

## Исследование особенностей выбора способа прокладки тепловых сетей, влияющих на их энергоэффективность

Е.А. Бирюзова <sup>1</sup>✉, А.С. Глуханов <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет  
ул. 2-я Красноармейская 4, г. Санкт-Петербург 190005, Российская Федерация

<sup>2</sup> Университет ИТМО  
Кронверкский пр. 49, г. Санкт-Петербург 197101, Российская Федерация

✉ e-mail: biryuzova@rambler.ru

### Резюме

**Цель исследования.** Большинство трубопроводов тепловых сетей в нашей стране имеют значительный срок эксплуатации, превышающий 25 лет. Из-за применения морально и физически устаревших материалов тепловой изоляции, не обоснованного выбора способа прокладки тепловой сети, не отвечающих современным требованиям НТД, большой протяженности трубопроводов, при транспортировке теплоносителя теряется около 60% тепловой энергии. Вследствие чего, внедрение мероприятий по энергосбережению и повышение энергетической эффективности тепловых сетей, не требующих значительных капиталовложений, в настоящее время наиболее актуально.

**Методы.** В статье рассмотрен один из способов энергосбережения в системе теплоснабжения – за счет выбора наиболее эффективного способа прокладки трубопроводов. Выполнены тепловые расчеты, с учетом наличия различного оборудования тепловой сети, однотипных участков трубопроводов тепловой сети с применением одинакового материала тепловой изоляции при различных способах прокладки.

**Результаты.** В статье приведены результаты аналитического исследования требований, предъявляемых к выбору способа прокладки трубопроводов тепловых сетей, с целью систематизации и обобщения данных справочной и современной нормативной литературы, а так же обобщенные результаты проектных работ и рекомендаций экспертных организаций, что играет немаловажную роль при выборе площадки строительства, а так же выявлении факторов, позволяющих повысить энергоэффективность тепловых сетей. Одним из таких факторов является выбор наиболее эффективного способа прокладки трубопроводов.

**Заключение.** Всестороннее рассмотрение комплекса условий (геологических, климатических, конструктивных и других), в которых будут эксплуатироваться проектируемые трубопроводы тепловых сетей, позволяет выбрать наиболее эффективный способ прокладки, за счет применения которого возможно снижение потерь тепловой энергии на 50–80%.

---

**Ключевые слова:** способ прокладки трубопроводов; надземная прокладка; подземная канальная прокладка; подземная бесканальная прокладка; энергоэффективность; энергосбережение; потери теплоты.

**Конфликт интересов:** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Для цитирования:** Бирюзова Е.А., Глуханов А.С. Исследование особенностей выбора способа прокладки тепловых сетей, влияющих на их энергоэффективность // Известия Юго-Западного государственного университета. 2020; 24(4): 29-41. <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2020-24-4-29-41>.

Поступила в редакцию 25.09.2020

Подписана в печать 19.10.2020

Опубликована 30.12.2020

## Studying the Features of Method Choice of Heat Networks Laying Which Affect Their Energy Efficiency

Elena A. Biryuzova <sup>1</sup> ✉, Aleksander S. Glukhanov <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering  
2 Krasnoarmeykaya str. 4, Saint-Petersburg 190005, Russian Federation

<sup>2</sup> ITMO University,  
49 Kronverkskiy ave., Saint-Petersburg 197101, Russian Federation

✉ e-mail: biryuzova@rambler.ru

### Abstract

**Purpose of research.** Most of the heating network pipelines in our country have a significant service life exceeding 25 years. Due to the use of obsolete thermal insulation materials, not a reasonable choice of heat networks installation methods which not meet modern requirements of standards and technical documentation, long-haul pipelines, during the coolant transportation around 60% of heat energy is lost. As a result, the implementation of energy saving measures and improving the energy efficiency of heating networks that do not require significant investment is currently most relevant.

**Methods.** The paper considers one of the ways to save energy in the heat supply system by choosing the most effective method of pipelines laying. There have been performed thermal calculations, taking into account the availability of different equipment of the heat network, the same type of pipeline sections of the heat network using the same thermal insulation material for different laying methods.

**Results.** The given paper presents the results of an analytical study of the requirements for choosing a method for laying heating network pipelines in order to systematize and summarize the data of reference and modern regulatory literature, as well as generalized results of design work and recommendations of expert organizations, which plays a significant role in choosing a construction site, as well as identifying factors that can improve the energy efficiency of heat networks. One of these factors is the choice of the most effective method of pipelines laying.

