

О. В. КРЮКОВ, А. В. САУШЕВ, М. Н. СЫЧЕВ., Н. И. СЫЧЕВ, В. А. ИППОЛИТОВ

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА СИСТЕМ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СВЯЗИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ



# **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА СИСТЕМ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СВЯЗИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

***Монография***

***Под общей редакцией доктора технических наук О. В. Крюкова  
и доктора технических наук А. В. Саушиева***

**Москва Вологда**  
**«Инфра-Инженерия»**  
**2022**

УДК 621.3

ББК 31.2

И73

*Авторы:*

Крюков О. В., Саушев А. В., Сычев М. Н., Сычев Н. И., Ипполитов В. А.

*Рецензенты:*

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ,  
профессор кафедры электрооборудования, электропривода и автоматики  
НГТУ им. Р. Е. Алексеева *В. Г. Титов*;

доктор технических наук, профессор, руководитель  
НОЦ «Энергоэффективные двигатели двойного питания» НИ Мордовского  
гос. университета им. Н. П. Огарева, эксперт РАН РФ *И. В. Гуляев*

И73

**Интеллектуальная диагностика систем электрооборудования и  
связи магистральных трубопроводов** : монография / [Крюков О. В.  
и др.] ; под общ. ред. д-ра техн. наук О. В. Крюкова и д-ра техн. наук  
А. В. Саушева. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 276 с.: ил.,  
табл.

ISBN 978-5-9729-1044-1

Рассмотрены основные парадигмы систем диагностики и прогнозирования технического состояния трубопроводной части и электрооборудования технологических установок компрессорных станций и технологической сети подвижной радиосвязи участков магистральных газо- и нефтепроводов. Предложены результаты комплексного исследования особенностей трубопроводной обвязки и средств мониторинга безопасного транспорта углеводородного сырья. Приведен анализ радиопокрытия проектируемой сети технологической подвижной радиосвязи.

Для специалистов электротехнических, электроэнергетических и радиотехнических направлений, занятых в проектировании, модернизации и эксплуатации современного оборудования нефтегазопроводов. Может быть полезно студентам при выполнении дипломных проектов и при обучении в магистратуре и аспирантуре по соответствующим направлениям.

УДК 621.3

ББК 31.2

ISBN 978-5-9729-1044-1

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2022

© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2022

## **СОДЕРЖАНИЕ**

Список принятых сокращений.....	5
Введение.....	7
<b>Глава 1. МОНИТОРИНГ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ГАЗОПРОВОДОВ.....</b>	<b>9</b>
1.1. Концепция системы мониторинга технического состояния компрессорных станций.....	9
1.2. Оценка напряженно-деформированного состояния МГ по данным оперативного мониторинга.....	16
1.3. Теория и технологии ресурсного мониторинга и прогнозирования состояния оборудования.....	29
1.4. Интеллектуализация процедур мониторинга и визуализации состояния магистрального газопровода.....	50
1.5. Опыт комплексной автоматизации объектов магистрального газопровода «Ямал-Европа».....	67
1.6. Прогнозирование состояния участков МГ в условиях повышенной сейсмоактивности.....	96
1.7. Нейро-нечеткие алгоритмы ВСМП состояния ЭГПА.....	101
1.8. Диагностика и новые функциональные возможности СЭС ОПО на базе КТП «Каскад».....	119
<b>Глава 2. СИСТЕМЫ СВЯЗИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ЛПУ МГ.....</b>	<b>128</b>
2.1. Анализ функциональных возможностей АВО газа для роста эффективности магистрального транспорта газа.....	128
2.2. Электрооборудование и автоматизация систем промышленного водоотведения.....	150

2.3. Оценка и анализ радиопокрытия проектируемой сети технологической подвижной радиосвязи.....	163
2.4. Планирование технологической сети подвижной радиосвязи с использованием цифровой модели местности.....	182
2.5. Анализ показателей надежности технологической сети связи ПАО «Газпром» на различных этапах развития.....	188
2.6. Метод расчета характеристик структурной надежности сети связи как основа анализа надежности сети технологической связи ПАО «Газпром».....	196
2.7. Анализ надежности связи систем линейной телемеханики МГ ПАО «Газпром».....	202
2.8. Разработка экспериментальной установки для исследования комбинированной системы автономного ЭС.....	210
2.9. Результаты испытаний электромеханической части ВЭУ автономных энергоисточников.....	234
Заключение.....	257
Список использованной литературы.....	258

