

ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТЬ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ И ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ПОМЕЩЕНИЙ В ПЕРИОДЫ СРЕЗОК ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАФИКА

©Т.А. Рафальская^а, Р.Ш. Мансуров^б, А.О. Рагинская^с, Д.А. Расенко^д

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин),
Российская Федерация, 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113.

Резюме. Цель. Проведено исследование и решена задача определения температуры внутреннего воздуха помещений с учетом коэффициентов тепловой аккумуляции для зданий с различными конструкциями наружных ограждений при срезках температурного графика центрального регулирования, изменяющихся наружных температурах и переменном водопотреблении в системе горячего водоснабжения. **Методы.** Задача решалась с применением теории теплообменных аппаратов, теории лимитированного теплоснабжения, методом последовательных приближений в программе *MathCad*. **Результаты.** Определены показатели теплоустойчивости для десяти конструкций наружных ограждений зданий. Для различных диапазонов наружных температур установлено изменение температуры внутреннего воздуха помещений при связанной подаче теплоты в системы отопления и горячего водоснабжения. Определены неблагоприятные режимы совместной работы систем отопления и горячего водоснабжения, выявлены конструкции, не обеспечивающие поддержание комфортных условий в помещении. **Выводы.** Наличие срезок вызывает охлаждение внутреннего воздуха в помещениях, и, как следствие, снижение надежности работы системы теплообеспечения зданий. Поэтому особенно важным становится вопрос повышения теплоустойчивости наружных ограждений, что позволит не только сохранить тепло в помещениях при резких похолоданиях, но также сгладить колебания температуры внутреннего воздуха при переменном водопотреблении в системе горячего водоснабжения и повысить комфортность пребывания людей в помещениях.

Ключевые слова: система теплоснабжения, срезка температурного графика, система отопления, система горячего водоснабжения, тепловой режим помещений, теплоустойчивость наружных ограждений, коэффициент тепловой аккумуляции.

Формат цитирования: Рафальская Т.А., Мансуров Р.Ш., Рагинская А.О., Расенко Д.А. Теплоустойчивость наружных ограждений и тепловой режим помещений в периоды срезок температурного графика // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2017. Т. 7, № 4. С. 192–203. DOI: 10.21285/2227-2917-2017-4-192-203

THERMAL RESISTANCE OF OUTER FENCES AND THERMAL CONDITIONS OF PREMISES IN THE PERIOD OF CROPPING IN TEMPERATURE CHART

© T.A. Rafalskaya, R.Sh. Mansurov, A.O. Raginskaya, D.A. Rasenko

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering,
113 Leningradskaya St., Novosibirsk 630008, Russian Federation

Abstract. Purpose. We performed investigation and solved the task to define temperature of inner air of accommodations taking into account indexes of thermal accumulation for buildings with different constructions of

^аРафальская Татьяна Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции, e-mail: rafalskaya.ta@yandex.ru

Tatiana A. Rafalskaya, Candidate of technical sciences, Associate Professor, Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, e-mail: rafalskaya.ta@yandex.ru

^бМансуров Рустам Шамильевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции, e-mail: rmansurov@inbox.ru

Rustam Sh. Mansurov, Candidate of technical sciences, Associate Professor, Head of Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, e-mail: rmansurov@inbox.ru

^сРагинская Анна Олеговна, магистрант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции
Anna O. Raginskaya, Student, Department of Heat and Gas Supply and Ventilation

^дРасенко Дмитрий Андреевич, магистрант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции
Dmitry A. Rasenko, Student, Department of Heat and Gas Supply and Ventilation

outer fences at temperature crops of a chart of central regulation, changing outer temperatures and changing water consumption in the system of hot water supply. **Methods.** The task was solved with the use of theory of heat exchangers, theory of limited heat supply, method of step-by-step advance in the program of MathCad. **Results and their discussions.** We defined the indexes of thermal resistance for ten constructions of outer fences of the buildings. For different ranges of external temperatures we defined the change of the temperature of internal air of the buildings at the connected supply of heating into the systems of central heating and hot water supply. We defined unfavourable treatment of collaborative work of systems of central heating and hot water supply, found out constructions that don't provide maintenance of comfortable conditions in the building. **Conclusions.** The evidence of crops causes decrease of temperature of inner air in the buildings and, as a result, the decrease of reliability of operation of the hot water supply in buildings. So the question of increasing of heat resistance of outer fences is becoming more important, and it will allow not only to save heat in the buildings at sharp drops in temperature, but also to smooth temperature fluctuations at a temporary water consumption in the system of hot water supply and increase comfort of people in these buildings.

Keywords: heat supply system, crop in temperature chart, system of central heating, system of hot water supply, thermal regime in buildings, thermal resistance of outer fences, index of thermal accumulation

For citation: Rafalskaya T.A., Mansurov R.Sh., Raginskaya A.O., Rasenko D.A. Thermal resistance of outer fences and thermal conditions of premises in the period of cropping in temperature chart. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'* [Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate], 2017, vol. 7, no. 4, pp. 192–203. (In Russian) DOI: 10.21285/2227-2917-2017-4-192-203

Введение

Необходимость создания благоприятных санитарно-гигиенических условий в помещениях – это основное требование федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 № 384-ФЗ¹ к микроклимату помещений. Благоприятные температурные условия в помещениях достигаются двумя способами [1, 2]: системой отопления должна обеспечиваться требуемая температура внутреннего воздуха; сопротивление теплопередаче и теплоустойчивость наружных ограждений должны обеспечивать благоприятный температурный режим. Вопросы теплоустойчивости наружных ограждений при различных нарушениях работы системы теплоснабжения неоднократно поднимались в статьях [3–7], однако во всех исследованиях система отопления рассматривается отдельно от системы горячего водоснабжения. В то же время в существующих схемах центральных тепловых пунктов (ЦТП) жилого сектора применяется двухсту-

пенчатая смешанная схема присоединения теплообменников системы горячего водоснабжения с ограничением максимального расхода сетевой воды на ввод ЦТП, т.е. так называемая связанная подача теплоты, ограниченная располагаемой тепловой мощностью системы теплоснабжения.

