

УДК 621.643

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПОЗИТНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ
ДЛЯ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

**COMPOSITE PIPELINES EFFICIENCY
FOR GAS TRANSPORTATION SYSTEM**

О.В. Смородова, С.Н. Костарева, И.Р. Байков, Л.Р. Башарова

**Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа, Российская Федерация**

**Olga V. Smorodova, Svetlana N. Kostareva,
Igor R. Baikov, Linara R. Basharova**

**Ufa State Petroleum Technological University,
Ufa, Russian Federation**

e-mail: olga_smorodova@mail.ru

Аннотация. Основная ценность природного газа состоит в том, что его использование способствует минимальному негативному воздействию на окружающую среду при одновременной высокой эффективности применения во многих отраслях промышленности. Основной способ подачи природного газа к потребителям – трубопроводный. Надежность систем трубопроводного транспорта является основным условием для бесперебойной подачи газа на западную границу страны и к отечественным предприятиям. Основная масса газопроводов России относится к категории длительно эксплуатируемых систем: более 75 % по протяженности находятся в работе более 20 лет. Задачи, связанные с повышением надежности, срока службы, эффективности функционирования газопроводов, наиболее актуально стоят в настоящее время. Важным фактором обеспечения надежности служит правильный

выбор материала для газопроводов. В настоящее время применяются в основном стальные трубопроводные системы. Однако подверженность стали коррозионному разрушению привела к разработке композитов – современных инновационных материалов, способных увеличить срок эксплуатации трубопроводов до 80-100 лет. Композиты хорошо зарекомендовали себя по показателям снижения затрат на сооружение и эксплуатацию, по уровню экологической безопасности, по стойкости к электрохимической коррозии, по крайне низкой шероховатости внутренней поверхности с увеличением пропускной способности трубы на 10-12 %.

В статье произведено методически обоснованное сравнение эффективности стальных газопроводов с композитными системами на примере DN250 протяженностью 1000 м. Для расчетов использована корпоративная методика ПАО «Газпром». Показано, что в условиях продолжительной эксплуатации газотранспортных систем с монотонно развивающейся дефектностью перспективным материалом для газопроводов является композит на основе полиэтилена PERT.

Определение комплекса интегральных показателей экономической эффективности показало преимущество композитных газопроводов по сравнению со стальными системами на уровне 40 %.

Abstract. The main value of natural gas is that its use contributes to a minimal negative impact on the environment while at the same time having high efficiency in many industries. The main method of supplying natural gas to consumers is pipeline. Reliability of pipeline transportation systems is the main condition for uninterrupted gas supply to the country's western border and to domestic enterprises. The bulk of Russian gas pipelines belong to the category of long-running systems: more than 75 % of the length have been in operation for more than 20 years. The tasks associated with improving the reliability, service life, efficiency of gas pipelines are the most relevant at present. An important factor in ensuring reliability is the correct choice of material for gas

pipelines. Currently, mainly steel pipeline systems are used. However, the susceptibility of steel to corrosion destruction led to the development of composites – modern innovative materials that can increase the service life of pipelines up to 80-100 years. Composites have proven themselves in terms of reducing the cost of construction and operation, the level of environmental safety, resistance to electrochemical corrosion, the extremely low roughness of the inner surface with an increase in the throughput of the pipe by 10-12 %.

The article made a reasonable comparison of the effectiveness of steel pipelines with composite systems by the example of DN250 1000 m in length. The calculations are based on the corporate methodology of PJSC Gazprom. It is shown that under conditions of continuous operation of gas transmission systems with a monotonously developing defect, a promising material for gas pipelines is a composite based on polyethylene PERT.

The definition of a complex of integral indicators of economic efficiency showed the advantage of composite gas pipelines in comparison with steel systems at the level of 40 %.

