

50

На правах рукописи



Щепин Сергей Леонидович

**УЛАВЛИВАНИЕ ПАРОВ БЕНЗИНА ИЗ РЕЗЕРВУАРОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЖИДКОСТНО-ГАЗОВЫХ ЭЖЕКТОРОВ**

Специальность 25 00 19 – "Строительство и эксплуатация
нефтегазопроводов, баз и хранилищ"

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



003 174252

Уфа – 2007

Работа выполнена на кафедре «Гидравлика и гидромашины»
Уфимского государственного нефтяного технического университета

Научный руководитель доктор технических наук, профессор
Коршак Алексей Анатольевич

Официальные оппоненты доктор технических наук
Каравайченко Михаил Георгиевич,

кандидат технических наук, доцент
Маргяшова Валентина Анатольевна

Ведущая организация ОАО «Институт “Нефтегазпроект”»

Защита состоится « 6 » ноября 2007 года в 15-00 на заседании
диссертационного совета Д 212 289 04 при Уфимском государственном
нефтяном техническом университете по адресу 450062, Республика
Башкортостан, г Уфа, ул Космонавтов, 1

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уфимского
государственного нефтяного технического университета

Автореферат разослан « 6 » октября 2007 года

Ученый секретарь
диссертационного совета



Ямалиев В У

Актуальность проблемы. "Энергетической стратегией России на период до 2020г " предусмотрено увеличение добычи нефти к 2010г до 445 480 млн т , а к 2020г – до 450 490 млн т при одновременном уменьшении потребления энергоресурсов за счет их рационального использования Поэтому поиск резервов ресурсосбережения во всех отраслях экономики весьма актуален

В процессе транспортировки и распределения бензинов допускаются их значительные потери, главной составляющей которых являются потери от испарения Сокращение этих потерь достигается применением различных технических средств дисков-отражателей, газовых обвязок, газоуравнительных систем (ГУС) и понтонов Эффективность использования данных технических средств не всегда высока Поэтому за рубежом, а в последние годы и в нашей стране растет интерес к применению систем улавливания легких фракций (УЛФ)

Системы УЛФ очень многообразны и основаны на различных физических принципах Абсорбционные и адсорбционные системы УЛФ относительно сложны, конденсационные – дороги, компрессорные – капиталоемки и пожаровзрывоопасны В условиях нефтебаз и магистральных нефтепродуктопроводов, как альтернатива традиционным средствам сокращения потерь, большой интерес представляют эжекторные системы УЛФ Они относительно просты, малокапиталоемки, взрывобезопасны Однако методы расчета таких систем отсутствуют Не определена область их рационального применения

Целью работы является разработка методики расчета эжекторных систем улавливания легких фракций и определение области их рационального применения

Основные задачи исследования:

- 1 Анализ сокращения потерь, достигаемого при использовании газовой обвязки резервуаров и газоуравнительных систем
- 2 Разработка методов расчета параметров эжекторных систем УЛФ для резервуаров нефтебаз и магистральных нефтепродуктопроводов
- 3 Прогнозирование степени улавливания паров бензина при применении дизельного топлива в качестве рабочей жидкости

4 Сравнительный анализ области применения эжекторных систем УЛФ и традиционных средств сокращения потерь

Научная новизна работы заключается в следующем.

- показано, что между коэффициентами совпадения операций и оборачиваемости существует корреляционная связь, впервые получены зависимости для расчета коэффициента совпадения и эффективного коэффициента совпадения операций для резервуаров, оснащенных ГУС, показано, что чем больше резервуаров соединено ГУС, тем больше эти коэффициенты отличаются друг от друга,
- предложены новые безразмерные координаты для построения характеристик жидкостно-газовых эжекторов (ЖГЭ) с различным типом аэродинамической схемы, что облегчает процедуру их выбора,
- разработан метод гидравлического расчета трубопроводов в условиях неизвестного диаметра по величине рекомендуемой скорости перекачки,
- получены расчетные формулы для прогнозирования степени улавливания паров бензина, достигаемой в эжекторной системе УЛФ при использовании в качестве рабочей жидкости дизельного топлива,
- получен новый критерий выбора технических средств сокращения потерь бензинов от испарения и на его основе определена область их применения, показано, что во многих случаях применение эжекторной системы УЛФ более предпочтительно, чем традиционных средств

Практическая ценность работы заключается в повышении экономичности применения средств сокращения потерь бензина от испарения. Результаты исследований используются при курсовом и дипломном проектировании студентами специализации «Эксплуатация нефтегазоперекачивающих агрегатов трубопроводов и хранилищ» УГНТУ, а также планируются к внедрению на ЛПДС «Володарская» ОАО «Мостранснефтепродукт»

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались

- на Всероссийской научно-технической конференции "Проектирование и эксплуатация нефтегазового оборудования проблемы и решения" (г Уфа, 2004);
- Международной конференции "Фундаментальные проблемы разработки нефтегазовых месторождений, добычи и транспортировки углеводородного сырья" (г Москва, 2004),
- 2-й межотраслевой научно-практической конференции "Проблемы совершенствования дополнительного профессионального и социально-гуманитарного образования специалистов ТЭК" (г Уфа, 2005),
- Международной учебно-научно-практической конференции "Трубопроводный транспорт-2005" (г Уфа, 2005),
- 51-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (г Уфа, 2006),
- V Международной научно-технической конференции "Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта" (г Новополюцк, 2006),
- 3-м Международном экологическом конгрессе в г Полоцке "Региональные проблемы экологии пути решения" (г Полоцк, 2006),
- Международной учебно-научно-практической конференции "Трубопроводный транспорт-2006" (г Уфа, 2006)

