью компрессоров или жидкостных эжекторов. Компрессор предусматривает сжатие смеси до давления 0,7–5 МПа (от 7 до 50 атм), при этом конденсируется 50–99% углеводородов, содержащихся в смеси.

Преимущества: не требуется абсорбентов и адсорбентов; позволяет осуществлять сбор и транспортирование газа.

Недостатки: высокие энергетические затраты на сжатие; высокая степень конденсации достигается при очень больших давлениях сжатия; опасность смесей, содержащих кислород; требуются дополнительные затраты на заполнение резервуаров инертным газом; требуется специальная аппаратура для согласования поступающего потока ПВС из резервуара и производительности компрессора установки (с целью исключения снижения давления на входе (в резервуарах) ниже атмосферного, что может привести к избыточной откачке ПВС, что вызывает дополнительное испарение нефтепродукта, или даже смятию резервуаров) [7].

4. Эжекторные установки.

Для сжатия используют энергию высокоскоростного жидкостного потока. В результате процесса эжектирования в струйном аппарате происходит сжатие ПВС и абсорбция паров рабочей жидкостью.

Преимущества: конструктивная простота эжектора; высокий уровень взрывопожаробезопасности.

Недостатки: низкая степень улавливания; высокие эксплуатационные энергозатраты; повышенные расходы рабочей жидкости; требуется специальная аппаратура для регулирования производительности потока газа и жидкости (с целью исключения снижения давления на входе (в резервуарах) ниже атмосферного, что может привести к избыточной откачке ПВС, что вызывает дополнительное испарение нефтепродукта, или даже смятию резервуаров) [6].

5. Мембранные технологии.

Проблема выбора мембран требуемой селективности и проницаемости, ресурса работы, создания повышенных давлений перед мембраной (без возникновения взрывоопасных ситуаций), повышенных энергетических затрат на осуществление процесса и необходимости введения абсорбционных или компрессионных контуров для утилизации выделенных (газообразных) углеводородов делают применение мембранных технологий проблематичным.

Преимущества: отсутствие реагентов.

Недостатки: неустойчивость работы при наличии аэрозолей и воды; требуется подготовка газа; требуются дорогостоящие мембраны и их периодическая замена [9].

6. Конденсационные технологии.

Охлаждение ПВС без изменения давления до конденсации углеводородов в жидкую фазу.

7. Криогенный способ.

Преимущества: могут использоваться как одиночные блоки; в оборудовании нет механических движущихся частей и электрических агрегатов; низкая степень взрывопожароопасности.

Недостатки: происходит вымораживание влаги на теплообменной поверхности и замерзание ее в «мертвых» зонах; необходима поставка жидкого азота; требуется специально подготовленный персонал; стоимость затрат выше стоимости полученного конденсата [8].

8. Конденсационные установки.

Преимущества: возможность конденсировать газы, не совместимые с активированным углем; не требуется наличие абсорбента.

Недостатки: высокая степень взрывопожароопасности за счет подачи ПВС в холодильную машину; проблемы с льдообразованием за счет неудачно выбранных конструктивных и технологических решений.

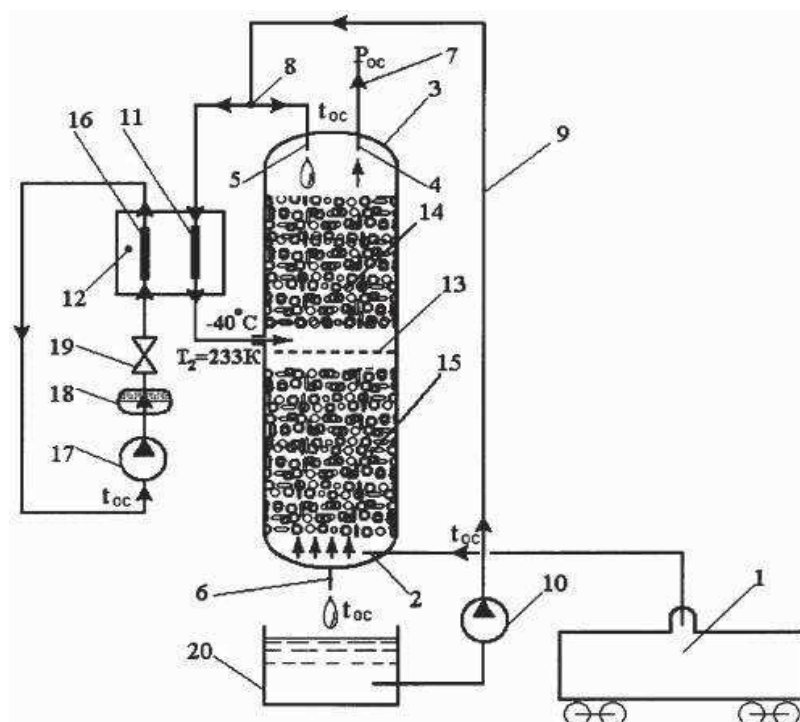
9. Комбинированные технологии (сочетания конденсационного и абсорбционного способов).