В последние несколько лет температурный график регулирования теплоносителя практически во всех городах Российской Федерации не выдерживается, т.е. применяется верхняя срезка температурного графика – температура в подающей магистрали тепловой сети не превышает определенного значения, т.е. остается ниже требуемой температуры по графику центрального регулирования. Кроме того, в соответствии с требованиями СП 30.13330.2012 «Внутренний водопровод и канализация зданий»² возникает необходимость в поднятии нижней срезки температурного графика центрального регулирования [8]. Срезки температурного графика, водопотребление в системе горячего водоснабжения (СГВ) и ко-

¹Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: федер. закон от 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ // Российская газета. 2009. 31 дек. / Technical regiment about safety of buildings and constructions: federal law dated on December 30, 2009 № 384-FL. Rossiiskaya Gazeta. 2009. 31 Dec.

²СП 30.13330.2012. Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*: введ. 2011-12-29. М.: Минрегион России, 2011. 65 с. / CS 30.13330.2012. Inner water pipe and canalization of buildings. Actualized edition SNiP 2.04.01-85*: intr. 2011-12-29. Moscow: Minregion of Russia, 2011. 65 p.

лебания температуры наружного воздуха – основные возмущающие воздействия, влияющие на температуру внутреннего воздуха помещений. При связанной подаче теплоты главную роль играет теплоаккумулирующая способность наружных ограждений зданий. С теплоустойчивостью наружных ограждений напрямую связаны условия теплового комфорта в помещениях: амплитуда колебаний температуры внутреннего воздуха, снижение температуры внутреннего воздуха до допустимых значений, что делает актуальным проведенное исследование.

Объект и методы исследования

Исследование проводилось для одного из центральных тепловых пунктов г. Новосибирска – ЦТП-ц41 по ул. Орджоникидзе – с расчетной нагрузкой на отопление $Q_{\text{оmax}} =$

4,459 МВт, средней нагрузкой на горячее водоснабжение $Q_{\text{hm}} = 2,659$ МВт. Для условий Новосибирска проектный график от ТЭЦ принят 150/70 °С, но применяются две балансовые срезки: верхняя на 114 °С и нижняя на 78 °С для нужд системы горячего водоснабжения. Расчетная температура наружного воздуха $t_{\text{но}} = -37^{\circ}\text{C}$, продолжительность отопительного периода – 221 сутки.

Расчет режимов работы ЦТП выполнялся с использованием теории теплообменных аппаратов методом последовательных приближений по разработанной методике [9] в программе *MathCad*. Были определены температура (рис. 1) и расход сетевой воды (рис. 2) в ЦТП в течение отопительного периода и при максимальном водопотреблении в СГВ.

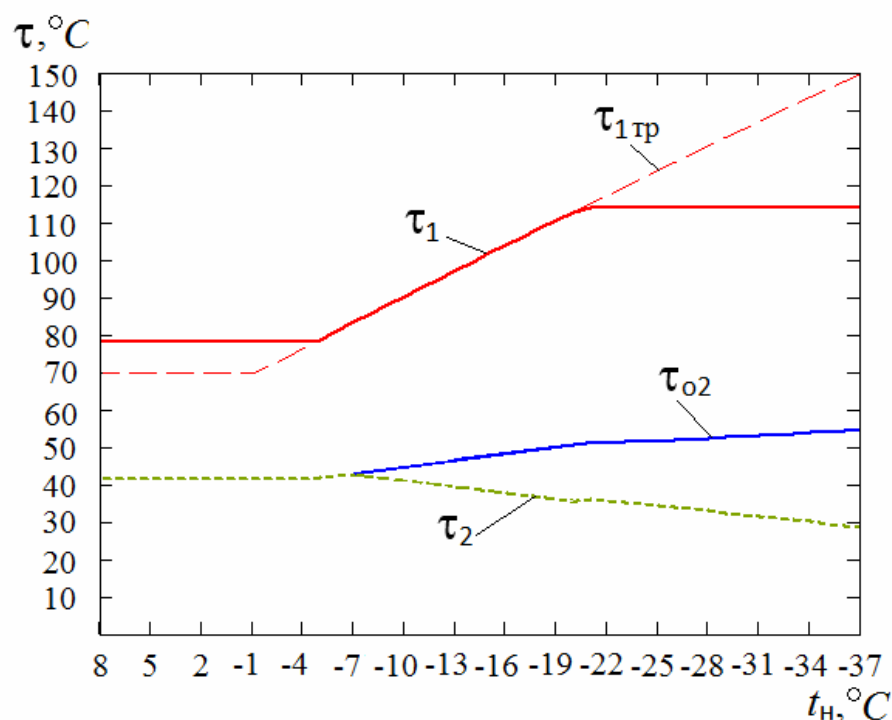


Рис. 1. Температура сетевой воды в течение отопительного периода при максимальном водопотреблении в системе горячего водоснабжения: τ_1^{np} – проектная температура в подающей магистрали теплосети; $\tau_1^{\text{факт}}$ – фактическая температура в подающей магистрали теплосети с учетом срезок температурного графика; τ_{o2} – температура воды в обратной магистрали системы отопления; τ_2 – температура воды в обратной магистрали тепловой сети

Fig. 1. Temperature of net water within the heating period at the maximal consumption within the system of hot water supply: τ_1^{np} – demanded temperature in a submitting pipeline of a heat supply system; $\tau_1^{\text{факт}}$ – actual temperature in a submitting pipeline of a heat supply system in view of cuts of the temperature schedule; τ_{o2} – temperature of water in a return pipeline of heating system; τ_2 – temperature of water in a return pipeline of a thermal network