Ключевые слова: композитные трубы, стальные трубы, природный газ, стеклопластик

Key words: composite pipes, steel pipes, natural gas, fiberglass

Широкомасштабность применения трубопроводных систем на настоящий момент не дает возможности полностью исключить появление дефектов и аварийной разгерметизации [1, 2]. Задача повышения конструктивной надежности трубопроводных систем приобретает стратегическое значение [3, 4]. Ее решение возможно в направлении строительства газопроводных систем из альтернативных коррозионно-стойких материалов, способных к сдерживанию темпов роста ремонтных работ [5, 6]. К таким материалам следует отнести нанокompозиты, использование которых позволило совершить качественный рывок в

развитии производства трубопроводов повышенной прочности и коррозионной стойкости [7–9].

Для повсеместного применения композитных изделий основным препятствием является их более высокая стоимость по сравнению со стальным аналогом. Вместе с тем высокая технологичность высокотемпературного полиэтилена PERT, армированного волокном, и удобство работы с ним позволяют нести меньшие затраты на доставку и монтаж линейной части транспортных систем [10].

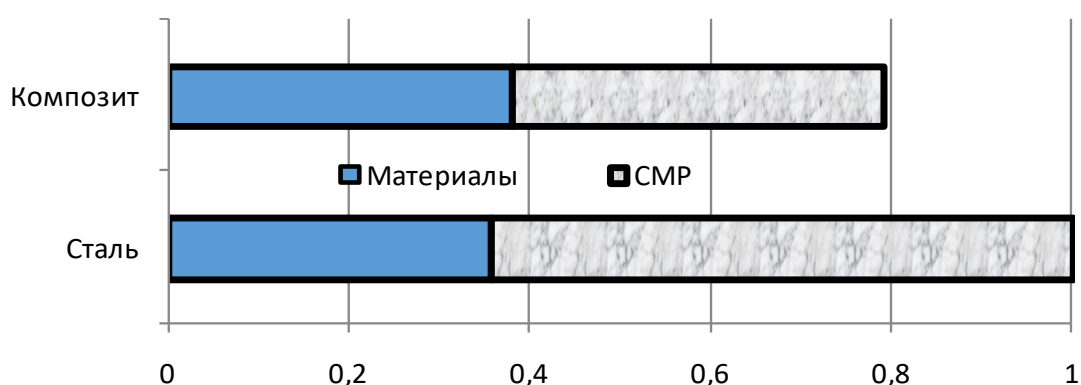


Рисунок 1. Относительные затраты на материал и строительные-монтажные работы по проектам

Снижение затрат на строительные-монтажные работы обуславливается значительным уменьшением количества стыков – композитная труба поставляется на трассу в бухтах, каждая из которых содержит до 1 км трубы (в зависимости от диаметра) [11]. Доставка стальной трубы на трассу производится в отрезках по 11–14 м и сваривается уже непосредственно по месту. В результате на этапе сооружения стоимость погонного метра композитной трубы значительно снижается и становится меньше стоимости погонного метра стальной трубы [12].

Кроме того, композитные системы позволяют значительно снизить затраты на операционную деятельность газораспределительного предприятия [13]. Они не требуют сооружения и эксплуатации систем электрохимзащиты, мониторинга коррозии и регулярной внутритрубной инспекции [14].

Важным преимуществом композитных труб является малое гидравлическое сопротивление благодаря гладкой внутренней поверхности [15]. В соответствии с рекомендациями нормативного документа ПАО «Газпром» [16], эквивалентная шероховатость стальных труб принимается в размере $K_s = 0,1$ мм, нанокompозитных – 0,0015 мм.

Экономическое обоснование принятия решения при выборе материала газопровода представляет собой количественную оценку эффективности многовариантных проектных решений [17]. Соотношение результатов операционной деятельности и затрат на реализацию проекта является необходимой информацией для лиц, принимающих решение о целесообразности инвестиций [18]. В условиях анализа газопроводных систем срок эксплуатации которых составляет не менее 40 лет, применение статических оценок не может дать объективной картины экономической целесообразности реализации проектов.

Для всестороннего анализа эффективности инвестиций требуется комплекс взаимосвязанных интегральных показателей. В качестве методологической основы решения поставленной задачи рекомендуется подход с использованием опыта современной международной и отечественной практики [19]. Отличительная особенность динамических расчетов состоит в учете сроков службы, динамики надежности оборудования с учетом его деградации и ценности финансовых потоков во времени. Методика опирается на основные принципы определения эффективности инвестиционных проектов (рисунок 2).

