

DOI: 10.34031/article_5cfe57432e4766.60336321

^{1,*}Суслов Д.Ю., ¹Темников Д.О., ¹Алифанова А.И.¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46

*E-mail: suslov1687@mail.ru

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА РАСЧЕТА ГАЗОПРОВОДОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА И БИОГАЗА

Аннотация. Статья посвящена разработке программного комплекса расчета для проектирования сетей газораспределения. Актуальность проблемы характеризуется тенденцией повышения уровня газификации городов и сельских населенных пунктов Российской Федерации. Строительство современных систем газоснабжения уже на этапе проектирования требует больших затрат инженерно-технических работников, связанных с разработкой и проектированием сетей газораспределения. Для автоматизации процесса проектирования систем газораспределения и газопотребления широкое применение получили системы автоматизированного проектирования. Разработан программный комплекс расчета TGV-GAS, предназначенный для выполнения гидравлического расчета и определения требуемого диаметра трубопровода. Рассмотрены теоретические аспекты гидравлического расчета газопроводов низкого, среднего и высокого давлений. Программа основана на уравнении Дарси-Вейсбаха, уравнении неразрывности и уравнении состояния. Для написания программы использовался язык программирования Java. Меню программы содержит 3 подменю: параметры газа, гидравлический расчет и расчет скорости газа. Программа учитывает химический состав транспортируемого газа и позволяет проектировать системы газоснабжения природного газа, биогаза и других видов газообразного топлива.

Ключевые слова: газоснабжение, системы газораспределения, биогаз, программа расчета, газопроводы, диаметр.

Введение. В настоящее время приоритетной задачей компании «Газпром», озвученной президентом Российской Федерации В.В. Путиным, является повышение уровня газификации регионов страны. На 1 января 2019 года средний показатель газификации РФ составляет 68,6 %, в том числе 71,3 % – в городе и 59,4 % – в сельской местности [1]. Системы газоснабжения и газораспределения включают наружные газопроводы высокого, среднего и низкого давлений, обеспечивающие подачу газа от газораспределительных станций до пунктов редуцирования газа и газопроводов-вводов потребителей [2, 3]. Основными направлениями развития системы газоснабжения России является модернизация существующих систем газораспределения и использование альтернативных источников энергии (сжиженного природного газа, компримированного природного газа и сжиженного углеводородного газа) [4–6]. Одним из перспективных направлений развития систем газоснабжения, получившим широкое применение в странах Европейского Союза, является получение и распределение биогаза [7–10].

Основной задачей при проектировании сетей газораспределения является определение диаметра трубопроводов, при этом необходимо провести большой перечень расчетов. Для проектирования и строительства сложных сетей газораспределения применяют системы автоматизи-

рованного проектирования (САПР) [11, 12]. Автоматизация проектирования позволяет добиться повышения производительности труда инженерно-технических работников, связанных с разработкой и проектированием сетей и оборудования систем газоснабжения. Существующие программно-расчетные комплексы предназначены для проектирования и расчета сетей трубопроводов для распределения и подачи природного газа, имеющего постоянный состав согласно ГОСТ 5542-2014 [13–16]. Однако имеются работы, в которых рассматривается автоматизация проектирования систем газоснабжения с использованием сжиженного углеводородного газа [17].

При использовании в системах газоснабжения биогаза, имеющего переменный состав и состоящего на 40–70 % из метана, появляется необходимость в разработке программного продукта для расчета трубопроводов газообразного топлива различного состава.

Методология. Для разработки и написания программного комплекса расчета будем использовать язык программирования Java, который отличается высокой скоростью работы, уровнем надежности и защиты.

Для расчета диаметра газопровода будем использовать уравнения гидродинамики: уравнение Дарси, уравнения состояния среды и неразрывности потока газа.

Основная часть. Расчет трубопроводов сетей газораспределения основан на определении

параметров потока газа: давления P , плотности ρ и скорости w .

Для описания движения потока газа используется уравнение Дарси-Вейсбаха, которое определяет потери давления на преодоление гидравлических сопротивлений на участке газопровода длиной dx [18]:

$$dP = -\lambda \frac{dx}{d} \rho \frac{w^2}{2}, \quad (1)$$

где λ – коэффициент трения, зависит от режима движения газа; d – внутренний диаметр, м; w – скорость движения газа, м/с; ρ – плотность газа, кг/м³.