**Conclusion.** A comprehensive review of the set of conditions (geological, climatic, structural and others) in which the projected heat network pipelines will be operating allows us to choose the most effective method of laying. Owing to that method, it is possible to reduce heat energy losses by 50-80%.

**Keywords:** pipelines laying method; above-ground pipe laying; subsurface canal pipe laying; underground trenchless pipe laying; energy efficiency; energy saving; heat loss.

**Conflict of interest.** *The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.*

**For citation:** Biryuzova E. A., Glukhanov A. S. Studying the Features of Method Choice of Heat Networks Laying Which Affect Their Energy Efficiency. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2020; 24(4): 29-41 (In Russ.). <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2020-24-4-29-41>.

Received 25.09.2020

Accepted 19.10.2020

Published 30.12.2020

\*\*\*

## Введение

В случае необходимости решения задачи по выбору участка местности для строительства, а затем и эксплуатации зданий и сооружений, немаловажную роль в структуре затрат имеет обеспечение данного объекта инженерными ресурсами, такими, как водоснабжение, электроснабжение, газоснабжение и теплоснабжение<sup>1,2,3</sup>. Учитывая климатические особенности нашей страны, одним из ключевых моментов при строительстве, а также реконструкции зданий и сооружений, является обеспечение их тепловой энергией.

Обеспечение объекта тепловой энергией возможно следующими способами:

– возможность подключения к существующей сети теплоснабжения (строительство магистрального тепло-

провода или реконструкция существующей сети);

– возможность использования природного газа в качестве топлива;

– строительство котельной на жидком или твердом топливе.

Алгоритм оценивания затрат на теплоснабжение представлен на рис. 1.

Вариант организации теплоснабжения оценивается по десятибалльной шкале:

1) подключение к существующей сети теплоснабжения – 10 баллов;

2) использование природного газа в качестве топлива – 8 баллов;

3) использование твердого или жидкого топлива – 5 баллов;

4) использование электроэнергии с целью получения тепла – 3 балла.

Возможность подключения к существующей сети определяет ресурсоснабжающая организация.

При организации теплоснабжения объекта следует также учитывать способ прокладки и материал труб.

