

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по науке  
ФГБОУ ВО  
«Национальный исследовательский  
университет «Московский  
энергетический институт»

Д.Т.Н. доцент  
Драгунов Виктор Карпович



\_\_\_\_\_ марта \_\_\_\_\_ 2019 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Национальный исследовательский университет "МЭИ" на диссертацию **Белоусова Артёма Евгеньевича** «Обоснование способа редуцирования природного газа в системе газораспределения при помощи детандеров объемного типа», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 25.00.19 – Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ

Диссертация изложена на 127 страницах, состоит из введения, четырёх глав, заключения, списков сокращений, условных обозначений и литературы из 100 источников, а также 5 приложений, содержит 54 иллюстрации и 25 таблиц.

#### **1. Актуальность темы диссертации**

Расширение системы газораспределения влечет за собой увеличение количества пунктов редуцирования газа (ПРГ), требующих бесперебойного электроснабжения и зачастую эксплуатируемых в труднодоступных местах со сложными природно-климатическими условиями.

На сегодняшний день в большинстве ПРГ понижение давления газа происходит при помощи дросселирующих регуляторов давления, где поток газа безвозвратно теряет свою энергию, которую можно утилизировать с получением электроэнергии для обеспечения автономности электропотребляющих систем ПРГ.

Несмотря на изученность вопросов, связанных с утилизацией энергии природного газа, в настоящее время нет эффективных способов редуцирования и утилизации энергии, которые бы применялись в ПРГ, характеризующихся относительно малыми перепадами давлений, низкими величинами расходов и высокими степенями неравномерностей.

Таким образом, диссертация Белоусова А.Е. посвящена решению одной из актуальных научно-практических задач совершенствования процесса редуцирования природного газа для повышения эффективности системы газораспределения России.

*№ 78-10  
от 20.03.2019*

## **2. Научная новизна и основные научные результаты диссертационного исследования**

Автором была разработана математическая модель процесса детандерного расширения природного газа в нестационарных условиях питания на примере модифицированной линии редуцирования газорегуляторного пункта. Модель является «гибкой»: при сохранении общей структуры и метода её решения она может быть изменена в соответствии с особенностями любого вида объёмного детандера. Адекватность математической модели была подтверждена опытным путём.

Экспериментально и при помощи разработанной модели Белоусовым А.Е. были получены новые зависимости мощности утилизации и расхода газа через объёмный детандер-генераторный регулятор (ДГР) от давлений до и после него, а также от радиуса и частоты вращения его ротора.

В диссертации аналитическим и опытным путями была подтверждена эффективность способа редуцирования и утилизации энергии избыточного давления природного газа в системе газораспределения при помощи детандер-генераторных регуляторов объёмного типа. Было доказано, что при поддержании заданного режима течения газа его энергия преобразуется ДГР в количестве, достаточном для электроснабжения систем газорегуляторных пунктов и обеспечения их автономности.

Сформулированные соискателем научные положения, выводы и рекомендации достаточно обоснованы и достоверны, что подтверждается результатами лабораторных и теоретических исследований, а также их сопоставлением.

### **3. Практическая ценность работы**

Разработанная Белоусовым А.Е. математическая модель может быть использована для определения границ устойчивого функционирования ДГР в случаях различных возмущающих воздействий, вызванных неравномерностями отбора газа потребителями и изменением давления питающего газопровода. Также при её помощи методом подбора можно определять оптимальные параметры системы стабилизации и геометрии ДГР для обеспечения его эффективной работы и поддержания заданного выходного давления из ПРГ.

Полученные автором новые зависимости могут быть использованы для расчёта характеристик ДГР под требуемые параметры редуцирования в определенном узле системы газораспределения, автономность которого планируется повысить.

На основании вышеуказанных математической модели и зависимостей была разработана методика определения частоты вращения и радиуса ротора объёмного детандер-генераторного регулятора, работа которого предполагается в нестационарных условиях. При её помощи может быть произведен расчет параметров ДГР, обеспечивающих максимизацию количества утилизированной энергии с учётом планируемых режимов эксплуатации ПРГ.

Как реализация выводов и рекомендаций, приведенных в работе, соискателем были разработаны и запатентованы принципиальные схемы устройств для осуществления способа редуцирования природного газа в системе газораспределения при помощи детандер-генераторных регуляторов объёмного типа (патент РФ 2620624, патент РФ 2662784).

