



Research Article

Received: February 19, 2023

Accepted: March 1, 2023

Published: March 7, 2023

ISSN 2658-5553

# Feasibility study when choosing a temperature schedule for heat load regulation

Gorshkov, Rostislav Alexandrovich <sup>1</sup> Nemova, Daria Viktorovna <sup>2</sup> Frolova, Irina Evgenievna <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Saint Petersburg, Russian Federation; rostalsgor@gmail.com

<sup>2,3</sup> Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russian Federation, nemova\_dv@spbstu.ru (N.D.V.), iegucova@mail.ru (F.I.E.)

Correspondence:\* email nemova\_dv@spbstu.ru; contact phone [+79218900267](tel:+79218900267)

## Keywords:

Centralized Heat Supply; Heating Networks; Thermal Insulation; Heat Consumption; Heat Load; Temperature Graph

## Abstract:

The influence of the temperature of the mains water in the supply line on the technical and economic indicators of a heat energy source with an available capacity of 25 GCal/h with a qualitative method of regulating the heat load is evaluated. Three temperature control schedules were selected for comparative analysis: 150/70°, 130/70°, 110/70° without breaks and cuts. For each of the considered temperature graphs, the calculated flow rate of the coolant, the required diameters of pipelines, specific and total pressure losses in the system, the cost of pipelines, pumping equipment and installation work, the total cost of work on laying the turnkey heat network, the loss of thermal energy (power) through the insulation surface, the total annual loss of thermal energy are determined through the insulation surface at different temperature conditions. Based on the results obtained, it was found that the most optimal of the temperature regimes presented in the study is a temperature graph of 150/70°.

## 1 Introduction

В настоящее время повышение энергоэффективности зданий является приоритетным направлением исследований в строительстве [1]. Под энергоэффективностью понимают рациональное использование ресурсов путем осуществления комплекса мер по снижению потребления зданиями энергии и поддержанию требуемых параметров микроклимата при одинаковом уровне энергетического обеспечения здания или сооружения. Рациональное использование ресурсов не только уменьшает потребление энергии [2]-[3], но и снижает финансовые затраты, не приводя к снижению комфорта, уменьшает негативное воздействие энергетического сектора на окружающую среду, климат и экологию. Одними из основных способов повышения эффективности являются: применение ограждающих конструкций здания с необходимым уровнем теплозащиты [15], повышение качества проектирования зданий, введение эффективных систем обеспечения микроклимата и энергосбережения в зданиях, использование возобновляемых источников энергии.

В холодный период года на всей территории Российской Федерации наступает отопительный период, начало, окончание и общая продолжительность которого зависит от наружных климатических условий и назначения здания. Для этого здания подключают к тепловым сетям, по которым подводят тепловую энергию, величина которой зависит от:

- температуры наружного воздуха [1]-[10];

Gorshkov, R.; Nemova, D.; Frolova, I.

Feasibility study when choosing a temperature schedule for heat load regulation; 2023; *AlfaBuild*; 26 Article No 2603. doi: 10.57728/ALF.26.3



- теплоизоляционных характеристик наружных ограждающих конструкций [11]-[31];
- параметров микроклимата, требуемых для обеспечения комфортных условий пребывания в жилых и общественных зданиях или заданного технологического процесса в производственных [32]-[38].

Так, требуемый объем тепловой энергии для здания даже при схожих климатических параметрах в разных странах будет отличаться. В статье [1] автор сравнил методики расчета градусо-суток отопительного периода (ГСОП) в России и в мире и пришел к выводу, что из-за различий итоговое значение ГСОП будет разным. В статье [2] показано влияние формы и ориентации здания на его теплоэнергетическую характеристику, а в [3] оценены антропогенные изменения климата и выполнены прогностические оценки на будущее, которые также будут влиять на энергопотребление зданий. В цикле работ [4]-[7] академика Клименко А.В. проанализировано изменение климата и параметров отопительного периода, изменение климата, его влияние на энергопотребление исследовал также Горшков А.С. [8-10].

Мероприятия по повышению уровня теплоизоляции зданий могут существенно снизить энергопотребление объектов [11]-[15], так, коллективом исследователей была проанализировано влияние повышения уровня теплозащитных свойств фасадных конструкций [11], [20]-[21] для жилых [12]-[13], в том числе многоквартирных [14] зданий. В работе [15], [18]-[19] приведен сравнительный анализ затрат тепловой энергии, эксплуатационных затрат на отопление и затрат топливно-энергетических ресурсов для многоквартирного жилого здания при различных минимальных требованиях к уровню тепловой защиты ограждающих конструкций. А в работах [16], [29] исследовано влияние теплотехнической однородности на энергопотребление объекта. Тут важным является вопрос несоответствия российских и международных стандартов при определении расчетных значений теплопроводности строительных материалов и изделий [17], также, как и несоответствие методик по определению ГСОП [1] и отсутствие утвержденных методик по оценке окупаемости мероприятий по повышению энергоэффективности зданий и сооружений [22]-[23], [25]-[27], [30].

Поддержание требуемых параметров микроклимата требует существенных затрат тепловой энергии на подогрев приточного воздуха в холодный период года [31]-[32]. В среднем, затраты тепловой энергии на вентиляцию оцениваются в 40–50% всех тепловых потерь здания. Применение энергоэффективных инженерных систем, таких как системы с переменным расходом воздуха [33], локальные системы вентиляции и кондиционирования [34] способствуют сокращению таких затрат. При правильном подходе к моделированию [35] и проектированию [36] тепловлажностного режима здания можно обеспечить тепловой комфорт в помещениях [37] и добиться хороших показателей по энергоэффективности [38].

Нормативные показатели холодного периода года для зданий различного назначения приведены в российском нормативном документе Свод правил СП 131.13330, фактические зависят от фактических параметров наружного климата. В последние годы во многих регионах России наблюдается устойчивая тенденция повышения температуры приземного слоя наружного воздуха (более заметная в холодный период года), уменьшения продолжительности холодного периода года и увеличения продолжительности теплого [39]-[44].

Теплоизоляционные характеристики ограждающих конструкций и параметры микроклимата, как правило, остаются неизменными в течение всего отопительного периода. А наружные климатические условия (температура наружного воздуха [1], относительная влажность, скорость и направление ветра) являются переменными, при этом они могут в значительной степени изменяться не только в долгосрочной перспективе (в течение отопительного периода), но и в краткосрочной (в течение одних суток). Тепловой баланс теплопотерь и теплопоступлений позволяет обеспечить в здании комфортные условия. В этой связи к зданию следует подвести различное количество тепловой энергии, позволяющее компенсировать теплопотери через наружные ограждения и на нагревание наружного воздуха. Для этого на каждом источнике тепловой энергии утверждается температурный график регулирования тепловой нагрузки потребителей.

Регулирование тепловой нагрузки может осуществляться:

- на источнике тепловой энергии (центральное);
- в центральных тепловых пунктах (групповое);
- в тепловых пунктах, установленных на абонентских вводах (местное);
- на отопительных приборах (индивидуальное).



Для регулирования тепловой нагрузки возможно изменение расхода и температуры сетевой воды. В зависимости от изменяемого показателя применяют следующие методы регулирования:

- качественное, когда изменяется температура сетевой воды при неизменном ее расходе;
- количественное, когда изменяется расход сетевой воды при неизменной температуре;
- качественно-количественный, когда могут изменяться оба показателя сетевой воды, – как расход, так и температура.

