

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ МЕТОДИКИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕБАЛАНСА ГАЗА МЕЖДУ ПОСТАВЩИКОМ И ПОТРЕБИТЕЛЯМИ

А. Г. Поздеев, Ю. А. Кузнецова, Г. М. Гаджиев

Поволжский государственный технологический университет (г. Йошкар-Ола)

Методика измерения отпуска природного газа в газораспределительную сеть предназначена для сведения небаланса в пределах устойчивой структуры газораспределения и представляет собой систему из газораспределительной станции и потребителей, внутри которой в пределах отчетного периода не происходит изменение количества потребителей, участвующих в распределении небаланса газа.

В пределах устойчивой структуры газораспределения рассчитываются не зависящие от времени коэффициенты, которые позволяют скорректировать показания каждого измерительного комплекса и обеспечивают сведение баланса к нулю. Основанием для применения методики является наличие погрешности измерения объема природного газа на узлах учета как поставщика, так и потребителей.

Исходными данными для сведения баланса являются пределы абсолютной погрешности определения объема природного газа с учетом реальных условий эксплуатации узлов учета у поставщика и потребителей и изменения компонентного состава природного газа.

Отдельные параметры газа приняты условно-постоянными в течение отчетного периода при условии, что погрешность определения этого параметра известна. При этом при сведении баланса вводится поправка к показаниям средств измерений на изменение указанных параметров за отчетный период.

Используемые методики распределения небаланса, отличающиеся преимущественно применением ручных технологий, могут быть улучшены на основе системного анализа информационных технологий.

На основе технических и метрологических характеристик измерительного комплекса из паспорта узла поставщика и потребителя аппроксимируются величины, включенные в паспорт.

В результате предложена автоматизированная методика вычисления объема природного газа и абсолютной погрешности его измерения за сутки и сведения небаланса, реализованная в программной среде MatchCad.

Ключевые слова: природный газ; поставщик; потребитель; сведение небаланса; компонентный состав; аппроксимация; погрешность измерения; автоматизированная методика; MatchCad.

Введение. Методика измерения отпуска природного газа в газораспределительную сеть предназначена для сведения баланса в пределах устойчивой структуры газораспределения (УСГР). УСГР представляет собой систему из газораспределительной станции (ГРС) и потребителей, внутри которой в пределах отчетного периода не происходит изменение количества потребителей, участвующих в распределении небаланса газа и не имеющих соединений с другими ГРС. В пределах УСГР рассчитываются устойчивые во времени коэффициенты, зависящие от объема при-

родного газа и погрешности его измерений на узлах учета, которые позволяют скорректировать показания каждого измерительного комплекса и обеспечивают сведение баланса к нулю.

Основанием для разработки методики сведения небаланса является наличие погрешности измерения объема природного газа на узлах учета как поставщика, так и потребителей.

Каждый узел учета обладает абсолютными погрешностями, максимальные значения которых должны быть зафиксированы и ис-

пользованы при распределении небаланса между поставщиком и потребителем. В процессе анализа предполагается, что абсолютная погрешность измерительного комплекса является случайной величиной. При этом абсолютные погрешности узлов учета, участвующих в распределении небаланса газа, принимаются постоянными в течение межповерочного интервала. Скорректированные значения объема газа ни у одного из узлов не могут превышать величины его абсолютной погрешности. Предельным значением небаланса газа, подлежащим распределению, является объем, численно равный сумме абсолютных погрешностей узлов учета УСГР.

Исходными данными для сведения баланса являются пределы абсолютной погрешности определения объема природного газа с учетом реальных условий эксплуатации узлов учета у поставщика и потребителей и изменения компонентного состава природного газа.

Небаланс распределяется среди потребителей со среднегодовым объемом потребления газа свыше 40000 м³ (т.е. с часовым расходом более 10 м³/ч). Потребители с меньшим потреблением газа (как правило, население) оснащены узлами учета на базе диафрагменных счетчиков, расположенных в частных домовладениях.

Отдельные параметры газа (плотность, компонентный состав) могут быть приняты условно-постоянными в течение отчетного периода при условии, что погрешность определения этого параметра известна. При этом при сведении баланса вводится поправка к показаниям средств измерений на изменение указанных параметров за отчетный период.

Используемые методики распределения небаланса, отличающиеся преимущественно применением ручных технологий, могут быть улучшены на основе системного анализа информационных технологий.

Целью работы является разработка автоматизированной методики измерения отпуска природного газа в газораспределительную сеть и распределения небаланса между поставщиком и потребителями.