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 14 научных работ

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов и рекомендаций, изложена на 140 страницах текста, содержит 37 рисунков, 16 таблиц и список использованных источников из 123 наименований

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первом разделе выполнен краткий обзор литературы по теме исследований

Прежде всего отмечается, что среди авторов нет единого мнения о том как называть газопроводы, соединяющие газовые пространства резервуаров

В И Черников, Н Н Константинов, С Г Едигаров называли их газоуравнительной системой, а Н М Оленев использовал термин «газовая обвязка» В настоящее время применяются оба термина, причем нередко как синонимы В результате сопоставления взглядов различных авторов нами предложено считать газовой обвязкой (ГО) систему трубопроводов, соединяющих газовые пространства резервуаров с одинаковым нефтепродуктом, а газоуравнительной системой (ГУС) – газовую обвязку, снабженную неким газосборником

Первоначально считалось, что эффективность применения ГО (в долях) численно равна коэффициенту совпадения операций K_C заполнения-опорожнения резервуаров Однако впоследствии в работах И Г Блинова, Д М Сатаровой, В И Титкова, Н М Фатхиева и др было установлено наличие эффекта превышения объема образующейся паровоздушной смеси над объемом закачиваемого продукта Это заставило признать, что сокращение потерь при применении газовой обвязки равно эффективному коэффициенту операций $K_{C\text{эф}}$, который меньше, чем K_C

Традиционные средства сокращения потерь бензина от испарения (диски-отражатели, газовые обвязки, газоуравнительные системы, поптоны и плавающие крыши), как показывает теория и практика их применения, не всегда эффективны Поэтому большой интерес представляет использование систем улавливания легких фракций (УЛФ)

По мнению автора, при операциях с бензинами наиболее целесообразно применение эжекторных систем УЛФ Однако методы их расчета разработаны недостаточно

Вопросы расчета жидкостно-газовых эжекторов рассматривались в работах В А Акульшица, Н А Астарова, М И Баженова, Л Д Бермана, А В Городивского, В М Григорьева, З С Гридневой, К Г Донца, Г И Ефимочкина, Ю Г Звездина, Н М Зингера, Б Е Кореннова, Б Ф Лямаева, Б С Оссовского, В С Пыжикова, И И Рошака, Ю В Семеновского, Е Я Соколова, И А Труба, Д С Циклаури и

других ученых В практике расчетов наибольшее распространение получили методики, разработанные Е Я Соколовым и Н М Зингером, Л Д Берманом и Г И Ефимочкиным, К Г Донцом, А В Городовским и И И Рошаком

По мнению автора, наиболее приемлемой для расчета эжекторных систем улавливания легких фракций (УЛФ) является последняя из описанных методик она относительно проста, подтверждена применением ЖГЭ на нефтяных промыслах, а к п д эжекторов, разработанных в ИФИНГ, наиболее высок

Выбору технических средств сокращения потерь от испарения посвящены работы Ф Ф Абузовой, М И Ашкинази, И С Бронштейна, М Г Каравайченко, А А Коршака, В А Мартяшовой и других исследователей К сожалению, они основаны на устаревших экономических представлениях и не дают объективной картины по рассматриваемому вопросу

Второй раздел посвящен анализу эффективности использования газовой обвязки резервуаров и газоуравнительных систем

До настоящего времени величину коэффициента совпадения операций K_c предлагалось находить, используя рекомендации отраслевой лаборатории трубопроводного транспорта (ОЛТТ), существовавшей при Уфимском нефтяном институте Однако в них для одного и того же объекта величина K_c на этапе проектирования может быть выбрана с погрешностью до 300 % На основе данных Л Р Хакимьяновой о величинах коэффициентов совпадения операций K_c и оборачиваемости 16 по нефтебазам с различным характером транспортных связей, а также аналогичных данных по 7 резервуарным паркам магистральных нефтепродуктопроводов (МНПП) в разные годы исследовалась функциональная связь между ними Методами математической статистики показано, что две рассматриваемые выборки не принадлежат одной генеральной совокупности Далее после отбраковки "выскакивающих" точек с помощью критерия Стьюдента были получены методом наименьших квадратов следующие расчетные формулы для прогнозирования коэффициентов совпадения операций вновь строящихся резервуаров нефтебаз и МНПП

$$K_c^{НБ} = \frac{n_{об}}{71,8 + 0,637 n_{об}}, \quad (1)$$

$$K_c^{\text{МНП}} = \frac{n_{\text{об}}}{34,2 + 1,09 n_{\text{об}}} \quad (2)$$

Среднеквадратичные погрешности вычислений по данным формулам составляют соответственно 40% и 33,5%. Конечно, это немало, но значительно меньше, чем при использовании рекомендаций ОЛТГ УНИ

Недостаточно полно в настоящее время изучена и роль газосборника в сокращении потерь бензинов от испарения. Порой считается, что достаточно освободить от нефтепродукта один из резервуаров, подключенных к газовой обвязке, и это мероприятие автоматически обеспечит сокращение выбросов паров бензина в атмосферу на объем, равный геометрическому объему данного резервуара. Другое распространенное заблуждение заключается в том, что газосборник переменного объема имеет аккумулирующую способность, равную его геометрической вместимости.

