

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»

УДК 001.891.573

№ госрегистрации 20160587

Инв №

Ректор
д.т.н., профессор

_____ Д.Н. Лазовский

« ____ » _____ 2018г.

ОТЧЕТ

о выполнении в 2016-2018гг. задания 1.8.06

«Методы и алгоритмы расчета стационарной модели транспортировки газа большой
размерности для решения задачи учета запаса газа на магистральном газопроводе
ОАО "Газпром трансгаз Беларусь"» государственной программы научных
исследований
«Информатика, космос и безопасность»

Начальник ОСНИ

_____ Т.В. Гончарова

« ____ » _____ 2018г.

Научный руководитель
проректор по научной работе,
к.т.н., доцент

_____ Д.О. Глухов

« ____ » _____ 2018г.

Новополоцк 2018

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель,
проректор по научной работе,
к.т.н., доцент

_____ Д.О. Глухов
(Главы 2, 5, заключение)

Ответственный исполнитель
старший преподаватель

_____ А.П. Андриевский
(Ведение,
Глава 1, приложение)

Исполнители:

Старший преподаватель

_____ А.Н. Янушенок
(Глава 3)

Старший преподаватель

_____ Т.М. Глухова
(Глава 4)

Нормоконтролер

_____ Л.В. Ищенко

РЕФЕРАТ

Отчет 68с., 9 рис., 5 табл., 25 источников.

Этап №1: Исследование численных методов расчета задачи транспортировки газа в стационарном режиме.

Объект исследования или разработки: математическая модель газотранспортной системы.

Цель работы – провести исследования численных методов расчета задачи транспортировки газа в стационарном режиме.

При проведении исследований использовались следующие методы и методологии: моделирование на ЭВМ, численные методы: методы повышения скорости сходимости, методы анализа качества.

В результате исследований собрана, проанализирована и систематизирована информация о современных методах моделирования газотранспортной системы в стационарном режиме, а также рассмотрены численные методы расчета задачи транспортировки газа в стационарном режиме.

Результаты НИР вошли в состав программного комплекса расчета запаса газа ОАО «Газпром трансгаз Беларусь» (разработчик Полоцкий государственный университет). А также используются на кафедре трубопроводного транспорта, вентиляции и гидравлики УО «Полоцкий государственный университет» при чтении лекций, проведении лабораторных работ, при выполнении дипломных проектов и при проведении научно-исследовательской работы студентов, магистрантов и аспирантов.

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	4
ПЕРЕЧЕНЬ ТЕРМИНОВ И СОКРАЩЕНИЙ	6
1 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ	8
1.1 Анализ предметной области и формулировка системных требований	8
1.2 Математическая модель линейного участка газотранспортной системы	13
1.3 Определение давлений и температур в промежуточных точках магистрального трубопровода	14
1.4 Расчет коэффициента гидравлической эффективности	20
1.5 Моделирование процесса теплопередачи от газа в грунт	21
1.6 Моделирование температуры грунта	22
1.7 Расчет относительной плотности газа по воздуху	23
1.8 Определение запаса в шлейфах подключения и внутренних коммуникациях компрессорных цехов	23
Выводы по главе 1	24
2 РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ НЕЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ.....	25
2.1 Общий алгоритм определения гидравлического и температурного состояния газотранспортной сети	25
2.2 Анализ применимости классических алгоритмов решения систем нелинейных уравнений	26
2.3 Разработка и анализ алгоритма с накоплением истории и использованием локальных эвристик	29
2.4 Разработка методов получения первого приближение решения расчетной системы уравнений.....	35
2.5 Разработка алгоритмов оптимизации расчетной модели.....	37
2.5.1 Формализация задачи оптимизации	37
2.5.2 Разработка алгоритма упрощения модели газотранспортной системы за счет удаления близкорасположенных узлов.....	39
2.5.3 Разработка алгоритма объединения участков трубопровода с идентичными параметрами сечения	40
2.5.4 Разработка алгоритма поиска фрагментов-баллонов	40
Выводы по главе 2.....	41

3 МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РЕШЕНИЯ ДЛЯ СТАЦИОНАРНОГО РЕЖИМА ТРАНСПОРТИРОВКИ ГАЗА	42
3.1 Классификация методов оценки качества	42
3.2 Реализация инструментов оценки качества в рамках программного комплекса расчета запаса газа ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»	43
Выводы по главе 3	45
4 АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ТОВАРНО-ТРАНСПОРТНОЙ РАБОТЫ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА В РАМКАХ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ СТАЦИОНАРНОЙ МОДЕЛИ ТРАНСПОРТИРОВКИ ГАЗА	47
4.1 Формализация задачи расчета ТТР	47
4.2 Алгоритм поиска компонентов связности в ориентированном графе.....	48
4.3 Алгоритм расчета ТТР	49
Выводы по главе 4	53
5 ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ НА РЕЗУЛЬТАТ РАСЧЕТА ЗАПАСА ГАЗА	54
Выводы по главе 5	55
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	56
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	57
Приложение 1	61
Приложение 2	67
Научные статьи в журналах и сборниках научных трудов	67