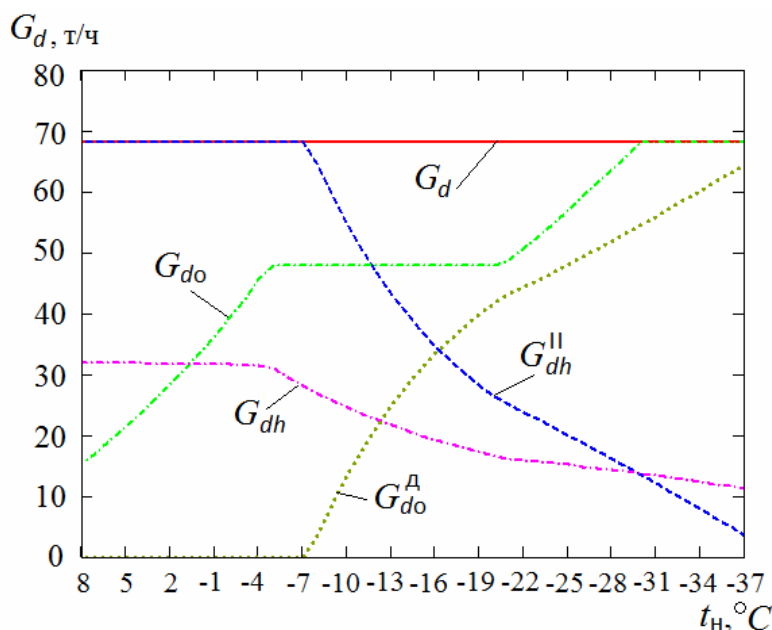


Рис. 2. Расходы сетевой воды в течение отопительного периода при максимальном водопотреблении в системе горячего водоснабжения (СГВ): G_d – суммарный в тепловой сети; G_{dh} – на обеспечение нагрузки горячего водоснабжения; G_{dh}^{II} – на II ступень подогревателя СГВ; G_{do} – требуемый расход для системы отопления из теплосети; G_{do}^A – расход воды из теплосети, поступающий в систему отопления при максимальном водопотреблении в СГВ

Fig. 2. Wastes of net water within the heating period at the maximal consumption within the system of hot water supply (SHW): G_d – total charge in a thermal network; G_{dh} – charge on maintenance of loading of hot water supply; G_{dh}^{II} – charge on II step of heater of SHW; G_{do} – the demanded charge for system of heating from a heat supply system; G_{do}^A – the charge of water from a heating system, acting in system of heating at the maximal water consumption in SHW

На рис. 3 показана тепловая мощность системы теплоснабжения в течение отопительного периода, где $Q_{do}^{тр}$ – требуемая тепловая мощность системы отопления, при которой температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий будет соответствовать 18 °C в соответствии с СП 124.13330.2012 «Тепловые сети»³. При максимальном водопотреблении в СГВ тепловая мощность системы отопления Q_{do}^{min} минимальна и меньше требуемой в течение всего отопительного периода. Q_h^{II} – тепловая мощность СГВ II ступени. Эту тепловую мощность (или ее часть) можно направить в систему отопления при водопотреблении ниже среднего. В то же время существуют неблагоприятные режимы совместной работы систем отопления и СГВ, когда даже при

отсутствии водопотребления в системе горячего водоснабжения суммарная (располагаемая) тепловая мощность систем отопления и горячего водоснабжения $Q_{do}^{расп}$ не обеспечит температуру внутреннего воздуха даже на уровне 18 °C. Это температурный диапазон от –31 °C и ниже, а также от –3 °C до –11 °C. В интервале наружных температур от –11 °C до –31 °C и выше +3 °C располагаемая тепловая мощность системы теплоснабжения превышает тепловую мощность системы отопления. Изменение тепловой мощности теплообменника СГВ II ступени в течение суток в зависимости от водопотребления в системе горячего водоснабжения было задано графиками водопотребления (рис. 4, а – в). Восстановление тепловой мощности системы

³СП 124.13330.2012. Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003: введ. 2013-01-01. М.: Минрегион России, 2012. / CS 124.13330.2012. Heating nets. Actualized edition SNiP 41-02-2003: intr. 2013-01-01. Moscow: Minregion of Russia, 2012.

отопления напрямую связано с показателем теплоустойчивости (коэффици-

циентом тепловой аккумуляции) β , ч, здания [9, 10].

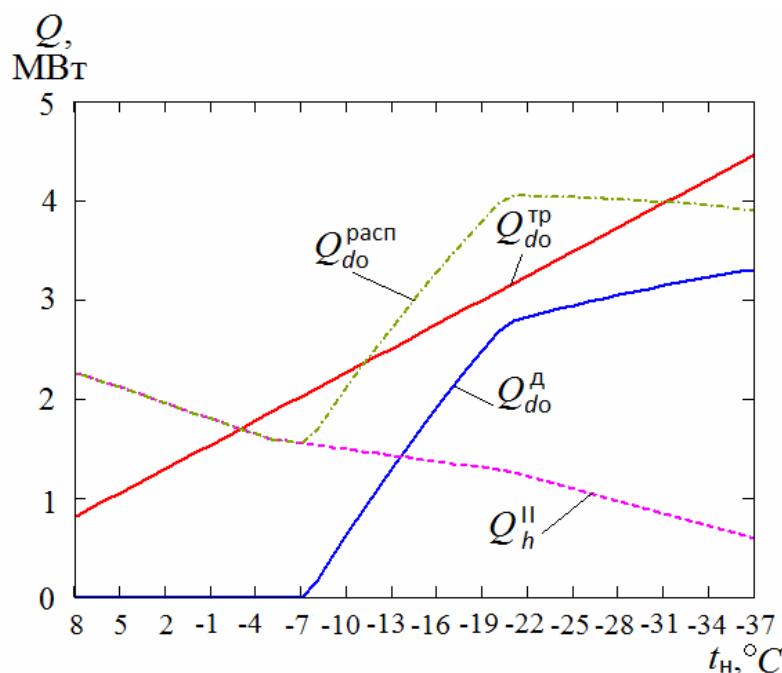


Рис. 3. Тепловая мощность системы теплоснабжения в течение отопительного периода
Fig. 3. Heating capacity of the system of heating supply within the heating period