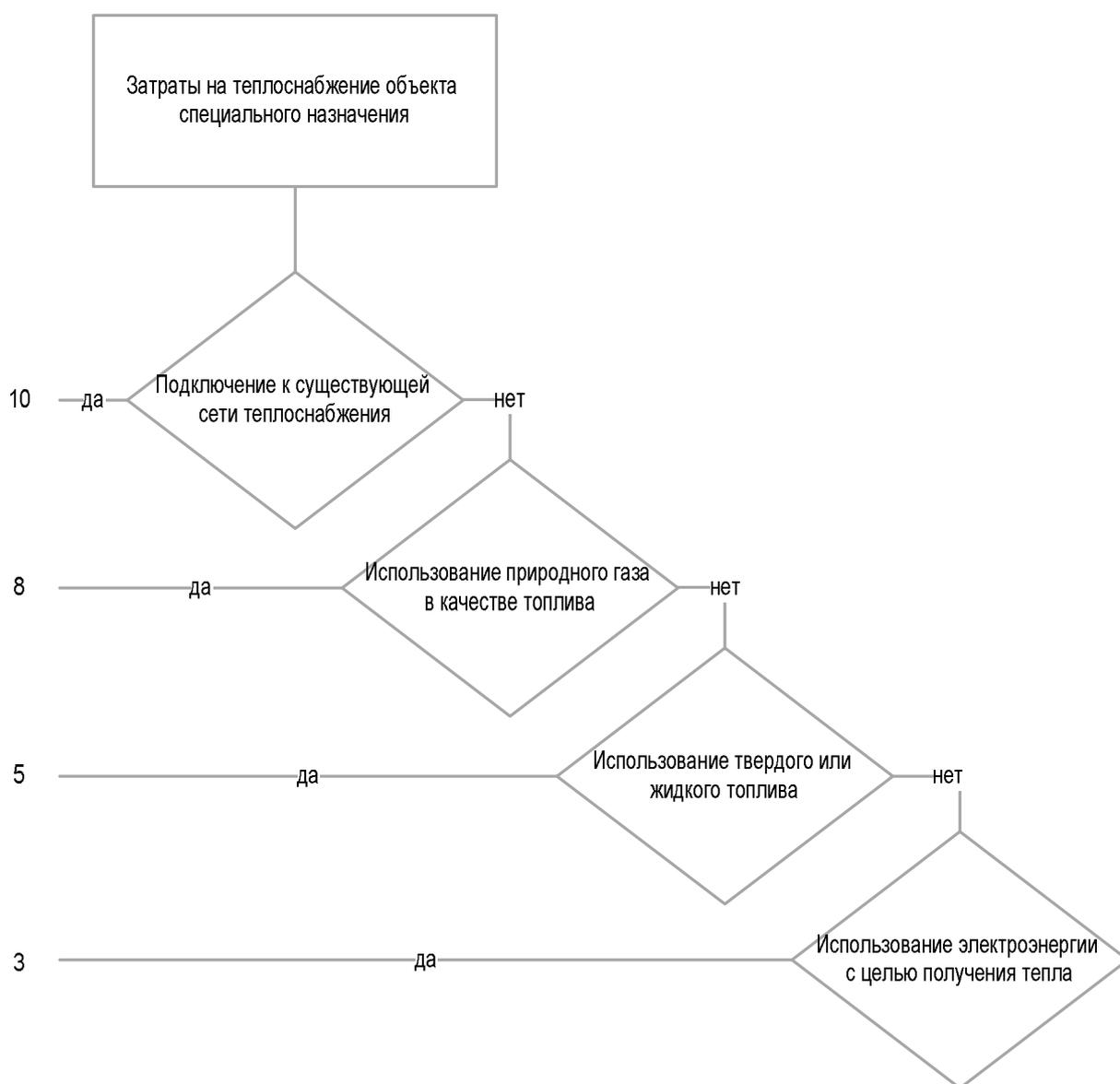
## Материалы и методы

В соответствии с требованиями НТД<sup>1,2,3</sup> трубопроводы тепловых сетей прокладываются, как правило, подземно бесканально или в каналах.

<sup>1</sup> СП 124.13330.2012. Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003. М.: Минрегион России, 2012.

<sup>2</sup> СП 61.13330.2012. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 41-03-2003. М.: Минрегион России, 2012.

<sup>3</sup> РМД 41-11-2012. Устройство тепловых сетей в Санкт-Петербурге. СПб.: ЗАО «Инженерная ассоциация «Ленстройинжсервис», 2012.



**Рис. 1.** Алгоритм оценивания затрат на теплоснабжение объекта

**Fig. 1.** Algorithm for estimating the cost of heat supply to an object

Выбор того или иного способа прокладки производится с учетом следующих условий<sup>1</sup> [1]:

- геологических особенностей района расположения трубопровода (вид грунта, сезонные колебания уровня грунтовых вод и др.);
- наличие в непосредственной близости от трубопровода фундаментов зданий и сооружений или других строительных конструкций, влияющих на возможность соблюдения нормируемых расстояний между конструкциями и трубопроводом;

<sup>1</sup> ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация (с Поправками). М.: Стандартинформ. 2018.

- загруженность рассматриваемого участка другими инженерными коммуникациями;
- наличие весовых нагрузок на трубопровод (при прокладке под автомобильными дорогами различной категории);
- прокладка по территории детских дошкольных учреждений (с целью подключения ИТП);
- наличие пересечения с пешеходными дорожками;
- вид материала, применяемого в качестве тепловой изоляции трубопроводов;
- внедрение энергосберегающих мероприятий;
- другие индивидуальные особенности проектируемой тепловой сети.

На выбор надземной (воздушной) прокладки оказывают влияние, в основном, особенности грунта и характеристика территории, по которой планируется прокладка трубопровода. Например, на территории промышленных предприятий используется надземная прокладка, из-за наличия большого количества подземных коммуникаций. А на территории жилых районов, в основном, тепловые сети прокладываются подземно.

### Результаты и их обсуждение

Рассмотрев весь комплекс требований, предъявляемых к надземной и под-

земной прокладке, был разработан алгоритм действий, который позволяет выбрать наиболее эффективный в данных условиях<sup>1,2</sup> способ (табл. 1, 2, рис. 2) [1–9].

