

## **Сравнительный анализ методов утилизации широкой фракции лёгких углеводородов из магистрального трубопровода**

Карсаков Кирилл Борисович,  
магистрант  
Гриванова Ольга Владимировна,  
кандидат технических наук, доцент  
ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет»  
Россия, Владивосток  
E-mail: KB.Karsakov@vvsu.ru; Тел. +79143413938  
ул. Гоголя, 41, г. Владивосток, Приморский край, Россия, 690014

*Цель работы заключается в исследовании различных вариантов утилизации широкой фракции лёгкой фракции лёгких углеводородов из полости магистрального трубопровода для проведения ремонтно-восстановительных работ. Актуальность данного вопроса подчёркивается важностью сохранения состояния окружающей среды.*

**Ключевые слова и словосочетания:** магистральный трубопровод, нефть, транспортировка, анализ, попутный газ, переработка, утилизация

### **Comparative analysis of methods of utilization of a wide fraction of light hydrocarbons from the main pipeline**

*The purpose of the work is to study various options for the utilization of a wide fraction of a light fraction of light hydrocarbons from the cavity of the main pipeline for repair and restoration work. The relevance of this issue is emphasized by the importance of preserving the state of the environment.*

**Keywords:** main pipeline, oil, transportation, analysis, associated gas, recycling, disposal

В современном мире энергетическая безопасность и экологические проблемы становятся все более актуальными. В связи с этим, важно искать новые методы утилизации ресурсов, чтобы обеспечить устойчивое развитие и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду. Одной из таких проблем является утилизация широкой фракции лёгких углеводородов (ШФЛУ) из магистрального трубопровода.

Магистральные трубопроводы являются важной частью инфраструктуры нефтегазовой отрасли, обеспечивая доставку нефти и газа на большие расстояния [1]. Однако, при транспортировке могут возникать поломки. Для проведения ремонтных работ необходимо опорожнить трубопровод. В противном случае наличие продукта в полости магистрали значительно увеличит время ремонта. А также это является грубым нарушением техники безопасности.

В данной статье будет проведен сравнительный анализ различных методов утилизации ШФЛУ из полости магистрального трубопровода. Будут рассмотрены такие методы, как применение подземных амбаров, передвижных ёмкостей, возврат продукта на нефтеперекачивающую станцию (НПС) и использование амбаров и факелов дожига. Каждый метод будет оценен по ряду критериев: эффективность использования ресурса, экономическая целесообразность и экологическая безопасность.

Целью данного анализа является выделение наиболее эффективных методов слива широкой фракции лёгких углеводородов для дальнейшего практического применения. Ре-

зультаты данного исследования помогут определить оптимальный способ использования данных ресурсов с точки зрения энергоэффективности и экологичности.

Что такое ШФЛУ и где его применяют?

Широкая фракция лёгких углеводородов представляет собой смесь различных углеводородных соединений, которые обладают низкой температурой кипения и могут превращаться в газовую фазу при комнатной температуре и атмосферном давлении. Эта фракция образуется в процессе переработки нефти и газа и представляет собой одну из основных компонентов нефтеперерабатывающей промышленности. К основным представителям ШФЛУ можно отнести: метан, этилен, пропан и бутан, которые являются главными составляющими природного и нефтяного попутного газов. Кроме того, в состав широкой фракции могут входить ещё более лёгкие углеводороды, такие как метанол, этанол, пропанол и другие [2].

Лёгкие углеводороды нашли широкое применение в промышленности. Они используются в производстве химических веществ, полимеров, синтетического волокна, лекарств, пластмасс и других материалов. Кроме того, их применяют как топливо для автомобилей и промышленных установок. Также ШФЛУ можно подвергнуть конверсии, то есть химическим реакциям, в результате которых можно получить более ценные углеводородные соединения, такие как бензол, толуол, ксилол и другие. Широкая фракция лёгких углеводородов может быть применена в качестве сырья для производства метанола и синтез-газа. Метанол используется в качестве химического сырья, а синтез-газ – в производстве различных веществ, таких как аммиак, метанол, метан, этанол и другие.

Зачем опорожнять магистральный трубопровод перед проведением ремонтно-восстановительных работ?