Автором теоретически исследовано влияние газосборника на сокращение потерь бензина из резервуаров, оборудованных ГУС. Показано, что применение газосборников постоянного объема, подключаемых к резервуарам напрямую, практически бесполезно, так их аккумулирующая способность составляет от 9 до 27 граммов углеводородов на 1 м^3 вместимости газосборника. Аккумулирующая способность газосборников переменного объема значительно выше, но и она по паровоздушной смеси составляет только около 50% их геометрической вместимости.

Ф. Ф. Абузовой, И. Г. Блиновым, А. А. Коршаком, Д. М. Сатаровой и другими учеными неоднократно подчеркивалось, что величина коэффициента совпадения операций не в полной мере характеризует эффективность применения газовых обвязок и газоуравнительных систем. Это связано, прежде всего, с явлением превышения объема образующихся паров бензина при заполнении резервуаров и заниженным объемом подсосываемой из других резервуаров паровоздушной смеси (ПВС) в связи с испарением откачиваемого бензина.

На основе уравнения состояния паровоздушной смеси, записанного в дифференциальной форме, нами получено выражение для прогнозирования

величины эффективного (то есть учитывающего донасыщение газового пространства резервуаров) коэффициента совпадения операций вида

$$K_{c,эф}(\tau) = \frac{1}{K_n(\tau)} \{K_c(\tau) - [K_n(\tau) - 1] \psi\}, \quad (3)$$

где $K_n(\tau)$ - мгновенная величина коэффициента превышения расхода ПВС над объемом закачиваемого бензина,

$K_c(\tau)$ – мгновенный коэффициент совпадения операций, найденный без учета донасыщения ГП,

ψ - расчетный параметр, характеризующий динамику донасыщения объединенного газового пространства резервуаров парами бензина

Расчеты величины эффективного коэффициента совпадения операций $K_{C,эф}$ по формуле (3) показали, что при операциях с бензинами величина $K_{C,эф}$ может быть значительно (до 30 раз) меньше K_C . Также впервые установлено, что чем больше резервуаров подключено к ГУС, тем (при одинаковом K_C) меньше эффективность ее применения

В целом результаты исследований, выполненных во 2-м разделе диссертации, свидетельствуют о недостаточной эффективности газовых обвязок и газоравнительных систем в качестве самостоятельных средств сокращения потерь бензинов от испарения

Третий раздел диссертационной работы посвящен разработке методов расчета эжекторной системы УЛФ для сокращения потерь бензина от испарения из резервуаров

Принципиальная схема простейшей эжекторной системы УЛФ для резервуарных парков нефтебаз и перекачивающих станций магистральных нефтепродуктопроводов приведена на рисунке 1

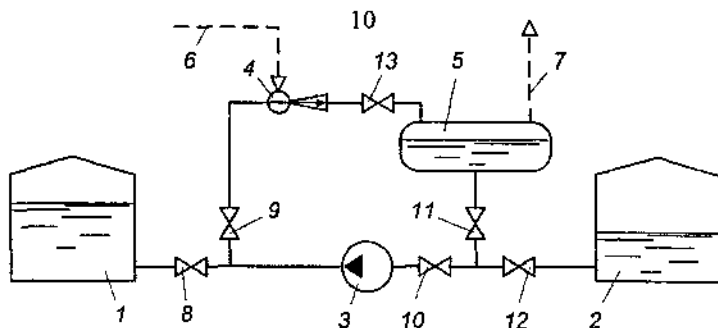


Рисунок 1 - Принципиальная схема эжекторной системы УЛФ для резервуарных парков нефтебаз и МНПП

- 1,2 – резервуары с дизельным топливом, 3 – насос, 4 – жидкостно-газовый эжектор, 5 – циркуляционная емкость, 6 – линия подвода ПВС, 7 – линия сброса очищенного воздуха, 8 – 13 – задвижки

Она включает резервуары 1, 2 с дизельным топливом, насос 3, жидкостно-газовый эжектор 4, циркуляционную емкость 5, линию подвода ПВС 6, линию сброса воздуха со следами углеводородов 7, а также соединительные трубопроводы и арматуру. Роль циркуляционной емкости играет горизонтальный газонефтяной сепаратор. Заполнение системы дизельным топливом (как и последующая подпитка) производится из резервуара 2 при открытых задвижках 12, 10, 9, 13 и закрытых задвижках 8, 11. После этого задвижка 12 закрывается, а 11 – открывается и система готова к работе.

При повышении избыточного давления в ГП бензиновых резервуаров (на схеме не показаны) до 1000 Па по сигналу датчика давления (также не показан) включается насос 3, который нагнетает дизельное топливо в ЖГЭ 4. Вследствие создаваемого в ЖГЭ разрежения, в него по линии 6 подсасывается ПВС из бензиновых резервуаров. После смешения с рабочей жидкостью давление на выходе ЖГЭ частично восстанавливается. Поэтому процесс абсорбции паров бензина дизельным топливом, начатый в камере смешения ЖГЭ, завершается в трубопроводе, соединяющем его и циркуляционную емкость 5. Очищенный от углеводородов воздух из емкости 5 сбрасывается в атмосферу по линии 7, а дизельное топливо используется повторно.

По мере насыщения парами бензина абсорбирующая способность и температура вспышки дизельного топлива уменьшаются. Поэтому в некоторый момент времени возникает необходимость его замены. Для этого закрывается задвижка 9 и открывается задвижка 8, после чего использованное дизельное топливо насосом 3 откачивается в резервуар 1.