Для более точного анализа выбора наиболее эффективного способа прокладки тепловой сети, а так же возможности использования выбора способа прокладки в качестве энергосберегающего мероприятия, необходимо определить потери тепловой энергии через теплоизолированную поверхность трубопроводов тепловых сетей с учетом наличия различного оборудования тепловой сети, Вт [1, 10-16]:

$$Q=q_1 \cdot L_p=q_1 \cdot (K_n \cdot L + \sum L_{\text{доп}}),$$

где  $L$  – действительная длина рассчитываемого участка, м;  $L_p$  – расчетная длина трубопровода с учетом дополнительных потерь, м;  $K_n$  – коэффициент, учитывающий дополнительный тепловой поток через опоры и подвески;  $L_p$  – дополнительная длина изолированного трубопровода, эквивалентная тепловому потоку установленной на трубопроводе арматуре и фланцевом соединении, м.

<sup>1</sup> СП 124.13330.2012. Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003. М.: Минрегион России, 2012.

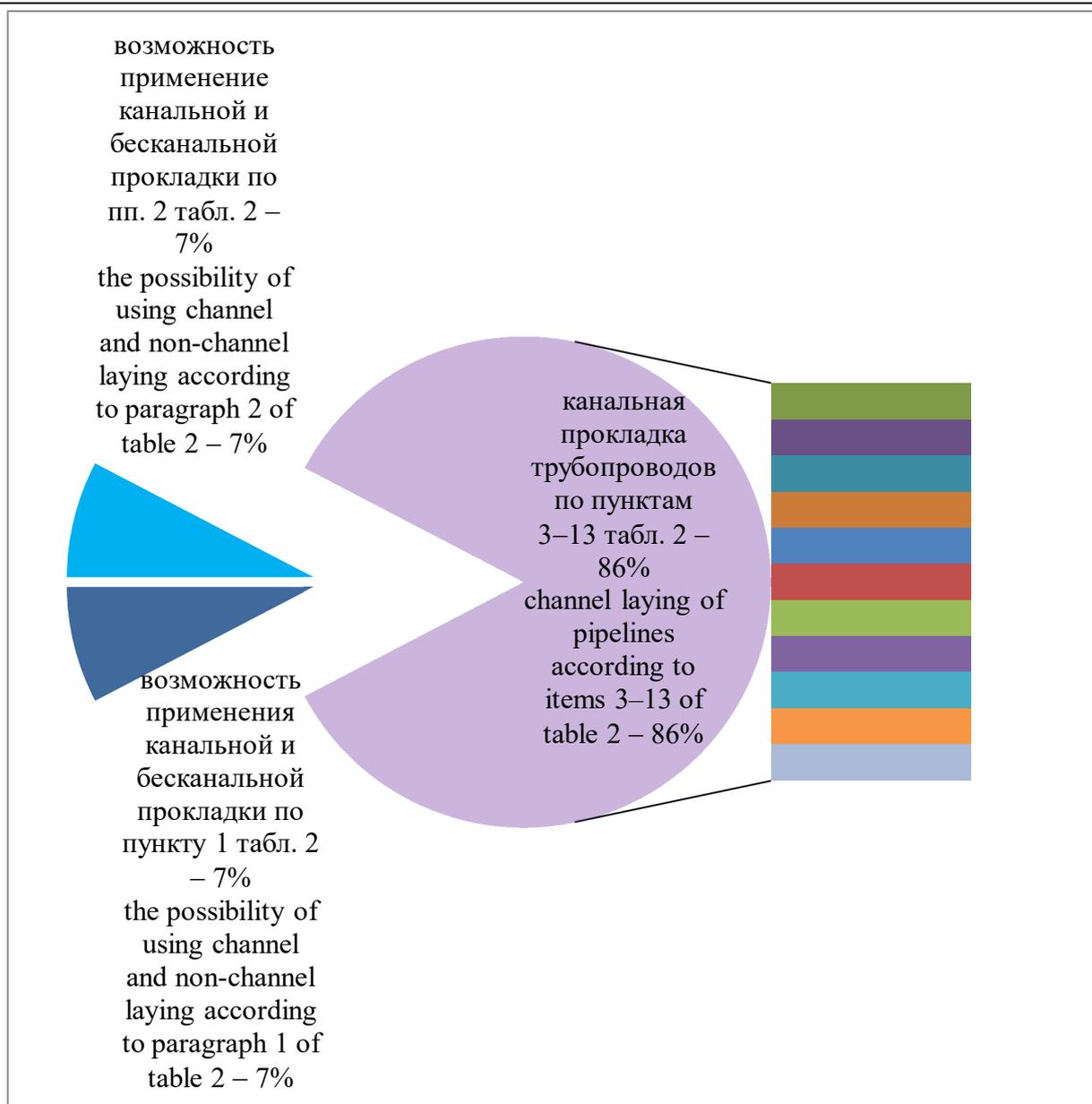
<sup>2</sup> СП 61.13330.2012. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 41-03-2003. М.: Минрегион России, 2012.

