

О Т З Ы В

официального оппонента, *доктора технических наук, доцента*

Медведевой Оксаны Николаевны на диссертацию

Мартыненко Яны Владимировны на тему: «*Обоснование применения и выбор параметров газового эжектора в системах хранения сжиженного природного газа (СПГ)*», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.8.5. Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ

1. **Актуальность темы диссертации**

Диссертация Мартыненко Я. В. посвящена изучению проблемы утилизации отпарного газа с целью стабилизации давления в ёмкостях хранения и транспортирования СПГ, что в свете развития производства и использования сжиженного природного газа, являющегося одним из самых перспективных видов топлива для энергоснабжения различных категорий потребителей в России, и сочетающего в себе энергетические, экологические и экономические преимущества, определяет практическую ценность и актуальность поставленной задачи.

Образование отпарного газа в ёмкостях СПГ в результате поступления теплового потока из окружающей среды, работы погружных насосов, а также колебаний атмосферного давления является одной из ключевых проблем, возникающих при транспортировке и хранении СПГ, приводящей к качественному изменению состава смеси и влияющей на безопасность и экономическую эффективность хранения и транспортирования газа.

На сегодняшний день, несмотря на экономическую нецелесообразность утилизации отпарного газа без его последующего использования, последний продолжает сжигаться на факельных установках, стравливается в атмосферу (за исключением критических ситуаций), или же возвращается в процесс с высокими требованиями по безопасности с помощью установок повторного сжижения, регазификации с последующим использованием в качестве топливного газа для собственных нужд производства.

Применение газовых эжекторов в системах промысловой подготовки и переработки природного газа является эффективным методом использования энергетических ресурсов, получения простых и надёжных технических решений по сравнению с применением механических нагнетателей, в соответствии с тенденциями, направленными на развитие экологического и устойчивого потребления природных ресурсов, минимизации выбросов загрязняю-

щих веществ, внедрению доступных технологий в сфере охраны атмосферного воздуха от загрязнений.

2. Научная новизна диссертации

Целью диссертационного исследования является снижение энергозатрат и повышение уровня экологической безопасности при утилизации отпарного газа, образующегося в процессе хранения СПГ в резервуарах. При этом идея работы заключается в использовании для этих целей газового эжектора, в качестве рабочего тела которого выступает природный газ высокого давления.

Экспериментально установленная принципиальная возможность аккумуляции газовой среды заданных параметров в замкнутый объем повышенного давления с помощью эжекторного устройства в результате проведенного Мартыненко Я. В. диссертационного исследования, безусловно, обладает научной новизной.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Решение поставленных в диссертации задач базируется на применении общепризнанных методов математического и имитационного моделирования, фундаментальных научных положений, законов гидрогазодинамики.

При проведении лабораторных исследований на разработанной экспериментальной установке установлено, что при давлениях, когда газ находится в состоянии близком к идеальному, и обеспечении критического перепада, расход пассивной среды в эжекторе не зависит от расхода и давления активной среды.

Достоверность результатов и обоснованность подходов подтверждается использованием современных методов проведения научных исследований, средств измерений, удовлетворительной сходимостью результатов расчётов и экспериментальных исследований, анализом русскоязычных и иностранных источников научной литературы. Выводы автора свидетельствуют о достижении поставленной цели работы.

Результаты работы прошли апробацию и докладывались на конференциях различного уровня.

4. Научные результаты, их ценность

В рамках диссертационного исследования соискателем были получены следующие научные результаты:

– в целях оптимизации работы газовых эжекторов смоделирован процесс увлечения пассивной газовой среды за счёт активной, позволяющий оценить влияние на эффективность эжектирования следующих факторов: давления и расхода активной и пассивной сред; расстояния от среза сопла до

камеры смещения; места ввода пассивной среды в эжектор; основного геометрического параметра α ; коэффициента расхода сопла и редуктора; наличия на выходе эжектора аккумулялирующей ёмкости замкнутого объёма;

– при проведении экспериментальных исследований установлено, что при обеспечении критического перепада в эжекторе и постоянстве его геометрических параметров расход пассивной среды не зависит от расхода и давления активной среды, что определяет пропорциональность коэффициента эжекции отношению давлений пассивной и активной сред;

– экспериментально установлена максимальная величина коэффициента эжекции и возможность осуществления процесса эжектирования газа в замкнутый объём.

Научная ценность результатов диссертационного исследования заключается в разработке универсального способа утилизации отпарного газа с использованием эжекторного устройства, предполагающего возможность применения в различных технологических схемах хранения СПГ.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 18 печатных работах, в том числе в 2 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, в 3 статьях – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus; получено 3 патента.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации заключаются в решении частной задачи по усовершенствованию технологического процесса хранения СПГ, разработке и обосновании метода расчёта рабочих и геометрических параметров системы утилизации отпарного газа из резервуара СПГ с использованием газового эжектора, определении рациональных параметров высоконапорного потока газа, а также разработке патентоспособной конструкции эжекторной установки.

Практическая значимость результатов диссертации подтверждается патентами на разработанные технические решения, в том числе рекомендованные к внедрению на объекте КСПГ «Тобольск» компании ООО «Газпром СПГ технологии», что свидетельствует об актуальности отражённых в работе исследований, которые могут найти применение при проектировании и эксплуатации технологических линий СПГ.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Основные результаты работы могут быть использованы в деятельности профильных компаний при проектировании и сооружении объектов инфра-

структуры производства, транспортировки, хранения и распределения сжиженного природного газа, а также научно-производственных компаний, осуществляющих деятельность в сфере производства энергосберегающего оборудования для нужд нефтегазового комплекса.

