

**Разработка мероприятий по модернизации системы отопления учебного корпуса № 7 ВСГУТУ и оценка экономической эффективности****О.Б. Аюрова^{1✉}, Е.М. Бадашкеева², А.Б. Цыбенова³,
В.Б. Цыбенков⁴, В.И. Танков⁵**^{1,2,3,4,5}Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления (ВСГУТУ),
г. Улан-Удэ, Республика Бурятия, Россия

Аннотация. Целью работы является анализ существующего состояния работы системы отопления учебного корпуса № 7, разработка мероприятий по модернизации данной системы с оценкой экономической эффективности. В ходе анализа был выполнен теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций, произведено натурное обследование системы отопления, замеры параметров внутреннего микроклимата и тепловизионная съемка. Были рассчитаны тепловые потери помещений и выполнен поверочный гидравлический расчет системы отопления. В результате обследования были выявлены недостатки в работе существующей системы отопления, для устранения которых были разработаны два варианта мероприятий по ее модернизации. Первый вариант заключается в регулировании системы (снятие и добавление секций; замена уплотнителей окон; замена трубопроводов на другой диаметр; установка ручных балансировочных клапанов на стояках и ответвлениях, установка насоса на обратном трубопроводе; установка замыкающих участков). Второй вариант предполагает капитальный ремонт и включает в себя, помимо перечисленных, дополнительные мероприятия по утеплению чердачного перекрытия и торцевых стен корпуса, которые позволят снизить тепловые потери на 25 %. Проведен подбор оборудования автоматизированного теплового пункта для обоих вариантов. Выполнены сметные расчеты, проведена оценка экономической эффективности, определены сроки окупаемости по каждому мероприятию. Проведение натурного обследования наружных ограждающих конструкций, системы отопления, замеров параметров микроклимата позволило разработать мероприятия по модернизации системы отопления учебного корпуса № 7 и оценить экономическую эффективность.

Ключевые слова: система отопления, теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций, параметры внутреннего микроклимата, тепловизионная съемка, гидравлический расчет системы отопления, оценка экономической эффективности

Для цитирования: Аюрова О.Б., Бадашкеева Е.М., Цыбенова А.Б., Цыбенков В.Б., Танков В.И. Разработка мероприятий по модернизации системы отопления учебного корпуса №7 ВСГУТУ и оценка экономической эффективности // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2024. Т. 14. № 1. С. 30–45. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2024-1-30-45>. EDN: JARKBE.

Original article**Development of measures to modernize the heating system in ESSUTM academic building No. 7 and evaluation of economic efficiency****Oyuna B. Ayurova^{1✉}, Ekaterina M. Badashkeeva², Arina B. Tsybenova³,
Valentine B. Tsybenov⁴, Vasiliy I. Tankov⁵**^{1,2,3,4,5}East Siberian State University of Technology and Management (ESSUTM),
Ulan-Ude, Republic of Buryatia, Russia

Abstract. The present work is aimed at analyzing the heating system operation in academic building No. 7 and developing measures to modernize this system with an evaluation of economic efficiency. The

© Аюрова О.Б., Бадашкеева Е.М., Цыбенова А.Б., Цыбенков В.Б., Танков В.И., 2024

analysis involved a thermal analysis of exterior wall envelopes, an on-site inspection of the heating system, as well as measurements of internal microclimate parameters and thermal imaging. Heat losses in rooms were calculated, and a verification hydraulic analysis of the heating system was performed. The inspection revealed deficiencies in the operation of the existing heating system, and two options for modernization measures were developed to address these deficiencies. The first option consists in adjusting the system (removing and adding sections; replacing window seals; replacing piping with that of a different diameter; installing manual balancing valves on risers and branches; installing a pump on the return piping; installing closing sections). The second option involves major repairs and includes additional measures (in addition to those specified above) to insulate the attic flooring and end walls of the building, which can reduce heat losses by 25 %. For both options, automated heating substation equipment was selected. In addition, costs were estimated, economic efficiency was evaluated, and payback periods for each measure were determined. The on-site inspection of exterior wall envelopes and the heating system, as well as measurement of microclimate parameters, provided a means to develop measures to modernize the heating system of academic building No. 7 and evaluate economic efficiency.

Keywords: heating system, thermal engineering calculation of external enclosing structures, parameters of the internal microclimate, thermal imaging, hydraulic calculation of the heating system, assessment of economic efficiency

For citation: Ayurova O.B., Badashkeeva E.M., Tsybenova A.B., Tsybenov V.B., Tankov V.I. Development of measures to modernize the heating system in ESSUTM academic building No. 7 and evaluation of economic efficiency. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate.* 2024;14(1):30-45. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2024-1-30-45>. EDN: JARKBE.

ВВЕДЕНИЕ

Опыт эксплуатации общественных зданий, построенных до 1990-х гг., показывает, что они сохраняют хорошие несущие способности, но теплопотребление таких объектов высокое (класс энергоэффективности – «Д», пониженный) [1]. Вопросы повышения энергоэффективности эксплуатируемых зданий рассматриваются в трудах В.Г. Гагарина [2–4], Ю.А. Табун-

щикова, В.И. Ливчак, Н.В. Шилкина [5], О.Д. Самарина [6] и др. Для реализации программы энергосбережения необходимо провести анализ работы инженерных систем учебных корпусов и общежитий Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления (ВСГУТУ), разработать мероприятия и провести оценку экономической эффективности.

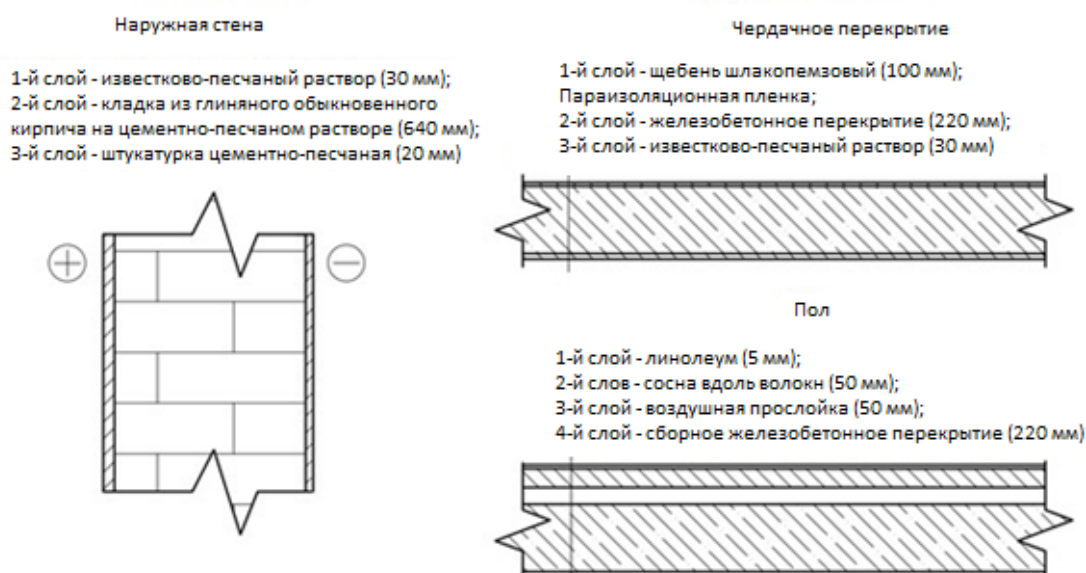


Рис. 1. Наружные ограждающие конструкции учебного корпуса № 7
Fig.1. External enclosing structures of the educational building No. 7

В данной статье представлены материалы по технико-экономическому обоснованию мероприятий по модернизации системы отопления на примере учебного корпуса № 7. Объект расположен в городе Улан-Удэ, климатические характеристики приняты согласно СП 131.13330.2020¹. Здание учебного корпуса № 7 ВСГУТУ было построено в 1968 г. и представляет собой трехэтажное сооружение П-образной формы в плане, размерами 48×64×9 м. В осях А-В и 1-7 имеется подвал, через который осуществляется ввод теплоносителя и расположены два элеваторных узла.