**Таблица 1.** Особенности выбора надземного и подземного способа прокладки трубопроводов тепловых сетей**Table 1.** Features of the choice of above-ground and subsurface methods of heating network pipelines laying

| № пункта / No  | Особенности и требования к способу прокладки / Features and requirements for the laying method  | Способ прокладки трубопроводов тепловых сетей / The method of laying pipelines of heating networks |                            |                     |
|--|---|--|----------------------------|---------------------|
|  |   | надземная (воздушная) / aboveground (air)  | подземная / underground    |                     |
|  |   |  | бесканальная / channelless | канальная / channel |
| 1  | Прокладка по территории населенных пунктов  | +<br>(при обосновании)   | +                          | +                   |
| 2  | Прокладка по территории, не подлежащей застройке вне населенных пунктов   | +  | –                          | –                   |
| 3  | Сложные грунты (скальные, пучинистые, вечная мерзлота, заболоченные и другие)   | +  | –                          | +                   |
| 4  | Загруженность территории подземными коммуникациями (в том числе территория промышленных предприятий)  | +  | –                          | –                   |
| 5  | Необходимость применения защитного (покровного) слоя, в качестве которого используются материалы, стойкие к воздействию атмосферных осадков и ультрафиолетовому излучению | +  | –                          | –                   |
| 6  | Прокладка тепловых сетей по территории зданий и сооружений детских дошкольных, школьных и лечебно-профилактических учреждений   | –  | –                          | +                   |
| Примечание: знак «+» – возможность применения;<br>знак «–» – отсутствие возможности применения |   |  |                            |                     |

**Таблица 2.** Особенности выбора способа подземной канальной и бесканальной прокладки трубопроводов тепловых сетей**Table 2.** Features of the choice of the method of underground channel and non-channel laying of heating network pipelines

| № пункта / No  | Особенности и требования к способу прокладки / Features and requirements for the laying method   | Подземная прокладка трубопроводов тепловых сетей / Underground laying of pipelines of heating networks |                     |
|--|--|--|---------------------|
|  |  | бесканальная / channelless   | канальная / channel |
| 1  | Любые грунты, пригодные для подземной прокладки  | +  | +                   |
| 2  | Мокрые грунты (при наличии попутного дренажа)  | +  | +                   |
| 3  | Высокий уровень грунтовых вод (с возможным сезонным колебанием)  | –  | +                   |
| 4  | Прокладка в непосредственной близости от территории объектов с загрязнением почвы опасными химическими и биологическими веществами, а так же при отсутствии экологического мониторинга | –  | +                   |
| 5  | Прокладка в особых условиях строительства: биогенные грунты (торф) и илистые грунты, просадочные, засоленные и набухающие грунты, вечномерзлые грунты                                  | –  | +                   |
| 9  | Применение различных теплоизоляционных материалов, кроме пенополиуретана и ППМ, отвечающих современным требованиям НТД (СП 124.1333.2012, СП 61.13330.2012)                            | –  | +                   |
| 10   | Расстояние до фундамента зданий до 5 метров  | –  | +                   |
| 11   | Пересечение с инженерными коммуникациями, восприимчивыми к воздействию высоких температурных полей   | –  | +                   |
| 12   | Прокладка по территории детских дошкольных, школьных учреждений, лечебно-профилактических учреждений (для подключения к ИТП)   | –  | +                   |
| 13   | Необходимость внедрения энергосберегающих мероприятий  | –  | +                   |
| Примечание: знак «+» – возможность применения;<br>знак «–» – отсутствие возможности применения |  |  |                     |



**Рис. 2.** Возможность применения подземной прокладки трубопроводов тепловых сетей

**Fig. 2.** The possibility of using underground heating network pipelines

## Выводы

Проанализировав полученные результаты можно сделать вывод о том, что при наличии даже одного из пунктов 3–13 табл. 2 необходимо использовать только подземную канальную прокладку трубопроводов тепловых сетей. Преимущество этого способа прокладки

подтверждается и результатами расчетов (табл. 3). Следовательно, грамотный и качественный выбор способа прокладки трубопроводов тепловых сетей позволяет использовать его в качестве энергосберегающего мероприятия, позволяющего повысить энергоэффективность тепловой сети.