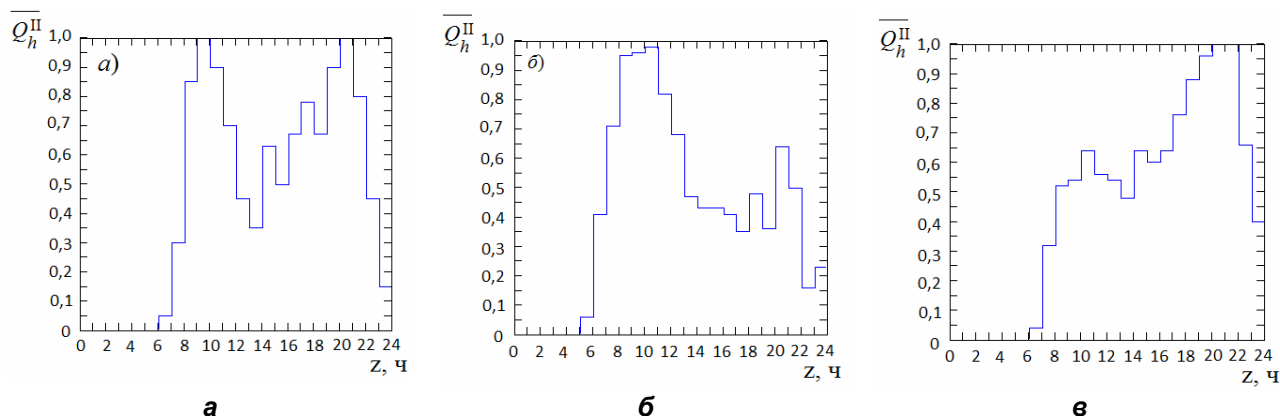


Рис. 4. Суточные графики относительной нагрузки II ступени СГВ в зависимости от водопотребления: а, б – в рабочие дни; в – в выходные и праздничные дни
Fig. 4. Daily diagrams of the relative burden of the II level of SHW depending on water consumption: а, б – working days; в – weekends and holidays

Для оценки влияния срезов температурного графика на температуру внутреннего воздуха при различных наружных температурах и переменном водопотреблении в СГВ были рассмотрены несколько типов наружных конструкций (таблица).

Коэффициенты тепловой аккумуляции зданий определялись по методике [10], в которой учитываются все наружные ограждения здания, а также инфильтрация воздуха. Контроль понижения температуры на

внутренней поверхности конструкции за счет инфильтрации холодного наружного воздуха необходим, поскольку часто происходит промерзание нижней части стен с воздухопроницаемыми утеплителями при отрицательных наружных температурах [1, 12–14].

$$\beta = \frac{C_{\text{пом}}}{3,6Q_{\text{уд}}} = \frac{k_i \sum \delta_i c_i \rho_i F_i / 2}{\sum k_i F_i + L(cp)_{\text{вз}}}, \quad (1)$$

где k_i – безразмерный коэффициент, принимается по [11], для угловых жилых помещений с радиаторными и

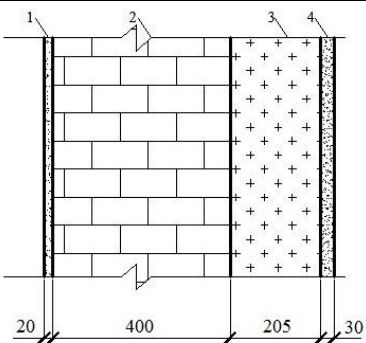
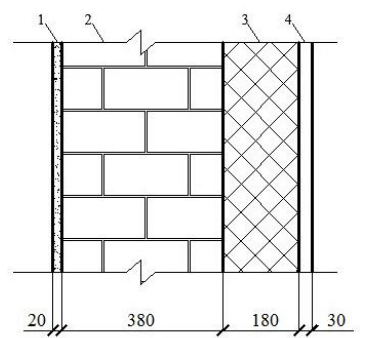
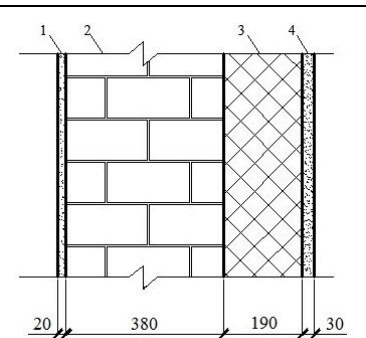
конвекторными системами отопления $k_i=0,92$; δ_i – толщина i -го слоя материала, м; ρ_i – плотность i -го слоя материала, кг/м³; c_i – теплоемкость i -го слоя материала, кДж/(кг·К); F_i – площадь i -го слоя материала, м²; L – расход инфильтрационного воздуха, м³/ч; $\rho_{вз}$ – плотность инфильтрующегося воздуха, кг/м³; $c_{вз}$ – теплоемкость инфильтрующегося воздуха, кДж/(кг·К).

Сопротивление теплопередаче наружных стен $R_0^{HC} = 3,65 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$,

окон $R_0^{OK} = 0,58 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, наружных дверей – $2,19 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; расход инфильтрационного воздуха для десятиэтажных зданий высотой 33 м с площадью наружных стен 3060 м² и остекления 600 м² составляет $L = 5303 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Результаты расчета по формуле (1) представлены в таблице.