ОПИСАНИЕ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Согласно техническому паспорту здания и натурному обследованию определены конструкции наружных ограждающих конструкций (НОК), результаты представлены на рис. 1.

В учебном корпусе установлены двухкамерные стеклопакеты в ПВХ-переплетах, входные группы – металлические двери с утеплителем.

Проведен теплотехнический расчет, согласно методике СП 50.13330.2012², результаты которого приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты теплотехнического расчета существующих наружных ограждающих конструкций учебного корпуса № 7

Table 1. Results of thermal engineering calculation of existing external enclosing structures of educational building No. 7

Наименование	Требуемое сопротивление теплопередачи $R_o^{тр}, м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	Общее термическое сопротивление теплопередачи $R_o, м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	Коэффициент теплопередачи, $Вт / м^2 \cdot ^\circ C$	Соответствие требованиям тепловой защиты
Наружная стена	3,22	0,913	1,095	Не соответствует
Чердачное перекрытие	4,29	0,832	1,202	Не соответствует
Окна	0,78	0,78	1,282	Соответствует
Входные двери	0,843	0,843	1,186	Соответствует
Полы не утепленные	4,29	0,459	2,179	Не соответствует

Вывод: Конструкция наружной стены, пола и чердачного перекрытия не удовлетворяют требованиям тепловой защиты здания, а именно $R_o > R_o^{тр}$, следовательно, требуется теплоизоляция.

ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Система теплоснабжения централизованная, источник – центральный тепловой пункт, подключенный к ТЭЦ-2.

Система подключена по зависимой схеме через элеваторный узел, который расположен в подвале. Тепловой узел в работоспособном состоянии, состоит из запорной арматуры, грязевика, элеватора водоструйного, манометров и термометров. Температурный режим в помещениях здания обеспечивается работой вертикальной водяной одноконтурной тупиковой системы отопления с нижней разводкой. Магистральные трубопроводы проложены под полом первого этажа и в подвале, в исправном

состоянии и без следов износа. Система теплоснабжения делится на отопление и горячее водоснабжение. На системе отопления корпуса № 7 отсутствует счетчик. Он установлен в тепловой камере в учебных корпусах № 7, 7а, 7б, 8, 9. На подающем трубопроводе горячего водоснабжения установлен счетчик ВЗЛЕТ ЭРСВ-440Л. Срок поверки счетчика 2021–2026 гг.

В здании установлены отопительные приборы – чугунные радиаторы MC 140M-500 и биметаллические Rifar-A 500. Трубопроводы системы отопления стальные и водогазопроводные по ГОСТ 3262-75³, также есть полипропиленовые трубопроводы TEBO TECHNICS и PBK-ORANGE.

ОБСЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВНУТРЕННЕГО ВОЗДУХА

В табл. 2 представлены нормируемые параметры внутреннего воздуха, которые определены согласно ГОСТ 30494-2011³.

¹СП 131.13330.2020 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология». Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. М.: Стандартинформ, 2023. 107 с.

²СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.: (С имз № 1, 2). М.: ФГБУ «РСТ», 2022.

³ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. М.: Стандартинформ, 2023.

Для кабинетов и ряда аудиторий определена категория помещения 2 – помещения, в которых люди заняты умственным трудом, учебой; для лекционных аудиторий, конференц-

зала, столовой – категория 3а – помещения с массовым пребыванием людей, в которых люди находятся преимущественно в положении сидя и без уличной одежды.

Таблица 2. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха общественных зданий

Table 2. Optimal and permissible norms of temperature, relative humidity and air speed of public buildings

Период года	Категория помещений	Температура воздуха, °С		Результирующая температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая, не более	оптимальная	допустимая, не более
Холодный	2	19–21	18–23	18–20	17–22	45–30	60	0,2	0,3
	3а	20–21	19–23	19–20	19–22	45–30	60	0,2	0,3

МЕТОДЫ

Произведено обследование помещений. Были проведены измерения температур, влажности и скорости внутреннего воздуха с использованием термоанемометра Testo 435, а также опрос на наличие аудиторий, в которых учащиеся ощущают дискомфорт.

Измерение температур определенных холодных участков (окна, оконные откосы и угловые стены) производилось с помощью тепловизора FLUKE.

Согласно СП 50.13330.2012 минимальная температура внутренней поверхности остекления вертикальных светопрозрачных конструкций должна быть не ниже 3 °С. Согласно ГОСТ 30494-20113 – в холодный период года

измерение показателей микроклимата следует выполнять при температуре наружного воздуха не выше -5 °С, а также не допускается проведение измерений при безоблачном небе в светлое время суток.

Замеры и исследования производились в течение отопительных сезонов 2021–2022 и 2022–2023 гг., при температуре наружного воздуха -23 и -25 °С. Проведена математическая обработка результатов замеров и их осреднение.

По результатам обследования измерения температур выявлены аудитории с температурой ниже и выше допустимой. Результаты замера микроклимата нескольких помещений представлены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты замера параметров микроклимата помещений

Table 3. Results of measuring indoor microclimate parameters

Наименование	Этаж	Температура помещения, °С	t оконных откосов, °С	V движения воздуха, м/с	Вывод
1	2	3	4	5	6
Столовая 6	1	13,2	Окно 1 = -6 °С Окно 2 = -2,5 °С Окно 3 = -1,2 °С (рис.2)	0,4	1) t воздуха помещения ниже допустимой 18 °С 2) t оконных откосов ниже 0 °С 3) скорость движения воздуха выше допустимой (0,3 м/с)
Коридор 39	1	22,3	Окна = -12,7 °С Окна = -15 °С	–	1) t оконных откосов ниже 0 °С
Аудитория 18,19,20 (ауд. 707–709)	1	27,0	–	–	1) t воздуха помещения выше допустимой 23 °С
Кабинет 33 (ауд. 713)	1	26,2	–	–	1) t воздуха помещения выше допустимой 24 °С