Недостатком системы УЛФ, приведенной на рис. 1, являются необходимость периодической утилизации "испорченного" бензином дизельного топлива.

Для практической реализации эжекторной системы УЛФ необходимо решить ряд вопросов, в числе которых следующие: какой тип ЖГЭ использовать, как уменьшить трудоемкость расчетов, связанную с оптимизацией диаметров труб, используемых в обвязке ЖГЭ, как не испортить качества дизельного топлива, играющего роль абсорбента, какую степень улавливания паров бензина может обеспечить эжекторная система УЛФ, насколько эжекторные системы УЛФ конкурентоспособны по сравнению с традиционными средствами сокращения потерь.

Существенным недостатком характеристики жидкостно-газовых эжекторов, предложенной Ивано-Франковскими специалистами (К.Г. Донец, И.В. Рошак, А.В. Городивский), является то, что для обеспечения их работы при оптимальном режиме ее необходимо перестраивать для каждого конкретного объекта. Это затрудняет выбор наилучшего типа ЖГЭ для применения в системах улавливания легких фракций.

Автором предложены новые безразмерные координаты для построения характеристики ЖГЭ в зависимости от коэффициента эжекции

- приведенное давление рабочей жидкости

$$\bar{P} = 1 + \left[\frac{1}{B_{\text{опт}}} \ln \left(1 - \frac{U}{U_{\text{max}}} \right) \right]^2, \quad (4)$$

- степень сжатия ПВС

$$\varepsilon = 1 + \frac{\Psi_{\text{опт}}}{B_{\text{опт}}} \left(1 - \frac{P_s}{P_r} \right) \left[\ln \left(1 - \frac{U}{U_{\text{опт}}} \right) \right]^2, \quad (5)$$

- приведенная потребляемая мощность

$$\bar{N} = \frac{1}{U_{\text{онт}}} \left\{ 1 + \left[\frac{1}{B_{\text{онт}}} \ln \left(1 - \frac{U}{U_{\text{max}}} \right) \right]^2 \right\}, \quad (6)$$

- рабочий диапазон по безразмерному расходу ПВС

$$\Delta U = U_{\text{max}} \left[\left(1 - \frac{U}{U_{\text{max}}} \right)^{-\frac{B_{\text{пр}}}{B_{\text{онт}}}} - \left(1 - \frac{U}{U_{\text{max}}} \right)^{-\frac{B_{\text{пр}}}{B_{\text{онт}}}} \right], \quad (7)$$

- коэффициент полезного действия

$$\eta = U \frac{P_r (P_{\text{см}} - P_r)}{P_{\text{см}} (P_r - P_{\text{см}})} \quad (8)$$

где U – коэффициент эжекции, P_r – давление откачиваемой ПВС, $P_{\text{ж}}$ – давление рабочей жидкости на входе в ЖГЭ, P_s – давление ее насыщенных паров, $P_{\text{см}}$ – давление смеси на выходе ЖГЭ, $B_{\text{онт}}$, $B_{\text{пр}}$, U_{max} , $\Psi_{\text{онт}}$ – числовые коэффициенты, величина которых зависит от типа ЖГЭ

Зависимость параметров \bar{N} , ΔU и η от требуемого коэффициента эжекции для ЖГЭ с разным типом аэродинамической схемы представлена на рисунке 2. Видно, что чем больше требуемая величина коэффициента U , тем больше должно быть давление рабочей жидкости и, соответственно, требуются большие энергзатраты на компримирование. Положительным фактом является то, что при этом одновременно увеличивается рабочий диапазон ЖГЭ по расходу откачиваемой ПВС, то есть устойчивость его работы повышается.

Совмещение одних и тех же параметров разных эжекторов на одном поле позволяет легко определить какой тип ЖГЭ необходимо применять в каждом конкретном случае.

Для правильного выбора насоса, входящего в состав насосно-эжекторной установки, необходимо, в частности, знать, какое гидравлическое сопротивление имеют соединительные трубопроводы. Однако их диаметр заранее неизвестен. Это вынуждает прибегать к многовариантным расчетам, учитывающим все многообразие возможных сочетаний диаметров всасывающего и нагнетательных трубопроводов.