Анализ экономической целесообразности применения нанокompозитных газопроводов выполнен на примере сравнения с трубопроводами из стали.

Реализация применения композитных труб может позитивно повлиять на основные показатели деятельности газотранспортного предприятия за счет:

- снижения затрат на строительные-монтажные работы при сооружении газопроводов;

- увеличения производительности трубопроводной системы;
- уменьшения затрат на капитальный и текущий ремонт;
- снижения затрат на диагностику, контроль эффективности защиты и обследования состояния сооружений;
- отсутствия необходимости сооружения и эксплуатации систем электрохимзащиты.



Рисунок 2. Основные принципы оценки целесообразности инвестирования проектов

Оценка эффективности проекта сооружения газопровода произведена на основе сопоставления экономического эффекта в денежном выражении и затрат за расчетный период. Объемы, учитываемые в расчете доходов и расходов, определяются как приросты соответствующих доходов и расходов, обусловленные реализацией проекта сооружения газопровода. Расчет эффективности произведен по изменяющимся статьям доходов и расходов от реализации проекта с учетом:

- затрат на трубопроводы (включая затраты на строительно-монтажные работы, транспортные услуги по доставке оборудования);
- изменения объемов поставки газа потребителям;
- текущих расходов, связанных с эксплуатацией газопроводов.

Оценка обоснованного предпочтения «композитный газопровод – стальной газопровод» проведена с использованием корпоративной методики ПАО «Газпром» [20]. Учет разновременных денежных потоков осуществлен при помощи коэффициента дисконтирования. Приведение к базисному моменту времени t_0 доходов и/или расходов, осуществляемых в момент t , произведено путем умножения их на коэффициент дисконтирования (α_t):

$$\alpha_t = \frac{1}{(1+E)^{t-t_0}},$$

где E – норма дисконта, о.е., учитывающая уменьшение ценности более поздних доходов или расходов.

Расчет интегрального эффекта (чистого дисконтированного дохода (ЧДД)) от внедрения проекта – (\mathcal{E}_n) на различных стадиях оценки эффективности инвестиций произведен по формуле [20]:

$$\mathcal{E}_n = \sum_t^T \frac{V_t}{(1+E)^{t-t_0}},$$

где V_t – приростный денежный поток (cash flow) предприятия от внедрения проекта в t -ом году расчетного периода.

Расчет индекса эффективности проекта производится по формуле [20]:

$$ИЭ_p = \frac{\mathcal{E}_n}{\sum_t^T \frac{K_t}{(1+E)^{t-t_0}}} + 1,$$

где K_t – капитальные вложения, связанные с реализацией проекта.

Показатель интегрального эффекта является критериальным [20]. Проект считается эффективным, если его интегральный эффект \mathcal{E}_n положителен, и неэффективным, если \mathcal{E}_n отрицателен или равен нулю. Лучшим считается вариант с наибольшим интегральным эффектом. Значение показателя индекса эффективности ($ИЭ_p$), превышающее 1, свидетельствует об эффективности инвестиций.

Исходные данные для расчета показателей экономической эффективности приведены в таблице 1. Расчет выполнен в текущих ценах базового периода без учета НДС на примере газопровода-отвода DN250. В качестве показателей коммерческой эффективности использованы интегральный эффект (чистый дисконтированный доход) и индекс эффективности. Продолжительность расчетного периода принята 20 лет.

Затратная часть принята в удельных показателях из расчета на 1 км газопровода. Налоговые отчисления принимаются в соответствии с действующим законодательством РФ. Норма дисконта принята на уровне 0,12 относительных единиц. Ставка налога на прибыль – 20 %.