Продолжение табл. 3

Наименование	Этаж	Температура помещения, °С	t оконных откосов, °С	V движения воздуха, м/с	Вывод
1	2	3	4	5	6
Кабинет 42 (ауд. 704), кабинет 43, лаборатория 44	1	26,5	–	–	1) t воздуха помещения выше допустимой 24 °С
Кабинет 1,2 (ауд. 715)	2	17,1	Окно 1 = -6,9 °С Окно 2 = -5,1 °С Окно 3 = -0,8 °С	–	1) t воздуха помещения ниже допустимой 18 °С 2) t оконных откосов ниже 0 °С
Аудитория 5 (ауд. 717)	2	26,9	–	–	1) t воздуха помещения выше допустимой 24 °С
Аудитория 8 (ауд. 719)	2	16,9	–	–	1) t воздуха помещения ниже допустимой 18 °С
Аудитория 24 (ауд. 726)	2	17	Окна = -10,2 °С Окна = -11,2 °С Окна = -14,2 °С Окна = -3,6 °С	1,4	1) t воздуха помещения ниже допустимой 18 °С 2) t оконных откосов ниже 0 °С 3) скорость движения воздуха выше допустимой (0,3 м/с)
Кабинет 7 (ауд. 719)	2	26,2	–	–	1) t воздуха помещения выше допустимой 24 °С
Кабинет 15 (ауд. 720)	2	26,8	–	–	1) t воздуха помещения выше допустимой 24 °С
Кабинет 16 (ауд. 723)	2	26,9	–	–	1) t воздуха помещения выше допустимой 24 °С
Кабинет 17 (ауд. 722)	2	26,2	–	–	1) t воздуха помещения выше допустимой 24 °С
Кабинет 18 (ауд. 723)	2	26,1	–	–	1) t воздуха помещения выше допустимой 24 °С
Кабинет 21 (ауд. 725)	2	26,5	–	–	1) t воздуха помещения выше допустимой 24 °С
Кабинет 22 (ауд. 725)	2	16,8	–	–	1) t воздуха помещения ниже допустимой 18 °С
Кабинет 27	2	14,6	–	–	1) t воздуха помещения ниже допустимой 18 °С
Кабинет 28 (ауд. 718а)	2	26,5	–	–	1) t воздуха помещения выше допустимой 24 °С
Кабинет 31 (ауд. 714)	2	15,2	–	–	1) t воздуха помещения ниже допустимой 18 °С

Окончание табл. 3

Наименование	Этаж	Температура помещения, °С	t оконных откосов, °С	V движения воздуха, м/с	Вывод
1	2	3	4	5	6
Коридор 25	2	–	Окно 1 = -7,9 °С Окно 2 = -6,1 °С Окно 3 = -4,8 °С Окно 4 = -3,9 °С	–	1) t оконных откосов ниже 0 °С
Лестничная клетка 1	1–3	13,5	Окно 1 = -7,2 °С Окно 2 = -5,1 °С	–	1) t воздуха помещения ниже допустимой 18 °С 2) t оконных откосов ниже 0 °С
Кабинет 2,3	3	16,2	Окно 1 = -6,9 °С Окно 2 = -7,1 °С Окно 3 = -3,8 °С Окно 4 = -5,8 °С	0,8	1) t воздуха помещения ниже допустимой 18 °С 2) t оконных откосов ниже 0 °С 3) скорость движения воздуха выше допустимой (0,3 м/с)
Кабинет 4	3	16,2	Окно 1 = -5,9 °С Окно 2 = -6,2 °С Окно 3 = -5,7 °С	–	1) t воздуха помещения ниже допустимой 18 °С 2) t оконных откосов ниже 0 °С
Дисплейный класс 7 (ауд. 728-3)	3	16,2	Окно 1 = -7,8 °С Окно 2 = -6,9 °С Окно 3 = -4,8 °С	–	1) t воздуха помещения ниже допустимой 18 °С 2) t оконных откосов ниже 0 °С
Дисплейный класс 8 (ауд. 728-3)	3	16,5	–	–	1) t воздуха помещения ниже допустимой 18 °С
Дисплейный класс 9 (ауд. 728-4)	3	17,5	Окно 1 = -2,9 °С Окно 2 = -5,9 °С	–	1) t воздуха помещения ниже допустимой 18 °С 2) t оконных откосов ниже 0 °С
Дисплейный класс 21 (ауд. 728-1)	3	17,1	Окно 1 = -4,5 °С Окно 2 = -6,7 °С	–	1) t воздуха помещения ниже допустимой 18 °С 2) t оконных откосов ниже 0 °С
Лаборантская 24 (ауд. 731а)	3	13,8	–	–	1) t воздуха помещения ниже допустимой 15 °С
Лаборантская 25 (ауд. 731а)	3	14,1	–	–	1) t воздуха помещения ниже допустимой 15 °С
Аудитория 36 (ауд. 730)	3	16,9	–	–	1) t воздуха помещения ниже допустимой 18 °С
Конференц-зал 12 (ауд. 728-5)	3	25,7	Окно = 16,1 °С	0,02	1) t воздуха помещения выше допустимой 23 °С
Коридор 34	3	22,5	Окна = -2,9 °С	0,3	1) t оконных откосов ниже 0 °С

Согласно СП 50.13330.20122 нормируемый средний температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей кон-

струкции (наружных стен) не должен превышать 4,5 °С. В табл. 4 приведены результаты замера температуры на внутренней поверхности НОК.

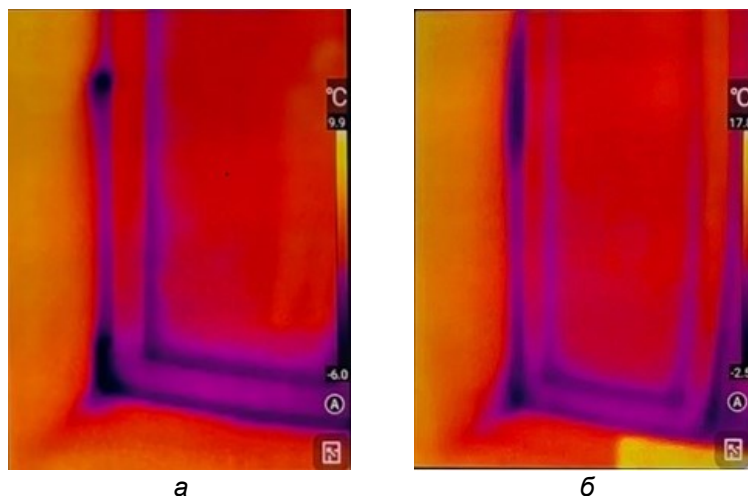


Рис. 2. Тепловизионная съемка оконных откосов в столовой а) $t = -6$ °С; б) $t = -2,5$ °С (1 этаж)
Fig. 2. Thermal imaging of window slopes in the dining room а) $t = -6$ °С; б) $t = -2,5$ °С (1st floor)

Таблица 4. Результаты замера температуры на внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций

Table 4. Results of temperature measurements on the inner surface of external enclosing structures