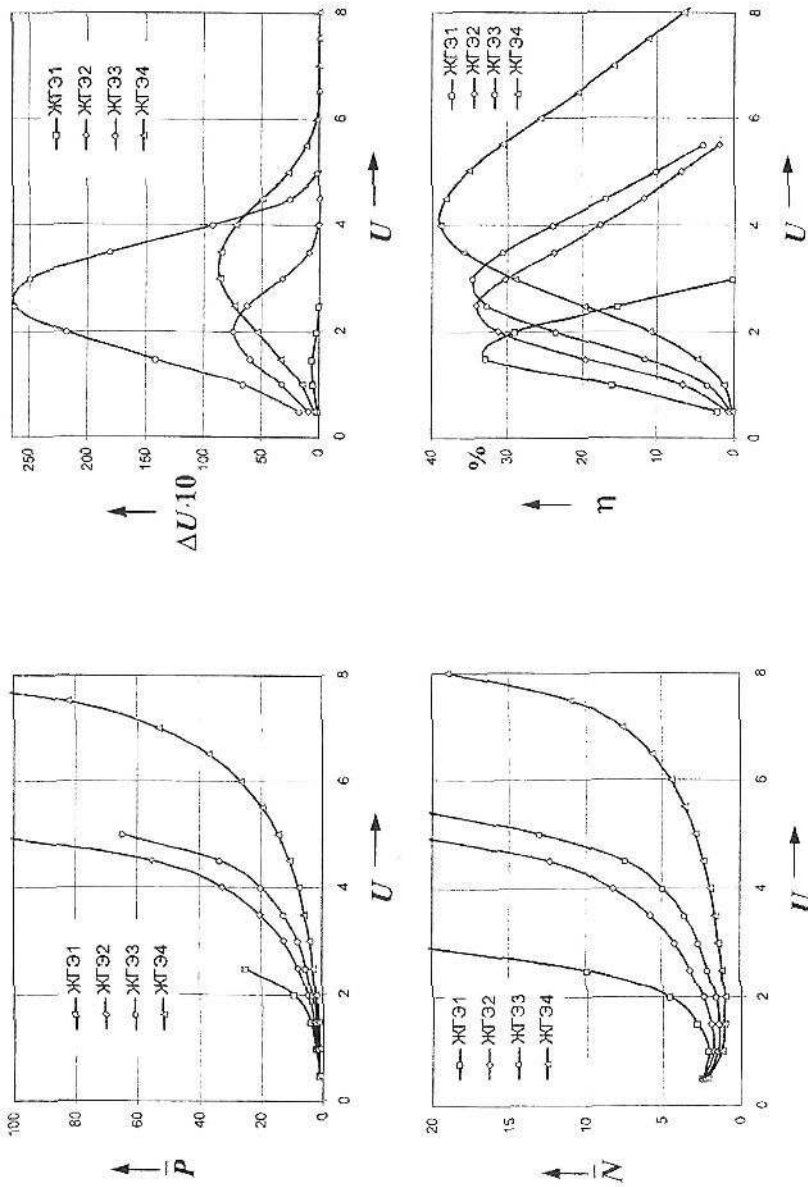


Рисунок 2 - Зависимость параметров работы ЖГЭ от коэффициента эжекции и типа ЖГЭ

Автором разработана методика гидравлического расчета соединительных трубопроводов по рекомендуемой скорости перекачки при неизвестном диаметре

Так, потери напора в однофазных потоках следует вычислять по формуле

$$h_{тн} = \lambda_1 \frac{\ell_1}{D} \frac{V_{pi}^2}{2g} = \frac{A_1}{\left(\frac{2}{v_1} \sqrt{\frac{Q_1 V_{pi}}{\pi}} \right)^{m_1}} \frac{\ell_1}{2 \sqrt{\frac{Q_1}{\pi V_{pi}}}} \frac{V_{pi}^2}{2g} = \beta_{z1} \frac{V_{pi}^{0,5(5-m_1)} v_1^{m_1} \ell_1}{Q_1^{0,5(1+m_1)}}, \quad (9)$$

где v_1 - кинематическая вязкость потока на участке длиной ℓ_1 , с общим коэффициентом местных сопротивлений ζ_1 ,

β_{z1} - расчетный коэффициент, зависящий от режима перекачки и зоны трения

$$\beta_{z1} = \frac{A_1 \cdot \pi^{0,5(m_1+1)}}{g 2^{2+m_1}}, \quad (10)$$

A_1, m_1 - коэффициенты в формуле для расчета λ_1 вида $\lambda_1 = A_1 / Re_1^{m_1}$

Выражения для расчета β_{z1} приведены в таблице 1

Таблица 1 – Величины коэффициентов A_1, m_1, β_{z1} *

Режим течения	Зона трения	A_1	m	β_{z1}
Ламинарный		64	1	25,1/g
Турбулентный	Гидравлически гладких труб	0,3164	0,25	0,14/g
	Смешанного трения	0,206 $E_o^{0,15}$	0,1	0,09 $E_o^{0,15}/g$
	Квадратичного трения	0,11 $E_o^{0,25}$	0	0,1 $E_o^{0,25}/g$

* Здесь E_o – относительная шероховатость труб

На участке же с двухфазным течением (после ЖГЭ) потери напора на трение следует находить по формуле

$$h_{тз} = h_{тсм} = h_t F(U), \quad (11)$$

где h_t – потери напора на трение при перекачке рабочей жидкости с расходом Q ,

$F(U)$ – функция, величина которой зависит от коэффициента эжекции

$$F(U) = \frac{\Psi_r}{(1+U)^{1,5(i-m)}}; \quad (12)$$

Ψ_r – приведенный коэффициент гидравлического сопротивления, учитывающий дополнительные потери напора в двухфазном потоке, вычисляемый по рекомендациям профессора Г Э Одишария

Насосно-эжекторная установка является весьма энергоемким объектом. Поэтому представляют практический интерес любые мероприятия, направленные на уменьшение потребляемой ею мощности. В работе показано, что для уменьшения развиваемого циркуляционным насосом давления жидкостно-газовый эжектор должен размещаться над циркуляционной емкостью.

При использовании низколетучих нефтепродуктов в качестве абсорбента паров бензина происходит понижение температуры их вспышки. Чтобы в дальнейшем не прибегать к их регенерации, необходимо периодически заменять абсорбент в контуре насосно-эжекторной установки.

По результатам проведенных исследований автором в диссертации построен график, позволяющий определить объем дизельного топлива, при котором уловленное количество бензина $S_{у\lambda\phi} G_6$ не испортит качества низколетучего нефтепродукта.