Для определения плотности газа, при изменении давления используют уравнение состояния:

$$\rho = \frac{P}{RT}, \quad (2)$$

где R – газовая постоянная; T – абсолютная температура, К.

Расход газа определяется уравнением неразрывности:

$$M = \rho w F = \rho_0 Q_0, \quad (3)$$

где M – массовый расход, кг/с; F – площадь сечения газопровода, м²; Q_0 – объемный расход, приведенный к нормальным условиям, м³/с.

Потери давления газа в газопроводах высокого и среднего давления определяются с учетом сжимаемости газа:

$$P_H^2 - P_K^2 = \frac{P_0}{81\pi^2} \lambda \frac{Q_0^2}{d^5} \rho_0 l = 1,2687 \cdot 10^{-4} \lambda \frac{Q_0^2}{d^5} \rho_0 l. \quad (4)$$

Для газопроводов низкого давления потери давления определяются как для несжимаемой жидкости:

$$P_H - P_K = \frac{10^6}{162\pi^2} \lambda \frac{Q_0^2}{d^5} \rho_0 l = 626,1 \lambda \frac{Q_0^2}{d^5} \rho_0 l. \quad (5)$$

Коэффициент гидравлического трения λ определяется в зависимости от режима движения газа:

– для ламинарного режима $Re \leq 2000$

$$\lambda = \frac{64}{Re}, \quad (6)$$

– для критического режима $2000 < Re \leq 4000$

$$\lambda = 0,0025 Re^{0,333}; \quad (7)$$

– для турбулентного режима $Re > 4000$

$$\lambda = \left(\frac{n}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad (8)$$

где n – абсолютная шероховатость внутренней поверхности стенки трубы, м.

Эквивалентная абсолютная шероховатость внутренней поверхности стенки трубы зависит от материала трубопроводов: для стальных труб –

0,01; для полиэтиленовых труб – 0,002. Потери давления в местных сопротивлениях (отводы, тройники, запорная арматура) учитываются путем увеличения расчетной длины газопроводов на 5...10 %.

При расчете надземных и внутренних газопроводов необходимо учитывать степень шума, создаваемого движением газа. Поэтому скорости движения газа должны быть не более: 7 м/с для газопроводов низкого давления; 15 м/с для газопроводов среднего давления; 25 м/с для газопроводов высокого давления.

Предварительный диаметр газопровода d_p можно определить по формуле в соответствии с СП.42-101-2003:

$$d_p = \sqrt[3]{\frac{m^1 AB \rho_0 Q_0^m}{\Delta P_{уд}}}, \quad (9)$$

где A, B, m, m_1 – коэффициенты, зависящие от категории давления сети и материала трубопровода; Q_0 – расход газа на расчетном участке сети при нормальных условиях, м³/ч; $\Delta P_{уд}$ – удельные потери давления (Па/м – для газопроводов низкого давления; МПа/м – для газопроводов среднего и высокого давлений).

На основе уравнений 1–9 разработан программный комплекс расчета диаметра газопровода для подачи газа различного состава. Алгоритм программы представлен на рис. 1.

Так как режим движения газа по трубопроводу зависит от физико-химических свойств газа, то начальным этапом расчета в разработанной программе является определение параметров газа (рис. 2). Исходными данными расчета является выбор типа газового топлива и его компонентный состав (% по объему). Определяемыми параметрами являются: динамическая вязкость, плотность при стандартных условиях, низшая теплота сгорания, высшая теплота сгорания, число Воббе.

Вторым этапом расчета газопровода сети является гидравлический расчет. Порядок гидравлического расчета следующий (рис. 3).

Во вкладке «Гидравлический расчет» на подменю «Категория сети» необходимо выбрать категорию давления сети, а в подменю «Материал газопровода» – материал участка рассчитываемого газопровода. Затем в поле «Допустимые потери давления в сети» необходимо указать соответствующее значение или оставить по умолчанию рекомендуемое значение. В поле «Расход газа при нормальных условиях» необходимо указать расход газа на рассчитываемом участке при температуре 0 °С и атмосферном давлении 760 мм.рт.ст., а в поле «Длина газопровода» – длина рассчитываемого участка. Для выполнения

гидравлического расчета необходимо нажать кнопку «Рассчитать».