Наименование	Температура внутреннего воздуха, °С	Температура внутреннего угла НОК, °С	Перепад температур, °С	Вывод
Аудитория 24 (ауд.726) 2 эт.	17	Угол 1 (нижний) = 4,4 °С Угол 1 (верхний) = 3,9 °С; Угол 2 = 7,2 °С (рис.3)	12,6 13,1 9,8	Перепад t внутреннего угла НОК и t внутреннего воздуха не соответствует нормируемому перепаду температур
Кабинет 2 (ауд.715) 2 эт.	17,1	Угол = 7,6 °С	9,5	
Кабинет 2,3 3 эт.	17,3	Угол 1 = 2,6 °С; Угол 2 = 2,8 °С	14,7 14,5	

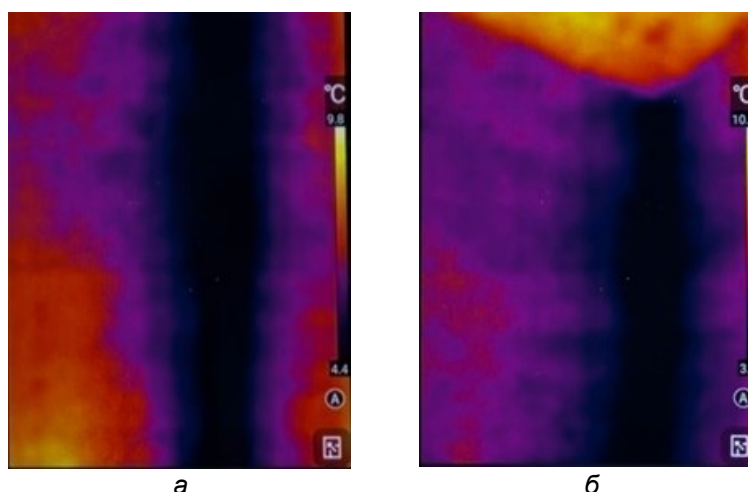


Рис. 3. Термограмма внутреннего угла помещения 24 (ауд. 726)
а) $t = 4,4$ °С; б) $t = 3,9$ °С (3 этаж)
Fig. 3. Thermogram of the inner corner of the room 24 (No. 726)
а) $t = 4,4$ °С; б) $t = 3,9$ °С (3rd floor)

Вывод: в аудитории 24 (ауд. 726, 2 эт.), кабинете 2 (ауд. 715, 2 эт.), кабинете 2, 3 (3 эт.) перепад температуры внутреннего угла ограждающей конструкции и температуры внутреннего воздуха не соответствует нормируемому перепаду температур $4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Тепловые потери с учетом инфильтрации составили 317 900 Вт (0,273 Гкал/час), разница с договорной нагрузкой 0,29 Гкал/час связана с тем, что не был произведен перерасчет после

установки двухкамерных стеклопакетов. Диаграмма распределения тепловых потерь через НОК представлена на рис. 4. Анализ диаграммы показывает, что основные тепловые потери происходят через наружные стены – 59 %, чердачное перекрытие – 31 %.

Произведено натурное обследование и выполнен чертеж существующей аксонометрической схемы системы отопления, которая представлена на рис. 5.



Рис. 4. Диаграмма распределения тепловых потерь по наружным ограждающим конструкциям учебного корпуса № 7.

Fig. 4. Diagram of the distribution of heat losses along the external enclosing structures of educational building No. 7

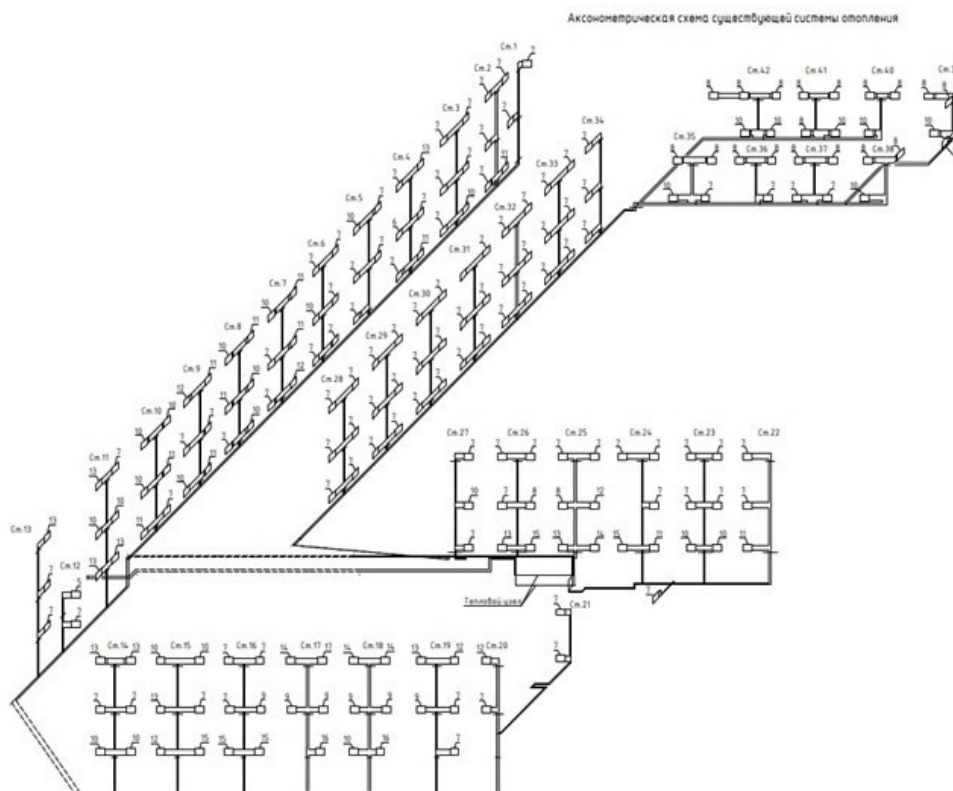


Рис. 5. Аксонометрическая схема существующей системы отопления учебного корпуса № 7

Результаты натурного обследования работы системы отопления и поверочный гидравлический расчет, выполненный с использованием ПК Danfoss CO, позволили выявить причины разрегулировки существующей системы

отопления, которые приведены в табл. 5 (на примере трех помещений). Для регулирования работы существующей системы отопления был составлен перечень мероприятий (вариант 1), который приведен в табл. 6.

Таблицы 5. Перечень основных причин разрегулирования существующей системы отопления
Table 5. List of the main reasons for misregulation of the existing heating system