В системах централизованного теплоснабжения применяется, как правило, качественное регулирование, при котором создаются наиболее благоприятные гидравлические условия для большинства абонентских установок [45].

Таким образом, как показывают результаты обзора, в настоящее время отсутствует анализ температурных режимов тепловой сети, а именно выбор научно-обоснованного оптимального температурного графика регулирования.

## 2 Materials and Methods

### *Постановка задачи*

При качественном регулировании, как правило, применяется температурный график 150/70 °С, в котором в числителе указана температура теплоносителя в подающем трубопроводе, в знаменателе – в обратном. В подавляющем большинстве случаев в качестве теплоносителя в тепловых сетях используется вода. В последние годы наметилась тенденция применения так называемых пониженных графиков со срезкой (изломом) в подающем трубопроводе с температурой теплоносителя 140, 130, 120, 115 или 110 °С. Ранее нормы содержали прямой запрет на использование срезок (изломов) температурных графиков [45]. Однако позже, в связи с практически повсеместным использованием срезок и изломов на температурном графике, данный запрет из нормативных документов был исключен.

Единственное требование в этой части содержит пункт 7.6 СП 124.13330, согласно которому при центральном качественном и качественно-количественном регулировании по совместной нагрузке отопления, вентиляции и горячего водоснабжения точка излома графика температур воды в подающем и обратном трубопроводах должна приниматься при температуре наружного воздуха, соответствующей точке излома графика регулирования по нагрузке отопления.

Основными причины появления срезок и изломов на температурном графике являются [46]:

- надзорные – энергетические объекты, производящие и транспортирующие тепловую энергию с температурным потенциалом до 115 °С, не подлежат обязательной регистрации в Ростехнадзоре;
- экономические – нежелание теплоснабжающих организаций в холодные периоды отопительного сезона включать пиковые водогрейные котлы на теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) и расходовать дорогостоящий мазут;
- эксплуатационные:
  - значительный физический износ энергетического оборудования ТЭЦ и котельных (водогрейных котлов и/или сетевых подогревателей), тепловых сетей (трубопроводов, запорно-регулирующей арматуры, компенсаторов) [47-53].
  - использование для замедления коррозии трубопроводов тепловых сетей специальных веществ (ингибиторов), которые при температуре сетевой воды выше 120 °С разлагаются и перестают действовать;
  - применение для тепловой изоляции трубопроводов пенополиуретановой (ППУ) изоляции, которая при температуре сетевой воды выше 120 °С подвержена разрушению, а продукты распада ППУ оказывают агрессивное коррозионное воздействие на трубопроводы.

Вышеперечисленные причины можно дополнить также несоответствием фактических (расчетных) и договорных тепловых нагрузок потребителей [54, 55].

При соответствующем технико-экономическом обосновании нормы позволяют применение температурных графиков без срезок (изломов), но с более низкой температурой сетевой воды в подающей магистрали тепловой сети, например, со следующими параметрами: (130; 110; 95)/70 °С.

Рассмотрим влияние температуры сетевой воды в подающей магистрали на технико-экономические показатели тепловой сети при качественном регулировании и при одинаковых исходных данных.

### *Исходные данные*

Gorshkov, R.; Nemova, D.; Frolova, I.

Feasibility study when choosing a temperature schedule for heat load regulation; 2023; *AlfaBuild*; 26 Article No 2603. doi: 10.57728/ALF.26.3

#### Имеем:

- источник тепловой энергии с располагаемой мощностью: **25 Гкал/час**;
- протяженность тепловых сетей: **1 000 м** (в 2-трубном исчислении).

#### Требуется:

подобрать оптимальный расчетный температурный режим тепловой сети ( $T_1/T_2$ ).

Варианты температурных режимов:

- 150/70 (**вар. 1**);
- 130/70 (**вар. 2**);
- 110/70 (**вар. 3**).

Соответственно, температурный перепад в тепловой сети ( $\Delta T$ ) при рассматриваемых в исследовании режимах (**вариантах**):

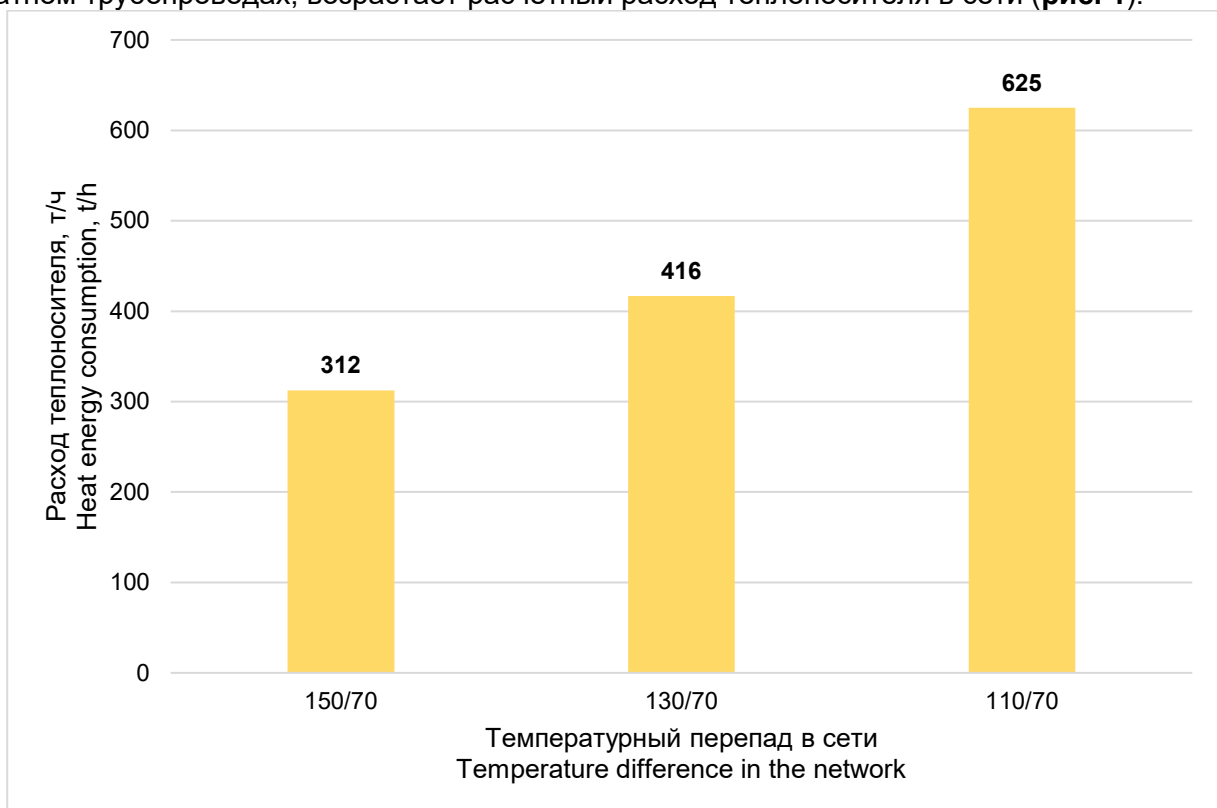
- **вар. 1** – 80 °С;
- **вар. 2** – 60 °С;
- **вар. 3** – 40 °С.

### 3 Results and Discussion

Соответствующий располагаемой на источнике тепловой нагрузке и температурным перепадам расход теплоносителя в сети при рассматриваемых температурных режимах (**вариантах**) составит:

- **вар. 1** – 312.5 т/ч;
- **вар. 2** – 416.7 т/ч;
- **вар. 3** – 625 т/ч.