**Таблица 3.** Результаты расчета потерь теплоты через изолированную поверхность трубопровода тепловой сети при различных способах прокладки**Table 3.** The results of the calculation of heat losses through an insulated surface of a heating network pipeline with various laying methods

| Величина / Size   | Способ прокладки / Laying Method              |                     |   |                     |   |                     |
|-------------------|---|---------------------|---|---------------------|---|---------------------|
|                   | надземная<br>(воздушная) / above-ground (air) |                     | подземная<br>бесканальная / underground channelless |                     | подземная канальная / underground channel |                     |
|                   | трубопровод / pipeline                        |                     |   |                     |   |                     |
|                   | подающий / bowler                             | обратный / rearward | подающий / bowler                                   | обратный / rearward | подающий / bowler                         | обратный / rearward |
| $q_l$             | 99,85   | 33,03               | 53,20   | 7,74                | 18,48                                     | 4,03                |
| $Q$               | 62404   | 20645               | 33253   | 4839                | 11552                                     | 2521                |
| $L$               | 500   |                     |   |                     |   |                     |
| Тепловая изоляция | Пенополиуретан                                |                     |   |                     |   |                     |

Например, на 50% снизить потери теплоты при выборе подземной бесканальной прокладки по отношению к надземной, или на 80% снизить потери

теплоты при выборе подземной канальной прокладки по сравнению с надземной при прочих равных условиях.

### Список литературы

1. Тепловая изоляция: справочник строителя / Г.Ф. Кузнецов, В.И. Бельский, В.П. Горбачев [и др.]; под ред. Г.Ф. Кузнецова. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1985. 421 с.
2. Майзель И. Л., Петров-Денисов В. Г. Еще раз об экономической и технической целесообразности применения трубопроводов с индустриальной пенополиуретановой изоляцией для теплоснабжения // Новости теплоснабжения. 2003. №3. 26 с. URL: [http://www.nts.ru/3\\_2003.html](http://www.nts.ru/3_2003.html)
3. Семенов В.Г. Стратегия повышения энергоэффективности коммунальной инфраструктуры Российской Федерации: отчет о НИР / отв. исполн. Некоммерческое Партнерство «Российское теплоснабжение», Инженерный Центр «Энергетика города». М.: ОАО «ВНИПИЭнергопром», 2010. 308 с. URL: <http://www.rosteplo.ru/news/2007/12/14/1197624105-opublikovan-proekt-otcheta-o-nir-razrabotka-predlojenij>
4. Семенов Б.А., Хомякова О.П., Щербаков В.В. Сравнение оптимальных и нормативных значений удельных линейных тепловых потерь в условиях двухтрубной ка-

нальной прокладки трубопроводов // Вопросы совершенствования систем теплогазоснабжения и вентиляции: межвуз. науч. сб. Саратов, 2002. С. 50–52.

5. О повышении эффективности теплоизоляции трубопроводов и оборудования отечественных систем теплоснабжения / В.А. Рыженков, А.Г. Парыгин, А.Ф. Прищепов, Н.А. Логинова // Энергосбережение и Водоподготовка. 2009. №6. С. 48–49. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13029202>

6. Рыженков В.А. Методика расчетной оценки эффективности теплоизоляционных конструкций теплопроводов / В.А. Рыженков, Н.А. Логинова, А.Ф. Прищепов, А.Г. Парыгин // Труды XV-ой Международной научно-технической конференции ГОУВПО МЭИ (ТУ). М., 2009. С. 454–455.

7. Мурашов Р. Предварительно изолированные трубопроводы централизованного теплоснабжения // Сантехника. Отопление. Кондиционирование. 2009. №9. С. 40–43. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20556698>

8. Кравчук А. Энергосбережение. Основные источники потерь в тепловых системах и способы их устранения // Журнал энергосервисной компании «Экологические системы». Запорожье, 2007. 15 с. URL: <http://esco-ecosys.narod.ru/>

9. Семенов В.Г. Тепловые сети систем централизованного теплоснабжения // Энергосбережение. 2004. №5. URL: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=2624](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2624)

10. Копко В.М. Теплоизоляция трубопроводов теплосетей. Минск: УП «Технопринт», 2002. 160 с.