## **ВВЕДЕНИЕ**

Выход в свет нового тома монографии творческого коллектива авторов ООО «ТСН-электро» и ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова» знаменует собой значимый этап большой инновационной деятельности коллектива по отдельным актуальным направлениям проектирования объектов трубопроводного транспорта ЕСГ России. Представленная монография является результатом научно-технических разработок в основном в области мониторинга магистральных газопроводов и инфраструктуры транспорта газа, а также по проектированию телекоммуникаций, связи и анализу технико-экономических аспектов управления. Большой интерес ведущих специалистов в нефтегазовой отрасли, ТЭК и вузовской науки к различным направлениям и результатам проектных и инновационных работ обусловил необходимость продолжения традиций изданий монографий с расширением спектра новых направлений.

Этому способствуют:

- динамично развивающийся прогресс электроэнергетической отрасли и уровень проектно-технологической организации ООО «ТСН-электро» с опытным коллективом специалистов высокого класса по проектированию и реализации цифровых комплексных подстанций, систем мониторинга и связи, электростанций, систем оперативно-диспетчерского управления и диагностики различных промышленных объектов, включая магистральные газопроводы;
- постоянное увеличение объемов проектно-технологических, инженерных, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в обществе с ростом коллектива специалистов, в том числе высшей квалификации;
- целенаправленная кадровая политика, направленная на стимулирование инновационных разработок и внедрения новой техники, обусловила рост квалификации специалистов;
- многократный рост числа публикаций в журналах (особенно, из перечня, рекомендованного ВАК в реферируемых журналах), участия в Международных и отраслевых конференциях, симпозиумах и конгрессах, а также обмен опытом на отраслевых совещаниях и НТС ПАО «Газпром».

Во вновь представленном читателям томе коллективной монографии авторов собраны наиболее интересные и значимые публикации, в которых даются основные акценты на новые достижения в области телекоммуникаций и связи, как основных составляющих эффективного управления ответственными технологическими процессами, а также проектно-технологические аспекты диагностики и прогнозирования технического состояния объектов трубопроводного транспорта.

Большой спектр рассматриваемых проблем обусловил участие в создании данного тома монографии ведущих специалистов, долгое время занимающихся актуальными аспектами создания эффективных методов комплексного проектирования систем магистрального транспорта газа. Кроме того, уже традиционно часть книги отводится материалам, связанным с формированием концептуальных документов и новой нормативно-технической документации по проектированию, разработке и внедрению инновационной техники и технологий газотранспортных систем.

Авторы выражают искреннюю благодарность рецензентам – доктору технических наук, профессору, заслуженному деятелю науки РФ, профессору кафедры «Электрооборудование, электропривод и автоматика» НГТУ им. Р.Е. Алексеева В. Г. Титову и доктору технических наук, профессору, руководителю НОЦ «Энергоэффективные двигатели двойного питания» НИ Мордовского гос. университета им. Н.П. Огарева, эксперту РАН РФ И. В. Гуляеву за ценные замечания по редактированию структуры и текста монографии.

Настоящая монография предназначена для специалистов проектных и эксплуатационных предприятий, обеспечивающих технико-технологическое обеспечение строительства, ремонт и реконструкцию объектов магистральных газопроводов, магистрантов и аспирантов, а также для научных работников в области проектирования и эксплуатации оборудования технологической связи объектов газотранспортных систем, а также экономики проектирования и управления электроэнергетическим комплексом газовой промышленности.

*Научное издание*

Крюков Олег Викторович  
Саушев Александр Васильевич  
Сычев Максим Николаевич  
Сычев Николай Иванович  
Ипполитов Владимир Алексеевич



**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА  
СИСТЕМ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СВЯЗИ  
МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

*Монография*

ISBN 978-5-9729-1044-1



Подписано в печать 30.03.2022  
Формат 60×84/16. Бумага офсетная.  
Гарнитура «Таймс».

Издательство «Инфра-Инженерия»  
160011, г. Вологда, ул. Козленская, д. 63  
Тел.: 8 (800) 250-66-01  
E-mail: [booking@infra-e.ru](mailto:booking@infra-e.ru)  
<https://infra-e.ru>

Издательство приглашает  
к сотрудничеству авторов  
научно-технической литературы