7. Замечания и вопросы по работе

1. При определении научной новизны работы соискателем не указаны отличительные признаки разработанных и защищаемых решений от существующих.

2. Первая глава диссертации содержит часть материала описательного характера (с. 10–18, 20–22, п. 1.2.5), не имеющего особого значения для проведения дальнейших исследований, который без ущерба для ценности работы может быть сокращён до минимума.

3. По работе имеется ряд замечаний редакционного характера, в том числе к качеству представляемой графической информации. Так графические зависимости, представленные на рис. 1.21, 2.1, 3.1–3.7, не позволяют качественно оценить представляемую на них информацию из-за отсутствия подписей переменных величин по осям, черно-белого нечёткого изображения графиков, что в итоге может привести к искажённому восприятию и оценке результатов работы.

4. На рис. 1.23 представлена расчётная схема эжектора, а по тексту работы даётся пояснение по параметрам в сечении 1–1, 3–3, однако на указанной схеме данные сечения отсутствуют.

5. Проводилось ли численное моделирование работы эжектора, протекающих гидродинамических процессов, расчёт термодинамических характеристик потоков с использованием каких-либо имитационных программных сред?

6. В работе представлена схема экспериментальной установки с кратким описанием последовательности операций при проведении экспериментов. Следовало бы представить фото собранной установки для более наглядной демонстрации результатов работы.

7. Из текста работы не ясно, каким образом оценивалась погрешность полученных результатов экспериментов и какое влияние на результат оказывает наличие механических дефектов на внутренней поверхности сопла?

8. В главе 2 п. 2.2 при описании последовательности работы экспериментальной установки в качестве рабочего тела указан сжатый воздух. Требуется уточнение, насколько принятое допущение позволяет использовать в дальнейших расчётах (гл. 3) значения термодинамических параметров газа или «газовой среды». Какой газ имеется в виду? Метан или природный

газ, представляющий собой смесь газов? Так в п. 3.2.1 возникает некоторая путаница, например в формуле (3.3) в расчёте используется значение плотности воздуха, а далее в формуле (3.4) определяется значение массового расхода газа.

9. Из информации, представленной в п. 4.4, не ясно, откуда появились и каким образом были рассчитаны численные значения «сокращения капитальных и эксплуатационных затрат до 38 раз по потребляемой мощности», «многократное снижение капиталовложений и металлоёмкости» и т. д. С какими существующими способами утилизации паров СПГ проводилось сравнение? Значения, приведённые в данном разделе работы, требуют более детального обоснования.

10. Возможно ли автоматизировать проводимые расчёты по определению геометрических параметров эжекторной установки на резервуары СПГ иных характеристик? Проводились ли расчёты по тиражированию алгоритма с другими исходными данными?

11. В гл. 1 соискатель приводит формулу (1.15) для определения коэффициента полезного действия. Вместе с тем, далее по тексту, в том числе в выводах по работе, значения коэффициента полезного действия не приведены. Определялся ли указанный параметр для разработанной автором установки?

Указанные недостатки и замечания не являются критичными, не оказывают влияния на общую положительную оценку диссертационной работы и могут быть рассмотрены соискателем в качестве рекомендации к продолжению исследований в выбранном направлении.

8. Заключение по диссертации

Диссертация Мартыненко Яны Владимировны является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной задачи, имеющей существенное значение для развития нефтегазовой промышленности Российской Федерации и СПГ отрасли, в частности. Сформулированные в работе научные положения, выводы и рекомендации являются обоснованными, подтверждена их достоверность и научная новизна. Диссертационное исследование имеет теоретическое и практическое значение.

Диссертация «Обоснование применения и выбор параметров газового эжектора в системах хранения сжиженного природного газа (СПГ)», представленная на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.8.5. – Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ, полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении учёных степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский гор-

ный университет императрицы Екатерины II», утверждённого приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а её автор Мартыненко Яна Владимировна заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.8.5. Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ.

Официальный оппонент:

Профессор кафедры «Теплогазоснабжение
и нефтегазовое дело»

федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования

«Саратовский государственный технический
университет имени Гагарина Ю. А.»,

д.т.н., доцент

«12» июня 2024 г.

Медведева Оксана Николаевна

Подпись Медведевой Оксаны Николаевны заверяю

Учёный секретарь

Учёного совета

СГТУ имени Гагарина Ю. А.

«12» июня 2024 г.



Потапова Анжелика Владимировна

Сведения об официальном оппоненте:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Саратовский государственный технический универси-
тет имени Гагарина Ю. А.» (СГТУ имени Гагарина Ю. А.)

410054, Саратовская область, город Саратов, ул. Политехническая, 77

Официальный сайт в сети Интернет: <https://www.sstu.ru/>

эл. почта: medvedevaon@sstu.ru

телефон: +7(8452) 99-88-93

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю. А.» (СГТУ имени Гагарина Ю. А.)

410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77

Телефон: +7 (8452) 99-88-11; 99-86-03

E-mail: rectorat@sstu.ru; sstu_office@sstu.ru