Решаемые задачи включают расчет погрешности измерения объема природного газа и составления баланса, реализованные в программной среде MatchCAD на основе аппроксимации технических и метрологических характеристик измерительного комплекса из паспорта узла учета поставщика.

Практическая значимость работы состоит в совершенствовании процесса взаиморасчетов между поставщиками и потребителями природного газа.

Основные теоретические положения. В результате анализа методики выполнения измерений количества природного газа в Республике Марий Эл на основе имеющихся измерительных комплексов для распределения небаланса между поставщиками и потребителями установлено, что методы измерения отпуска природного газа требуют совершенствования для повышения их точности. Используемые методики распределения небаланса, отличающиеся преимущественно применением ручных технологий, могут быть улучшены на основе системного анализа информационных технологий.

На основе приведенного ниже примера расчета объема природного газа, абсолютной погрешности его измерения за сутки и составления баланса покажем изменения, которые могут быть внесены в методику вычислений.

На основе технических и метрологических характеристик измерительного комплекса из паспортов узлов поставщика и потребителя в прикладном программном пакете Statistica аппроксимируются величины, включенные в паспортные данные:

- средний расход q_{icc} в стандартных условиях при различных перепадах на СУ Δp_i ;
- средний относительный расход $q_{icc,отн.\Delta p}$, вычисленный по средним значениям расхода q_{icc} в стандартных условиях при различных перепадах на СУ Δp_i ;
- предел абсолютной погрешности расхода в стандартных условиях Δq_{icc} , вычисленный по средним значениям расхода q_{icc} ;

- предел относительной погрешности расхода в стандартных условиях δq_{icc} , вычисленный по средним значениям расхода q_{icc} .

В результате аппроксимации получаются функции, позволяющие получать любую из перечисленных величин при расчете объема V_i , абсолютной ΔV_i и относительной δV_i погрешности его измерения, а также объема природного газа $\sum_i V_i$ и абсолютной погрешности учета $\sum_i \Delta V_i$ за сутки по секторам за время τ_i у поставщика и потребителя.

В результате компьютерной обработки технических и метрологических характеристик измерительного комплекса из паспорта узла поставщика и потребителя формируется минимальный набор данных, включающий по четыре простых функции на каждый из узлов [10].

Моделирование процессов. Ниже приводится расчет объема природного газа и абсолютной погрешности его измерения за сутки и составления баланса, реализованные в программной среде MatchCAD на основе аппроксимации технических и метрологических характеристик измерительного комплекса из паспорта узла учета поставщика.

Исходные данные поставщика включают приведенные ниже данные.

Перепад давления в секторе равен $\Delta p_i := 300$ Па, а время условно-постоянных средних значений составляет $\tau_i := 24$ часа.

В результате аппроксимации технических и метрологических характеристик измерительного комплекса из паспорта узла учета поставщика установлено значение среднего расхода в стандартных условиях при различных перепадах на СУ: $q_{il}(\Delta p_{il}) := 0.628 \cdot \Delta p_{il}^{0.5}$ Па, $q_{il} := q_{il}(\Delta p_{il})$, $q_{il} = 10.877$ м³/с.

Средний относительный расход Δq_i , вычисленный по средним значениям расхода q_i в стандартных условиях при различных перепадах на СУ Δp_{il} определяется в виде

$$q_{i\Delta p_i}(q_{il}) := -0.026 + 0.05 \cdot q_{il},$$

$$q_{i\Delta p_i} := q_{i\Delta p_i}(q_{il}), q_{i\Delta p_i} = 0.518 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Предел абсолютной погрешности расхода в стандартных условиях Δq_i , вычисленный по средним значениям расхода q_i ,

$$\Delta q_{il}(\Delta p_{il}) := \left(18.7 + \frac{258}{\Delta p_{il}} \right) \cdot 10^{-2},$$

$$\Delta q_{il} := \Delta q_{il}(\Delta p_{il}), \Delta q_{il} = 0.196.$$

Предел относительной погрешности расхода в стандартных условиях $\delta q_{il}(q_{il}) := 0.62278 \cdot q_{il}^{-1.49}$, вычисленный по средним значениям расхода q_{il} , равен $\delta q_{il}(q_{il}) = 0.018$.

Далее приводятся результаты расчета технических и метрологических характеристик измерительного комплекса узла учета поставщика.