Помещение	Причины	Устранение причин
На каждый стояк системы отопления	1. Избыток давления 14087,92 Па в циркуляционном кольце через однотрубную систему П5 составляет 74,79 давления теплоносителя. Это может привести к гидравлическому разрегулированию системы, необходимо установить регулятор расхода на подающем трубопроводе однотрубной системы 2. Избыток давления 15060,44 Па в циркуляционном кольце через однотрубную систему П7 составляет 80,65 % давления теплоносителя. Это может привести к гидравлическому разрегулированию системы, необходимо установить регулятор расхода на подающем трубопроводе однотрубной системы 3. Избыток давления 12842,43 Па в циркуляционном кольце через однотрубную систему П9 составляет 68,42 % давления теплоносителя. Это может привести к гидравлическому разрегулированию системы, необходимо установить регулятор расхода на подающем трубопроводе однотрубной системы 4. Избыток давления 15564,65 Па в циркуляционном кольце через отопительный прибор П15 составляет 86 % давления теплоносителя. Это может вызвать гидравлическое разрегулирование системы 5. Избыток давления 15019,68 Па в циркуляционном кольце через однотрубную систему П18 составляет 79,17 % давления теплоносителя. Это может привести к гидравлическому разрегулированию системы необходимо установить регулятор расхода на подающем трубопроводе однотрубной системы. 6. Избыток давления 14346,90 Па в циркуляционном кольце через однотрубную систему П22 составляет 75,61 % давления теплоносителя. Это может привести к гидравлическому разрегулированию системы необходимо установить регулятор расхода на подающем трубопроводе однотрубной системы	Установить на каждый стояк: – ручной балансировочный клапан MVT (на обратный трубопровод) – Danfoss BVR кран шаровой запорный (на подающий трубопровод)
Элеваторный узел (подвал)	Главный подающий или обратный участки должны быть оснащены насосом	Установить на обратном трубопроводе циркуляционный насос
Кабинет 22 (1 эт.) (Тепловые потери 1040 Вт)	Теплопоступления в помещение 22 не покрывают потерь тепла. Дефицит мощности равен 577,04Вт, что составляет 55,48 % от теплотеперь помещения	Установить: – радиатор 6 секций – стальные трубопроводы Ø20–1 м – замык/уч Ø 15–0,5 м – два шаровых крана

Разработана аксонометрическая схема отрегулированной системы отопления, произведен гидравлический расчет и составлена смета на мероприятия первого варианта, представленная в табл. 9. При проведении капитального ремонта здания с целью уменьшения тепловых потерь, рассмотрены варианты утепления торцевых наружных стен и чердачного перекрытия (вариант 2), утепления наружных

стен и чердачного перекрытия (вариант 3) [7–9]. Выбор системы утепления и материалов теплоизоляции осуществлен по технико-экономическим показателям [10–12].

Для наружных стен выбрана система вентилируемых фасадов с плитами из каменного волокна, имеющая хороший опыт эксплуатации в условиях резкоконтинентального климата города Улан-Удэ.

Таблица 6. Перечень мероприятий для регулирования работы существующей системы отопления (вариант 1)

Table 6. List of measures to regulate the operation of the existing heating system (option 1)

№	Наименование мероприятия
1	В аудиториях с высокими и низкими температурами – произвести модернизацию системы отопления (снятие и добавление секций)
2	Ремонт окон – замена уплотнителей
3	Замена трубопроводов на другой диаметр
4	Установить ручные балансировочные клапаны и насос на обратном трубопроводе
5	Установить замыкающие участки для регулирования теплоносителя

Расчеты показали, что для выполнения требований тепловой защиты здания необходимо дополнительное утепление чердачного перекрытия плитами из каменного волокна $\rho_3 = 180 \text{ кг/м}^3$, толщиной 0,2 м, а для наружных стен плитами из каменного волокна $\rho_3 = 80 - 125 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, толщиной 0,15 м.

Определение термического сопротивления теплопередаче наружных стен выполнены с учетом коэффициента теплотехнической однородности⁴, который составил $\gamma = 0,82$.

Результаты теплотехнического расчета чердачного перекрытия и наружных стен с теплоизоляцией представлены в табл. 7.

Таблица 7. Результаты теплотехнического расчета наружных ограждающих конструкций с теплоизоляцией

Table 7. Results of thermal engineering calculations of external enclosing structures with thermal insulation

Наименование	Требуемое сопротивление теплопередачи R_o^{TP} , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	Общее термическое сопротивление теплопередачи R_o , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	Коэффициент теплопередачи, $\text{К}, \text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	Соответствие требованиям тепловой защиты
Наружная стена	3,22	3,795	0,264	Соответствует
Чердачное перекрытие	4,29	4,8	0,208	Соответствует

Вывод: наружные ограждающие конструкции (торцевые стены и чердачное перекрытие) удовлетворяют требованиям защиты здания $R_o > R_o^{TP}$. Утепление чердачного перекрытия и торцевых наружных стен по второму варианту позволит сократить тепловые потери здания на 25 %, по варианту 3 – на 38 %. Техничко-экономическое обоснование утепления по третьему варианту показали, что данный вариант является наиболее дорогостоящим и срок окупаемости составляет 24,5 г. Этот вариант является наименее эффективным, в дальнейшем к

рассмотрению приняты варианты 1 и 2. В результате утепления торцевых стен и чердачного перекрытия (вариант 2) тепловые потери здания составят 239 660 Вт (0,206 Гкал/час), для компенсации которых модернизирована система отопления с максимальным сохранением текущего состояния (трубопроводы и нагревательные приборы). Разработана аксонометрическая схема, проведен гидравлический расчет. Определен перечень мероприятий при проведении капитального ремонта (вариант 2), который представлен в табл. 8.

Таблица 8. Перечень мероприятий при проведении капитального ремонта (вариант 2)

Table 8. List of activities during major repairs (option 2)

№	Наименование мероприятия
1	Утепление чердачного перекрытия и торцевых наружных стен минераловатными плитами из каменного волокна (наружные стены утеплить по системе «Вентилируемый фасад»)
2	Ремонт окон – замена уплотнителей
3	Замена трубопроводов на другой диаметр
4	Установить ручные балансировочные клапаны и насос на обратном трубопроводе
5	Установить замыкающие участки для регулирования теплоносителя

⁴СП 230.1325800. 2015 Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей (с изменением N 1). М.: Стандартинформ, 2019.

Для каждого варианта модернизации работы системы отопления подобран автоматизированный тепловой пункт. Проведены расчеты по оценке экономических показателей [13–30] для разработанных мероприятий, результаты которых приведены в табл. 9.

Капитальные вложения рассчитаны с использованием программного комплекса «Гранд-Смета», базисно-индексным методом с использованием индексов перевода в текущий уровень по состоянию на II квартал 2023 г. на основании сметно-нормативной базы 2020 г⁵.

Таблица 9. Экономические показатели первого и второго варианта

Table 9. Economic indicators of the first and second options

Статьи расходов	1 вариант (руб/год)	2 вариант (руб/год)
Теплоноситель	1 964 650	1 482 482,05
Эксплуатационные расходы	2 415 467,09	2 190 941,2
Капитальные вложения	1 615 111	4 664 132
Экономия, руб/год	137 525,5	515 919,95
Срок окупаемости	11,7 лет	9,7 лет
Автоматизированный тепловой пункт		
Капитальные вложения	1 260 612	1 249 852
Экономия, руб/год	294 697,53	588 245,15
Срок окупаемости (экономия 15 %)	4,3 г.	2,1 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения натурного обследования НОК, системы отопления и замеров параметров микроклимата в помещениях, определены причины и недостатки в работе существующей системы отопления.

Произведено сравнение проектных и расчетных тепловых потерь с фактическим тепловым потреблением, которые составили 317 900 Вт (0,273 Гкал/час).

Выполнен поверочный гидравлический расчет существующей системы отопления, который показал, что для качественной работы системы отопления необходимо произвести ряд мероприятий (ремонт окон, установка балансировочных клапанов, установка замыкающих участков, изменение диаметра труб, количества секций).