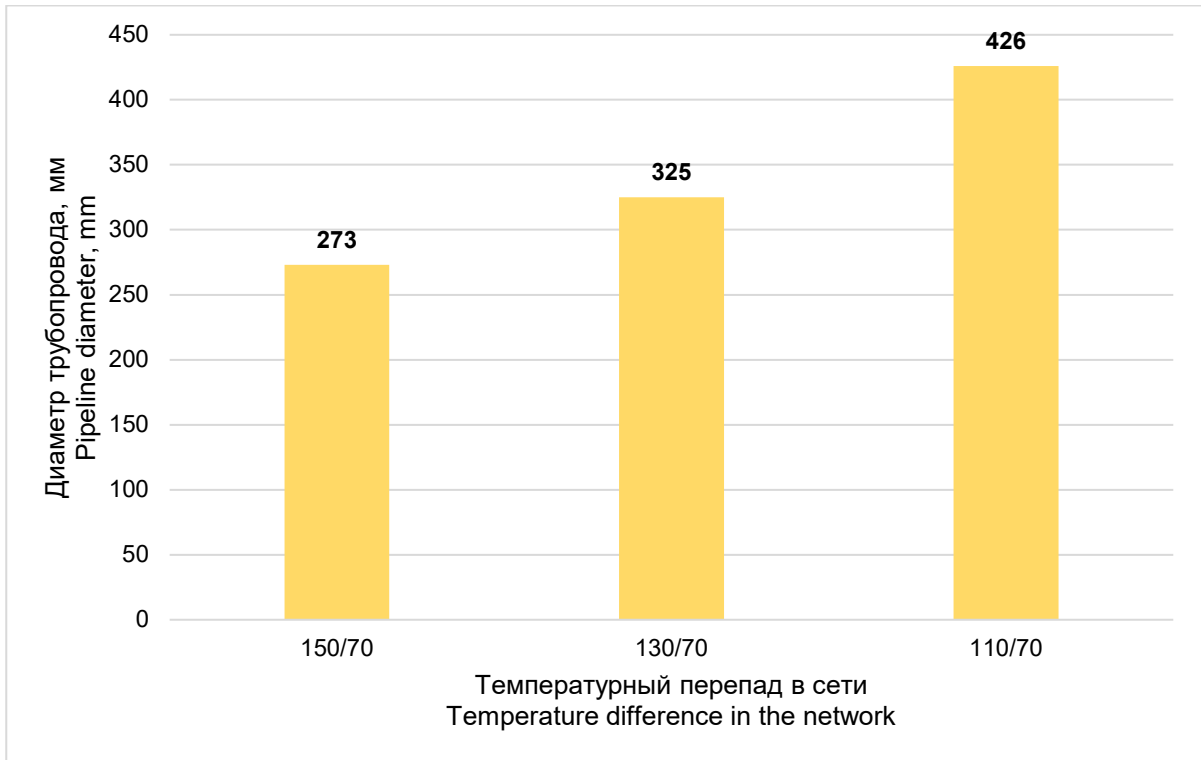
Т.е. по мере уменьшения температурного перепада между температурами в подающем и обратном трубопроводах, возрастает расчетный расход теплоносителя в сети (**рис. 1**).



**Рисунок 1. Расчетный расход теплоносителя в тепловой сети при различных температурных режимах**

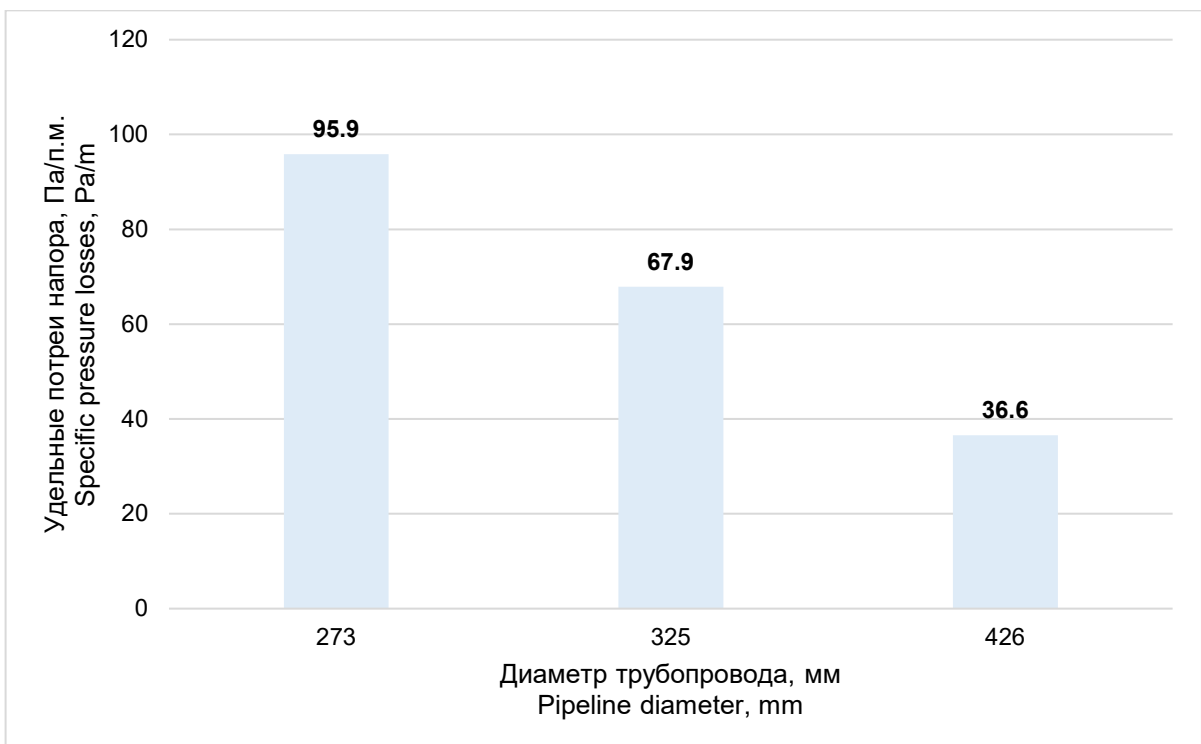
**Figure 1. Estimated flow rate of the heat carrier in the heating network at various temperature conditions**

С увеличением расчетного расхода теплоносителя увеличиваются требуемые диаметры трубопроводов (**рис. 2**).