Объем поставки газа $V_{il} := q_{il} \cdot \tau_{il}$ за время τ_{il} равен $V_{il} = 261.055$ м³.

Абсолютная погрешность измерения объема $\Delta V_{il} := \Delta q_{il} \cdot \tau_{il}$ за время τ_{il} по сектору равна $\Delta V_{il} = 4.694$ м³.

Относительная погрешность измерения объема $\delta V_{il} := \frac{\Delta V_{il} \cdot 100}{V_{il}}$ за время τ_{il} по сектору $\delta V_{il} = 1.798$ %.

Объем природного газа $\sum V_i := V_{il}$ за сутки по сектору равен $\sum V_i = 261.055$.

Абсолютная суточная погрешность узла учета поставщика $\Delta V_{nc} := \Delta V_{il}$ равна $\Delta V_{nc} = 4.694$ м³.

Затем производится расчет показателей потребителей.

Исходные данные потребителей прежде всего включают перепад давления $\Delta p_{i\text{пн}} := 300$ Па в секторе и время условно-постоянных средних значений $\tau_{i\text{пн}} := 24$ ч.

Результаты аппроксимации технических и метрологических характеристик измеритель-

ного комплекса получены из паспорта узла учета поставщика.

Средний расход q_i в стандартных условиях при различных перепадах на СУ Δp_i

$$q_{i\text{ил}}(\Delta p_{i\text{ил}}) := 0.632 \cdot \Delta p_{i\text{ил}}^{0.5} \text{ Па},$$

$$q_{i\text{ил}} := q_{i\text{ил}}(\Delta p_{i\text{ил}}), q_{i\text{ил}} = 10.947 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Средний относительный расход Δq_i , вычисленный по средним значениям расхода q_i в стандартных условиях при различных перепадах на СУ Δp_i , определяется в виде

$$q_{i\Delta p\text{ил}}(q_{i\text{ил}}) := -0.61 + 0.05 \cdot q_{i\text{ил}},$$

$$q_{i\Delta p\text{ил}} := q_{i\Delta p\text{ил}}(q_{i\text{ил}}), q_{i\Delta p\text{ил}} = -0.063 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Предел абсолютной погрешности расхода в стандартных условиях Δq_i , вычисленный по средним значениям расхода q_i ,

$$\Delta q_{i\text{ил}}(\Delta p_{i\text{ил}}) := \left(25.1 + \frac{4.46}{\Delta p_{i\text{ил}}} \right) \cdot 10^{-2},$$

$$\Delta q_{i\text{ил}} := \Delta q_{i\text{ил}}(\Delta p_{i\text{ил}}), \Delta q_{i\text{ил}} = 0.251 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Предел относительной погрешности расхода в стандартных условиях δq_i , вычисленный по средним значениям расхода q_i ,

$$\delta q_{i\text{ил}}(q_{i\text{ил}}) := 21.0611 \cdot q_{i\text{ил}}^{-1.64},$$

$$\delta q_{i\text{ил}}(q_{i\text{ил}}) = 0.416.$$

Далее приводятся результаты расчета технических и метрологических характеристик измерительного комплекса узла учета потребителей.

Объем поставки газа $V_{i\text{ил}} := q_{i\text{ил}} \cdot \tau_{i\text{ил}}$ за время τ_i равен $V_{i\text{ил}} = 262.717 \text{ м}^3$.

Абсолютная погрешность измерения объема $\Delta V_{i\text{ил}} := \Delta q_{i\text{ил}} \cdot \tau_{i\text{ил}}$ за время τ_i по секторам составляет $\Delta V_{i\text{ил}} = 4.694 \text{ м}^3$.

Относительная погрешность измерения объема $\delta V_{i\text{ил}} := \frac{\Delta V_{i\text{ил}} \cdot 100}{V_{i\text{ил}}}$ за время τ_i по сектору $\delta V_{i\text{ил}} = 2.294 \%$.

Объем природного газа $\sum V_{i\text{ил}} := V_{i\text{ил}}$ за сутки по сектору равен $\sum V_{i\text{ил}} = 262.717 \text{ м}^3$.

Абсолютная суточная погрешность узла учета потребителя $\Delta V_{\text{пт}} := \Delta V_{i\text{ил}}$ равна $V_{\text{пт}} = 6.028 \text{ м}^3$.

Предельная суммарная абсолютная погрешность $\Delta \Sigma_{\text{доп}} := \Delta V_{\text{пс}} + \Delta V_{\text{пт}}$, $\Delta \Sigma_{\text{доп}} = 10.722 \text{ м}^3$.

