

О.Н. Медведева

# Системы автономного газоснабжения

Монография



IPR MEDIA

ИЗДАТЕЛЬСТВО

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени ГАГАРИНА Ю.А.»

**О.Н. Медведева**

# **СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО ГАЗОСНАБЖЕНИЯ**

**МОНОГРАФИЯ**

**Ай Пи Ар Медиа  
Саратов • 2020**

УДК 621.6.01  
ББК 31.19  
М42



*Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проекту № 19-18-00034, не подлежит продаже*

**Автор:**

*Медведева О.Н.* — д-р техн. наук, проф. кафедры теплогазоснабжения, вентиляции, водообеспечения и прикладной гидрогазодинамики Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Рецензенты:**

*Шурайц А.Л.* — д-р техн. наук, проф., генеральный директор АО «Гипрониигаз»;  
*Перфилов В.А.* — д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой нефтегазовых сооружений Волгоградского государственного технического университета

**Медведева, О.Н.**

**М42** Системы автономного газоснабжения : монография / О.Н. Медведева. — Саратов : Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 296 с.  
ISBN 978-5-4497-0257-9

Рассмотрены вопросы технико-экономической оптимизации систем автономного газоснабжения потребителей на базе сжиженного природного и сжиженного углеводородного газов. Приведены методики для расчета основных параметров процесса транспортировки и использования сжиженного газа различными категориями потребителей. Предложены технические решения, обеспечивающие эффективное функционирование автономных систем газоснабжения на базе сжиженных газов.

Издание предназначено для инженеров, научных работников, аспирантов, занимающихся вопросами проектирования и эксплуатации систем газораспределения и газопотребления.

The questions of technical and economic optimization of autonomous gas supply systems to consumers on the basis of liquefied natural and liquefied hydrocarbon gases are considered.

Methods are given for calculating the main parameters of the transportation process and use of liquefied gas by various categories of consumers. Technical solutions providing effective functioning of autonomous gas supply systems based on liquefied gases are proposed.

The publication is intended for engineers, researchers, postgraduate and students engaged in the design and operation of gas distribution and gas consumption systems.

© Медведева О.Н., 2020

© Оформление. ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа», 2020

# ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	8
СПИСОК БУКВЕННЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	11
ВВЕДЕНИЕ.....	15

<b>ЧАСТЬ 1. ОПТИМИЗАЦИЯ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА.....</b>	<b>18</b>
---	-----------

<b>ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И НАУЧНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ К РЕАЛИЗАЦИИ ЗАДАЧИ АВТОНОМНОГО ГАЗОСНАБЖЕНИЯ.....</b>	<b>18</b>
--	-----------

1.1. Современное состояние и перспективы развития систем газоснабжения Российской Федерации.....	18
1.2. Выбор вида энергоносителя для топливоснабжения потребителей.....	27
1.3. Определение составляющих дисконтированных затрат в сравниваемые варианты .....	28
<i>Выводы</i> .....	46

<b>ГЛАВА 2. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СХЕМНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ СИСТЕМ ТОПЛИВОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ СПГ .....</b>	<b>47</b>
--	-----------

2.1. Анализ существующих способов производства и транспортировки природного газа различным категориям потребителей.....	47
2.2. Разработка способа транспортировки сжиженного природного газа потребителям, удаленным от магистральных газопроводов.....	50
2.3. Определение оптимального местоположения завода по сжижению природного газа на плане газоснабжаемой территории .....	55
2.4. Усовершенствование конструкции транспортных средств для доставки сжиженного природного газа .....	61
2.4.1. <i>Состояние вопроса и теоретические предпосылки</i> .....	61
2.4.2. <i>Схема модернизированной цистерны для транспортировки сжиженного природного газа</i> .....	64
<i>Выводы</i> .....	68

<b>ГЛАВА 3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ СХЕМЫ ДОСТАВКИ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА ПОТРЕБИТЕЛЯМ .....</b>	<b>69</b>
3.1. Выбор хладоносителя.....	69
3.2. Определение давления хладоносителя в криогенной цистерне....	72
3.3. Определение основных термодинамических параметров хладоносителя и природного газа в цикле производства СПГ ....	73
3.3.1. <i>Определение давления инверсии предварительно                 охлажденного природного газа .....</i>	<i>73</i>
3.3.2. <i>Определение температуры охлажденного                 природного газа .....</i>	<i>77</i>
3.4. Определение перерасхода топлива при использовании новой конструкции транспортной цистерны.....	82
3.5. Определение объема заполнения сосуда цистерны.....	83
3.6. Расчет модельной цистерны на прочность.....	85
3.7. Проведение вычислительного эксперимента по определению основных термодинамических параметров хладоносителя и природного газа в цикле производства СПГ.....	92
<b>Выводы .....</b>	<b>102</b>
 <b>ГЛАВА 4. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СХЕМЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА .....</b>	<b>102</b>
4.1. Определение расхода топлива и экономического эффекта от внедрения новой конструкции цистерны .....	102
4.2. Сравнительная экономическая эффективность использования схемы с возвратом хладоносителя .....	109
4.3. Выявление экономической эффективности реализации модернизированного способа транспортировки СПГ.....	115
<b>Выводы .....</b>	<b>117</b>
 <b>СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ К ЧАСТИ 1 .....</b>	<b>119</b>
 <b>ЧАСТЬ 2. ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ СНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СЖИЖЕННЫМ УГЛЕВОДОРОДНЫМ ГАЗОМ....</b>	<b>129</b>
 <b>ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ИСХОДНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ РЕАЛИЗАЦИИ ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ.....</b>	<b>129</b>
1.1. Анализ состояния и перспективы развития газификации на базе сжиженного углеводородного газа .....	129

1.2. Особенности снабжения сжиженным углеводородным газом сельских населенных пунктов и основные направления развития систем газоснабжения.....	134
<b>Выводы</b> .....	141

## **ГЛАВА 2. ОПТИМИЗАЦИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ГАЗА И ОБОСНОВАНИЕ ГАЗОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ** .....