Выполненные оценки показали, что как в условиях нефтебаз, так и магистральных нефтепродуктопроводов за сутки реализуется больше низколетучего нефтепродукта, чем требуется, чтобы без потери качества абсорбировать суточные выбросы паров бензина.

В четвертом разделе произведена оценка области применения эжекторной системы УЛФ.

С использованием понятия чистого дисконтированного дохода получен безразмерный Ка-критерий для выбора средств сокращения потерь бензина, имеющий вид

$$Ka^* = \sum_{t=0}^{t_c} \frac{S_t (1 - W_t/\sigma_n^*)}{(1 + E)^t}, \quad (13)$$

где Ka^* – безразмерный критерий, $Ka^* = ЧДД/(\sigma_n^* G_{п} t_c)$,

S_t – достигаемое сокращение потерь от испарения в t -м году,

W_t – удельные затраты на сокращение потерь 1т бензина, произведенные в t -м году,

σ_n^* – обобщенная цена 1 тонны бензина, учитывающая плату за загрязнение окружающей среды и затраты в смежные области промышленности,

E – норма (ставка) дисконта,

t_c – период службы проекта

По своему физическому смыслу данный критерий представляет отношение среднегодового экономического эффекта от применения рассматриваемого средства к годовому ущербу от потерь бензина. Соответственно выбирать необходимо то средство сокращения потерь, для которого величина Ka -критерия является наибольшей

При расчете Ka -критерия необходимо знать степень улавливания, обеспечиваемую при применении эжекторной системы УЛФ. Для ответа на данный вопрос автором был спланирован и с использованием теории фазовых равновесий осуществлен математический эксперимент, в ходе которого были рассчитано остаточное содержание углеводородов в ПВС после ее контакта с дизельным топливом при различных давлениях P , температурах T и пропорциях смешения U . На основании полученных результатов были найдены случайные величины степени улавливания паров бензина в эжекторе S_0 и затем получено следующее уравнение регрессии

$$S_0 = 1 - 0,303 (\bar{P})^{-0,192} (\bar{T})^{1,75} (\bar{C}_0)^{-0,046} U^{0,123}, \quad (14)$$

где $\bar{C}_0, \bar{P}, \bar{T}$ – безразмерные величины концентрации, а также давления и температуры сепарации смеси в циркуляционной емкости, равные $\bar{C}_0 = C_0/100$, $\bar{P} = P_c/P_{ат}$, $\bar{T} = T_c/273$

Среднеквадратичная погрешность расчета величины S_{Σ} по формуле (14) составляет 8,1%. Выполненные расчеты показывают, что величины S_{Σ} лежат в пределах от 0,55 до 0,7. Величина S_{Σ} увеличивается по мере возрастания приведенного рабочего давления и уменьшения коэффициента эжекции, а также температуры.

Однако в связи с тем, что в эжекторной системе УЛФ дополнительное сокращение потерь обеспечивается совпадением операций заполнения и опорожнения резервуаров с бензином, общая величина степени улавливания может быть вычислена по формуле

$$S_{\text{улф-э}} = 1 - (1 - K_{\text{сэф}}) (1 - S_{\Sigma}), \quad (15)$$

Результаты расчетов величины $S_{\text{улф-э}}$ по формуле (15) приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Ожидаемая степень улавливания, обеспечиваемая применением эжекторных систем УЛФ

$K_{\text{сэф}}$	Величины $S_{\text{улф-э}}$ при S_{Σ} равных			
	0,5	0,6	0,7	0,8
0,2	0,6	0,68	0,76	0,84
0,4	0,7	0,76	0,82	0,88
0,6	0,8	0,84	0,88	0,92

Нетрудно видеть, что при высоких коэффициентах совпадения операций величина $S_{\text{улф-э}}$ может превышать 90%.

В заключение по полученным зависимостям были выполнены расчеты Кэ-критерия для различных средств сокращения потерь (дисков-отражателей, газовой обвязки, понтонов и эжекторной системы УЛФ) в зависимости от коэффициента оборачиваемости, номинальной вместимости резервуаров, а также области их применения (нефтебазовое хозяйство или система магистральных нефтепродуктопроводов). В связи с большим многообразием условий применения средств сокращения потерь расчеты были проделаны при ряде упрощающих допущений, в числе которых было предположение, что они внедряются в резервуарном парке за 1 год. Результаты расчетов представлены в

виде графиков зависимости Ка-критерия для каждого из рассмотренных технических средств от коэффициента оборачиваемости применительно к резервуарам, эксплуатируемым в условиях нефтебаз и магистральных нефтепродуктопроводов. В качестве примера на рисунке 3 приведен указанный график для расположенного на нефтебазе резервуара РВС 5000 при норме дисконта $E=0,15$ и остаточном сроке его службы, составляющем 20 лет.

Всего же в диссертационной работе приведено 24 подобных графика для резервуаров номинальным объемом от 400 до 10000 кубометров при различных нормах дисконта и разных остаточных сроках службы.