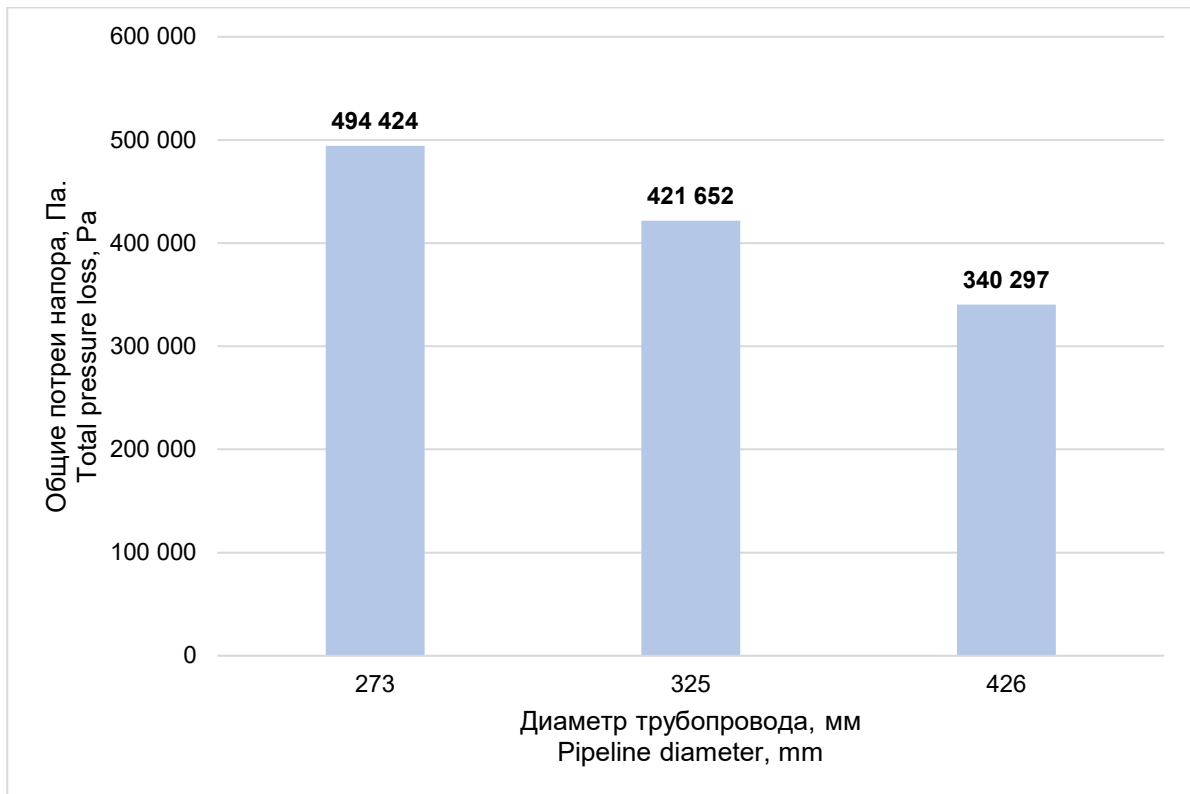


**Рисунок 2. Диаметры трубопроводов для рассматриваемых температурных режимов [56]**  
**Figure 2. Pipeline diameters for the considered temperature regimes [56]**

Чем больше диаметр трубопровода, тем меньшими оказываются удельные потери напора (рис. 3) и общие потери напора в системе (с учетом потерь на источнике и у абонентов, – см. рис. 4).



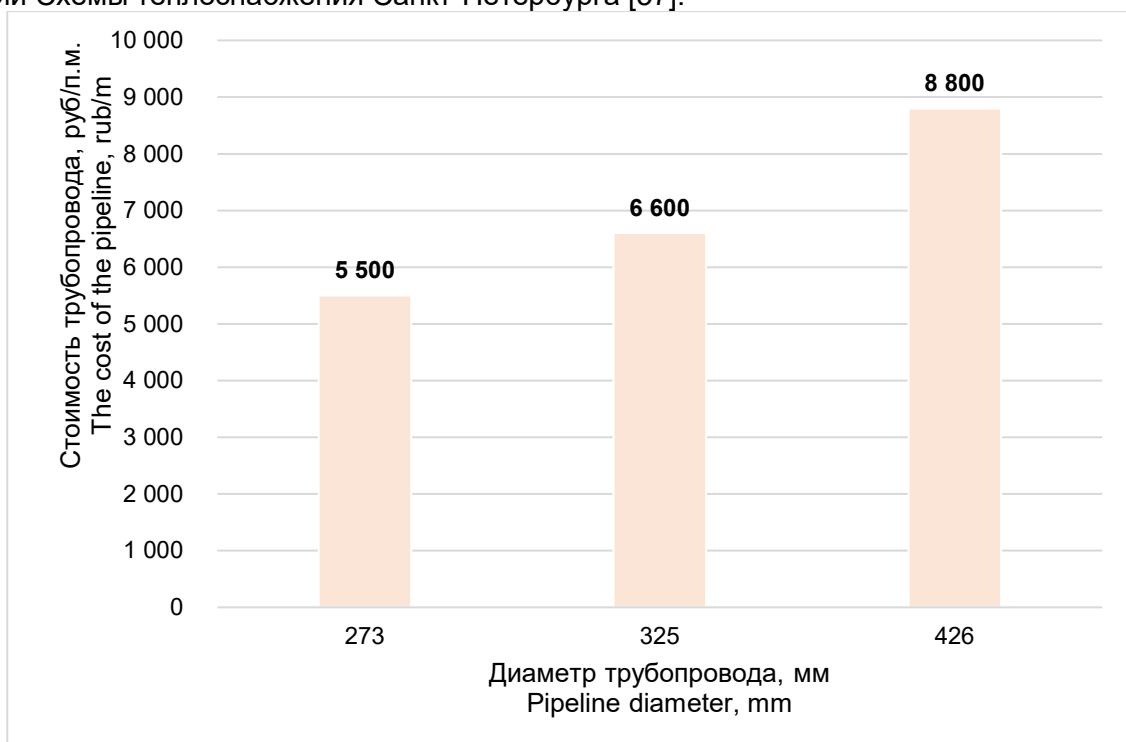
**Рисунок 3. Зависимость удельных потерь напора от диаметра трубопровода**  
**Figure 3. Dependence of specific head loss on pipeline diameter**



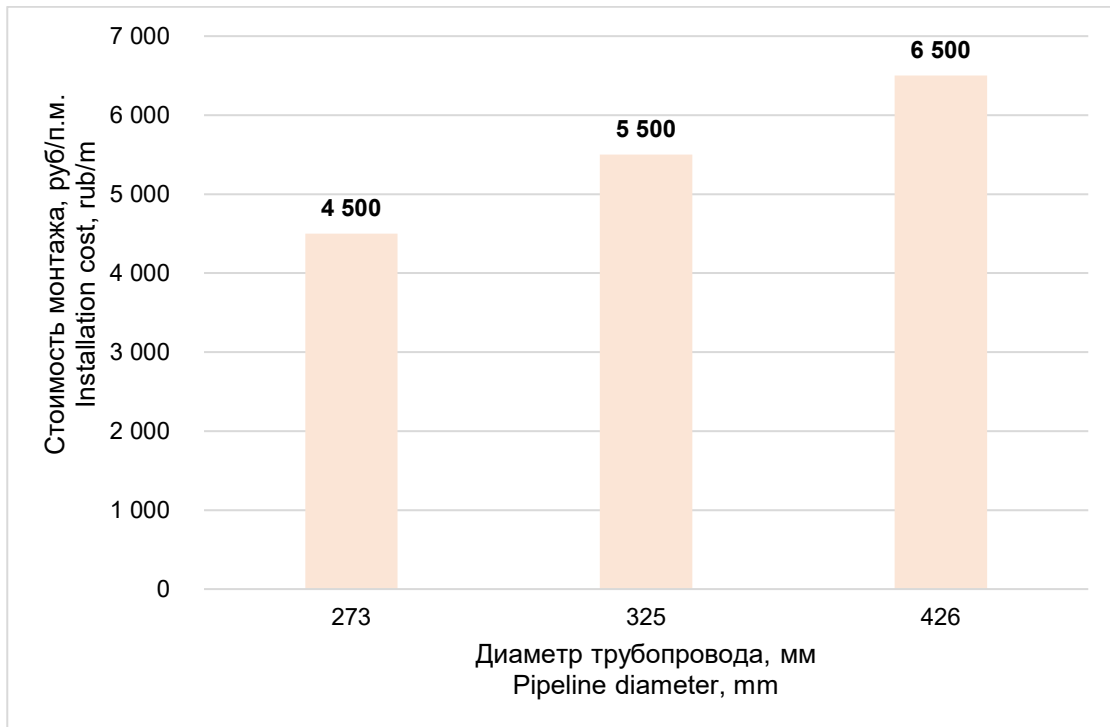
**Рисунок 4. Зависимость удельных потерь напора от диаметра трубопровода**  
**Figure 4. Dependence of specific head loss on pipeline diameter**

Соответственно, с уменьшением температурного перепада между температурами подающего и обратного трубопроводов возрастают удельные и общие капитальные затраты на строительство или реконструкцию сетей:

- стоимость трубопроводов (**рис. 5**);
- стоимость монтажных работ (**рис. 6**);
- стоимость насосного оборудования (**рис. 7**);
- общая стоимость работ по перекладке сети (**рис. 8**) принята по данным утвержденной редакции Схемы теплоснабжения Санкт-Петербурга [57].