Типы конструкций наружных стен и коэффициенты тепловой аккумуляции
Types of constructions of external walls and indexes of heating accumulation

Конструкция наружной стены / Structure of external envelope	Состав и характеристики слоев / Structure and characteristics of layers	Коэффициент тепловой аккумуляции β , ч / Factor of thermal accumulation β , h
	1, 4 – цементно-песчаный раствор ($\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$) / 1, 4 – cement sandy solution ($\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$); 2 – кладка из силикатного кирпича ($\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$) / 2 – laying from a silicate brick ($\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$); 3 – плиты минераловатные жесткие ($\rho = 200 \text{ кг/м}^3$) / 3 – rigid plates of mineral cotton wool ($\rho = 200 \text{ кг/м}^3$)	97,435
	1 – гипсовый обшивочный лист ($\rho = 800 \text{ кг/м}^3$) / 1 – plaster sheathed sheet ($\rho = 800 \text{ кг/м}^3$); 2 – кладка из глиняного кирпича ($\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$) / 2 – laying from a clay brick ($\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$); 3 – плиты минераловатные жесткие ($\rho = 300 \text{ кг/м}^3$) / 3 – rigid plates of mineral cotton wool ($\rho = 300 \text{ кг/м}^3$); 4 – воздушная вентиляционная полость, сообщающаяся с наружным воздухом / 4 – the air ventilating cavity connected with external air	90,433
	1 – гипсовый обшивочный лист ($\rho = 800 \text{ кг/м}^3$) / 1 – plaster sheathed sheet ($\rho = 800 \text{ кг/м}^3$); 2 – кладка из глиняного кирпича ($\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$) / 2 – laying from a clay brick ($\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$); 3 – плиты минераловатные жесткие ($\rho = 300 \text{ кг/м}^3$) / 3 – rigid plates of mineral cotton wool ($\rho = 300 \text{ кг/м}^3$); 4 – цементно-песчаный раствор по сетке рабица ($\rho = 2200 \text{ кг/м}^3$) / 4 – cement sandy solution ($\rho = 2200 \text{ кг/м}^3$)	87,816

	1, 5 – гипсовый обшивочный лист ($\rho = 800 \text{ кг/м}^3$) / 1, 5 – plaster sheathed sheet ($\rho = 800 \text{ кг/м}^3$); 2, 4 – кладка из глиняного кирпича ($\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$) / 2, 4 – laying from a clay brick ($\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$); 3 – пенополистирол ($\rho = 100 \text{ кг/м}^3$) / 3 – expanded polystyrene ($\rho = 100 \text{ кг/м}^3$)	60,074
	1 – цементно-песчаный раствор ($\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$) / 1 – cement sandy solution ($\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$); 2 – железобетон ($\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$) / 2 – ferro-concrete ($\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$); 3 – плиты минераловатные жесткие ($\rho = 200 \text{ кг/м}^3$) / 3 – rigid plates of mineral cotton wool ($\rho = 200 \text{ кг/м}^3$); 4 – воздушная замкнутая прослойка / 4 – the air closed layer	51,489
	1 – гипсовый обшивочный лист ($\rho = 800 \text{ кг/м}^3$) / 1 – plaster sheathed sheet ($\rho = 800 \text{ кг/м}^3$); 2, 4 – железобетон ($\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$) / 2, 4 – ferro-concrete ($\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$); 3 – плиты минераловатные жесткие ($\rho = 200 \text{ кг/м}^3$) / 3 – rigid plates of mineral cotton wool ($\rho = 200 \text{ кг/м}^3$)	41,634
	1 – цементно-песчаный раствор ($\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$) / 1 – cement sandy solution ($\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$); 2 – железобетон ($\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$) / 2 – ferro-concrete ($\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$); 3, 5 – воздушные замкнутые прослойки / 3, 5 – the air closed layers; 4 – плиты минераловатные жесткие ($\rho = 200 \text{ кг/м}^3$) / 4 – rigid plates of mineral cotton wool ($\rho = 200 \text{ кг/м}^3$)	36,887
	1 – цементно-песчаный раствор ($\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$) / 1 – cement sandy solution ($\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$); 2, 4 – керамзитобетон ($\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$) / 2, 4 – ceramsite-concrete ($\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$); 3 – плиты минераловатные жесткие ($\rho = 200 \text{ кг/м}^3$) / 3 – rigid plates of mineral cotton wool ($\rho = 200 \text{ кг/м}^3$)	33,992

	1 – цементно-песчаный раствор ($\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$) / 1 – cement sandy solution ($\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$); 2 – пенобетон ($\rho = 400 \text{ кг/м}^3$) / 2 – foam concrete ($\rho = 1400 \text{ кг/м}^3$); 3 – ракушечник ($\rho = 1400 \text{ кг/м}^3$) / 3 – shell rock ($\rho = 1400 \text{ кг/м}^3$)	33,151
	1 – известковый раствор ($\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$) / 1 – limy solution ($\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$); 2 – пенобетон ($\rho = 400 \text{ кг/м}^3$) / 2 – foam concrete ($\rho = 1400 \text{ кг/м}^3$); 3 – вермикулитобетон ($\rho = 800 \text{ кг/м}^3$) / 3 – vermiculite concrete ($\rho = 800 \text{ кг/м}^3$)	29,646

Действительную температуру внутреннего воздуха t_v при изменяющейся тепловой нагрузке и текущей температуре наружного воздуха t_n за каждый час z можно определить по формуле Е.Я Соколова:

$$t_v^z = t_n + \left[\frac{Q_{do}}{Q_{do}^{TP}} + \left(\frac{t_v - t_n}{t_v^{TP} - t_{no}} \right) \cdot e^{\frac{z}{\beta}} \right] \cdot (t_v^{TP} - t_{no}). \quad (2)$$

Действительная тепловая мощность системы отопления определялась по графикам (рис. 3, 4) с учетом дополнительной тепловой мощности, которую можно направить в систему отопления при водопотреблении в СГВ, отличном от максимального:

$$Q_{do} = Q_{do}^{расп} - \overline{Q_h^II}. \quad (3)$$

Результаты исследования и их обсуждение

Были рассмотрены 3 интервала наружных температур в г. Новосибирске продолжительностью 1 неделя (168 ч), по данным Всемирной метеорологической организации (WMO (GSOD)): 1 – период резкого похолодания; 2 – период со «средними» зимними температурами; 3 – период вблизи точки излома температурного графика (нижней срезки) (рис. 5). Для интервалов температур наружного воздуха (по рис. 5) и при переменном водопотреблении было определено изменение температуры внутреннего воздуха отапливаемых зданий с различным типом наружных ограждений (рис. 6–8).