Капитальные вложения по данному мероприятию (вариант 1) составит 1 615 111 руб. Также для данного варианта разработано дополнительное мероприятие по установке автоматизированного теплового пункта, капитальные затраты составят 1 260 612 руб. В случае

проведения капитального ремонта целесообразно произвести мероприятия по снижению тепловых потерь.

Предложено произвести утепление чердачного перекрытия и торцевых наружных стен (вариант 2). Тепловые потери составили 239 660 Вт (0,206 Гкал/час).

Был произведен поверочный расчет существующей системы отопления для минимизации затрат на проведение капитального ремонта, который включает следующие работы: утепление чердачного перекрытия и наружных торцевых стен, ремонт окон, установка балансировочных клапанов, установка замыкающих участков, изменение диаметра труб, количества секций. Общая стоимость мероприятий по второму варианту капитального ремонта здания и системы отопления составит 4,664 млн. руб. Общая сметная стоимость установки автоматизированного теплового пункта по тепловой нагрузке второго варианта составит 1,260 млн. руб. Выбор реализации одного из вариантов разработанных мероприятий остается за руководством ВСГУТУ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ливчак В.И., Табунщиков Ю.А. Экспресс-энергоаудит теплопотребления жилых зданий: особенности проведения // Энергосбережение. 2009. № 2. С. 8–16. Режим доступа: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4261 (дата обращения: 10.12.2023).
2. Гагарин В.Г. Методы экономического анализа повышения уровня теплосащиты ограждающих конструкций зданий. Часть 1 // АВОК: Вентиляция, отопление кондиционирование воздуха, теплоснабжение и

⁵Методика определения сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, сноса объектов капитального строительства, работ по сохранению объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации на территории Российской Федерации (Приказ Минстроя России от 04.08.2020 N 421/пр (ред. от 07.07.2022)).

- строительная физика. 2009. № 1. С. 10–16. Режим доступа: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4210 (дата обращения: 15.12.2023).
3. Гагарин В.Г. Методы экономического анализа повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий. Часть 2 // АВОК: Вентиляция, отопление кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная физика. 2009. № 2. С. 14–24. Режим доступа: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4240 (дата обращения: 20.12.2023).
4. Гагарин В.Г. Методы экономического анализа повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий. Часть 3 // АВОК: Вентиляция, отопление кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная физика. 2009. № 3. С. 62–69. Режим доступа: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4281 (дата обращения: 13.01.2024).
5. Табунщиков Ю.А., Ливчак В.И., Гагарин В.Г., Шилкин Н.В. Пути повышения энергоэффективности эксплуатируемых зданий // АВОК: Вентиляция, отопление кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная физика. 2009. № 5. С. 38–48. Режим доступа: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4360 (дата обращения: 19.01.2024).
6. Самарин О.Д., Багрина И.М., Колесникова О.А. Энергоэффективность общественных зданий // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2011. № 1 (109). С. 112–115. EDN: RFWXUR.
7. Егельская Д.В. Пути повышения энергоэффективности эксплуатируемых зданий и сооружений // Наука, образование и культура. 2017. № 6 (21). С. 81–84. EDN: YULYBT.
8. Шихов А.Н. Реконструкция зданий и сооружений: курс лекций. Пермь: Издательский полиграфический центр «ПрокростЪ», 2016. 398 с.
9. Бодров М.В., Морозов М.С., Руин А.Е., Пылаев А.Н. Особенности проведения капитального ремонта тепловой защиты стен жилых панельных многоквартирных серийных домов // Жилищное строительство. 2022. № 12. С. 80–84. <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-12-80-84>. EDN: FBFTSF.
10. Самарин О.Д., Кирушок Д.А. Выбор теплозащиты ограждений с учетом их неоднородности // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2015. № 2 (158). С. 36–39. EDN: XCOBSL.
11. Малявина Е.Г. Выявление экономически целесообразной теплозащиты наружных ограждений трехэтажного здания // Жилищное строительство. 2016. № 6. С. 13–15. EDN: WFXGXG.
12. Малявина Е.Г., Фролова А.А. Выбор экономически целесообразной теплозащиты зданий на Севере РФ // Жилищное строительство. 2022. № 12. С. 72–78. <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-12-72-78>. EDN: NMLVMK.
13. Дмитриев А.Н., Табунщиков Ю.А., Ковалев И.Н., Шилкин Н.В. Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия. М.: АВОК-Пресс, 2005. 120 с.
14. Prozuments A., Borodinecs A., Odineca T., Nemova D. Long-Term Buildings' Space Heating Estimation Method // PROCEEDINGS OF ECECE 2019. Energy, Environmental and Construction Engineering (St. Petersburg, 19–20th November 2019). St. Petersburg, 2020. P. 539–550. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42351-3_47. EDN: DESPLS.
15. Федоров С.С., Ключева Н.В. Управление системой одноконтурного теплоснабжения зданий и сооружений при зависимом подключении к тепловым сетям // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 3. С. 76–79. EDN: VSEOGL.
16. Стенин В.А. К вопросу о регулировании системы теплоснабжения // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2018. № 2-2. С. 30–33. EDN: YNIOTX.
17. Гольцов А.Б. Наладка и регулировка систем водяного отопления // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2018. № 8 (200). С. 45–62. EDN: DFQDBC.
18. Пухал В.А. Анализ режимов теплопотребления на отопление эксплуатируемых жилых зданий // Фундаментальные исследования. 2017. № 1. С. 106–111. EDN: XVLQUX.
19. Дацюк Т.А., Гримитлин А.М., Аншукова Е.А. Оценка показателей энергоэффективности зданий // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 5 (70). С. 141–145. <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2018-15-5-141-145>. EDN: NOMAMA.
20. Ливчак В.И. Об экспериментальной оценке показателя энергоэффективности многоквартирных зданий // Энергосбережение. 2018. № 5. С. 32–37. EDN: XTFCNF.
21. Ливчак В. И. Фактическое теплопотребление зданий как показатель качества и надежности проектирования // АВОК: Вентиляция, отопление кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная физика. 2009. № 2. С. 4–14. Режим доступа: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4239&ysclid=lstwzqeg93853255527 (дата обращения: 25.01.2024).
22. Пухал В.А., Шкаровский А.Л., Черненко В.П., Кобзарь А.В. Теплопотребление жилых зданий на отопление и вентиляцию в процессе эксплуатации // Вестник гражданских инженеров. 2023. № 1 (96). С. 103–110. <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2023-20-1-103-110>. EDN: VABXVT.
23. Ливчак В.И. Минстрой России продолжает срывать решения Правительства РФ и Федерального закона № 261-ФЗ. Часть 1 // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2020. № 10 (226). С. 50–57. EDN: UZPACM.