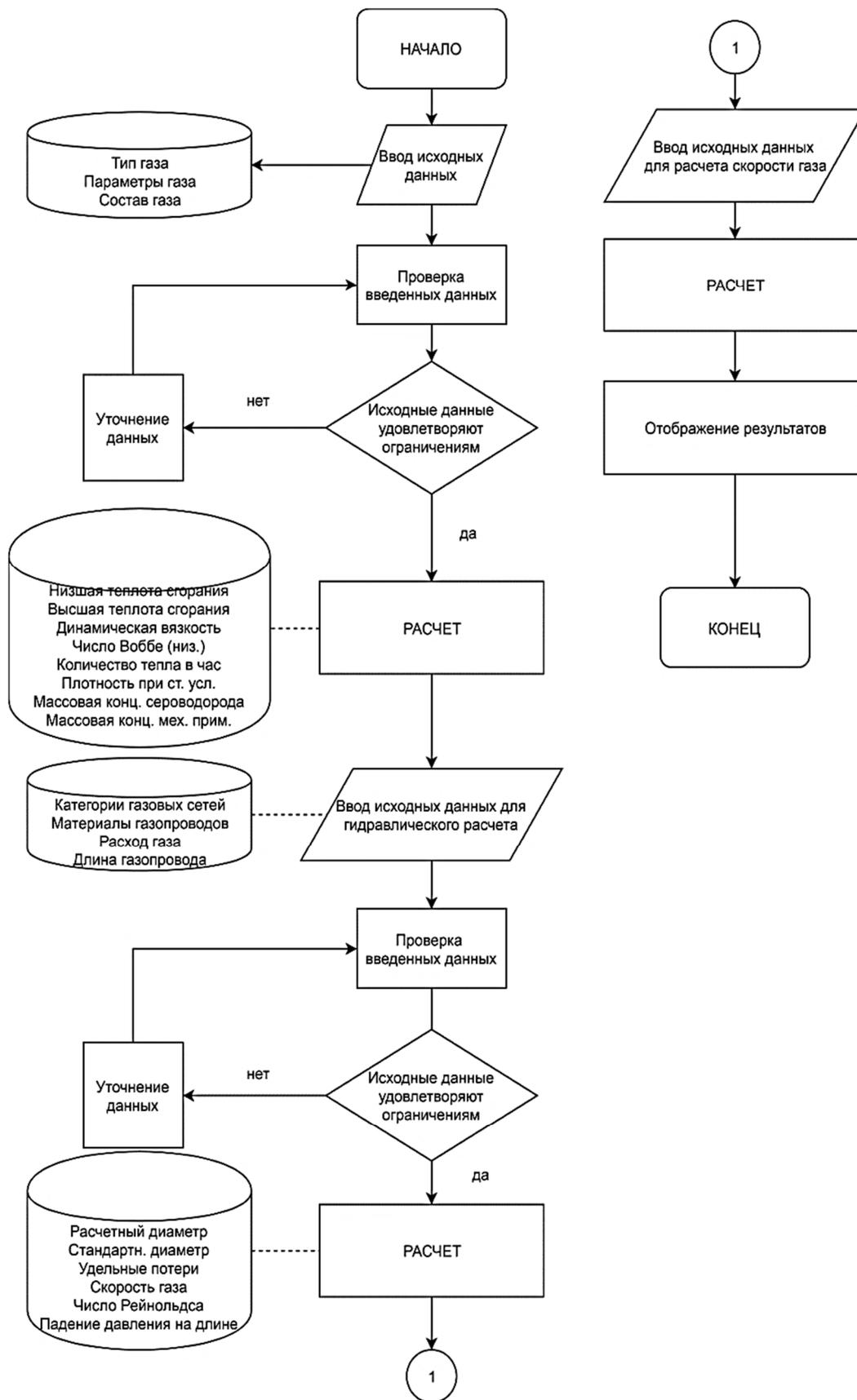


Рис. 1. Блок-схема алгоритма работы программы TGV-GAS

Результатом гидравлического расчета является расчетное значение внутреннего диаметра трубопровода. Стандартный диаметр газопровода определяется из стандартного ряда трубопроводов: ближайший больший для стальных газопроводов и ближайший меньший для полиэтиленовых.