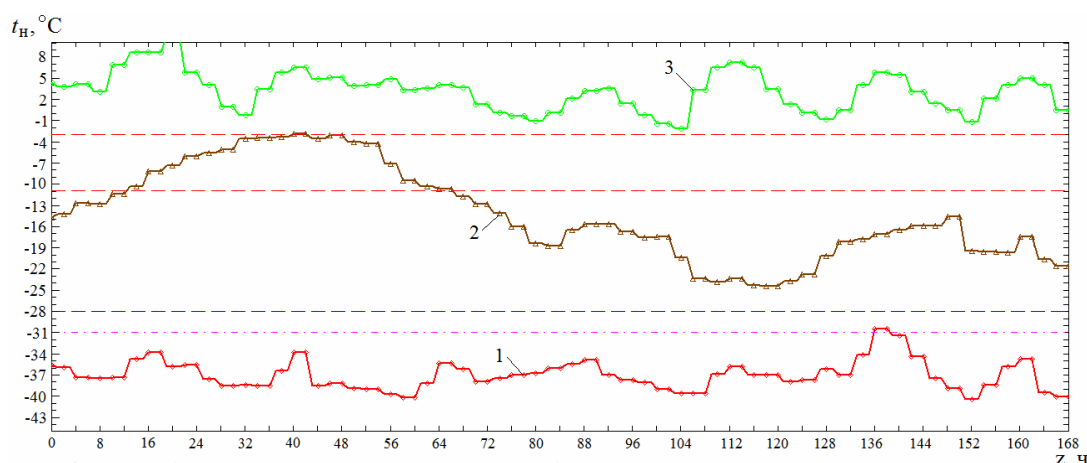


Рис. 5. Температура наружного воздуха: 1 – с 12 по 18 декабря 2012 г.; 2 – с 14 по 21 января 2013 г.; 3 – с 9 по 16 апреля 2013 г.

Fig. 5. Temperature of external air: 1 – December, 12–18th, 2012; 2 – January, 14–21th, 2013; 3 – April, 9–16th, 2013

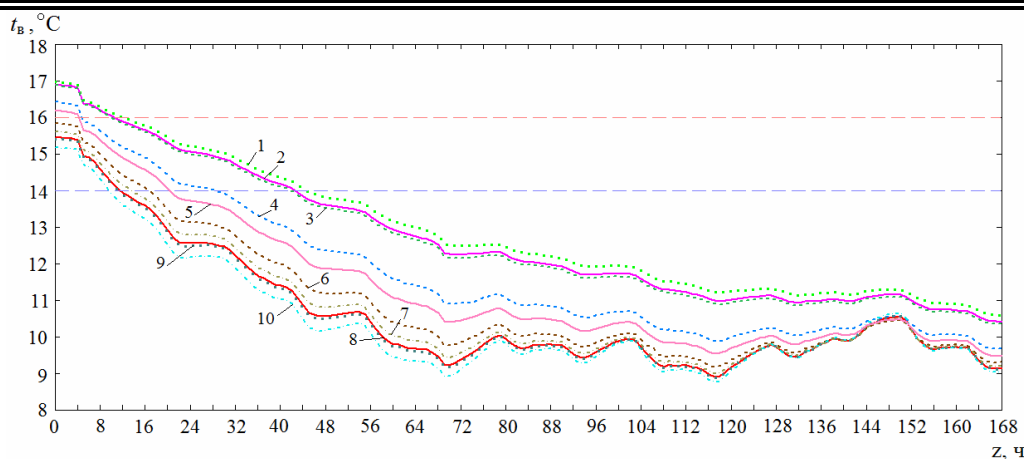


Рис. 6. Температура внутреннего воздуха помещений при переменном водопотреблении в СГВ в период 12–18 декабря 2012 г.: 1–10 – для зданий с конструкциями стен, приведенными в таблице

Fig. 6. Temperature of internal air of buildings at the changing water consumption in SHW within the period of December 12–18th, 2012: 1–10 – for buildings with structures of walls on table

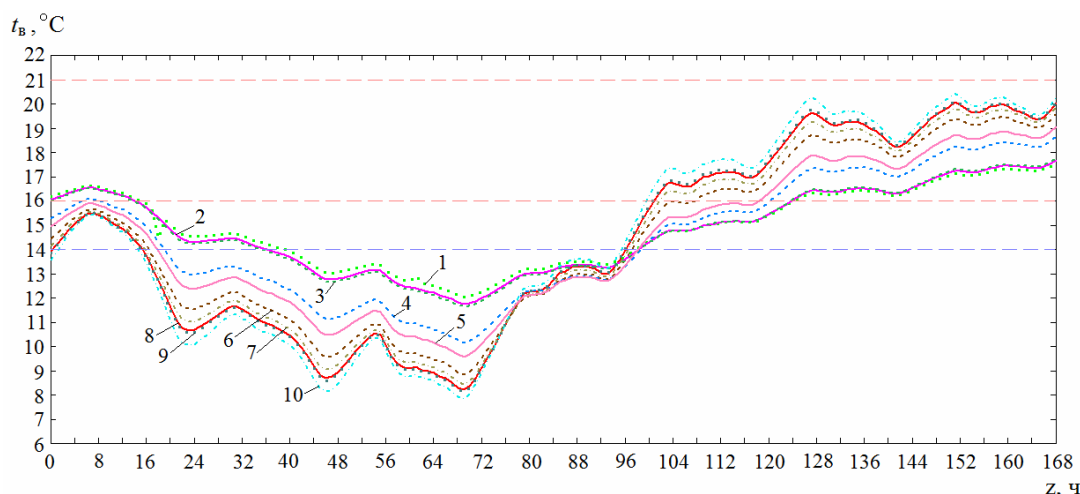


Рис. 7. Температура внутреннего воздуха помещений при переменном водопотреблении в СГВ в период 14–21 января 2013 г.: 1–10 – для зданий с конструкциями стен, приведенными в таблице