Преимущества: высокая степень улавливания.

Недостатки: высокая стоимость оборудования; высокая стоимость эксплуатации [8].

Конденсато-абсорбционная технология, применяемая ООО «Газспецтехника» для установок ККР (комплексы конденсации и рассеивания), основана на снижении парциального давления паров при снижении температуры паровоздушной смеси и взаимной растворимости углеводородов (рисунок 1).

Основные преимущества установок ККР: возможность использования для широкого спектра химических и нефтяных продуктов; безопасность процессов рекуперации; отсутствие загрязненных вторичных отходов; отсутствие расходов на приобретение и утилизацию адсорбентов или абсорбентов; резервирование технологического оборудования в составе ККР; минимальное гидравлическое сопротивление комплекса; минимальные требования к контролю и автоматизации технологического процесса; наличие широкой сети гарантийного и постгарантийного обслуживания холодильного и насосного оборудования в регионах. Установки ККР позволяют уловить до 98% выбросов углеводородов. В зависимости от изменения тепловой нагрузки на установку рекуперации холодопроизводительность холодильной установки автоматически меняется, что позволяет экономить на потребляемой электроэнергии, при этом постоянно поддерживая заданную температуру конденсации [10].



1 – источник ПВС (цистерна); 2 – газовый вход; 3 – вертикальный адсорбер; 4 – газовый выход; 5 – жидкостный вход; 6 – жидкостный выход; 7 – выход обратного газового канала; 8 – тройник; 9 – трубопровод; 10 – питающий насос; 11 – прямой канал теплообменника; 12 – рекуперативный теплообменник; 13 – каплеуловитель-смеситель; 14 – верхняя насыпка; 15 – нижняя насыпка; 16 – обратный канал теплообменника; 17 – компрессор; 18 – фильтр-охладитель; 19 – дроссель; 20 – приемник-накопитель смеси конденсата

Рисунок 1. – Устройство конденсации паров

Методика исследований по рекуперации паров. На основании промышленной установки был изготовлен упрощенный вариант лабораторной установки для количественной и качественной оценок потерь бензина при испарении (рисунок 2).



Рисунок 2. – Экспериментальная установка

Экспериментальная установка состоит из следующих частей: рама, воздушный насос, подогреватель воздуха, емкость с испаряемым бензином, конденсатор паров бензина, емкость для сбора конденсата. Принцип работы установки: воздушным насосом нагнетается воздух в воздухоподогреватель, откуда подогретый воздух поступает в емкость с бензином; пары бензина из емкости поступают в конденсатор паров для конденсации; после конденсатора получают конденсат бензина и часть несконденсировавшихся паров.

Определим компоновку оборудования на раме для сборки компонентов и тем самым сделаем ее более компактной. Основными узлами, используемыми в нашей установке, являются насос прямого вытеснения, подогреватель воздуха и конденсатор, емкость для сбора конденсата.

Насос прямого вытеснения используется для подачи воздуха в воздухоподогреватель, а затем в емкость, где хранится бензин, для увеличения количества образующихся паров. Выбран насос: давление 0,012 МПа, мощность 3,5 Вт, расход 2–3,2 л/мин.

Из-за ограниченных размеров емкости с бензином при проведении эксперимента большого количества паров бензина образовываться не будет. Таким образом, для подогрева воздуха достаточно простого нагревателя из трубы ПВХ и паяльника в качестве нагревательного элемента.

Конденсатор выполнен из пенополистирольного термоконтейнера для удержания холода и змеевика из медной трубки с ребрами для лучшего теплообмена.

В качестве измерительных приборов и реагентов использовали:

- секундомер (погрешность измерения $\pm 0,5$ с/сут);
- мерную колбу (погрешность измерения $\pm 0,9$ мл);
- бензин 1000 мл (при температуре -20 °С и -25 °С).

В результате эксперимента получили следующее (таблица 2): объем полученного конденсата вырос с понижением температуры, также увеличилось время на его получение.