**Рисунок 5. Стоимость трубопроводов различного диаметра**  
**Figure 5. The cost of pipelines of various diameters**

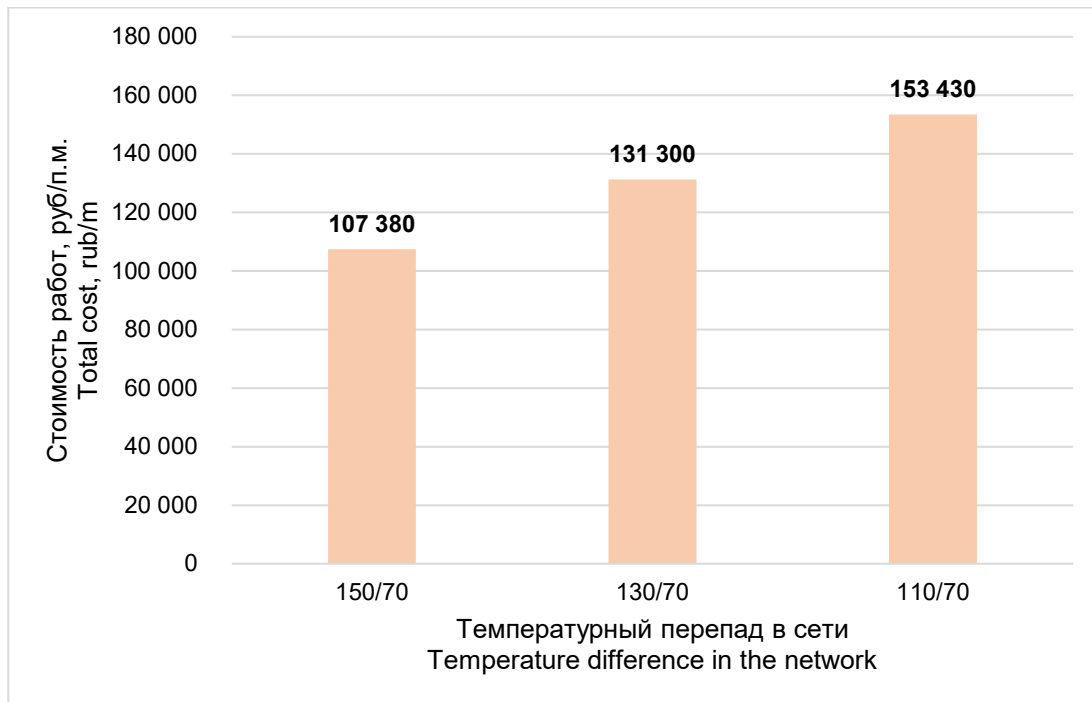


**Рисунок 6. Стоимость монтажных работ в зависимости от диаметра трубопровода**  
**Figure 6. The cost of installation work depending on the diameter of the pipeline**



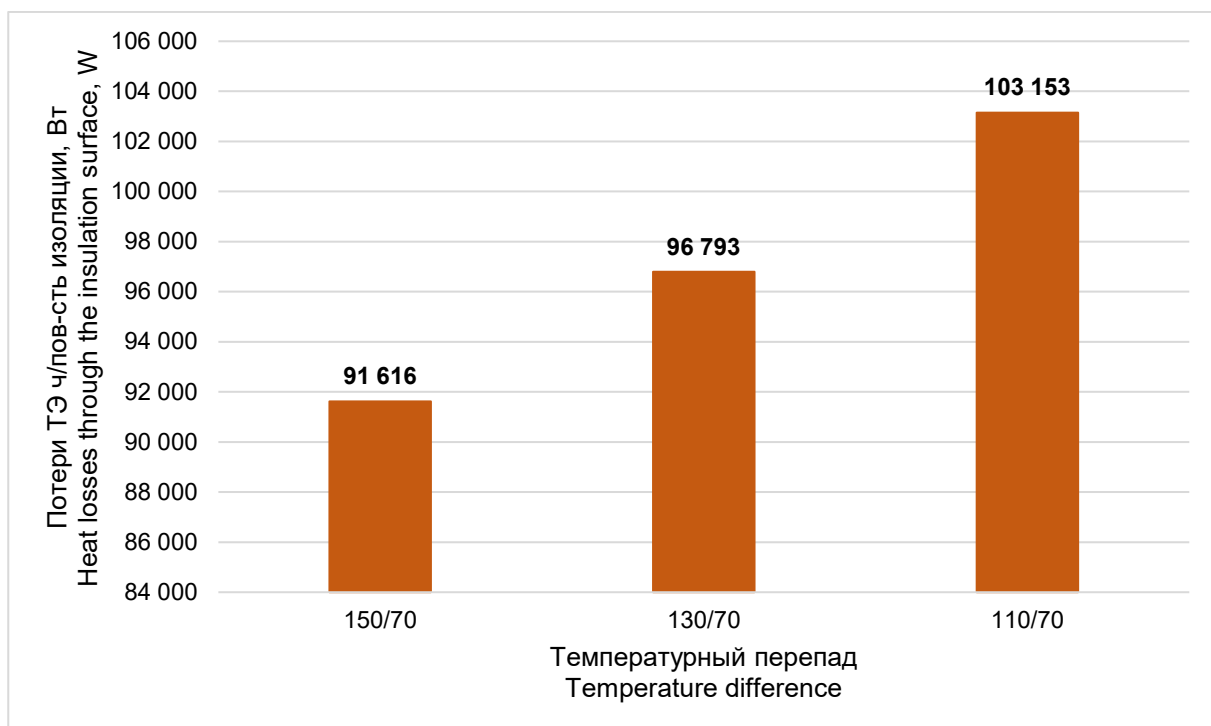
**Рисунок 7. Стоимость насосного оборудования при различном температурном режиме**  
**Figure 7. The cost of pumping equipment at different temperatures**

**Рис. 7** показывает, что с одной стороны, чем больше диаметр трубопровода, тем меньшими оказываются потери давления в системе. С другой стороны, возрастает расчетный расход теплоносителя. Т.к. стоимость насосного оборудования, в первую очередь, зависит от производительности насоса, то при большем диаметре (меньшем температурном перепаде) стоимость насосного оборудования оказывается выше.



**Рисунок 8. Удельная стоимость реконструкции тепловой сети «под ключ» при различном температурном режиме в двухтрубном исчислении [57]**  
**Figure 8. The unit cost of the reconstruction of the heating network on a turnkey basis under different temperature conditions in a two-pipe calculation [57]**

С увеличением температурного перепада между температурой в подающем и обратном трубопроводах, увеличиваются потери тепловой энергии через поверхность изоляции (**рис. 9**).