Fig. 7. Temperature of internal air of buildings at the changing water consumption in SHW within the period of December 14–21th, 2013: 1–10 – for buildings with structures of walls on table

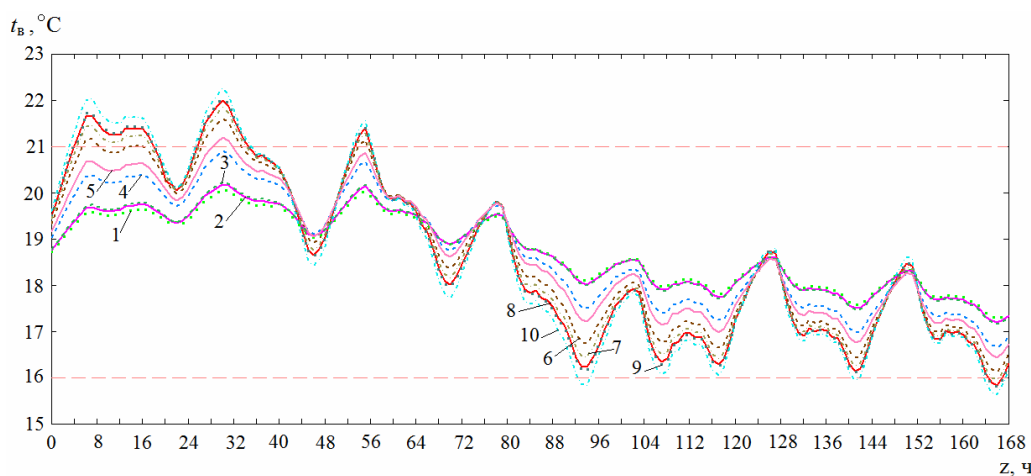


Рис. 8. Температура внутреннего воздуха помещений при переменном водопотреблении в СГВ в период 9–16 апреля 2013 г.: 1–10 – для зданий с конструкциями стен, приведенными в таблице

Fig. 8. Temperature of internal air of buildings at the changing water consumption in SHW within the period of December 9–16th, 2013: 1–10 – for buildings with structures of walls on table

Как видно из проведенного исследования, все конструкции удовлетворяют требованиям энергосбережения, т.е. имеют достаточное сопротивление теплопередаче, однако теплоустойчивость зданий имеет большое значение для обеспечения надежной работы системы теплоснабжения [15], особенно в периоды срезок температурного графика и в условиях резкого похолодания. Чем менее теплоустойчивы ограждения (меньше β), тем сильнее колебания температуры внутреннего воздуха. Конструкции из силикатного и глиняного кирпича являются наиболее теплоустойчивыми, из железобетона – менее теплоустойчивыми; конструкции, состоящие из легких, пористых материалов (пенобетон, керамзитобетон) имеют наименьшую теплоустойчивость при равном сопротивлении теплопередаче. Разница температур внутреннего воздуха для зданий с различными типами конструкций составляет 4–5 °С.

Расчеты показали, что температура внутреннего воздуха редко поднималась даже до +21 °С – нижнего диапазона оптимальных температур внутреннего воздуха по ГОСТ 30494-2011⁴. Большую же часть времени температура внутреннего воздуха была ниже оптимальных значений. В соответствии со СТО НОСТРОЙ 2.15.70-2012 «Устройство систем теплоснабжения, отопления, вентиляции, кондиционирования и

холодоснабжения»⁵ жилые помещения относятся ко второй категории потребителей теплоты, в которых допускается снижение температуры до 16 °С в течение не более 54 ч. Границей опасности для человека является температура на уровне 14 °С, поскольку при ней еще обеспечивается равновесие между теплогенерацией человека и его теплообменом с окружающей средой.

Выводы

В связи с применением верхней срезки температурного графика система теплоснабжения часто не может обеспечить допустимые условия пребывания людей в помещениях. Температура внутреннего воздуха в течение отопительного периода не остается постоянной, а изменяется в довольно широких пределах в зависимости от наружной температуры и водопотребления в СГВ. Поэтому особенно важным становится вопрос повышения теплоустойчивости наружных ограждений (при сохранении нормативного значения сопротивления теплопередаче), что позволит не только сохранить тепло в помещениях при резких похолоданиях, но также сгладить колебания температуры внутреннего воздуха при переменном водопотреблении в системе горячего водоснабжения и повысить комфортность пребывания людей в помещениях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Перехоженцев А.Г. Нормирование сопротивления теплопередаче наружных ограждений зданий по условию теплового комфорта в помещении // Вестник МГСУ. 2016. № 2. С. 173–185.
2. Иванова К.П. Энергосбережение в жилых зданиях. Поквартирный учет тепла // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2014. № 5 (10). С. 69–73.
3. Andrskevicius R., Bielinskis F. Inves-

tigation of temperature variations in heated rooms // Pap. of 4th Conf. of VGTU. 2000. P. 215–222.

4. Keller B., Magyari E. A simple calculation method of general validity for the design parameters of a room/building, minimizing its energy and power demand for heating and cooling in a given climate. Zurich, 1998. 57 p.

5. Levin Sh. Modular design and improvement system in the smart home with the

⁴ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях: введ. 2013-01-01. М.: Стандартинформ, 2013. 15 с. / GOST 30494-2011. Residential and public buildings. Parameters of microclimate in buildings: intr. 2013-01-01. Moscow: Standartinform, 2013. 15 p.