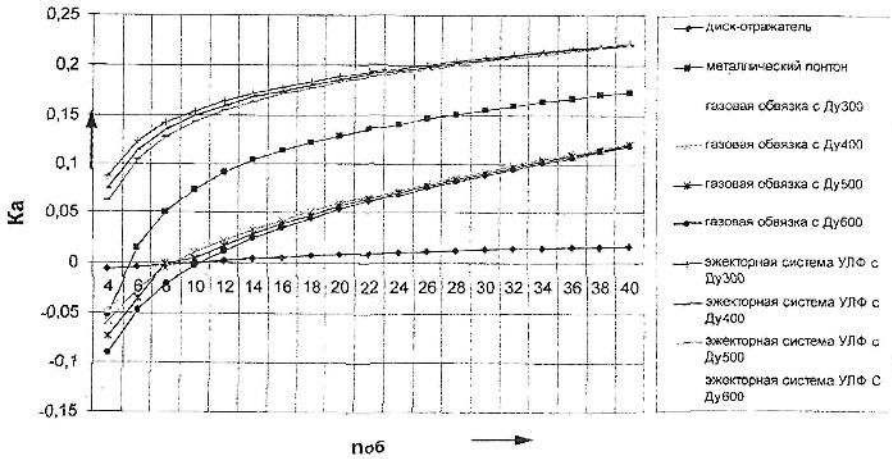


Рисунок 3 - Зависимость величины Ка-критерия от коэффициента оборачиваемости резервуара с бензином типа РВС 5000 ($E=0,15; t_c=20$ лет)

По результатам выполненных расчетов автором сделаны следующие выводы:

При увеличении коэффициента оборачиваемости величина Ка-критерия, как правило (за исключением случая, когда $E=0,05$), также увеличивается: для дисков-отражателей — по линейному закону, для остальных средств — по степенному.

В условиях нефтебаз, как правило, использование эжекторных систем УЛФ более предпочтительно, чем других технических средств сокращения

потерь При сроке службы $t_c=20$ лет и норме дисконта $E=0,15$ диски-отражатели способны конкурировать с ними только в условиях нефтебаз на резервуарах РВС 400 при коэффициентах оборачиваемости 8–12 1/год

Такой характер изменения области применения дисков-отражателей объясняется следующим. Хотя эффективность дисков-отражателей при низких коэффициентах оборачиваемости очень мала, их стоимость также очень низка. В данной области относительно дорогая эжекторная система УЛФ не может окупить себя сокращением потерь, а дешевые диски-отражатели, даже имея низкую эффективность, все равно дают экономический эффект. Следует, однако, отметить, что величина K_a -критерия для дисков-отражателей в данной области близка к нулю.

В условиях магистральных нефтепродуктопроводов картина сложнее. На резервуарах типа РВС с номинальной вместимостью до 1000 м^3 включительно наилучшие технико-экономические показатели имеет газовая обвязка. На резервуарах РВС 2000 и РВС 3000 наиболее предпочтительно применение понтонов. На резервуаре РВС 5000 при коэффициентах оборачиваемости по 24 1/год включительно предпочтительнее использовать понтоны, а при $n_{об} \geq 26$ 1/год – эжекторную систему УЛФ (хотя при больших диаметрах ГО она до $n_{об} \geq 28$ 1/год может проигрывать понтонам). Наконец, на резервуарах номинальным объемом 10000 м^3 и выше вне конкуренции эжекторная система УЛФ.

Уменьшение нормы дисконта до 0,05–0,1 (при $t_c=20$ лет) и остаточного срока службы резервуаров до 5 или 10 лет (при $E=0,15$) в условиях нефтебаз ведет к расширению области применения эжекторных систем УЛФ. В условиях резервуарных парков МНПП картина сложнее. Для резервуаров РВС 5000, например, уменьшение нормы дисконта до 0,05 или 0,1 (при $t_c=20$ лет) приводит к некоторому сокращению области применения эжекторной системы УЛФ, а уменьшение остаточного срока службы до 5 или 10 лет (при $E=0,15$) – к некоторому расширению.

При небольшой вместимости резервуаров и/или очень низких коэффициентах оборачиваемости применение большинства средств сокращения потерь бензина от испарения экономически нецелесообразно ($K_a < 0$).

Указанные закономерности обусловлены сложным влиянием на величину Ка-критерия сразу нескольких определяющих факторов S , $K_{уд}$, $\Delta_{уд}$, t_c и E

Сделанные выводы в отношении эффективности применения эжекторной системы УЛФ справедливы в случае, если к ней подключено 5 резервуаров с бензином. Если их будет меньше, то расширится область применения понтонов или газовой обвязки. При количестве подключенных резервуаров большем, чем 5 штук, эжекторная система УЛФ может стать вне конкуренции.

Приведенные выводы об области применения различных средств сокращения потерь бензина из резервуаров необходимо рассматривать как оценочные, т.к., во-первых, они были получены при ряде упрощающих допущений, а во-вторых, в настоящее время цены на материалы и оборудование являются договорными. Поэтому по каждому конкретному объекту расчет величин Ка-критерия должен быть уточнен.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1 Установлено, что сокращение потерь при применении газовой обвязки резервуаров и газоуравнительных систем относительно невелико и, как правило, не превышает 50%. Оно пропорционально коэффициенту оборачиваемости резервуаров и обратно пропорционально испаряемости хранимого нефтепродукта, а также количеству резервуаров, объединенных ГО или ГУС.

2 Разработана методика расчета параметров эжекторной системы УЛФ, включая выбор типа насоса, диаметров трубопроводной обвязки, высоты установки жидкостно-газового эжектора и объема низколетучего нефтепродукта при заданной периодичности его замены. Показано, что при выборе ЖГЭ наиболее информативными являются их характеристики в предложенных автором координатах зависимости приведенного давления, приведенной мощности, затрачиваемой на компримирование, и рабочего диапазона ЖГЭ по безразмерному расходу откачиваемой ПВС от коэффициента эжекции.