**Рисунок 9. Потери тепловой энергии (мощности) через поверхность изоляции при различном температурном режиме**  
**Figure 9. Heat (power) losses through the surface of the insulation at different temperature conditions**

**Рис. 9.** показывает, что одной стороны, чем выше температура теплоносителя в подающем трубопроводе (в обратном трубопроводе температура теплоносителя, на основании условий, представленных в табл. В.5 Приложения В Российского нормативного документа Свод

Gorshkov, R.; Nemova, D.; Frolova, I.

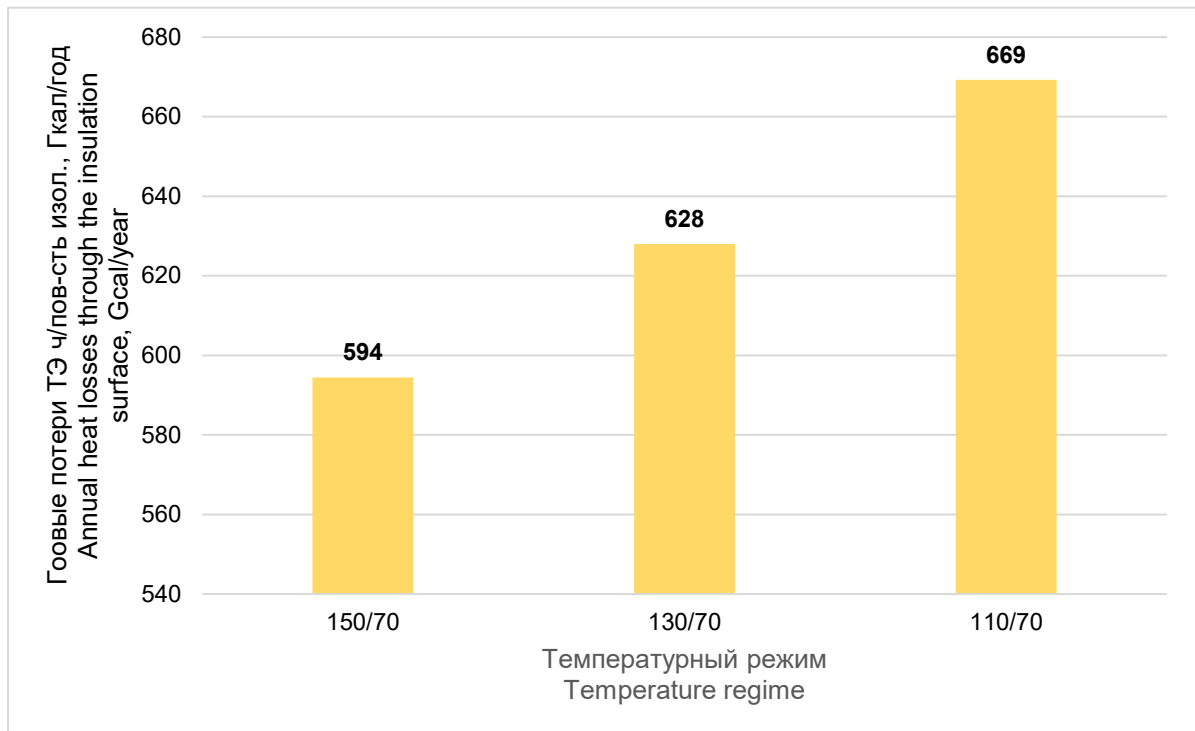
Feasibility study when choosing a temperature schedule for heat load regulation;

2023; *AlfaBuild*; 26 Article No 2603. doi: 10.57728/ALF.26.3



правил 61.13330, принимается одинаковой, – 50 °С) потери тепловой энергии через поверхность изоляции возрастают. С другой стороны, чем меньше диаметр трубопровода, тем меньшей у него оказывается поверхность теплоотдачи. В данном случае, при принятых расчетных условиях, геометрия играет более значимую роль по сравнению с градиентом температур между температурой теплоносителя (различной для разных температурных режимов) и окружающей среды (грунта), температура которого при расчетных условиях принята равной плюс 5 °С.

В соответствии с полученными выше данными по мере уменьшения расчетного перепада температур между температурами теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах, возрастают годовые потери тепловой энергии через поверхность изоляции (**рис. 10**), т.е. при температурном перепаде 80 °С годовые потери тепловой энергии через поверхность изоляции оказываются наименьшими.



**Рисунок 10. Суммарные за год потери тепловой энергии через поверхность изоляции при различном температурном режиме**  
**Figure 10. The total annual heat losses through the surface of the insulation at different temperature conditions**

## 4 Conclusions

1. На основании выполненного анализа показано, что оптимальным из всех, представленных в исследовании температурных режимов тепловой сети, является температурный график регулирования 150/70 ° (**вариант 1**).
2. При графике регулирования 150/70 ° наименьшими оказываются:
  - расход теплоносителя в тепловой сети;
  - утечки теплоносителя в тепловой сети;
  - диаметры трубопроводов;
  - стоимость трубопроводов и оборудования;
  - стоимость реконструкции тепловых сетей.

## 5 Fundings

This research was funded by the Russian Science Foundation under grant 21-79-10283, date 29.07.2021 <https://rscf.ru/project/21-79-10283/>.