Таблица 2. – Объем полученного конденсата

Номер опыта	Объем полученного конденсата при -20 °С, мл	Время конденсации, мин	Объем полученного конденсата при -25 °С, мл	Время конденсации, мин
1	174	551	192	568
2	168	510	201	597
3	170	521	198	588
4	171	534	188	550
5	175	554	196	577
Среднее значение	172	534	195	575

Разработка схемы рекуперации паров углеводородов. На базе существующих схем установок рекуперации паров методом охлаждения была предложена схема, основным отличием которой является многоступенчатое охлаждение паров углеводородов в различных аппаратах с отведением полученного конденсата после каждой ступени и удаление сконденсировавшейся воды (рисунок 3).

Все три этапа охлаждения происходят в выпарном конденсаторе, состоящем из нескольких секций. В каждой секции расположен змеевик. В ходе процесса уловленные пары, последовательно проходя все секции, ступенчато охлаждаются, в результате чего происходит конденсация и отвод углеводородной жидкости в сепаратор. Пары двигаются по межтрубному пространству, хладагент – внутри труб.

Охлаждение на первом этапе. Это стандартный одноступенчатый цикл охлаждения. Пары из компрессора конденсируются в конденсаторе с воздушным охлаждением и уже в жидком состоянии попадают в ресивер, из которого через регулирующий клапан в охлаждающий змеевик первой ступени выпарного конденсатора. Хладагент, испаряясь в змеевике, охлаждает смесь уловленных паров до $+5$ °С, испарившийся в ходе процесса хладагент первой ступени в газообразном состоянии возвращаются в компрессор, а охлажденные пары поступают на вторую стадию охлаждения.

На первом этапе охлаждения конденсируется основная масса водяных паров, содержащихся в воздухе, и некоторое количество углеводородов. Первый этап охлаждения «защищает» последующие, более холодные, этапы охлаждения от появления льда и замерзания.

Охлаждение на втором этапе. Пары из нагнетания компрессора проходят через теплообменник и конденсируются в конденсаторе с воздушным охлаждением. Из конденсатора уже жидкий хладагент поступает вначале в ресивер, из которого к змеевику повторного нагрева на выходе, где теплая охлаждающая жидкость применяется для повторного нагрева холодных выходящих паров. На данном этапе жидкость охлаждается. Охлажденная жидкость через регулирующий клапан затем идет к змеевику охлаждения второго этапа. Жидкий хладагент испаряется в охлаждающем змеевике, охлаждая смесь уловленных паров до -25 °С, после чего возвращается в компрессор.

На этом этапе конденсируется основная масса уловленных углеводородов и остатки водяного пара. Уловленная углеводородная жидкость отводится в сепаратор, а хладагент в газообразном состоянии возвращается в компрессор. Применяется пропановый и пропиленовый хладагенты. Охлаждение от $+5$ °С до -30 °С, конденсируются фракции от С4 до С6.

Охлаждение на третьем этапе (подобен первому этапу). Пары хладагента из нагнетания компрессора конденсируются в конденсаторе, после чего уже в жидком состоянии через регулирующий клапан поступают к змеевику третьего этапа охлаждения. Жидкий хладагент испаряется в охлаждающем змеевике, охлаждая смесь уловленного пара до -75 °С, и затем уже в газообразном состоянии возвращается в компрессор.