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. История предприятия // Официальный сайт ОАО «Белтрансгаз» [Электронный ресурс]. – Минск, 2011. – Режим доступа: <http://www.btg.by/history.html>. – Дата доступа: 23.01.2011.
2. Балабанов А.А. Система поддержки принятия решений при автоматизированном оперативно-диспетчерском управлении объектами добычи и транспорта газа: автореф. ... дис. канд. техн. наук: 07.03.2008. / Балабанов А.А. // Авторефераты и темы диссертаций [Электронный ресурс]. – Москва, 2011. – Режим доступа: http://delist.ru/article/07032008_balabanov/page1.html. – Дата доступа: 23.01.2011.
3. ГОСТ 30319.0-96 Газ природный. Методы расчета физических свойств. Общие положения. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации Минск 1996.
4. ГОСТ 30319.1-96 Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение физических свойств природного газа, его компонентов и продуктов его переработки. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации Минск 1996. С учетом Изменения № 1 (протокол № 22 от 06.11.2002).
5. СТО Газпром 2-3.5-051-2006 Нормы технологического проектирования магистральных газопроводов. Москва 2006.
6. СНБ 2.04.05–2000 Строительная климатология. Міністэрства архітэктуры і будаўніцтва Рэспублікі Беларусь. Мінск 2001.
7. СНиП 2.02.04-88 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Государственный строительный комитет СССР. Москва 1990.
8. Самойлов Роман Вячеславович. Математическое и программное обеспечение задач оптимального управления функционированием и развитием газопроводных сетей и систем : Дис. канд. техн. наук : 05.13.11 Москва, 2005 210 с. РГБ ОД, 61:05-5/2548
9. Новоселов В.Ф., Гольянов А.И., Муфтахов Е.М. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации газопроводов. vМ.: Недра, 1982.
10. Семухин М.В. Алгоритм расчета сети материальных потоков, имеющей древовидную подструктуру. Известия ВУЗов "Нефть и газ", вып. 3. - Тюмень, ТюмГНУ, 1998, с.82-85.
11. Kralik J., Stiegler P., Vostry Z., Zavorka J. Modelovani dynamiky rozsahlych siti. Praha, Akademia, 1984, 364p.
12. Семухин М.В. Многоуровневая система моделей для расчета режимов работы сетевого межпромышленного коллектора и газоразборных сетей / Нефтегазовое дело, 2007. – с.1-1
13. Каханер Д., Моулер К., Нэш С. Численные методы и математическое обеспечение: Пер с англ. — М.: Мир, 1998. — 575с.
14. Г. Корн , Т. Корн Справочник по математике. – М: Наука, 1977. – 832с. Stroud A. Approximate Calculation of Multiple Integrals, — Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1972.

15. Глухов Д.О., Авилкин С.А., Оськин А.Ф. Комбинированный алгоритм решения системы нелинейных уравнений газодинамической задачи для сетей транспортировки газа / Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С, Фундаментальные науки: научно-теоретический журнал.- Новополоцк : ПГУ, 2011. - № 4.- С. 8-13

16. Глухов Д.О., Авилкин С.А. Комбинированный алгоритм решения системы нелинейных уравнений газодинамической задачи для сетей транспортировки газа с использованием локальных эвристик / Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С, Фундаментальные науки: научно-теоретический журнал.- Новополоцк : ПГУ, 2011.- № 12.- С. 9-15

17. Глухов Д.О. Программный комплекс расчета запаса газа в газотранспортной системе ОАО «Газпром трансгаз Беларусь». Опыт эксплуатации / Авилкин С.А., Андриевский, А.П., Чумак, В.В., Янушонок, А.Н. // Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта : сборник тезисов VIII международной научно-технической конференции (25-28 ноября 2014 г., г. Новополоцк) / редколлегия : В.К. Липский, и др. - Новополоцк : ПГУ, 2014. – С.143-144

18. ПВК «Астра-газ» / О работах / Пресс-центр // Официальный сайт ООО «Газпромразвитие» [Электронный ресурс] . – Москва, 2011. – Режим доступа: <http://www.gazpromdevelopment.ru/index.php?id=72>. – Дата доступа: 23.01.2011.

19. SIMONE SOFTWARE Description // SIMONE Research Group official site [Электронный ресурс]. – Czechia, 2011. – Режим доступа: <http://www.simone.eu/simone-simonesoftware.asp>. – Дата доступа: 23.01.2011.