## References

- 1 Livchak, A.V. (2015) Degree-Days of the Heating Period as a Tool for Comparing the Level of Energy Efficiency of Buildings in Russia and in Other Countries. *AVOK*, **6**. [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=6209](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6209).
- 2 Brodach, M.M. (2013) Optimal Accounting for Energy Impact of Outside Climate on a Building. *AVOK*, **4**. [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=5539](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5539).
- 3 Gorshkov, A.S., Vatin, N.I. and Rymkevich, P.P. (2020) Influence of Anthropogenic Factors on Thermal Pollution of the Urban Environment. *Energy saving*, **7**. <https://elibrary.ru/item.asp?id=44167778>.
- 4 Klimenko, V.V., Ginzburg, A.S., Demchenko, P.F., Tereshin, A.G., Belova, I.N. and Kasilova, E.V. (2016) The Impact of Urbanization and Climate Warming on the Energy Consumption of Large Cities. *Reports of the Academy of Sciences*, Akademizdatcenter Nauka, **470**, 519–524. <https://doi.org/10.7868/S0869565216290107>.
- 5 Klimenko, V.V., Klimenko, A.V., Tereshin, A.G. and Mikushina, O.V. (2002) Changes in the Parameters of the Heating Period in the European Territory of Russia as a Result of Global Warming. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Energy.*, **2**.
- 6 Klimenko, V. V., Klimenko, A. V. and Andreychenko, T.N. (1997) Energy, Nature and Climate. Moscow. Russian State Library. Storage cipher: FB 2 97-28/247.
- 7 Klimenko, V.V., Klimenko, A.V. and Tereshin, A.G. (2001) Energy and Climate at the Turn of the Century: Forecasts and Reality. *Teploenergetika*, **61–66**. <https://istina.msu.ru/publications/article/83974725/>.
- 8 Klimenko, V. V., Klimenko, A. V., Tereshin, A.G. and Fedotova, E. V. (2021) Climatic Extremes: A New Challenge for Russian Power Systems. *Thermal Engineering* , Pleiades journals, **68**, 171–184. <https://doi.org/10.1134/S0040601521030058>.
- 9 Gorshkov, A.S., Rymkevich, P.P. and Romanova, A.A. (2017) IMPACT OF CLIMATE ON BUILDING ENERGY USE. MONITORING OF SP “BUILDING CLIMATOLOGY” DATA. *AVOK*, **3**. [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=6658](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6658).
- 10 Gorshkov, A.S. (2017) Climate and Energy Consumption. *Translucent constructions*, **3**. <https://elibrary.ru/item.asp?id=30711494>.
- 11 Gorshkov, A.S. (2017) Geography, Climate and Energy Consumption. *Construction: new technologies - new equipment*, **6**. <https://panor.ru/articles/geografiya-klimat-i-energopotreblenie/41766.html>.
- 12 Tseytin, D.N., Vatin, N.I., Nemova, D.V., Rymkevich, P.P. and Gorshkov, A.S. (2016) Feasibility Study for Renovation of Facades Heat Insulation of Residential Buildings of the First Mass Series. *Construction of Unique Buildings and Structures*, **40**, 20–31. <https://doi.org/10.18720/CUBS.40.2>.
- 13 Gorshkov, A.S., Kashabin, A.V., Rymkevich, P.P., Tseytin, D.N., Nemova, D.V. and Vatin, N.I. (2014) Technical and Economic Assessment on Actions for Heat Insulation of External Envelops of an Individual House. *Construction of Unique Buildings and Structures*, **23**, 93–115. <https://doi.org/10.18720/CUBS.23.7>.
- 14 Gorshkov, A.S. (2017) Geography, Climate and Energy Consumption. *Construction: new technologies - new equipment*, **6**. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_22457967\\_82221047.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_22457967_82221047.pdf).
- 15 Rymkevich, P.P., Nemova, D.V., Gorshkov, A.S., Vatin, N.I., Kashabin, A.V. and Tseytin, D.N. (2014) Technical and Economic Assessment on Actions for Heat Insulation of External Envelops External Walls of Apartment Building with the Double-Skin Facade. *Construction of Unique Buildings and Structures*, **26**, 70–84. <https://doi.org/10.18720/CUBS.26.6>.
- 16 Kashabin, A.V., Tseytin, D.N., Rymkevich, P.P., Nemova, D.V., Gorshkov, A.S. and Vatin, N.I. (2014) Technical and Economic Assessment on Actions for Heat Insulation of External Envelops External Walls of Apartment Building with the Double-Skin Facade. *Construction of Unique Buildings and Structures*, **26**, 70–84. <https://doi.org/10.18720/CUBS.26.6>.
- 17 Gorshkov, A.S., Grinfeld, G.I., Mishin, V.E., Nikiforov, E.S. and Vatin, N.I. (2014) Improving the Thermal Uniformity of Walls Made of Cellular Concrete Products Due to the Use of Polyurethane Adhesive in Masonry. *Stroitelnye materialy*, **5**. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_21522347\\_90686013.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_21522347_90686013.pdf).
- 18 Gorshkov, A.S. and Sokolov, N.A. (2013) Inconsistency in Russian and International Standards in the Determination of the Design Values of Thermal Conductivity of Building Materials and



- Products. *Magazine of Civil Engineering*, St-Petersburg State Polytechnical University, **42**, 7–14. <https://doi.org/10.5862/MCE.42.2>.
- 19 Gorshkov, A., Vatin, N., Nemova, D., Shabaldin, A., Melnikova, L. and Kirill, P. (2015) Using Life-Cycle Analysis to Assess Energy Savings Delivered by Building Insulation. *Procedia Engineering*, No longer published by Elsevier, **117**, 1080–1089. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2015.08.240>.
- 20 Gorshkov, A. and Murgul, V. (2018) Calculation of Heat Energy Consumption by a Typical Historical Building with a Courtyard. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, Springer Verlag, **692**, 577–591. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-70987-1\\_61](https://doi.org/10.1007/978-3-319-70987-1_61).
- 21 Vatin, N.I., Gorshkov, A.S., Nemova, D.V., Staritcyna, A.A. and Tarasova, D.S. (2014) The Energy-Efficient Heat Insulation Thickness for Systems of Hinged Ventilated Facades. *Advanced Materials Research*, Trans Tech Publications Ltd, **941–944**, 905–920. <https://doi.org/10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMR.941-944.905>.
- 22 Vatin, N., Gorshkov, A., Nemova, D. and Tarasova, D. (2014) Energy Efficiency of Facades at Major Repairs of Buildings. *Applied Mechanics and Materials*, Trans Tech Publications Ltd, **633–634**, 991–996. <https://doi.org/10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMM.633-634.991>.
- 23 Gorshkov, A., Murgul, V. and Oliynyk, O. (2016) Forecasted Payback Period in the Case of Energy-Efficient Activities. *MATEC Web of Conferences*, EDP Sciences, **53**, 01045. <https://doi.org/10.1051/MATECONF/20165301045>.
- 24 Vatin, N., Gorshkov, A., Kazimirova, A., Gureev, K. and Nemova, D. (2014) CALCULATION OF PAYBACK PERIOD MINERAL WOOL WITH LONGITUDINAL FIBERS OF ITE PARISO (PAREXLANKO). *Journal of Applied Engineering Science*, Institut za Istrazivanja, **12**, 207–216. <https://doi.org/10.5937/JAES12-6552>.
- 25 Zadvinskaya, T.O. and Gorshkov, A.S. (2014) Comprehensive Method of Energy Efficiency of Residential House. *Advanced Materials Research*, Trans Tech Publications Ltd, **953–954**, 1570–1577. <https://doi.org/10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMR.953-954.1570>.
- 26 Vatin, N., Gorshkov, A., Rymkevich, P., Nemova, D. and Tarasova, D. (2014) Nonstationary Thermal Conduction through the Building Envelope. *Applied Mechanics and Materials*, Trans Tech Publications Ltd, **670–671**, 365–369. <https://doi.org/10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMM.670-671.365>.
- 27 Gorshkov, A.S. (2015) Model of Evaluating the Projected Payback Period in Energy Preservation. *Vestnik MGSU*, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), **10**, 136. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2015.12.136-146>.
- 28 Gorshkov, A.S., Nemova, D.V. and Rymkevich, P.P. (2014) Save or Not? Russian Energy-Saving Requirements. *AVOK*, **2**. [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=5773](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5773).
- 29 Gorshkov, A.S., Olshevskiy, V.I., Gorshkov, R. and Kovredov, A. (2018) The Impact of the Extent of Mortar Filling of Brick Holes on Thermal Conductivity of Masonry. *Construction of Unique Buildings and Structures*, **67**, 32–51. <https://doi.org/10.18720/CUBS.67.3>.
- 30 Gorshkov, A.S., Olshevsky, V.Y. and Gorshkov, R.A. (2018) Thermal Conductivity of a Facing Stone Layer Made of Ceramic Hollow Bricks at Various Degrees of Filling Voids with Mortar. *Building materials, equipment, technologies of the XXI century*, **9–10**. [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_38546710\\_95330483.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_38546710_95330483.pdf).
- 31 Gorshkov, R.A., Stepashkina, A.S. and Gorshkov, A.S. (2021) Technique for Solving Problems by the Method of Enumerators. *Mathematical Methods and Models in High-Tech Production. Abstracts of the I International Forum*. St. Petersburg. [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_48471393\\_22194497.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_48471393_22194497.pdf).
- 32 Gorshkov, R.A. and Voilokov, I.A. (2022) Conditions for the Formation of Ice Dams on Pitched Roofs of Buildings with Cold Attics. *Vestnik MGSU*, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), **17**, 60. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2022.1.60-71>.
- 33 Shilkin, N.V. (2018) Energy Saving Possibilities in Systems with Regulated Natural Ventilation. *AVOK*, **2**. [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=6873](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6873).
- 34 Naumov, A.L. and Kapko, D.V. (2012) Ventilation System with Variable Air Flow for Office Buildings. *AVOK*, **8**. [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=5395](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5395).
- 35 Naumov, A.L. and Kapko, D.V. (2012) Local Air Conditioning Systems in Office Buildings. *AVOK*, **2**. [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=5176](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5176).
- 36 Datsyuk, T.A. and Grititlin, A.M. (2013) Modeling of the Heat and Humidity Regime in the Design of Buildings. *Bulletin of Civil Engineers*, **3**.