11. Плахута А.Д. Определение зон эффективного теплоснабжения // Промышленная энергетика. 2015. №4. С. 2–8. URL: <http://www.promen.energy-journals.ru/index.php/PROMEN/index>

12. Бадах В.Ф., Кузнецова А.Д. Расчет нормативных потерь тепла через изоляцию трубопроводов тепловых сетей // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2011. №4 (18). С. 60–72. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18843106>

13. Бирюзова Е.А. Повышение энергоэффективности тепловых сетей за счет применения современных теплоизоляционных материалов // Региональная архитектура и строительство. 2013. № 1. С. 62–66. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18778211>

14. Бирюзова Е.А. Повышение энергоэффективности современных систем теплоснабжения // Эффективные строительные конструкции: теория и практика: сборник статей XIV Международной научно-технической конференции / под ред. Н.Н. Ласькова. Пенза: ПГУАС, 2014. С. 23–26. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23544805>

15. Бирюзова Е.А. Исследование энергоэффективности современных теплоизоляционных материалов, применяемых в системах теплоснабжения // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2014. № 4–2 (17). С. 102–109. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22258688>

16. Бирюзова Е.А., Глуханов А.С., Кобелев Н.С. Применение современных трубопроводных систем при проектировании и реконструкции тепловых сетей // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2012. № 2–2. С. 63–68. <https://elibrary.ru/item.asp?id=20958372>

## References

1. Kuznetsov G.F., Belsky V.I., Gorbachev V.P. and others. *Teplovaya izolyatsiya: spravochnik stroitelya* [Thermal insulation. A builder's handbook]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1985. 421 p. (In Russ.).

2. Maisel I.L., Petrov-Denisov V.G. Eshche raz ob ekonomicheskoi i tekhnicheskoi tselesoobraznosti primeneniya truboprovodov s industrial'noi penopoliuretanovoi izolyatsiei dlya teplosnabzheniya [Once again on the economic and technical feasibility of using pipelines with industrial polyurethane foam insulation for heat supply]. *Novosti teplosnabzheniya = News of Heat Supply*, 2003, no. 3, 26 p. (In Russ.). Available at: [http://www.nts.ru/3\\_2003.html](http://www.nts.ru/3_2003.html)

3. Semenov V.G. *Strategiya povysheniya energoeffektivnosti kommunal'noi infrastruktury Rossiiskoi Federatsii. Otchet o NIR* [The strategy for improving the energy efficiency of the municipal infrastructure of the Russian Federation. Research report]. Moscow, 2010. 308 p. (In Russ.). Available at: <http://www.rosteplo.ru/news/2007/12/14/1197624105-opublikovan-proekt-otcheta-o-nir-razrabotka-predlozenij>

4. Semenov B.A., Khomyakova O.P., Shcherbakov V.V. [Comparison of optimal and standard values of specific linear heat losses in conditions of two-pipe canal laying of pipelines]. *Voprosy sovershenstvovaniya sistem teplogazo-snabzheniya i ventilyatsii*. Mezhevuz. nauch. sb. [Issues of improving heat and gas supply and ventilation systems. Interuniversity scientific collection]. Saratov, 2002, pp. 50–52 (In Russ.).

5. Ryzhenkov V.A., Parygin A.G., Prischepov A.F., Loginova N.A. O povyshenii effektivnosti teploizolyatsii truboprovodov i oborudovaniya otechestvennykh sistem teplosnabzheniya [On improving the efficiency of thermal insulation of pipelines and equipment of domestic heat supply systems]. *Energoberezhenie i vodopodgotovka = Energy Saving and Water Treatment*, 2009, no. 6, pp. 48–49 (In Russ.). Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13029202>

6. Ryzhenkov V.A., Loginova N.A., Prischepov A.F., Parygin A.G. [Methodology for calculating the efficiency of heat-insulating structures of heat pipelines]. *Trudy XV-oi Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii GOUVPO MEI (TU)* [Proceedings of the XV-th International Scientific and Technical Conference GOUVPO MPEI (TU)]. Moscow, 2009, pp. 454–455 (In Russ.).