Скриншот программы TGV-GAS, вкладка «Параметры газа». В верхней части отображены меню «Файл», «Правка», «Помощь» и подменю «Параметры газа», «Гидравлический расчет», «Расчет скорости газа». В разделе «Концентрации» выбран тип газа «Биогаз». Показаны значения концентраций: CH₄ 63.0, C₂H₆ 0.0, C₃H₈ 0.0, C₄H₁₀ 0.0, CO 0.0, CO₂ 33.0, H₂ 1.0, H₂O 0.0, H₂S 2.0, N₂ 0.0, O₂ 0.0, другое 0.0. В разделе «Параметры газа» введены значения: Низшая тепл. сгорания 23.1128, Высшая тепл. сгорания 25.6346, Динамическая вязкость (пустое поле), Число Воббе 19.7992, Количество тепла в час Вт (пустое поле), Плотность при станд. усл. 1.1356, Массовая конц. сероводорода г/м³ (пустое поле), Массовая конц. мех. примесей г/м³ (пустое поле).

Рис. 2. Пример работы программы TGV-GAS: расчет параметров газа

Третьим этапом расчета газопровода является уточнение диаметра с учетом скорости газа. Для изменения автоматически подобранного диаметра необходимо перейти на вкладку программы «Расчет скорости газа» и вручную ввести требуемый диаметр. После нажатия кнопки «Расчет» произойдет перерасчет скорости газа и потери давления. Если скорость газа окажется выше допустимой скорости в соответствии с СП 42-101-2003, то полученное значение выделится красным цветом. Тогда необходимо увеличить диаметр и произвести перерасчет.

На разработанной программе был произведен расчет участка газовой сети длиной 500 м с расходом газа 550 м³/ч для двух видов газа: природного и биогаза (рис. 3). В результате расчета был определен стандартный диаметр трубопровода. Для полиэтиленового газопровода, транспортирующего природный газ, стандартный диа-

метр составил 140 мм, для газопровода, транспортирующего биогаз – 160 мм. Это объясняется составом газа и соответственно разной плотностью, что влияет на режим движения потока и потери давления.

Скриншот программы TGV-GAS, вкладка «Гидравлический расчет». В разделе «Исходные данные» выбран тип сети «Сеть низкого давления». Введены значения: Допустимые потери давление в сети (даПа) 180.0000, Усредненное давление газа, абсолютное в сети (МПа) 0.0000, Расход газа при нормальных условиях (нм³/час) 1144, Материал газопровода Сталь, Длина газопровода (м) 41, Плотность газа в стандартных условиях (кг/м³) 1.1356. Кнопка «Расчитать» активна. В разделе «Результат расчета» выведены значения: Расчетный диаметр (мм) 138.6745, Стандарт. диаметр (мм) 150.0000, Удельные потери (Па/м) 39.9113, Скорость газа (м/сек) 17.1369, Число Рейнольдса 188800.0000, Падение давления на расч. длине газ-да (Па) 870.5435. В нижнем правом углу отображен адрес: БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород.

Рис. 3. Пример работы программы TGV-GAS: гидравлический расчет

В нижней половине окна также будут выведены расчетные значения скорости газа, число Рейнольдса, удельные потери давления и действительное падение давления на участке газопровода. Следует учитывать, что полученные значения учитывают 10 % удлинение газопровода как запас на местные сопротивления.

Выводы. Разработана программа TGV-GAS, позволяющая на основании известных исходных данных произвести гидравлический расчет и определить необходимый диаметр трубопровода для двух материалов: стали и полиэтилена. Меню программы содержит 3 подменю: параметры газа, гидравлический расчет и расчет скорости газа. Программа учитывает химический состав транспортируемого по трубопроводу газа и может применяться для проектирования сетей газораспределения природного газа, биогаза и других альтернативных газов.