Величина небаланса $\Delta V_{\text{нб}} := \Delta V_{\text{пс}} - \Delta V_{\text{пт}}$, $\Delta V_{\text{нб}} = -1.333 \text{ м}^3$.

Корректирующий коэффициент потребителя $\alpha := 1.2$, поэтому фактор устойчивой оценки формы распределения небаланса бу-

дет $k_{\text{пт}} := 1 + \left(\frac{\Delta V_{\text{пт}}}{\Delta \Sigma_{\text{доп}}} \right)^\alpha \cdot \frac{\Delta V_{\text{нб}}}{\Sigma V_{i\text{ил}}}$, $k_{\text{пт}} = 0.997$.

Объем учитываемого газа потребителя за сутки $V_{\text{пту}} := k_{\text{пт}} \cdot \Sigma V_{i\text{ил}}$, $V_{\text{пту}} = 262.05 \text{ м}^3$.

Далее производится формирование результата учитываемого объема газа.

Относительная погрешность определения объема $\delta_{\text{пт}} := \Delta V_{\text{пт}} \cdot \frac{100}{\Sigma V_{i\text{ил}}}$, $\delta_{\text{пт}} = 2.294$.

$$K := 3.$$

Количество значащих цифр по формуле (8.1) ГОСТ 8.563.2.-97 $N := 4 - \log(2 \cdot K \cdot \delta_{\text{пт}}, 10)$, $N = 2.861$. Округленное значение $N = 3$.

Ниже приводится проверка сходимости баланса.

Определение корректирующего коэффициента поставщика

$$k_{\text{пс}} := 1 + \left(\frac{\Delta V_{\text{пс}}}{\Delta \Sigma_{\text{доп}}} \right)^\alpha \cdot \frac{\Delta V_{\text{нб}}}{\Sigma V_{i\text{ил}}}, k_{\text{пс}} = 0.998.$$

Объем учитываемого газа поставщика за сутки $V_{\text{псу}} := k_{\text{пс}} \cdot \Sigma V_i$, $V_{\text{псу}} = 260.56 \text{ м}^3$.

Формирование результата учитываемого объема поставщика.

Относительная погрешность определения объема $\delta_{\text{пс}} := \Delta V_{\text{пс}} \cdot \frac{100}{\Sigma V_i}$, $\delta_{\text{пс}} = 1.798 \%$.

Количество значащих цифр по формуле (8.1) ГОСТ 8.563.2.-97 $N := 4 - \log(2 \cdot K \cdot \delta_{\text{пт}}, 10)$, $N = 2.861$. Округленное значение $N = 3$.

Выводы

1. Предложена автоматизированная методика вычисления объема природного газа и

абсолютной погрешности его измерения за сутки и сведения небаланса, реализованная в программной среде MatchCad.

2. На основе технических и метрологических характеристик измерительного комплекса из паспортов узлов поставщика и потребителя в прикладном программном пакете Statistica аппроксимируются величины, включенные в паспортные данные.

3. Для тестирования программы выбран перепад давления в секторе $\Delta p_i := 300$ Па, а

время условно-постоянных средних значений принято равным $\tau_i := 24$ часа.

4. В результате автоматизированных вычислений установлено, что объем потребления газа за время τ_i равен 262.717 м^3 при абсолютной погрешности измерения объема по секторам 4.694 м^3 и относительной погрешности 2.3 %.

5. Объем учитываемого газа поставщика за сутки равен 260.56 м^3 при относительной погрешности определения объема 1.8 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов Д.Б., Игнатьев А.А., Соловьев С.И. Проблема погрешности измерений при коммерческом учете ресурса (на примере поставки природного газа) // Методы оценки соответствия. 2012. № 9. С. 20-24.
2. Закгейм А.Л., Фридман А.Э. О проблеме десбаланса показаний средств коммерческого учета энергоносителей // Вестник газового клуба «Газ-Информ». 2004. № 1.
3. Игнатьев А.А. Оценка причины разбаланса объемов газа в системе «поставщик – потребитель» // Газовая промышленность. 2010. № 6. С. 20-22.
4. Ионин А.А. Газоснабжение. Москва: Стройиздат, 1981. 415 с.
5. Павловский М.А. Применение методов математической статистики для анализа причин дисбаланса транспорта природного газа в трубопроводной газотранспортной системе // Нефтегазовое дело. 2012. № 1. С. 69–74.
6. РД 153-39.4-079-01. Методика определения расхода газа на технологические нужды предприятий газового хозяйства и потерь в системах распределения газа.
7. Стаскевич Н.Л., Северинец Г.Н., Вигдарчик Д.Я. Справочник по газоснабжению и использованию газа. Ленинград: Недра, 1990. 762 с.
8. СТО Газпром 5.32-2009. Организация измерений природного газа.
9. СТО Газпром 5.37-2011. Единые технические требования на оборудование узлов измерения расхода и количества природного газа, применяемых в ОАО «Газпром».
10. Условия эффективной работы теплообменных приборов воздушного теплового насоса малой тепло/холодопроизводительности в энергосберегающей системе малоэтажных текстильных и швейных производств / С.В. Федосов, В.Н. Федосеев, В.Е. Шибашев, И.А. Зайцева, В.Г. Котлов, В.А. Емелин // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2019. № 4(12). С. 142-150.