Таблица 1. Исходные данные для расчета

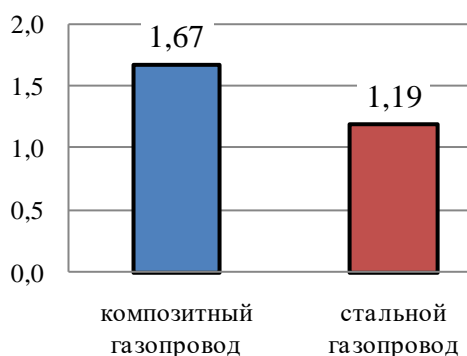
Наименование показателей	Ед. изм.	Значение показателя	
		композитный газопровод	стальной газопровод
Срок полезного использования	лет	80	40
Стоимость трубопровода	тыс. руб.	3300	3000
Затраты на СМР	тыс. руб.	3557	5571
Система ЭХЗ	тыс. руб.	0	100
Капитальные затраты, итого	тыс. руб.	6857	8671
Диагностика трубопровода (4 раза за расчетный период)	тыс. руб.	0	160
Затраты на капитальный ремонт (1 раз за расчетный период)	тыс. руб.	400	500
Пропускная способность	млн м ³ /год	44,8	40,5
Экономический эффект	тыс. руб./год	1345	1216

Результаты расчета показателей эффективности представлены в таблице 2.

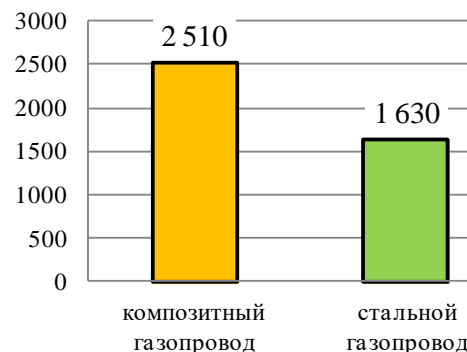
Таблица 2. Показатели эффективности

Наименование показателей	Ед. изм.	Значение показателя	
		композит	сталь
Интегральный эффект \mathcal{E}_i	тыс. руб.	2510	1630
Индекс эффективности $ИЭ_p$	о.е.	1,67	1,19

Было установлено (рисунок 3), что композитные трубы являются более эффективными с экономической точки зрения по сравнению со стальными системами [21].



а) индекс эффективности $ИЭ_p$, о.е.



б) интегральный эффект $Э_u$, тыс. руб.

Рисунок 3. Показатели эффективности вариантов строительства газопровода: индекс эффективности $ИЭ_p$ (а), интегральный эффект $Э_u$ (б)

Превышение суммарных денежных поступлений над суммарными расходами проекта при использовании композитного газопровода составило 2510 тыс. руб., что в 1,5 раза больше, чем для стальной системы.

Индекс эффективности композитной трубы на 40 % выше по сравнению с трубопроводом из стали.

Выводы

1. Показано, что в условиях продолжительной эксплуатации газотранспортных систем с монотонно развивающейся дефектностью перспективным материалом для газопроводов является композит на основе полиэтилена PERT, армированного синтетическим волокном.

2. Техничко-экономическое обоснование выбора композитного газопровода выполнено на примере газопровода DN250 протяженностью 1000 м. Определение комплекса интегральных показателей экономической эффективности показало преимущество композитных газопроводов по сравнению со стальными системами на уровне 40 %.

Список используемых источников

1. Муслимов Р.Х. Фундаментальные проблемы развития нефтяной отрасли // Нефтяное хозяйство. 2017. № 1. С. 6-11.
2. Alan L., Geiger J., Andrew Walker M.S. The processing and properties of discontinuously reinforced aluminum composites // JOM. 1991. Vol. 43. Issue 8. P. 8-15.
3. Байков И.Р., Смородова О.В., Китаев С.В. Энергетическая эффективность нанокompозитных трубопроводов // Нанотехнологии в строительстве. 2018. № 3. С. 20-36. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_35127944_54564340.pdf (дата обращения: 24.12.2018).
4. Harris B. Fatigue in composites. England: Woodhead Publish Ltd., 2003. 742 p.
5. Саир М.Б., Мотавалли М. Усиленные волокном слоистые композитные трубки со свободными концами под внутренним давлением // J. Mech. Phys. Твердые тела. 1995. т. 43, № 11. С. 1691-1725.
6. Romans J.B. Sands A.G. Fatigue Behaviour of Glass-Filament-Wound Epoxy Composites in Water // NRL Rep. 7246, Naval Res. Lab. Washington, D.C., 1971.
7. Ягубов Э.З., Ягубов З.Х. Проблемы применения композиционных труб в нефтегазовой отрасли и пути их решения // Академический журнал Западной Сибири. 2014. Т. 10. № 4 (53). С. 33. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_22149708_36711556.pdf (дата обращения: 24.12.2018).
8. Ягубов Э.З. Разработка принципов обеспечения конструктивной надежности нефтегазопроводных систем на основе коррозионностойких композитных труб: дис. ... д-ра техн. наук. Ухта: УГТУ, 2012. 315 с.
9. Machining Technology for Composite Materials: Principles and Practice / Edited by H. Hocheng. Woodhead Publishing Limited, 2011. 488 p.