Gorshkov, R.; Nemova, D.; Frolova, I.

Feasibility study when choosing a temperature schedule for heat load regulation; 2023; *AlfaBuild*; **26** Article No 2603. doi: 10.57728/ALF.26.3



- [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_20273678\\_87707345.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_20273678_87707345.pdf).
- 37 Datsiu, T.A., Vasiliev, V.F., Deryugin, V.V. and Ivlev, Y.P. (2015) New Technology for Designing Building Microclimate Systems. *Bulletin of Civil Engineers*, **3**. <https://elibrary.ru/item.asp?id=18793380>.
- 38 Pukhkal, V.A., Sukhanov, K.O. and Grititlin, A.M. (2015) INDOORTIERMAL COMFORT MAINTENANCE DY MEANS OF WATER SKIRTING BOARD HEATING SYSTEM. *Bulletin of Civil Engineers*, **6**. [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_27631848\\_32711160.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_27631848_32711160.pdf).
- 39 Gubina, I.A. and Gorshkov, A.S. (2015) Energy Saving in Buildings with Heat Recovery Exhaust Air. *Construction of Unique Buildings and Structures*, **31**, 209–219. <https://doi.org/10.18720/CUBS.31.15>.
- 40 Khlebnikova, E.I., Datsyuk, T.A. and Sall, I.A. (2014) Impact of Climate Change on Construction, Land Transport, Fuel and Energy Complex. *Proceedings of the Main Geophysical Observatory. A.I. Voeikov*, **574**. [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_22969032\\_25133340.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_22969032_25133340.pdf).
- 41 Porfiriev, B.N. and Khlebnikova, E.I. (2015) Construction in the Context of Climate Change in the Arctic: Risks and Opportunities for Their Reduction. *Economics of construction*, **6**. <https://elibrary.ru/item.asp?id=24862631>.
- 42 Bondarenko, L.V., Maslova, O.V., Belkina, A.V. and Sukharev, K.V. (1998) Global Climate Change and Its Consequences. *Bulletin of the Russian University of Economics G.V. Plekhanov*, **3**. <https://elibrary.ru/item.asp?id=32824869>.
- 43 Borzenkova, I.I., Budyko, M.I. and Byutner, E.K. (1987) Anthropogenic Climate Change. Gidrometeoizdat, Leningrad, Russian State Library. Storage cipher: FB 1 87-44/96.
- 44 Gorshkov, A.S., Vatin, N.I. and Rymkevich, P.P. (2020) Climate Change and the Thermal Island Effect in the Million-plus City. *Construction of Unique Buildings and Structures*, **90**, 8902–8902. <https://doi.org/10.18720/CUBS.89.2>.
- 45 Sharapov, V.I. and Rotov, P.V. (2007) Load Regulation of Heat Supply Systems. News of heat supply, Moscow. [https://www.studmed.ru/sharapov-vi-rotov-pv-regulirovanie-nagruzki-sistem-teplosnabzheniya\\_c0e28b71a76.html](https://www.studmed.ru/sharapov-vi-rotov-pv-regulirovanie-nagruzki-sistem-teplosnabzheniya_c0e28b71a76.html).
- 46 Borisov, K.E. (2021) Influence of Heat Supply Quality on the Actual Heat Loads of Heating and Hot Water Supply Systems in Apartment Buildings. Experience of Kemerovo. *Energy saving*, **7**. <https://elibrary.ru/item.asp?id=46658665>.
- 47 Kiryukhin, S.N., Sennova, E. V. and Shimanskaya, A.O. (2018) Evaluation of Data on Technological Violations in Thermal Networks. *Energy saving*, **6**. <https://elibrary.ru/item.asp?id=35512668>.
- 48 Gorshkov, A.S. and Rymkevich, P.P. (2019) Wear and Damage to Heating Networks. Solving the Problem of Quality and Reliability of Energy Supply. *Energy saving*, **4**. <https://elibrary.ru/item.asp?id=38230127>.
- 49 Gorshkov, A.S. and Rymkevich, P.P. (2019) Wear and Damage to Heating Networks. Solving the Problem of Quality and Reliability of Energy Supply. *Energy saving*, **5**. <https://elibrary.ru/item.asp?id=39241789>.
- 50 Averyanov, V.K., Melezhik, A.A., Gorshkov, A.S. and Yuferev, Y. V. (2018) Heat Supply of Cities in the Context of the Development of Active Consumers of Intelligent Energy Systems. *Academia. Architecture and construction*, Publishing House ASV (Izdatelstvo ASV), **1**, 78–87. <https://doi.org/10.22337/2077-9038-2018-1-78-87>.
- 51 Averyanov, V.K., Gorshkov, A.S. and Vasiliev, G.P. (2018) Increasing the Efficiency of Centralized Heat Supply of the Existing Housing Stock. *Bulletin of Civil Engineers*, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPSUACE), **15**, 99–111. <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2018-15-6-99-111>.
- 52 Moiseev, E.Y. (2015) Analysis of Statistics of Emergency Situations on Heat Networks in Dubna. *System analysis in science and education*, **3**, 11–19. <https://sanse.ru/index.php/sanse/article/view/356>.
- 53 Gorshkov, A., Rymkevich, P., Vasilyev, G., Popov, M. and Kolesova, M. (2019) Model of Damage Accumulation in Heat Networks. *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, **1311**, 012032. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1311/1/012032>.
- 54 Gorshkov, A.S., Kabanov, M.S. and Yuferev, Y. V. (2021) Analysis of Thermal Loads and Specific Consumption of Thermal Energy in Apartment Buildings. *Thermal Engineering*, Pleiades journals, **68**, 654–661. <https://doi.org/10.1134/S0040601521050050>.
- 55 Gorshkov, A.S., Kabanov, M.S. and Yuferev, Y.V. (2021) ANALYSIS OF HEAT LOADS AND

Gorshkov, R.; Nemova, D.; Frolova, I.

Feasibility study when choosing a temperature schedule for heat load regulation; 2023; *AlfaBuild*; **26** Article No 2603. doi: 10.57728/ALF.26.3



SPECIFIC HEAT ENERGY CONSUMPTION IN APARTMENT BUILDINGS. *Thermal power engineering*, Ob'edinennaya Redakcyia OOO, 8, 72–80.  
<https://doi.org/10.1134/S0040363621050052>.

56 (2012) Russian Set of Rules SP 124.13330.2012 Thermal Networks.  
<https://docs.cntd.ru/document/1200095545>.

57 Order of the Ministry of Energy of Russia Dated 04.08.2022 No. 762 On Approval of the St. Petersburg Heat Supply Scheme until 2033 (Updated for 2023).  
<https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2021/08/18/56/639.pdf>.