3 Установлена функциональная связь между степенью улавливания паров бензина, с одной стороны, и давлением, температурой и коэффициентом эжекции – с другой. Показано, что степень улавливания паров бензина в

эжекторе при использовании в качестве рабочей жидкости дизельного топлива, в основном, составляет от 0,55 до 0,7, а степень улавливания, обеспечиваемая эжекторной системой УЛФ, может превышать 0,9

4 Разработаны методические основы выбора средств сокращения потерь бензинов от испарения и на этой основе выполнен сравнительный анализ области применения эжекторных систем УЛФ и традиционных средств сокращения потерь. Оценочные расчеты показывают, что на нефтебазах наиболее целесообразно применение эжекторных систем УЛФ. В резервуарных парках магистральных нефтепродуктопроводов при номинальной вместимости резервуаров 1000 м^3 и менее предпочтительнее использовать газовую обвязку, при их вместимости, равной $2000 - 3000\text{ м}^3$ – понтоны, а при вместимости 10000 м^3 и выше – эжекторные системы УЛФ. Данные результаты справедливы при остаточном сроке службы резервуаров $t_c=20$ лет и норме дисконта $E=0,15$

Основное содержание работы опубликовано в следующих 14 научных трудах

- 1 Коршак А А , Щепин С Л Об использовании жидкостно-газовых эжекторов для улавливания паров нефти и нефтепродуктов // Проектирование и эксплуатация нефтегазового оборудования проблемы и решения материалы Всероссийской научно-технической конференции. –Уфа, 2004 -С 107-110
- 2 Коршак А А , Щепин С Л Применение жидкостно-газовых эжекторов в системах улавливания паров бензина // Фундаментальные проблемы разработки нефтегазовых месторождений, добычи и транспортировки углеводородного сырья материалы Международной конференции – М Институт проблем нефти и газа РАН, 2004. –С 204
- 3 Коршак А А , Щепин С Л Об эффективных коэффициентах совпадения операций резервуаров, соединенных ГУС // Проблемы совершенствования дополнительного профессионального и социогуманитарного образования специалистов ТЭК материалы 2-й Межотраслевой научно-практической конференции – Уфа ООО «Монография»,2005 -С 289-290

- 4 Коршак А А , Щепин С Л Об эффективности применения газовых обвязок // Трубопроводный транспорт – 2005. тезисы докладов Международной учебно-научно-практической конференции -Уфа ДизайнПолиграфСервис,2005-С 178-179
- 5 Коршак А А , Щепин С Л Безразмерные характеристики ЖГЭ // Трубопроводный транспорт – 2005 тезисы докладов Международной учебно-научно-практической конференции -Уфа ДизайнПолиграфСервис,2005 -С 180
- 6 Щепин С Л Аккумулирующая способность газосборника постоянного объема // Материалы 2-й Межотраслевой научно-практической конференции «Проблемы совершенствования дополнительного профессионального и социогуманитарного образования специалистов ТЭК» научные труды – Уфа ООО «Монография»,2005 -С 285-286
- 7 Щепин С Л , Коршак А А. Сокращение потерь нефти и нефтепродуктов от испарения при использовании газосборников переменного объема // Трубопроводный транспорт – 2005 тезисы докладов Международной учебно-научно-практической конференции -Уфа ДизайнПолиграфСервис,2005 -С 181-182
- 8 Коршак А А , Щепин С Л О связи между коэффициентами совпадения операций и оборачиваемости резервуаров // Трубопроводный транспорт – 2005 тезисы докладов Международной учебно-научно-практической конференции - Уфа ДизайнПолиграфСервис,2005 -С 182-183
- 9 Коршак А А , Щепин С.Л Гидравлический расчет технологических трубопроводов при неизвестном диаметре труб // 57-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых сборник тезисов докладов –Уфа· Изд-во УГНТУ, 2006 –Кн 1 -С 50
- 10 Коршак А А , Щепин С Л Определение периодичности замены дизтоплива в контуре эжекторной системы УЛФ // 57-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых сборник тезисов докладов –Уфа Изд-во УГНТУ, 2006 –Кн 2 -С 51
- 11 Коршак А А , Щепин С Л Расчет параметров эжекторной системы улавливания паров бензина // Надежность и безопасность магистрального

трубопроводного транспорта материалы V Международной научно-технической конференции –Новополоцк,2006 –С 214-215

12 Коршак А А , Щепин С Л Методические основы выбора технических средств сокращения углеводородных выбросов из резервуаров // Региональные проблемы экологии пути решения тезисы докладов 3-го Международного экологического симпозиума в городе Полоцке – Полоцк, 2006 –Т 1 –С 297-298

13 Коршак А А , Щепин С Л Область применения насосно-эжекторных установок для сокращения потерь бензинов // Трубопроводный транспорт-2006 тезисы докладов Международной учебно-научно-технической конференции - Уфа ДизайнПолиграфСервис,2006 -С 131

14 Коршак А А , Щепин С Л Гидравлический расчет технологических трубопроводов при неизвестных величинах их диаметров // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов -2007 -№2 -С 58-59

Подписано в печать 04.10.07 Бумага офсетная Формат 60x80 1/16

Гарнитура «Гаймс» Печать трафаретная Усл. печ. л. 1

Тираж 90 Заказ 198

Типография Уфимского государственного нефтяного технического университета

Адрес типографии

450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1