10. Цхадая Н.Д., Ягубов Э.З., Ягубов З.Х. Стеклопластиковые трубы повышенной герметичности для нефтегазовой промышленности // Академический журнал Западной Сибири. 2013. Т. 9. № 4 (47). С. 35. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_20162015_90193002.pdf (дата обращения: 24.12.2018).

11. Пат. 2191947 РФ. Устройство для соединения труб / Цыплаков О.Г., Галинский А.В., Цхадая Н.Д., Нередов В.Н., Ягубов З.Х., Ягубов Э.З. Опубл. 20.02.2001.

12. Цхадая Н.Д., Ягубов З.Х. Стеклопластиковая труба для транспортировки нефти и газа // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2012. № 3. С. 136-144. URL: http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/Tskhadaya/Tskhadaya_1.pdf (дата обращения: 24.12.2018).

13. Ермилова А.И., Битт В.В., Быстрикова Д.В., Ушакова О.Б., Калугина Е.В. Современные полимерные композиционные материалы для трубопроводных систем. Проблемы проницаемости // Конструкции из композиционных материалов. 2017. № 4 (148). С. 75-81.

14. Kolzov G.V., Yanovsky Yu.G., Zaikov G.V. Synergetics and Fractal Analysis of Polymer Composites Filled with Short Fibers. New York: Nova Science Publishers, Inc., 2011. 223 p.

15. Магомедов Г.М., Яхьяева Х.Ш., Козлов Г.В., Заиков Г.Е. Анализ адгезионной прочности композитов на основе полиарилата и коротковолокнистых наполнителей // Конструкции из композиционных материалов. 2015. № 4 (140). С. 62-65. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_25609511_22059914.pdf (дата обращения: 24.12.2018).

16. СТО ГАЗПРОМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ 12.2.2-1-2013. Определение пропускной способности, расчет свободных мощностей газопроводов.

17. Гельман А.А., Кузнецова Е.В. Инновационные подходы к снижению совокупных затрат на инфраструктурные объекты предприятий топливно-энергетического комплекса // Инновации в управлении региональным и отраслевым развитием: матер. Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием. 2017. С. 97-100.

18. Смородова О.В., Китаев С.В., Байков И.Р. Влияние материала труб при ремонте магистральных газопроводов на надежность газотранспортной системы // Проблемы совершенствования топливно-энергетического комплекса: матер. XIV Междунар. науч.-техн. конф. Саратов, 2018. С. 245-250.

19. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция) (официальное издание). М., Экономика, 2000. 421 с.

20. СТО ГАЗПРОМ РД 1.12-096-2004. Внутрикorporативные правила оценки эффективности НИОКР.

21. Smorodova O.V., Kitaev S.V., Baikov I.R. Composite Gas Pipelines: Prospects of Energy Conservation // Journal of Physics: Conference Series. 14th International Scientific and Technical Conference «Problems of Energy Systems and Thermal Power Complexes», 30 October to 1 November 2018, Saratov, Russian Federation. 1111. 2018. DOI: 10.1088/1742-6596/1111/1/012069. URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1111/1/012069/pdf> (дата обращения: 24.12.2018).

References

1. Muslimov R.Kh. Fundamental'nyye problemy razvitiya neftyanoy otrasli [Fundamental Problems of the Development of the Oil Industry] *Neftyanoye khozyaystvo – Oil Industry*, 2017, No. 1. pp. 6-11. [in Russian].