7. Murashov R. Predvaritel'no izolirovannyye truboprovody tsentralizovannogo teplosnabzheniya [Pre-insulated pipelines of district heating]. *Santekhnika. Otoplenie. Konditsion-*

*irovanie = Sanitary Engineering. Heating. Air Conditioning*, 2009, no. 9, pp. 40–43 (In Russ.). Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20556698>

8. Kravchuk A. [Energy saving. The main sources of losses in thermal systems and ways to eliminate them]. *Zhurnal energoservisnoi kompanii "Ekologicheskie sistemy"* [The magazine of the energy service company "Ecological Systems"]. Zaporozh'e, 2007. 15 p. (In Russ.). Available at: <http://esco-ecosys.narod.ru/>

9. Semenov V.G. Teplovye seti sistem tsentralizovannogo teplosnabzheniya [Heating networks of district heating systems]. *Energoberezhenie = Energy Saving*, 2004, no. 5. (In Russ.). Available at: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=2624](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2624)

10. Kopko V.M. *Teploizolyatsiya truboprovodov teplosetei* [Thermal insulation of pipelines of heating systems]. Minsk, 2002. 160 p. (In Russ.).

11. Plakhuta A.D. Opredelenie zon effektivnogo teplosnabzheniya [Determination of effective heat supply zones]. *Promyshlennaya energetika = Industrial Energy*, 2015, no. 4, pp. 2-8 (In Russ.). Available at: <http://www.promen.energy-journals.ru/index.php/PROMEN/index>

12. Badakh V.F., Kuznetsova A.D. Raschet normativnykh poter' tepla cherez izolyatsiyu truboprovodov teplovykh setei [Calculation of standard heat losses through the insulation of pipelines of heating networks]. *Tekhniko-tehnologicheskie problemy servisa = Technical and Technological Problems of Service*, 2011, no. 4 (18), pp. 60–72 (In Russ.). Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18843106>

13. Biryuzova E. A. Povyshenie energoeffektivnosti teplovykh setei za schet primeneniya sovremennykh teploizolyatsionnykh materialov [Improving the energy efficiency of heat networks through the use of modern insulation materials]. *Regional'naya arkhitektura i stroitel'stvo = Regional Architecture and Construction*, 2013, no. 1, pp. 62–66 (In Russ.). Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18778211>

14. Biryuzova E. A. [Improving the energy efficiency of modern heat supply systems]. *Sbornik statei XIV Mezhdunarodnoi nauchno-tehnicheskoi konferentsii "Effektivnye stroitel'nye konstruksii: teoriya i praktika"* [Efficient construction structures: theory and practice. A collection of articles of the XIV International Scientific and Technical Conference]. Penza, 2014, pp. 23–26 (In Russ.). Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23544805>

15. Biryuzova E.A. Issledovanie energoeffektivnosti sovremennykh teploizolyatsionnykh materialov, primenyaemykh v sistemakh teplosnabzheniya [Research of energy efficiency of modern heat-insulating materials used in heat supply systems]. *Inzhenernye sistemy i sooruzheniya = Engineering Systems and Structures*, 2014, no. 4-2 (17), pp. 102-109 (In Russ.). Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22258688>

16. Biryuzova E. A., Glukhanov A.S., Kobelev N.S. Primenenie sovremennykh truboprovodnykh sistem pri proektirovanii i rekonstruktsii teplovykh setei [Application of modern pipeline systems in the design and reconstruction of heating networks]. *Izvestiya Yugo-*

*Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii = Proceedings of the Southwest State University. Series: Engineering and Technologies*, 2012, no. 2-2, pp. 63–68 (In Russ.). Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20958372>

---

### Информация об авторах / Information about the Authors

**Бирюзова Елена Александровна**, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, e-mail: [biryuzova@rambler.ru](mailto:biryuzova@rambler.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6382-4814>

**Elena A. Biryuzova**, Cand. of Sci. (Engineering), Associate Professor, Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg, Russian Federation, e-mail: [biryuzova@rambler.ru](mailto:biryuzova@rambler.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6382-4814>

**Глуханов Александр Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент, Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, e-mail: [promo19\\_78@mail.ru](mailto:promo19_78@mail.ru)

**Aleksander S. Glukhanov**, Cand. of Sci. (Engineering), Associate Professor, ITMO University, Saint-Petersburg, Russian Federation, e-mail: [promo19\\_78@mail.ru](mailto:promo19_78@mail.ru)