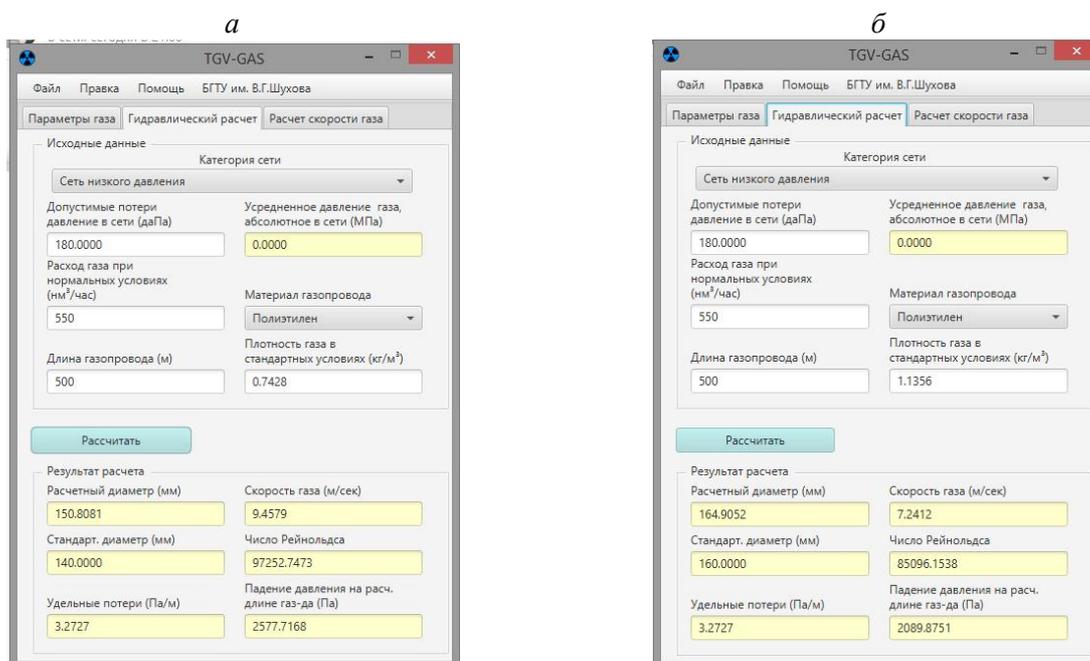


Рис. 3. Расчет в программе TGV-GAS:

a – расчет трубопровода природного газа; *б* – расчет трубопровода биогаза

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. В «Газпроме» назвали число приоритетных регионов РФ для усиленной газификации [Электронный ресурс]. URL: <https://riafan.ru/1161972-v-gazprome-nazvalichislo-prioritetnykh-regionov-rf-dlya-usilennoi-gazifikacii> (дата обращения: 23.03.2019).
2. Ионин А.А., Жила В.А., Артихович В.В., Пшоник М.Г. Газоснабжение: учебник для студентов вузов по специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция». М.: Изд-во АСВ, 2012. 472 с.
3. Nasr G.G., Connor N.E. Natural Gas Engineering and Safety Challenges // London. 2014. 418 p.
4. Газификация [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gazprom.ru/about/production/gasification/> (дата обращения: 24.12.2018).
5. Медведева О.Н., Фролов В.О. Определение основных параметров хладоносителя и природного газа в цикле производства СПГ // Вестник СГТУ. Саратов: СГТУ. 2013. № 2 (70). вып. 1. С. 116–121.
6. Осипова Н. Н. Оптимизация параметров групповых подземных резервуарных установок сжиженного углеводородного газа // Вестник гражданских инженеров. Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2012. С. 190–197.
7. Fubara T., Cecelja F., Yang A. Techno-economic assessment of natural gas displacement potential of biomethane: A case study on domestic energy supply in the UK // Chemical Engineering Research and Design. 2016. DOI: 10.1016/j.cherd.2017.12.022.
8. Cucchiella F., D'Adamo I., Gastaldi M., Milliccia M.A profitability analysis of small-scale plants for biomethane injection into the gas grid UK // Journal of Cleaner Production. 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.02.243.
9. Wu B., Zhang X., Di Bao, Xu Y., Zhang S., Deng L. Biomethane production system: Energetic analysis of various scenarios. Bioresour Technol. 2016. №206. Pp. 155–163. DOI: 10.1016/j.biortech.2016.01.086.
10. Rotunno P., Lanzini A., Leone P. Energy and economic analysis of water-scrubbed biogas upgrading to biomethane for grid injection and transportation application // Renewable Energy. 2016. DOI: 10.1016/j.renene.2016.10.062.
11. Котов В.В., Пронин С.П. К вопросу об автоматизированном проектировании систем газоснабжения // Вооружение. Технология. Безопасность. Управление: сб. материалов VIII Всероссийской научно-технической конференции. 2018. С. 667.
12. Herran-Gonzalez A, De La Cruz J.M., De Andres-Toro B. Risco-Martin J.L. Modeling and simulation of a gas distribution pipeline network // Applied Mathematical Modelling. 2009. № 33. Pp. 1584–1600.
13. Расчет гидравлических потерь газопровода (расчет диаметра). Сайт компании «Proekt-gaz» [Электронный ресурс]. URL: <http://proekt-gaz.ru/load/2>.
14. Васильева Е.Е., Шерстнев В.С. Разработка программного обеспечения для подготовки картографических планшетов аварийно-диспетчерской службы газораспределительного предприятия // Современные проблемы науки и образования. 2014. №3. С. 37–43.
15. Суслов Д.Ю., Выродов Г.К. Газодинамический расчет газовых сетей низкого давления с

применением САПР // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №10. С. 114–119.