20. V. Trofimov, A. Gloukhov, D. Gloukhov Algorithm of ecological monitoring by fuzzy production rules / 2-nd International Conference Ecology and Society's Development Abstracts.- St.P.: МАНЭБ, 1997.- p.166.

21. Глухов Д.О., Оськин А.Ф., Авилкин С.А. Комбинированный алгоритм решения системы нелинейных уравнений газодинамической задачи для сетей транспортировки газа - Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С. 2011. – С. 8-14.

22. Dmitry O. Glukhov Dynamic expert system by fuzzy inference rules to automations an examination of complex objects / Budownictwo i Inzynieria Srodowiska. – Zielonogorsk: Politechnika Zielonogorska, 1998. – ISBN 83-85911-60-X. – P.105-109.

23. Глухов Д. О., Кастрюк А.П. Глухова Т.М. Применение унимодальных функций принадлежности в нечетких продукционных системах для решения задач интеллектуального управления динамическими процессами / Вестник Полоцкого государственного университета. Фундаментальные науки. – №3. Серия С. – Новополоцк: РИО ПГУ, 2009. – 115-119с.

24. Глухов Д. О., Глухова Т.М., Кундас С.П. Мягкие вычисления для организации компьютерного представления номограмм на примере вычисления предельного коэффициента ползучести / Вестник Полоцкого государственного университета. Фундаментальные науки. – №3. Серия С. – Новополоцк: РИО ПГУ, 2010. – 2-6с.

25. Гради Буч и др. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений (UML 2). Третье издание = Object-Oriented Analysis and Design with Applications (3rd Edition). — М.: «Вильямс», 2010. — 720 с. — ISBN 978-5-8459-1401-9.

26. Правовое регулирование доставки газа магистральными трубопроводами: Монография / В.А.Богоненко – Мн.: УП «Технопринт», 2004. – 216с.

27. А. Борис, А. Гладков, Д. Петров Как платить за транспортировку газа. О методических подходах к построению системы тарификации для магистральных газопроводов / "Нефть и Капитал", № 4/2005

28. Алексеев В.Е., Таланов В.А. Графы. Модели вычислений. Структуры данных. – Нижний Новгород: Издательство Нижегородского государственного университета, 2005

29. Глухов Д.О., Глухова Т.М. Алгоритмы оптимизации модели сети транспортировки большой размерности в задачах расчета запаса газа / Вестник Полоцкого государственного университета. Фундаментальные науки. – №9. Серия Физико-математические науки. – Новополоцк: РИО ПГУ, 2016г.

30. СТО Газпром 2-3.5-113-2007. Методика оценки энергоэффективности газотранспортных объектов и систем

31. Перчик А.И. Краткий словарь-справочник по экономике нефтегазодобывающей промышленности. Изд. 2, перераб. и доп. М., «Недра», 1976. – 208с.

32. Организация, планирование и управление на предприятиях транспорта и хранения нефти и газа. Учеб. для вузов/Бренц А.Д., Тищенко В.Е., Власов А.В., и др. – М. «Недра», 1980. – 360с.

33. Андришин М.П., Игуменцев Е.А. Динамика показателей статистической отчетности дисбаланса газа // Метрологія. 2014. С.427–430 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://metrology.kharkov.ua/fileadmin/user_upload/data_gc/conference/M2014/pages/08/4.pdf

34. Андришин М.П., Игуменцев Е.А., Прокопенко Е.А. Моделирование и расчет дисбаланса газа между приходом и распределением. // Сборник трудов XVII Международной научно-технической конференции «Машиностроение и техносфера XXI века» Т.1. – Донецк, 2010. С.10-14.

35. Тухбатуллин Ф.Г., Семейченков Д.С. О причинах разбаланса природного газа в системе газораспределения и методах прогнозирования его величины // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2017. № 6. С. 14–20.

36. Тухбатуллин Ф.Г., Семейченков Д.С., Тухбатуллин Т.Ф. Прогнозирование величины разбаланса природного газа / Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ, 2017г. №3 (288). – С.63-69.

37. Тухбатуллин Ф.Г., Семейченков Д.С. Статистические методы анализа причин разбаланса природного газа и прогнозирования его величины в системе газораспределения [Электронный ресурс] / Трубопроводный транспорт: теория и практика, 2017 .— №2 .— С. 10-15

38. Глухов Д.О., Глухова Т.М., Янушенюк А.Н., Андриевский А.П. Алгоритм расчета товарно-транспортной работы магистрального газопровода в рамках неизоэнтальпической стационарной модели транспортировки газа / Вестник Полоцкого государственного университета. Строительство. Прикладные науки. – №8. Серия F. Новополоцк: РИО ПГУ, 2018. – С.147-151