Опорожнение трубопровода перед ремонтными работами имеет несколько причин. Во-первых, это позволяет предотвратить возможные аварии или утечки газа, которые могут возникнуть во время проведения ремонтных работ. Легкие углеводороды, содержащиеся в трубопроводе, могут быть воспламенены при проведении сварочных или резательных работ, что представляет серьезную угрозу безопасности работников и окружающей среды. Поэтому опорожнение магистрали перед ремонтными работами обеспечивает защиту сотрудников от возможных опасностей. Во-вторых, опорожнение трубопровода позволяет использовать легкие углеводороды в дополнительных целях. Эти продукты могут быть собраны и реализованы, что позволяет получить дополнительный доход для компании. Поскольку ШФЛУ представляют значительную стоимость, их утилизация позволяет получить дополнительную прибыль для компании. Наконец, опорожнение трубопровода перед ремонтными работами обезопасит сам трубопровод. При проведении восстановительных мероприятий, таких как замена участка полотна или ревизия соединений, возникает вероятность повреждения стенок магистрали или появления ненужных напряжений. Если внутри трубопровода остается продукт, то существует риск возникновения коррозии или других повреждений. Опорожнение трубопровода перед ремонтными работами даст возможность тщательно осмотреть его состояние и принять соответствующие меры по устранению возможных проблем.

Таким образом, слив продукта из магистрального трубопровода перед ремонтными работами необходим как для обеспечения безопасности работников и окружающей среды, так и для возможности использования ШФЛУ в дополнительных целях. Кроме того, это позволяет предотвратить возможные повреждения самого продуктопровода. Все эти факторы делают опорожнение неизбежной процедурой при проведении ремонтных работ.

Применение подземных амбаров. Данные сооружения представляют собой специально сконструированные ёмкости, которые устанавливаются под землёй вблизи магистрального трубопровода. Они предназначены для сбора и хранения продукта, который сливается из трубопровода. Продукт может быть использован позже в других процессах или подвергнут переработке [3].

Преимуществом применения амбаров является возможность собирать и хранить большие объемы продукта. Это позволяет снизить потери при утилизации, так как ШФЛУ не

простаивает и не испаряется на поверхности. Кроме того, установка подземных амбаров позволяет сократить воздействие на окружающую среду, так как эти ёмкости находятся под землёй и не создают визуального загрязнения.

Однако, использование данные ёмкостей также имеет свои недостатки. Основным из них является высокая стоимость установки и обслуживания. Это связано с необходимостью проведения специальных работ по скрытому размещению и обслуживанию емкостей под землёй, а также с необходимостью регулярного осмотра и обслуживания системы сбора и хранения продукта. Кроме того, подземные амбары имеют ограниченный объем и не всегда подходят для утилизации больших потоков продукта. В таких случаях другие методы утилизации могут оказаться более эффективными.

В сравнении с другими методами утилизации, такими как факелы, используемые для сжигания продукта, и специальные установки для переработки продукта, применение подземных амбаров является менее вредным для окружающей среды. Однако, выбор метода утилизации должен основываться на соответствии конкретным требованиям и возможностям каждой отдельной ситуации.

Применение передвижных емкостей. Этот метод позволяет собирать и временно хранить ШФЛУ на месте возникновения аварии, а затем перекачивать в специализированные установки для дальнейшей обработки и использования.

Передвижные ёмкости имеют ряд преимуществ. Во-первых, они позволяют удобно и быстро собирать широкую фракцию лёгких углеводородов без необходимости прерывать работу трубопровода. Это особенно важно в случае аварийных ситуаций, когда необходимо оперативно утилизировать продукт, чтобы предотвратить возможность возникновения пожара или взрыва. Во-вторых, цистерны обладают достаточной вместимостью для сбора большого количества широкой фракции лёгких углеводородов. Это позволяет эффективно использовать ёмкости в тех случаях, когда объемы выходящего продукта являются значительными. При этом, благодаря возможности перекачки из ёмкостей в специализированные установки, обработка и утилизация происходит без потерь и с минимальными затратами. Кроме этого, передвижные ёмкости обладают достаточной мобильностью. Это означает, что их можно быстро передвигать на нужное место и максимально приблизить к месту аварии. Таким образом, утилизация ШФЛУ становится более эффективной и экономичной.

Однако применение цистерн имеет и некоторые ограничения. Во-первых, не всегда возможно быстро и эффективно организовать передвижение ёмкости на место их использования. В некоторых случаях требуется тщательное планирование и координация действий, чтобы собрать и перевезти все необходимые материалы и оборудование. Кроме того, цистерны требуют определенных условий для работы. Например, для безопасной эксплуатации необходима регулярная проверка и техническое обслуживание ёмкостей. Также необходимо обеспечить подходящие условия для хранения собранных продуктов, например, обеспечить вентиляцию и изоляцию ёмкостей.

Возврат ШФЛС на НПС при помощи реверсивного насоса. Возвращение широкой фракции легких углеводородов на нефтеперекачивающую станцию является важным этапом в утилизации данных веществ. Для этой цели одним из способов является использование реверсивного насоса.

Реверсивный насос представляет собой специальное оборудование, способное осуществлять обратный поток вещества по трубопроводу. В случае с ШФЛУ, это означает, что насос может перекачивать данную фракцию обратно в направлении нефтеперекачивающей станции [4].