16. Эффективные решения для проектирования и эксплуатации инженерных сетей на базе геоинформационных технологий [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: [http://megasmeta.kz/wp-](http://megasmeta.kz/wp-content/uploads/2017/12/ZULU-GAZ8.0.pdf)

[content/uploads/2017/12/ZULU-GAZ8.0.pdf](http://megasmeta.kz/wp-content/uploads/2017/12/ZULU-GAZ8.0.pdf) (дата обращения: 27.03.2019).

17. Никишкин С.И., Котов В.В. Автоматизация проектирования газобаллонных источников питания систем газоснабжения // Мониторинг. Наука и технологии. 2018. №2 (35). С. 69–72.

18. Борисов С.Н., Даточный В.В. Гидравлические расчеты газопроводов. М.: Недра. 1972. 108 с.

Информация об авторах

Суслов Денис Юрьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. E-mail: suslov1687@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Темников Дмитрий Олегович, аспирант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. E-mail: leovante@live.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Алифанова Алла Ивановна, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в марте 2019 г.

© Суслов Д.Ю., Темников Д.О., Алифанова А.И., 2019

^{1,*}**Suslov D. Yu.,¹ Temnikov D. O.,¹ Alifanova A. I.**
¹Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova
 Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46
 *E-mail: suslov1687@mail.ru

DEVELOPMENT OF SOWTWARE FOR CALCULATION OF NATURAL GAS AND BIOGAS PIPELINES

Abstract. The article is devoted to development of the calculation software for the design of gas distribution networks. The issue is relevant due to the trend of increasing the level of gasification of cities and rural settlements in the Russian Federation. The construction of modern gas supply systems at the design stage requires high costs for engineering and technical workers associated with the development and design of gas distribution networks. Computer-aided design systems are widely used to automate the process of designing gas distribution systems and gas consumption. A software package for calculating the TGV-GAS is developed, designed to perform hydraulic calculations and to determine the required pipeline diameter. The theoretical aspects of the hydraulic calculation of low, medium and high-pressure gas pipelines are considered. The program is based on the Darcy-Weisbach equation, the continuity equation and the equation of state. Java programming language is used to write the program. The program menu contains three submenus: gas parameters, hydraulic calculation and gas velocity calculation. The program takes into account the chemical composition of the transported gas and allows to design gas supply systems for natural gas, biogas and other gaseous fuels.

Keywords: gas supply, gas distribution systems, biogas, calculation program, gas pipelines, diameter.

REFERENCES

1. In "Gazprom" called the number of priority regions of the Russian Federation for enhanced gasification [*V «Gazprom» nazvali chislo prioritnykh regionov RF dlya usilenoj gazifikacii*]. URL: <https://riafan.ru/1161972-v-gazprom-nazvali-chislo-prioritnykh-regionov-rf-dlya-usilenoj-gazifikacii> (accessed 23.03.2019). (rus)

2. Ionin A.A., Zhila V.A., Artihovich V.V., Pshonik M.G. Gas supply [*Gazosnabzhenie*]: uchebnyk dlya studentov vuzov po special'nosti «Teplogazosnabzhenie i ventilyaciya» М.: ASV, 2012, 472 p. (rus)

3. Nasr G.G., Connor N.E. Natural Gas Engineering and Safety Challenges. London. 2014, 418 p.

4. Gasification [*Gazifikaciya*]. URL: <http://www.gazprom.ru/about/production/gasification/> (accessed 24.12.2018). (rus)

5. Medvedeva O.N., Frolov V.O. Determination of the main parameters of the coolant and natural gas in the LNG production cycle [*Opređenje osnovnykh parametrov hladonositelya i prirodnogo gaza v cikle proizvodstva SPG*]. Vestnik SGTU. Saratov: SGTU, 2013. No. 2 (70). Issue 1. Pp. 116–121. (rus)