2. Alan L., Geiger J., Andrew Walker M.S. The Processing and Properties of Discontinuously Reinforced Aluminum Composites. *JOM*, 1991, Vol. 43, Issue 8, pp. 8-15.

3. Baykov I.R., Smorodova O.V., Kitayev S.V. Energeticheskaya effektivnost' nanokompozitnykh truboprovodov [Energy Efficiency of Nanocomposite Pipelines]. *Nanotekhnologii v stroitel'stve – Nanotechnologies in Construction*, 2018, No. 3, pp. 20-36. Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_35127944_54564340.pdf (accessed: 24.12.2018) [in Russian].

4. Harris B. *Fatigue in Composites*. England, Woodhead Publish Ltd., 2003. 742 p.

5. Sair M.B., Motavalli M. Usilennyye voloknom sloistyie kompozitnyie trubki so svobodnymi kontsami pod vnutrennim davleniyem [Fiber-Reinforced Laminated Composite Tubes with Free Ends under Internal Pressure] *J. Mech. Phys. Tverdyie tela – J. Mech. Phys. Solid Bodies*, 1995, Vol. 43, No. 11, pp. 1691-1725. [in Russian].

6. Romans J.B. Fatigue Behaviour of Glass-Filament-Wound Epoxy Composites in Water: NRL Rep. 7246. *Cowling J.E. Naval Res. Lab. Washington, D.C.*, 1971.

7. Yagubov E.Z., Yagubov Z.Kh. Problemy primeneniya kompozitsionnykh trub v neftegazovoy otrasli i puti ikh resheniya [Problems of Use of Composite Pipes in the Oil and Gas Industry and Ways to Solve Them]. *Akademicheskii zhurnal Zapadnoy Sibiri – Academic Journal of Western Siberia*, 2014, Vol. 10, No. 4 (53), P. 33. Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_22149708_36711556.pdf (accessed: 24.12.2018). [in Russian].

8. Yagubov E.Z. *Razrabotka printsipov obespecheniya konstruktivnoy nadezhnosti neftegazoprovodnykh sistem na osnove korrozionnostoykikh kompozitnykh trub: Diss. d-ra tekhn. nauk* [Development of Principles for Ensuring the Structural Reliability of Oil and Gas Systems based on Corrosion-Resistant Composite Pipes: Doc. Tech. Sciences. Diss.]. Ukhta, USTU, 2012. 315 p. [in Russian].

9. Machining Technology for Composite Materials: Principles and Practice. *Woodhead Publishing Limited*. 2011. 488 p.

10. Tskhadaya N.D., Yagubov E.Z., Yagubov Z.Kh. Stekloplastikovyye trubyy povyshennoy germetichnosti dlya neftegazovoy promyshlennosti [Fiberglass Pipes of Increased Tightness for the Oil and Gas Industry] *Akademicheskii zhurnal Zapadnoy Sibiri – Academic Journal of Western Siberia*, 2013. Vol. 9. No. 4 (47), pp. 35. Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_20162015_90193002.pdf (accessed: 24.12.2018). [in Russian].

11. Tsyplakov O.G., Galinskiy A.V., Tskhadaya N.D., Neredov V.N., Yagubov Z.KH., Yagubov E.Z. *Ustroystvo dlya soyedineniya trub* [Device for Connecting Pipes]. Patent PF, No. 2191947, 2001. [in Russian].

12. Tskhadaya N.D., Yagubov Z.Kh. Stekloplastikovaya truba dlya transportirovki nefti i gaza [Fiberglass Pipe for Transporting Oil and Gas]. *Elektronii nauchnii jurnal «Neftegazovoe delo» – Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2012, No. 3, pp. 136-144. Available at: http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/Tskhadaya/Tskhadaya_1.pdf (accessed: 24.12.2018). [in Russian].

13. Yermilova A.I., Bitt V.V., Bystrikova D.V., Ushakova O.B., Kalugina Ye.V. Sovremennyye polimernyye kompozitsionnyye materialy dlya truboprovodnykh sistem. Problemy pronitsayemosti [Modern Polymer Composite Materials for Pipeline Systems. Permeability Problems]. *Konstruktsii iz kompozitsionnykh materialov–Constructions Made of Composite Materials*, 2017, No. 4(148), pp. 75-81. [in Russian].