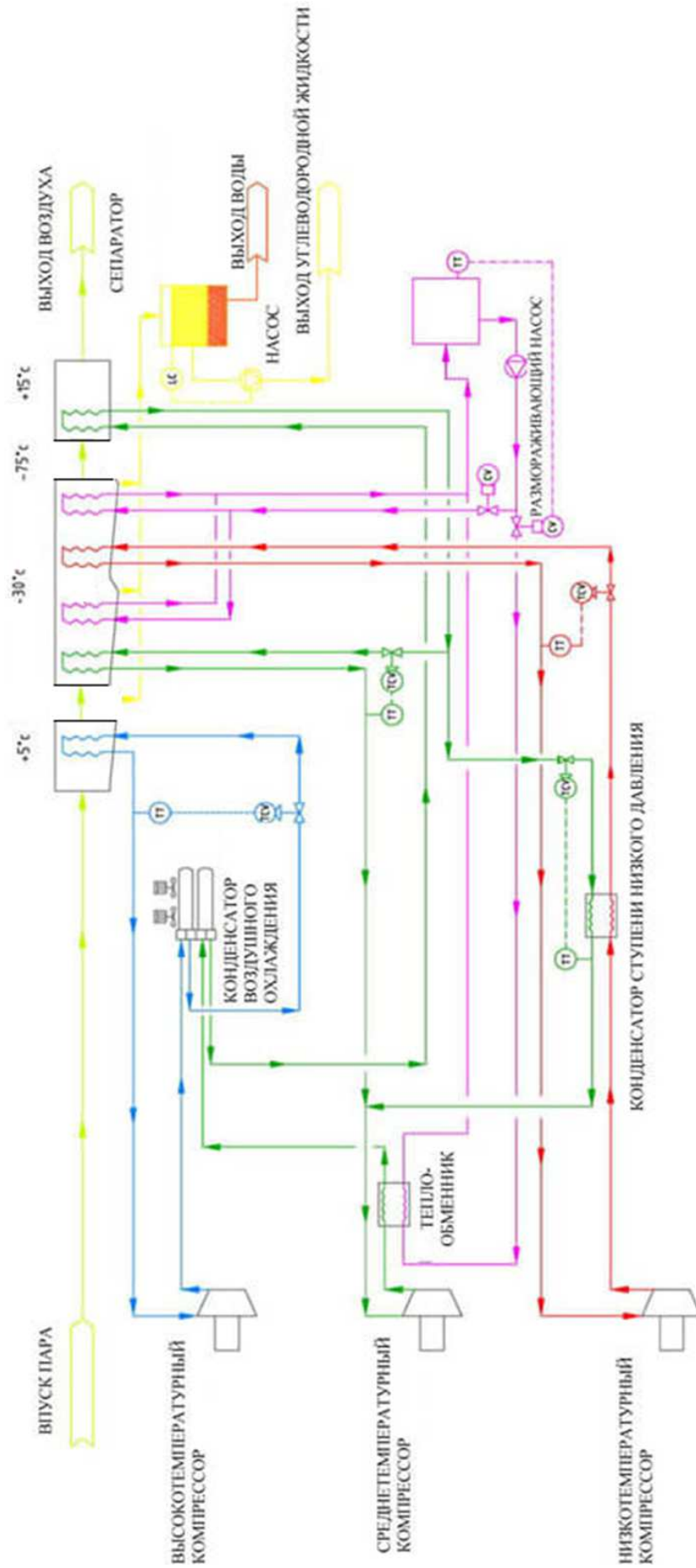


Рисунок 3. – Схема процесса рекуперации паров методом охлаждения

На этом этапе происходит конденсация остатков углеводородов, оставшихся не удаленными на втором этапе охлаждения. Сконденсированная углеводородная жидкость поступает в сепаратор. На данном этапе уловленные пары охлаждаются от $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-75\text{ }^{\circ}\text{C}$ (возможно до $-85\text{ }^{\circ}\text{C}$). Для обеспечения данного режима охлаждения применяется другой хладагент – этилен.

Система размораживания. Воздух несет небольшое количество водяных паров. Большая часть удаляется на первом этапе в виде жидкости через дренаж. Водяные пары, проходящие первый этап, образуют лед на втором и третьем этапах. Лед должен периодически удаляться, обычно один раз каждые 24 ч. Отходящая теплота от второго этапа системы установки охлаждения используется для нагрева жидкости для размораживания.

Время размораживания может быть запрограммировано, чтобы соответствовать схеме загрузки. Во время размораживания системы охлаждения находятся в выключенном состоянии, а теплая жидкость перекачивается из резервуара в размораживающие змеевики выпарного конденсатора, нагревая их до около $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$, пока весь лед не растает. Размороженная вода стекает в сепаратор (как и на первой ступени охлаждения), затем, отделившись от углеводородов, в дренаж. Жидкость для размораживания – метанол.

Системы улавливания и рекуперации паров, базирующиеся на процессе охлаждения, в сравнении с другими все еще применяющимися устаревшими технологиями, имеют следующие преимущества:

- жидкость улавливается непосредственно, ее можно точно замерить. Непосредственный замер в системе может быть проконтролирован в реальном времени (в режиме онлайн);

- низкие эксплуатационные расходы. Техническое обслуживание ограничивается проверкой оборудования по графику, внешним осмотром и заменой маслофильтров 1 раз в год. Установке не требуется текущий ремонт в промежутках менее 25 000 ч (в зависимости от нагрузки это от 3 до 10 лет). При нормальной эксплуатации замена масла не требуется на протяжении всего срока службы;

- безопасность процесса. В отличие от других технологий в системах не применяются вентиляторы и воздухоудовки для транспортировки паров, т.к. движение паров в системе происходит естественным образом, «самотеком», благодаря этому в канале движения взрывопожароопасных паров нефтепродуктов отсутствуют вращающиеся и подвижные детали, способные, выйдя из строя, вызвать искру и спровоцировать взрыв или пожар;

- минимальные затраты на монтаж и ввод в эксплуатацию;

- системы полностью автономны. Нет необходимости в подсоединении к внешнему источнику поглощающей жидкости;

- очень низкое энергопотребление – $0,15\text{ кВт}$ на 1 м^3 обработанных паров при максимальных летних расчетных условиях. Средняя мощность в год – $0,1\text{--}0,12\text{ кВт}$ на 1 м^3 обработанных паров.