6. Osipova N.N. Optimization of parameters of group underground reservoir installations of liquefied petroleum gas [*Optimizaciya parametrov gruppovyh podzemnyh rezervuarnyh ustanovok szhizhennogo uglevodorodnogo gaza*]. Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. St. Petersburg: SPBGASU, 2012, pp. 190–197. (rus)
7. Fubara T., Cecelja F., Yang A. Techno-economic assessment of natural gas displacement potential of biomethane: A case study on domestic energy supply in the UK. Chemical Engineering Research and Design, 2016, DOI: 10.1016/j.cherd.2017.12.022.
8. Cucchiella F., D'Adamo I., Gastaldi M., Miliacca M. A profitability analysis of small-scale plants for biomethane injection into the gas grid UK. Journal of Cleaner Production. 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.02.243.
9. Wu B., Zhang X., Di Bao, Xu Y., Zhang S., Deng L. Biomethane production system: Energetic analysis of various scenarios. Bioresour Technol. 2016. 206:155-163. DOI: 10.1016/j.biortech.2016.01.086.
10. Rotunno P., Lanzini A., Leone P. Energy and economic analysis of water-scrubbed biogas upgrading to biomethane for grid injection and transportation application. Renewable Energy. 2016. DOI: 10.1016/j.renene.2016.10.062.
11. Kotov V.V., Pronin S.R. On the issue of automated design of gas supply systems [*K voprosu ob avtomatizirovannom proektirovanii sistem gaz-osnabzhenii*]. Vooruzhenie. Tekhnologiya. Bezopasnost'. Upravlenie: sb. materialov VIII Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii. 2018. 667 p. (rus)
12. Herran-Gonzalez A, De La Cruz J.M., De Andres-Toro B. Risco-Martin J.L. Modeling and simulation of a gas distribution pipeline network. Applied Mathematical Modelling. 2009. No. 33. Pp. 1584–1600.
13. Calculation of the hydraulic losses of the pipeline (diameter calculation) [*Raschet gidravlicheskih poter' gazoprovoda (raschet diametra)*]. Sajt kompanii «Proekt-gaz». URL: <http://proekt-gaz.ru/load/2>. (rus)
14. Vasilyeva E.E., Sherstnev V.S. Development of software for the preparation of cartographic tablets of the emergency dispatching service of a gas distribution company [*Razrabotka programmnogo obespecheniya dlya podgotovki kartograficheskikh planshetov avarijno-dispetcherskoj sluzhby gazoraspre-delitel'nogo predpriyatiya*]. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2014. No. 3. Pp. 37–43. (rus)
15. Suslov D.Yu., Vyrodov G.K. Gas-dynamic calculation of low pressure gas networks using CAD systems [*Gazodinamicheskij raschet gazovyh setej nizkogo davleniya s primeneniem SAPR*]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2016. No. 10. Pp. 114–119. (rus)
16. Effective solutions for the design and operation of engineering networks based on geo-information technologies [*Ehffektivnye resheniya dlya proektirovaniya i ehkspluatatsii inzhenernyh setej na baze geoinformacionnyh tekhnologij*]. URL: <http://megasmeta.kz/wp-content/uploads/2017/12/ZULU-GAZ8.0.pdf> (accessed 03.27.2019) (rus)
17. Nikishkin S.I., Kotov V.V. Automation of the design of gas ballooning power sources of gas supply systems [*Avtomatizaciya proektirovaniya gazoballonnyh istochnikov pitaniya sistem gaz-osnabzheniya*]. Monitoring. Nauka i tekhnologii. 2018. No. 2(35). Pp. 69–72. (rus)
18. Borisov S.N., Datochny V.V. Hydraulic calculations of gas pipelines [*Gidravlicheskie raschety gazoprovodov*]. M.: Nedra. 1972, 108 p. (rus)

Information about the authors

Suslov, Denis Yu. PhD, Assistant professor. E-mail: suslov1687@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Temnikov, Dmitry O. Postgraduate student. E-mail: leovante@live.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Alifanova, Alla I. Assistant professor. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in March 2019

Для цитирования:

Суслов Д.Ю., Темников Д.О., Алифанова А.И. Разработка программного комплекса расчета газопроводов природного газа и биогаза // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 6. С. 34–40. DOI: 10.34031/article_5cfe57432e4766.60336321

For citation:

Suslov D.Yu., Temnikov D.O., Alifanova A.I. Development of software for calculation of natural gas and biogas pipelines. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 6. Pp. 34–40. DOI: 10.34031/article_5cfe57432e4766.60336321