142

2.1. Анализ существующей структуры энергопотребления жилыми зданиями усадебного типа .....	142
2.2. Техничко-экономический анализ сберегающих мероприятий в системах газотеплоснабжения усадебных зданий .....	146
2.2.1. Учет топлива и энергии .....	146
2.2.2. Влияние архитектурно-планировочных решений на экономию топлива.....	152
2.2.3. Повышение коэффициента полезного действия топливоиспользующих агрегатов.....	153
2.2.4. Повышение уровня тепловой защиты здания .....	155
2.2.5. Совершенствование конструкций системы отопления и утилизация тепловой энергии вентиляционного воздуха и горячей воды .....	160
2.2.6. Применение возобновляемых источников энергии.....	161
2.2.7. Применение энергии солнца.....	163
2.2.8. Использование энергии ветра с помощью индивидуальных ветроэлектрогенераторов .....	169
2.2.9. Теплонасосные установки .....	170
2.2.10. Применение биогазового топлива при энергоснабжении населенных пунктов .....	174
2.3. Разработка модели энергосберегающего здания усадебного (коттеджного) типа.....	189
2.3.1. Выбор оптимальной конфигурации и размеров зданий ....	189
2.3.2. Сравнительная эффективность тепловой защиты строительных ограждений .....	191
2.3.3. Оптимальное термическое сопротивление ограждающих конструкций .....	194
2.4. Годовое энергопотребление индивидуальным жилым зданием усадебного (коттеджного) типа .....	197
2.5. Общая характеристика и структура энергопотребления объектов агропромышленного комплекса .....	200
<b>Выводы</b> .....	203

<b>ГЛАВА 3. ВЫБОР ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЕРВУАРНЫХ УСТАНОВОК СЖИЖЕННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА</b> .....	<b>204</b>
3.1. Выбор схемных решений резервуарных установок сжиженного углеводородного газа .....	204
3.1.1. <i>Общая характеристика и классификация установок по способу регазификации сжиженного углеводородного газа</i> .....	204
3.1.2. <i>Резервуарные установки с естественной регазификацией сжиженного углеводородного газа (РУЕР)</i> .....	206
3.1.3. <i>Резервуарные установки с искусственной регазификацией сжиженного углеводородного газа</i> .....	211
3.2. Обоснование компонентного состава сжиженного углеводородного газа в различных климатических зонах России .....	216
3.3. Выбор расчетных эксплуатационных параметров резервуарных установок сжиженного углеводородного газа с естественной регазификацией .....	221
3.4. Разработка математической модели оптимизации подземных резервуарных установок с естественной регазификацией .....	226
3.4.1. <i>Общая постановка задачи</i> .....	226
3.4.2. <i>Определение капитальных вложений в сооружение резервуарных установок</i> .....	226
3.4.3. <i>Определение расходов по эксплуатации резервуарных установок</i> .....	230
3.4.4. <i>Решение задачи в условиях неопределенности конвертирования стоимостных факторов</i> .....	232
3.5. Выбор оптимальных технологических параметров резервуарных установок сжиженного углеводородного газа с естественной регазификацией продукта .....	234
<b>Выводы</b> .....	<b>239</b>
<b>ГЛАВА 4. ОПТИМАЛЬНАЯ ЦЕНТРАЛИЗАЦИЯ РЕЗЕРВУАРНЫХ СИСТЕМ СНАБЖЕНИЯ СЖИЖЕННЫМ УГЛЕВОДОРОДНЫМ ГАЗОМ</b> .....	<b>241</b>
4.1. Состояние вопроса и теоретические предпосылки к решению задачи .....	241

---

4.2. Постановка задачи и разработка целевой функции.....	242
4.3. Определение интегральных затрат по групповым резервуарным установкам .....	244
4.3.1. Групповые резервуарные установки с естественной регазификацией.....	244
4.3.2. Групповые резервуарные установки, оснащенные грунтовыми испарителями .....	245
4.3.3. Групповые резервуарные установки, оснащенные электрическими испарителями .....	247
4.4. Определение интегральных затрат по распределительным газопроводам.....	247
4.5. Методика решения задачи и анализ погрешности экономико-математической модели .....	258
4.6. Техничко-экономическое обоснование оптимальной централизации резервуарных систем снабжения сжиженным углеводородным газом .....	261
4.7. Выбор рациональной области применения централизованных систем резервуарного газоснабжения поселков .....	266
<b>Выводы</b> .....	268
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ К ЧАСТИ 2</b> .....	270
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b> .....	286