Заключение. В ходе исследования были выявлены способы сокращения потерь нефтепродуктов при «больших» и «малых» дыханиях: тепловая защита резервуара, специальная конструкция емкостей, газовая обвязка, конденсация паров, компрессионные системы, правильная организация технологических процессов, применение рекуперативных установок. Самыми эффективными считаются установки по рекуперации паров, т.к. с их помощью не только уменьшается количество паров углеводородов, уходящих в атмосферу, но и большая часть паров возвращается назад за счет конденсации.

Показаны централизованный подход к формированию норм естественной убыли нефтепродуктов при хранении и транспортировании и подход к формированию норм технологических потерь нефтепродуктов при производстве и транспортировании. Эффективное выполнение функций системы топливообеспечения может быть достигнуто при ее устойчивости к различным воздействиям. Основным критерий устойчивости системы – уровень потерь продукта, которые происходят в системе на различных этапах ее функционирования. Слив либо налив нефтепродуктов должен осуществляться с помощью специально предназначенных для этой цели установок с улавливанием паров углеводородов. Именно это обеспечивает наибольшую пожаробезопасность и наименьший ущерб окружающей среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абузова, Ф.Ф. Борьба с потерями нефти и нефтепродуктов при их транспортировке и хранении / Ф.Ф. Абузова, И.С. Бронштейн, В.Ф. Новоселов. – М. : Недра, 1981. – 248 с.
2. Автозаправочные станции : практ. пособие. – 1-е изд. – М. : Учет, 2003. – 464 с.
3. Александров, А.А. Деньги на ветер: Обзор действующих систем улавливания паров нефтепродуктов / А.А. Александров, И.А. Архаров, В.Ю. Емельянов // Совр. АЗС. – 2005. – № 10. – С. 130–133.
4. Александров, А.А. Система улавливания легких фракций моторных топлив на автозаправочных станциях / А.А. Александров, И.А. Архаров, В.Ю. Емельянов // Холодил. техника. – 2004. – № 8. – С. 30–33.
5. Бесчастнов, М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение / М.В. Бесчастнов. – М. : Химия, 1991. – 430 с.
6. Кулагин, А.В. Прогнозирование и сокращение потерь бензинов от испарения из горизонтальных подземных резервуаров АЗС : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 25.00.19 / А.В. Кулагин ; Уфим. гос. нефт. техн. ун-т. – Уфа, 2003. – 25 с.

7. Кулагин, А.В. Улавливание паров бензина при его приеме в резервуары автозаправочных станций / А.В. Кулагин, А.А. Коршак // Трубопроводный транспорт нефти и газа : материалы Всерос. научн.-техн. конф. – Уфа : Изд-во УГНТУ, 2002. – С. 128–132.
8. Ларионов, В.И. Оценка и обеспечение безопасности объектов хранения и транспортировки углеводородного сырья / В.И. Ларионов. – СПб. : Недра, 2004. – 190 с.
9. Липский, В.К. Нормы естественной убыли нефти и нефтепродуктов стальных резервуаров / В.К. Липский, Л.М. Спиридон, А.И. Бондарчук // Литье и металлургия. – 2012. – № 3. – С. 334–336.
10. Ржавский, Е.Л. Методы и средства борьбы с потерями нефти и нефтепродуктов при транспорте и хранении / Е.Л. Ржавский. – М. : ВНИИОЭНГ, 1969. – 65 с.

Поступила 21.06.2021

MODERN METHODS FOR CAPTURING HYDROCARBONS STORAGE AND TRANSPORTATION

E. SAFRONOVA, A. SPIRIDONOV, T. GOLUBEV

In this work, the main attention is paid to issues related to the causes of losses of petroleum products, their characteristics are given, and measures to reduce losses of petroleum products and the solution of this problem are described in detail. The purpose of this work is to consider and describe methods for reducing the loss of petroleum products during transportation, storage and shipment. The analysis of all possible losses of oil products and analysis of ways to reduce these losses are carried out. Also, the paper provides an algorithm for calculating losses from “large” and “small” breathing of the reservoir and an optimal method for recuperating hydrocarbons when loading tanks. Methods for reducing losses of oil products during transportation, storage and shipment are considered and described, an optimal method for capturing and recovering hydrocarbons is proposed.

Keywords: hydrocarbons, oil product losses, loss reduction, calculation algorithm, recuperation, capture.