Таким образом, представленные в работе Белоусова А.Е. результаты диссертационного исследования обосновывают возможность использования способа понижения и поддержания давления природного газа на заданном уровне с одновременной утилизацией его энергии при помощи регулируемых объёмных расширительных машин для повышения эффективности пунктов редуцирования и, как результат, системы газораспределения.

В высших учебных заведениях результаты исследования рекомендуется использовать для изучения студентами направлений подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело» (уровень бакалавриата) и 21.04.01 «Нефтегазовое дело» (уровень магистратуры), а также 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (уровень магистратуры).

Полученные научные и практические результаты соответствуют п. 3 паспорта научной специальности 25.00.19 – Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ.

#### **4. Замечания по диссертационной работе**

При ознакомлении с диссертационной работой А.Е.Белоусова возникли следующие вопросы и замечания:

1. Все расчеты, представленные во второй главе, ведутся на примере только пластинчатого детандера, однако, для других видов детандеров объёмного типа полученные результаты могут отличаться. Следовало бы показать величину возможных отклонений.

2. В третьей главе расчет эффективности способа редуцирования был проведен на основании опытных данных, полученных с помощью экспериментальной установки, имеющей в своем составе непредназначенный для работы в исследуемом диапазоне давлений детандер. Очевидно, что в случае использования специализированного детандера эффективность была бы выше. Следовало бы провести дополнительный анализ эффективности детандера, адаптированного под конкретные условия.

3. Методика определения радиуса ротора детандера и частоты вращения его ротора представлена в четвертой главе в неочевидном виде. Следовало бы добавить в главу пример её использования.

4. При проведении технико-экономического анализа не была учтена стоимость системы поддержания качества генерируемой электроэнергии в случае отсутствия системы стабилизации частоты вращения ротора объёмного детандера.

5. Хотя результаты исследований, показанные в таблице 18, сомнений не вызывают и приведенные в ней размерности полученной экономии энергии правильны, следовало более четко сформулировать название таблицы (страница 79 диссертации).

Указанные замечания не принципиальны, не снижают общей положительной оценки диссертационной работы и носят рекомендательный характер.

#### **5. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней»**

Автором по теме диссертации опубликовано 13 научных работ, 3 из которых в изданиях, включенных в перечень рецензируемых научных изданий ВАК. Получены 2 патента на изобретение. Результаты работы прошли апробацию на Международных и Всероссийских конференциях. Автореферат в полной степени отражает наиболее существенные положения, выводы и рекомендации, описанные в диссертации.

Диссертация Белоусова Артёма Евгеньевича обладает внутренним единством и является завершённой научно-квалификационной работой, содержащей одно из решений задачи совершенствования процесса редуцирования, которое достигается путём применения детандеров объёмного типа, позволяющих утилизировать энергию потока природного газа. Решение этой задачи имеет существенное значение для дальнейшего развития системы газораспределения России.

Работа написана грамотным научно-техническим языком, качественно оформлена и соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., а её автор, Белоусов Артём Евгеньевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.19 – Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ.

Отзыв утверждён на заседании кафедры «Тепловые электрические станции» ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ». На заседании присутствовало 18 человек. Результаты голосования: «за» - 18 чел., «против» - нет, «воздержались» - нет. Протокол заседания № 3/19 от 19 марта 2019 года.

Зам.заведующего кафедрой  
тепловых электрических  
станций, доцент, к.т.н.



Дудолин  
Алексей Анатольевич

Автор отзыва  
профессор кафедры тепловых  
электрических станций, д.т.н.



Агабабов  
Владимир Сергеевич

Адрес: 111250, Россия, г. Москва, Красноказарменная улица, дом 14  
Телефон: +7 495 362-70-01 (ректор), +7 495 362-75-60 (справочная)  
Адреса электронной почты: universe@mpei.ac.ru, agababovvs@yandex.ru  
Сайт университета: <https://mpei.ru>

Подписавшие отзыв сотрудники согласны на обработку персональных данных и включение их в материалы, связанные с работой диссертационного совета.

Подписи Дудолна А.А.,  
Агабабова В.С. заверяю



ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА  
УПРАВЛЕНИЯ ПО РАБОТЕ С ПЕРСОНАЛОМ