Основным преимуществом использования реверсивного насоса для возврата ШФЛУ является упрощение процесса утилизации. Вместо того чтобы создавать сложные схемы и системы для перевода вещества из одного места в другое, можно просто использовать насос для обратного потока. Это значительно сокращает расходы на оборудование и снижает вероятность возникновения аварийных ситуаций. Кроме того, данный агрегат обеспечивает высокую эффективность процесса возврата ШФЛУ. Благодаря специальным конструктивным

решениям, он способен обеспечивать стабильный и равномерный поток вещества в обратном направлении. Это позволяет минимизировать потери и улучшить качество утилизации. Ещё одним преимуществом реверсивного насоса является его универсальность. Такое оборудование можно использовать для возврата не только ШФЛУ, но и других видов веществ. Это позволяет оптимизировать процессы утилизации на нефтеперекачивающей станции и обеспечить эффективную работу системы.

Однако, следует отметить, что применение возвратных насосов для возврата широкой фракции лёгких углеводородов имеет некоторые недостатки. Во-первых, необходимо производить предварительную обработку продукта перед возвратом, чтобы исключить наличие твердых частиц или других механических примесей, которые могут повредить оборудование. Во-вторых, необходимы дополнительные средства контроля и мониторинга процесса, чтобы убедиться в правильном функционировании реверсивного насоса и предотвратить возможные аварийные ситуации.

Таким образом, использование реверсивного насоса для возврата широкой фракции легких углеводородов на нефтеперекачивающую станцию является эффективным и удобным способом утилизации данных веществ. Он позволяет снизить затраты на оборудование, обеспечивает высокую эффективность процесса и является универсальным решением для обратного потока вещества. Однако, необходимо учитывать ограничения и особенности этого метода, а также предпринимать все необходимые меры для обеспечения безопасности и надежности работы системы.

Использование амбаров и факелов дожига является одним из методов утилизации широкой фракции лёгких углеводородов из магистрального трубопровода. Эти методы широко применяются в нефтяной и газовой промышленности.

Амбары – это специальные сооружения, предназначенные для сжигания жидких и газообразных углеводородов. Главной целью использования амбаров является предотвращение выброса в атмосферу метана, который является одним из самых губительных парниковых газов. В рассматриваемых устройствах продукт поджигается и полностью сгорает.

Факелы дожига являются ещё одним методом утилизации лёгких углеводородов. Они представляют собой трубы с открытым верхом, в которых продукт поджигается и сгорает на открытой поверхности. Устройства дожига позволяют надёжно уничтожать продукты без необходимости использования дополнительного оборудования. Факелы часто используются в процессах очистки и обезвреживания отходов попутного газа.

Анализ методов утилизации широкой фракции лёгких углеводородов показывает, что использование амбаров и факелов дожига имеет свои преимущества и недостатки. Основными преимуществами данных методов являются простота и надежность.

Однако, недостатками данных методов являются высокие выбросы других вредных веществ в атмосферу. В процессе сгорания в амбарах и факелах образуется значительное количество углекислого газа, который является причиной парникового эффекта и влияет на изменение климата. Кроме того, при использовании данных устройств может возникать проблема с появлением нежелательного запаха, который может негативно сказываться на окружающей среде и здоровье людей.

В целом, использование устройств дожига является одним из доступных и эффективных методов утилизации широкой фракции лёгких углеводородов. Но важно учитывать их негативное воздействие на окружающую среду и искать альтернативные методы, которые позволят более эффективно утилизировать попутный газ без негативных последствий.

Исходя из проведённого анализа, можно сделать вывод, что наиболее оптимальным методом откачки ШФЛУ из полости магистрального трубопровода является откачка при помощи реверсивного насоса. Но, к сожалению, у нас в стране в подавляющем большинстве случаев используют амбары и факелы. Это и связано с тем, что в стране отсутствует специализированное оборудование, которое необходимо для реверса продукта на НПС.

---

1. Шмулевич М.И. Транспортная инфраструктура нефтегазовой отрасли России / М.И. Шмулевич // Логистика и перевозки. – 2017. – №6 (73). – С. 36-44.
2. Рахматуллин Ш. Проблемы безопасности трубопроводов ШФЛУ / Ш. Рахматуллин // The Chemical Journal. – 2012. – №1 (4). – С. 24-29.
3. Патент № 2 589 879 С1 Российская Федерация, МПК E21B 21/01 (2006.01), B65G 5/00 (2006.01). Амбар для жидких углеводородов: №2015111114/03 заявл. 27.03.2015: опубл. 10.07.2016 / В.И. Паутов; заявитель ООО «НИИ Транснефть».
4. Моргунов К.П. Гидравлика: учебное пособие / К.П. Моргунов. – СПб: Издательство «Лань», 2024. – 288 с.