Информация об авторах

ПОЗДЕЕВ Анатолий Геннадиевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры строительных конструкций и водоснабжения, советник РААСН, Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола. Область научных интересов – исследование и моделирование русловых процессов в нижних бьефах гидроузлов; математическое моделирование в гидродинамике и экологии; автоматизация расчета инженерных систем водо-, газо- и теплоснабжения в строительстве. Автор более 90 научных трудов, в том числе 10 монографий, 13 учебных пособий, 11 патентов и авторских свидетельств на изобретения. E-mail: PozdeevAG@volgatech.net

КУЗНЕЦОВА Юлия Анатольевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительных конструкций и водоснабжения, Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола. Область научных интересов – исследование и моделирование русловых процессов в нижних бьефах гидроузлов; математическое моделирование в гидродинамике и экологии. Автор 86 научных и методических работ, в том числе 5 монографий, 12 учебных пособий и патента РФ. E-mail: KuznecovaYA@volgatech.net

ГАДЖИЕВ Гасан Магамедрасулович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры эксплуатации машин и оборудования, Поволжский государственный технологиче-

ский университет, г. Йошкар-Ола. Область научных интересов – исследование и моделирование процессов нефте- газоснабжения предприятий и гражданских зданий; математическое моделирование в области машин и технологии лесной промышленности. Автор 37 научных и методических работ, в том числе монографии, 13 учебных пособий и 4 патентов РФ. E-mail: GadzhievGM@volgatech.net.

UDC 621.121.4

DOI: 10.25686/2542-114X.2020.3.94

DEVELOPMENT OF AUTOMATED METHOD FOR DISTRIBUTING GAS IMBALANCE BETWEEN A SUPPLIER AND CONSUMERS

A. G. Pozdeev, Iu. A. Kuznetsova, G. M. Gadzhiev
Volga State University of Technology (Yoshkar-Ola)

The method used for measuring the natural gas supply into the gas distribution network is meant to reduce the imbalance within the stable gas distribution system. This system is composed of the gas distribution station and consumers, thus the number of consumers involved in the distribution of gas imbalance does not change during the reporting period.

Within the stable gas distribution structure, the authors have calculated time-independent coefficients that allow adjusting the readings of each measuring complex and ensuring the zero balance. The application of the method is based on the uncertainty of measurement of the natural gas volume at supplier's and consumer's metering units.

The initial data for the balance are the limits of absolute uncertainty in determining the natural gas volume, taking into account the actual operating conditions at supplier's and consumer's metering units, and changes in the composition of the natural gas.

Individual gas parameters are assumed to be semi-constant during the reporting period, provided that the error in determining each parameter is known. At the same time, when balancing, the readings of measuring instruments are adjusted for the changes in the specified parameters during the reporting period.

The applied methods of imbalance distribution mostly manually measured, can be improved through the system analysis of information technologies.

The values of technical and metrological characteristics of the measuring complex specified in certificates of metering units of a supplier and consumers were approximated.

The authors propose the automated method for calculating the natural gas volume, the daily absolute error and the resulting imbalance. The method was implemented using MatchCad software.

Keywords: natural gas; supplier; consumer; imbalance reduction; composition; approximation; measurement uncertainty; automated method; MatchCad.