14. Kolzov G.V., Yanovsky Yu.G., Zaikov G.V. *Synergetics and Fractal Analysis of Polymer Composites Filled with Short Fibers*. New York, Nova Science Publishers, Inc., 2011. 223 p.

15. Magomedov G.M., Yakh'yayeva Kh.Sh., Kozlov G.V., Zaikov G.Ye. Analiz adgezionnoy prochnosti kompozitov na osnove poliarilata i korotkovoloknistykh napolniteley [Analysis of the Adhesion Strength of Composites Based on polyarylate and Short-Fiber Fillers]. *Konstruksii iz kompozitsionnykh materialov—Constructions made of composite materials*, 2015, No. 4 (140), pp. 62-65. Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_25609511_22059914.pdf (accessed: 24.12.2018). [in Russian].

16. *STO GAZPROM GAZORASPREDELENIYe 12.2.2-1-2013. Opredeleniye propusknoy sposobnosti, raschet svobodnykh moshchnostey gazoprovodov* [STO GAZPROM GAS DISTRIBUTION 12.2.2-1-2013. Determination of Throughput, Calculation of Free Capacity of Gas Pipelines.]. [in Russian].

17. Gel'man A.A., Kuznetsova Ye.V. Innovatsionnyye podkhody k snizheniyu sovokupnykh zatrat na infrastrukturnyye ob'yekty predpriyatiy toplivno-energeticheskogo kompleksa [The Influence of Pipe Material in the Repair of Gas Pipelines on the Reliability of the Gas Transmission System]. *Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem «Innovatsii v upravlenii regional'nym i otraslevym razvitiyem, materialy»* [Materials of the All-Russian Scientific-Practical Conference with International Participation «Innovations in the Management of Regional and Sectoral Development»]. 2017, pp. 97-100. [in Russian].

18. Smorodova O.V., Kitayev S.V., Baykov I.R. Vliyaniye materiala trub pri remonte magistral'nykh gazoprovodov na nadezhnost' gazotransportnoy sistemy [The Influence of Pipe Material in the Repair of Gas Pipelines on the Reliability of the Gas Transmission System]. *Materialy XIV Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Problemy sovershenstvovaniya toplivno-energeticheskogo kompleksa»* [Materials of the XIV International Scientific and Technical Conference «Problems of Improving the Fuel and Energy Complex»]. Saratov, 2018, pp. 245-250. [in Russian].

19. Metodicheskiye rekomendatsii po otsenke effektivnosti investitsionnykh proyektov [Guidelines for Evaluating the Effectiveness of Investment Projects]. Moscow, *Ekonomika Publ.*, 2000. 421 p. [in Russian].

20. STO GAZPROM RD 1.12-096-2004. Vnutrikorporativnyye pravila otsenki effektivnosti NIOKR [STO GAZPROM RD 1.12-096-2004. Internal Corporate Rules for evaluating the Effectiveness of R & D]. [in Russian].

21. Smorodova O.V., Kitaev S.V., Baikov I.R. Composite Gas Pipelines: Prospects of Energy Conservation. *Journal of Physics: Conference Series. 14th International Scientific and Technical Conference «Problems of Energy Systems and Thermal Power Complexes»*. Saratov, 2018. DOI:10.1088/1742-6596/1111/1/012069. Available at: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1111/1/012069/pdf> (accessed: 24.12.2018). [in Russian].

Сведения об авторах

About the authors

Смородова Ольга Викторовна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Olga V. Smorodova, Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor of Industrial Heat Power Engineering Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: olga_smorodova@mail.ru

Костарева Светлана Николаевна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Svetlana N. Kostareva, Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor of Industrial Heat Power Engineering Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

Байков Игорь Равильевич, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Igor R. Baikov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of Industrial Heat Power Engineering Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

Башарова Линара Рамилевна, студент кафедры «Промышленная теплоэнергетика», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Linara R. Basharova, Student of Industrial Heat Power Engineering Department, USPTU, Ufa, Russian Federation