24. Ливчак В.И. Новая редакция СП 60.13330.2020 не позволяет правильно рассчитать тепловую нагрузку и годовое теплопотребление системы отопления зданий // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2021. № 11 (239). С. 64–73. EDN: FNAKXW.
25. Ливчак В.И. Методика расчета графиков регулирования подачи теплоты в систему отопления // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2022. № 1 (241). С. 86–92. EDN: CGYVUE.
26. Ливчак В.И. Предложения по реализации повышения энергоэффективности зданий ЖКХ в России вопреки действиям Минстроя и Минэкономразвития // Инженерные системы. 2021. № 1. С. 24–33. Режим доступа: <https://isguru.ru/arhiv/18013-%E2%84%961-2021/?ysclid=lstpefhbhy962899175> (дата обращения: 24.11.2023).
27. Ливчак В.И. Предложения по нормированию требований повышения энергетической эффективности зданий нового строительства и жилищного фонда России // Энергосбережение. 2021. № 7. С. 20–28. Режим доступа: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=7949 (дата обращения: 24.11.2023).
28. Гащо Е.Г., Фокин А.М. Анализ зависимости тепловой энергии, затраченной на отопление и охлаждение зданий, от различных факторов // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2022. № 2 (242). С. 64–67. EDN: WPVLLM.
29. Волков В.А., Цепляева Е.В. Блочные индивидуальные тепловые пункты // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2022. № 10 (250). С. 28–33. EDN: DYHTDR.
30. Брух С.В. Реконструкция инженерных систем существующих жилых зданий в Германии // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2022. № 7 (247). С. 38–42. EDN: HYUKPT.

REFERENCES

1. Livchak V.I., Tabunshchikov Yu.A. Express Energy Audit of Heat Consumption of Residential Buildings: Features of Implementation. *Energoberezhenie = Energy saving*. 2009;2:8-16. Available from: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4261 [Accessed 10th December 2023]. (In Russ.).
2. Gagarin V.G. Methods for Economic Analysis of Increasing the Level of Thermal Protection of Building Envelopes. Part 1. *AVOK: Ventilyatsiya, otoplenie konditsionirovanie vozdukha, teplosnabzhenie i stroitel'naya fizika = ABOK: Ventilation, Heating, Air Conditioning, Heat Supply and Building Physics*. 2009;1:10-16. Available from: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4210 [Accessed 15th December 2023]. (In Russ.).
3. Gagarin V.G. Methods for Economic Analysis of Increasing the Level of Thermal Protection of Building Envelopes. Part 2. *AVOK: Ventilyatsiya, otoplenie konditsionirovanie vozdukha, teplosnabzhenie i stroitel'naya fizika = ABOK: Ventilation, Heating, Air Conditioning, Heat Supply and Building Physics*. 2009;2:14-24. Available from: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4240 [Accessed 20th December 2023]. (In Russ.).
4. Gagarin V.G. Methods for Economic Analysis of Increasing the Level of Thermal Protection of Building Envelopes. Part 3. *AVOK: Ventilyatsiya, otoplenie konditsionirovanie vozdukha, teplosnabzhenie i stroitel'naya fizika = ABOK: Ventilation, Heating, Air Conditioning, Heat Supply and Building Physics*. 2009;3:62-69. Available from: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4281 [Accessed 13th January 2023]. (In Russ.).
5. Tabunshchikov Yu.A., Livchak V.I., Gagarin V.G., Shilkin N.V. Ways to Improve the Energy Efficiency of Existing Buildings. *AVOK: Ventilyatsiya, otoplenie konditsionirovanie vozdukha, teplosnabzhenie i stroitel'naya fizika = ABOK: Ventilation, Heating, Air Conditioning, Heat Supply and Building Physics*. 2009;5:38-48. Available from: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4240 [Accessed 19th January 2023]. (In Russ.).
6. Samarin O.D., Bagrenina I.M., Kolesnikova O.A. Energy Efficiency of Public Buildings. *Santekhnika, otoplenie, konditsionirovanie = Plumbing. Heating. Conditioning. Energy Efficiency*. 2011;1(109):112-115. (In Russ.). EDN: RFWXUR.
7. Egel'skaya D.V. Ways to Improve the Energy Efficiency of Buildings and Structures in Use. *Nauka, obrazovanie i kul'tura = Science, Education and Culture*. 2017;6(21):81-84. (In Russ.). EDN: YULYBT.
8. Shikhov A.N. Reconstruction of Buildings and Structures: a Course of Lectures. Perm: Publishing Printing Center "Prokrost"; 2016. 389 p. (In Russ.).
9. Bodrov M.V., Morozov M.S., Ruin A.E., Pylaev A.N. Features of the Overhaul of the Thermal Protection of the Walls of Residential Panel Multi-Apartment Serial Houses. *Zhilishchnoe stroitel'stvo = Housing Construction*. 2022;12:80-84. (In Russ.). <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-12-80-84>. EDN: FBFTSF.
10. Samarin O.D., Kirushok D.A. Selection of Thermal Protection for Fences Taking into Account Their Heterogeneity. *Santekhnika, otoplenie, konditsionirovanie = Plumbing. Heating. Conditioning. Energy Efficiency*. 2015;2(158):36-39. (In Russ.). EDN: XCOBSL.
11. Malyavina E.G. Revealing of Economic Reasonability of Heat Insulation of Three-Storey Building's external Enclosing Structures. *Zhilishchnoe stroitel'stvo = Housing Construction*. 2016;6:13-15. (In Russ.). EDN: WFAXGX.