REFERENCES

1. Belov D.B., Ignatev A.A., Solovev S.I. Problema pogreshnosti izmerenij pri kommercheskom uchete resursa (na primere postavki prirodnogo gaza) [The problem of measurement error in commercial accounting of a resource (on the example of natural gas supply)], *Metody ocenki sootvetstviya* [Methods of conformity assessment], 2012, No. 9, pp. 20–24.
2. Zakgejm A.L., Fridman A.E. O probleme decbalansa pokazanij sredstv kommercheskogo ucheta energonositele [On the problem of desbalance of indications of commercial accounting of energy carriers], *Vestnik gazovogo kluba "Gaz-Inform"* [Bulletin GAZ club "GAZ-inform"], 2004, No. 1.
3. Ignatev A.A. Ocenka prichina razbalansa obemov gaza v sisteme "postavshchik – potrebitel' [Assessment of the reasons for the imbalance of gas volumes in the supplier – consumer system], *Gazovaya promyshlennost* [Gas industry], 2010, No. 6, pp. 20–22.
4. Ionin A.A. *Gazosnabzhenie* [Gas Supply]. Moscow: Strojizdat, 1981. 415 p.

5. Pavlovskij M.A. Primenenie metodov matematicheskoy statistiki dlya analiza prichin disbalansa transporta prirodnogo gaza v truboprovodnoj gazotransportnoj sisteme [Application of methods of mathematical statistics to analyze the causes of imbalance of natural gas transport in the pipeline gas transmission system], *Neftegazovoe delo* [Oil and gas business], 2012, No. 1, pp. 69–74.
6. RD 153-39.4-079-01. Metodika opredeleniya raskhoda gaza na tekhnologicheskie nuzhdy predpriyatij gazovogo hozyajstva i poter' v sistemah raspredeleniya gaza [Methods for determining gas consumption for the technological needs of gas enterprises and losses in gas distribution systems].
7. Staskevich N.L., Severinec G.N., Vigdarchik D.Ia. Spravochnik po gazosnabzheniyu i ispolzovaniyu gaza [Handbook on supply and use of gas], Leningrad: Nedra, 1990, 762 p.
8. STO Gazprom 5.32-2009. Organizaciya izmerenij prirodnogo gaza [Organization of natural gas measurements].
9. STO Gazprom 5.37-2011. Edinye tekhnicheskie trebovaniya na oborudovanie uzlov izmereniya raskhoda i kolichestva prirodnogo gaza, primenyaemyh v OAO "Gazprom" [Unified technical requirements for the equipment of units for measuring the flow and quantity of natural gas used in Gazprom].
10. Fedosov S.V., Fedoseev V.N., Shebashev V.E., Zajceva I.A., Kotlov V.G., Emelin V.A. Usloviya effektivnoj raboty teploobmennyyh priborov vozdushnogo teplovogo nasosa maloj teplo/holodoproizvoditel'nosti v energosberegayushchej sisteme maloetaznyh tekstil'nyh i shvejnyh proizvodstv, *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Materialy. Konstrukcii. Tekhnologii*, 2019, No. 4(12), pp. 142-150.

Information on authors

POZDEEV Anatolii Gennadievich – Doctor of Engineering Sciences, Professor of Civil Engineering and Water Supply Department, Advisor of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (RAASN), Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola. Research interests – research and modeling of channel processes in hydrosystem tailraces, mathematical modeling in hydrodynamics and ecology, automation of calculation of water, gas and heat supply systems in construction. Author of more than 90 publications, including 10 monographs, 13 textbooks, 11 patents and certificates of authorship E-mail: PozdeevAG@volgatech.net

KUZNETSOVA Iuliia Anatolevna – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Civil Engineering and Water Supply Department, Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola. Research interests – research and modeling of channel processes in hydrosystem tailraces, mathematical modeling in hydrodynamics and ecology. Author of 86 publications, including 5 monographs, 12 student manuals and 1 patent of the Russian Federation. E-mail: KuznecovaYA@volgatech.net.

GADZHIEV Gasan Magamedrasulovich – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Operation of Transport and Technological Machines and Complexes, Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola. Research interests – research and modeling of oil and gas supply processes for enterprises and civil buildings; mathematical modeling in the field of forest industry machinery and technology. Author of 37 publications, including 1 monograph, 13 student manuals, and 4 patents of the Russian Federation. E-mail: GadzhievGM@volgatech.net.

Библиографическая ссылка

Поздеев А. Г., Кузнецова Ю. А., Гаджиев Г. М. Разработка автоматизированной методики распределения небаланса газа между поставщиком и потребителями // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Материалы. Конструкции. Технологии. – 2020. – № 3(15). – С. 94-100. – DOI: 10.25686/2542-114X.2020.3.94