⁵СТО НОСТРОЙ 2.15.70-2012. Устройство систем теплоснабжения, отопления, вентиляции, кондиционирования и холодоснабжения: введ. 2012-06-22. М.: ИСЗС «Консалт», 2013. 64 с. / IS NOSTROI 2.15.70-2012. Organisation of heating systems, central heating, ventilation, conditioning and cold supply: intr. 2012-06-22. Moscow: ISZS "CONSULT", 2013. 64 p.

use of interval multiset estimates // Journal of communication technology and electronics. 2013. Vol. 58. P. 584–593.

6. Rita Yi Man Li. The usage of automation system in smart home to provide a sustainable indoor environment: a content analysis in web 1.0 // International journal of smart home. 2013. Vol. 7. P. 47–59.

7. Bhat J., Verma H.K. Design and development of wired building automation systems // Energy and Buildings. 2015. Vol. 103. P. 396–413.

8. Макотрина Л.В. Сравнение некоторых разделов системы горячего водоснабжения СНиП 2.04.01-85* «Внутренний водопровод и канализация зданий» с новыми нормативными документами // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2014. № 5 (10). С. 80–86.

9. Рафальская Т.А., Мансуров Р.Ш., Ефимов Д.И., Косова Е.Ю. Проблемы энергетической эффективности систем централизованного теплоснабжения // Известия вузов. Строительство. 2016. № 10–11. С. 32–48.

10. Бодров В.И., Корягин М.В. Методика расчета теплового режима зданий мас-

совой застройки в период «температурных срезов» // Известия вузов. Строительство. 2007. № 2. С. 42–46.

11. Кононович Ю.В. Тепловой режим зданий массовой застройки. М.: Стройиздат, 1986. 155 с.

12. Jaraminieme E., Juodis E. The discrepancy between design heat demand and actual heat consumption due to air infiltration // Pap. of Conf. of VGTU. 2008. Vol II. P. 804–809.

13. Urbikain M.K., Sala J.M. Analysis of different models to estimate energy savings related to windows in residential buildings // Energy and Buildings. 2009. Vol. 41, issue 6. P. 687–695.

14. Fasia M.A., Budaiwib I.M. Energy performance of windows in office buildings considering daylight integration and visual comfort in hot climates // Energy and Buildings, 2015. Vol. 108. P. 307–316.

15. Rafalskaya T.A. Reliability and Controllability of Systems of Centralized Heat Supply // Eastern European Scientific Journal (Gesellschaftswissen schaften). 2016. № 2. P. 228–235.

REFERENCES

1. Perekhzhentsev A.G. Control of Thermal Resistance of Building Envelopes according to Heat Comfort in a Premise. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2016, no. 2, pp. 173–185. (In Russian).

2. Ivanova K.P. Energy preservation in residential buildings. Quaterly heat accounting. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'* [Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate], 2014, no. 5 (10), pp. 69–73. (In Russian)

3. Andrskevicius R, Bielinskis F. Investigation of temperature variations in heated rooms. Pap. of 4th Conf. of VGTU, 2000, pp. 215–222.

4. Keller B., Magyari E. A simple calculation method of general validity for the design parameters of a room / building, minimizing its energy and power demand for heating and cooling in a given climate. Zurich, 1998. 57 p.

5. Levin Sh. Modular design and improvement system in the smart home with the use of interval multiset estimates. Journal of communication technology and electronics, 2013, vol. 58, pp. 584–593.

6. Rita Yi Man Li. The usage of automation system in smart home to provide a sustainable indoor environment: a content analysis in web 1.0. International journal of smart home, 2013, vol. 7, pp. 47–59.

7. Bhat J., Verma H.K. Design and development of wired building automation systems.

Energy and Buildings, 2015, vol. 103, pp. 396–413.

8. Makotrina L.V. Comparison of some parts of the hot water supply system in snip 2.04.01-85* “Inner water pipe and canalization of buildings” with the new normative documents. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'* [Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate], 2014, no. 5 (10), pp. 80–86. (In Russian)

9. Rafalskaya T.A., Mansurov R.Sh., Efimov D.I., Kosova E.Yu. Problems of Power Efficiency of Systems of the centralized Heat Supply. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo* [News of Higher Educational Institutions. Construction], 2016, no. 10–11, pp. 32–48. (In Russian)

10. Bodrov V.I., Koryagin M.V. Procedure of Heat Supply Calculation for Block of Flats of “Heat Cuts”. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo* [News of Higher Educational Institutions. Construction], 2007, no. 2, pp. 42–46. (In Russian)

11. Kononovich Yu.V. *Teplovoy rezhim zdaniy massovoy zastroyki* [Heating regime of buildings of mass construction]. Moscow: Stroyizdat Publ., 1986. 155 p.

12. Jaraminieme E., Juodis E. The discrepancy between design heat demand and actual heat consumption due to air infiltration. Pap. of Conf. of VGTU, 2008, vol. II, pp. 804–809.

13. Urbikain M.K., Sala J.M. Analysis of different models to estimate energy savings related to windows in residential buildings. Energy and Buildings, 2009, vol. 41, iss. 6, pp. 687–695.

14. Fasia M.A., Budaiwib I.M. Energy performance of windows in office buildings considering daylight integration and visual comfort in hot climates. *Energy and Buildings*, 2015, vol. 108, pp. 307–316.

15. Rafalskaya T.A. Reliability and Controllability of Systems of Centralized Heat Supply. *Eastern European Scientific Journal (Gesellschaftswissenschaften)*, 2016, no. 2, pp. 228–235.

Критерии авторства

Рафальская Т.А., Мансуров Р.Ш., Рагинская А.О., Расенко Д.А. имеют равные авторские права. Рафальская Т.А. несет ответственность за плагиат.

Contribution

Rafalskaya T.A., Mansurov R.Sh., Raginskaya A.O., Rasenko D.A. have equal author's rights. Rafalskaya T.A. bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

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

Статья поступила 07.10.2017 г.

The article was received 07 October 2017