12. Malyavina E.G., Frolova A.A. The Choice of Economically Feasible Thermal Protection of Buildings in the North of the Russian Federation. *Zhilishchnoe stroitel'stvo = Housing Construction*. 2022;12:72-78. (In Russ.). <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-12-72-78>. EDN: NMLVMK.
13. Dmitriev A.N., Tabunshchikov Yu.A., Kovalev I.N., Shilkin N.V. *Guidelines for Assessing the Economic Efficiency of Investments in Energy-Saving Measures*. Moscow: ABOK-Press; 2005. 120 p. (In Russ.).
14. Prozuments A., Borodinets A., Odineca T., Nemova D. Long-Term Buildings' Space Heating Estimation Method. In: PROCEEDINGS OF ECEE 2019. Energy, Environmental and Construction Engineering. 19-20th November 2019, St. Petersburg. St. Petersburg, 2020. P. 539–550. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42351-3_47. EDN: DESPLS.
15. Fedorov S.S., Klyueva N.V. Control Over the System of Single-Circuit Heat Supply of Buildings and Structures at Dependent Connection to Heating Networks. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo = Industrial and Civil Engineering*. 2016;3:76-79. (In Russ.). EDN: VSEOGL.
16. Stenin V.A. On the Issue of Regulating the Heat Supply System. *Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk = Current problems in the humanities and natural sciences*. 2018;2-2:30-33. (In Russ.). EDN: YNIOTX.
17. Gol'tsov A.B. Setting Up and Adjusting Water Heating Systems. *Santekhnika, otoplenie, konditsionirovanie = Plumbing. Heating. Conditioning. Energy Efficiency*. 2018;8(200):45-62. (In Russ.). EDN: DFQDBC.
18. Pukhkal V.A. The Analysis of Heat Consumption Modes in Serviced Residential Buildings. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental Research*. 2017;1:106-111. (In Russ.). EDN: XVLQUX.
19. Datsyuk T.A., Grititlin A.M., Anshukova E.A. Assessment of Energy Efficiency Indicators of Buildings. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov = Bulletin of Civil Engineers*. 2018;5(70):141–145. (In Russ.). <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2018-15-5-141-145>. EDN: VOMAMA.
20. Livchak V.I. On the Experimental Assessment of the Energy Efficiency Indicator of Multi-Apartment Buildings. *Energoberezhenie = Energy saving*. 2018;5:32-37. EDN: XTFCNF.
21. Livchak V.I. Actual Heat Consumption of Buildings as an Indicator of Design Quality and Reliability. *AVOK: Ventilyatsiya, otoplenie konditsionirovanie vozdukh, teplosnabzhenie i stroitel'naya fizika = ABOK: Ventilation, Heating, Air Conditioning, Heat Supply and Building Physics*. 2009;2:4-14. Available from: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4239&ysclid=lstwzqeg93853255527 [Accessed 15th January 2023]. (In Russ.).
22. Pukhkal V.A., Shkarovskiy A.L., Chernenkov V.P., Kobzar A.V. Heat Consumption in Residential Buildings for Heating and Ventilation During Operation. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov = Bulletin of Civil Engineers*. 2023;1(96):103-110. (In Russ.). <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2023-20-1-103-110>. EDN: VABXVT.
23. Livchak V.I. The Russian Ministry of Construction Continues to Thwart the Decisions of the Government of the Russian Federation and Federal Law No. 261-FZ. Part 1. *Santekhnika, otoplenie, konditsionirovanie = Plumbing. Heating. Conditioning. Energy Efficiency*. 2020;10(226):50-57. (In Russ.). EDN: UZPACM.
24. Livchak V.I. The New Edition of SP 60.13330.2020 Does Not Allow Correctly Calculating the Heat Load and Annual Heat Consumption of the Building Heating System. *Santekhnika, otoplenie, konditsionirovanie = Plumbing. Heating. Conditioning. Energy Efficiency*. 2021;11(239):64-73. (In Russ.). EDN: FHAQXW.
25. Livchak V.I. Methodology for Calculating Schedules for Regulating Heat Supply to the Heating System. *Santekhnika, otoplenie, konditsionirovanie = Plumbing. Heating. Conditioning. Energy Efficiency*. 2022;1(241):86-92. (In Russ.). EDN: CGYVUE.
26. Livchak V.I. Proposals for the Implementation of Increasing the Energy Efficiency of Housing and Communal Services Buildings in Russia Contrary to the Actions of the Ministry of Construction and the Ministry of Economic Development. *Inzhenernye sistemy = Engineering systems*. 2021;1:24-33. Available from: <https://is-guru.ru/arhiv/18013-%E2%84%961-2021/?ysclid=lstpefbhby962899175> [Accessed 24th November 2023]. (In Russ.).
27. Livchak V.I. Proposals for Standardizing Requirements for Increasing the Energy Efficiency of New Construction Buildings and Housing Stock in Russia. *Energoberezhenie = Energy saving*. 2021;7:20-28. Available from: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=7949 [Accessed 24th November 2023]. (In Russ.).
28. Gasho E.G., Fokin A.M. Analysis of The Dependence of Thermal Energy Spent On Heating and Cooling of Buildings on Various Factors. *Santekhnika, otoplenie, konditsionirovanie = Plumbing. Heating. Conditioning. Energy Efficiency*. 2022;2(242):64-67. (In Russ.). EDN: WPVLLM.
29. Volkov V.A., Tseplyaeva E.V. Block Individual Heating Points. *Santekhnika, otoplenie, konditsionirovanie = Plumbing. Heating. Conditioning. Energy Efficiency*. 2022;10(250):28-33. (In Russ.). EDN: DYHTDR.
30. Brukh S.V. Reconstruction of Engineering Systems of Existing Residential Buildings in Germany. *Santekhnika, otoplenie, konditsionirovanie = Plumbing. Heating. Conditioning. Energy Efficiency*. 2022;7(247):38-42. (In Russ.). EDN: HYUKPT.

Информация об авторах

Аюрова Оюна Бадмацыреновна,
к.т.н., доцент,
заведующая кафедрой теплогазоснабжение,
вентиляция и управление недвижимостью,
Восточно-Сибирский государственный
университет технологий и управления,
670013, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская 40в,
Республика Бурятия, Россия,
✉e-mail: ayurova17@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2408-6016>
Author ID: 265350

Бадашкеева Екатерина Михайловна,
к.т.н., старший преподаватель кафедры
теплогазоснабжение, вентиляция и
управление недвижимостью,
Восточно-Сибирский государственный
университет технологий и управления,
670013, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская 40в,
Республика Бурятия, Россия,
e-mail: katya20053@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8637-1651>
Author ID: 266427

Цыбенкова Арина Бэлиktоевна,
магистр,
Восточно-Сибирский государственный
университет технологий и управления,
670013, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская 40в,
Республика Бурятия, Россия,
e-mail: atsybenova1999@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0007-5154-3071>

Цыбенков Валентин Бэлиktоевич,
аспирант,
Восточно-Сибирский государственный
университет технологий и управления,
670013, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская 40в,
Республика Бурятия, Россия,
e-mail: tsvben23@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0002-0776-5092>

Танков Василий Игоревич,
студент,
Восточно-Сибирский государственный
университет технологий и управления,
670013, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская 40в,
Республика Бурятия, Россия,
e-mail: tankov04@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0002-5247-1835>

Information about the authors

Oyuna B. Ayurova,
Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor,
Head of the Department of Heat and Gas Supply,
Ventilation and Real Estate Management,
East Siberia State University of Technology
and Management,
40V Klyuchevskaya St., Ulan-Ude 670013,
Republic of Buryatia, Russia,
✉e-mail: ayurova17@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2408-6016>
Author ID: 265350

Ekaterina M. Badashkeeva,
Cand. Sci. (Eng.), Senior Lecturer
of the Department of Heat and Gas Supply,
Ventilation and Real Estate Management,
East Siberia State University of Technology
and Management,
40V Klyuchevskaya St., Ulan-Ude 670013,
Republic of Buryatia, Russia,
e-mail: katya20053@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8637-1651>
Author ID: 266427

Arina B. Tsybenova,
Master Degree,
East Siberia State University of Technology
and Management,
40V Klyuchevskaya St., Ulan-Ude 670013,
Republic of Buryatia, Russia,
e-mail: atsybenova1999@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0007-5154-3071>

Valentine B. Tsybenov,
Postgraduate Student,
East Siberia State University of Technology
and Management,
40V Klyuchevskaya St., Ulan-Ude 670013,
Republic of Buryatia, Russia,
e-mail: tsvben23@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0002-0776-5092>

Vasilii I. Tankov,
Student,
East Siberia State University of Technology
and Management,
40V Klyuchevskaya St., Ulan-Ude 670013,
Republic of Buryatia, Russia,
e-mail: tankov04@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0002-5247-1835>

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад
в подготовку публикации.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and ap-proved by all the co-authors.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 25.01.2024.
Одобрена после рецензирования 01.02.2024.
Принята к публикации 02.02.2024.

Information about the article

The article was submitted 25.01.2024.
Approved after reviewing 01.02.2024.
Accepted for publication 02.02.2024.