

УДК 697.536

Анализ требований свода Правил теплозащитной оболочке здания

Канд. техн. наук, доцент **Лысёв В.И.** kafedra-kv@yandex.ru

Шилин А.С. 0346440@mail.ru

Университет ИТМО

191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Рассматривается удельная теплозащитная характеристика здания, как показатель его теплозащитной оболочки. Для определения расчетного значения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания за отопительный период, необходимо знать объемно-планировочные и теплозащитные характеристики отдельных ограждающих конструкций здания, а так же условия их функционирования в зависимости от климатических условий региона, в котором находится здание. Предложены поэтапные мероприятия по увеличению теплозащитных свойств ограждающих конструкций при эксплуатации существующих зданий. Было проведено сопоставление полученных результатов с нормативными величинами. Все положения сопровождаются примерами.

Ключевые слова: тепловая защита здания, отапливаемый объем здания, показатель компактности здания, теплозащитные свойства ограждающих конструкций, удельная теплозащитная характеристика здания, удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, теплозащитная оболочка здания.

DOI:10.17586/2310-1148-2017-10-1-15-22

Requirements analysis of the Set of Rules to the building thermal protective shell

Ph.D. **Lysev V.I.** kafedra-kv@yandex.ru

Shilin A.S. 0346440@mail.ru

ITMO University

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

We consider the specific heat-shielding characteristic of a building, as a measure of its thermal protective shell. For determine of calculation value of specific heat consumption for building heating during heating season, you need to know thermal and geometric properties of fencing structures of building and conditions of their functioning in depend on climatic conditions of region, where the building is situated. The field investigations were made. The thermal and geometric properties have been identified. This allowed to do required calculations on determination of specific heat consumption for building heating during heating season. It was made comparison of the results with normative documents. All provisions are accompanied by examples.

Keywords: thermal performance of a building, heating volume of a building, index of the shape of a building, heat-shielding properties building envelope, specific heat-shielding characteristic of a building, specific energy demand for heating, thermal protective shell of a building.

Требования к тепловой защите зданий и сооружений изложены в нормативном документе – своде Правил СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [1].

Согласно п. 5.1 действующей редакции данного свода Правил «Теплозащитная оболочка здания должна отвечать следующим требованиям:

а) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должно быть не меньше нормируемых значений (поэлементные требования);

б) удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения (комплексное требование);

в) температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений (санитарно-гигиеническое требование)».

При эксплуатации существующих зданий поэлементные требования выполнить не всегда возможно, так как в действовавших ранее нормах [2, 3], значение общего сопротивления теплопередаче определялось по величине нормируемого перепада между температурой воздуха в помещении и температурой внутренней поверхности наружной ограждающей конструкции. Так для наружных стен и покрытий этот перепад составлял соответственно 6 °С и 4 °С (в действующих нормативах: соответственно 4°С и 3°С для помещений 1-й группы – см. п. 5.2 табл. 5 свода Правил).

Санитарно-гигиеническое требование практически всегда может быть выполнено, так как температура внутренней поверхности ограждающей конструкции выше точки росы внутреннего воздуха, которая при нормируемых значениях температуры и относительной влажности не превышает 12 °С.

Термическое сопротивление теплопередаче заполнений оконных проемов определяется с учетом данных о воздушных вертикальных прослойках [3]. Для стационарных условий теплопередачи, термическое сопротивление прозрачного ограждения (оконного проема) вычисляется по известной зависимости [3], в которую входит значение термического сопротивления воздушной прослойки, равное 0,18 (м²·°С)/Вт и сумма термических сопротивлений теплоотдачи на поверхностях ограждения, равная 0,17 (м²·°С)/Вт.

Расчет показывает, что значение термического сопротивления окна с двойными деревянными переплетами существенно меньше, чем значения, предписанные Сводом Правил для климатических условий Санкт-Петербурга [1, 4].

Согласно данным Свода Правил (приложение К), современные стеклопакеты имеют значения термического сопротивления центральной части (без учета термических сопротивлений теплоотдачи на поверхностях) в зависимости от их конструктивного исполнения в диапазоне от 0,34 до 1,73 (м²·°С)/Вт. Но даже при использовании стеклопакетов с максимальным значением термического сопротивления теплопередаче, требования СП 50.13330.2012 обеспечить весьма проблематично.

Здания имеют в зависимости от их назначения и иных факторов разные объемно-планировочные решения (что отражается на размерах ограждающих конструкций, значениях площадей стен, покрытий, перекрытий, оконных проемов, дверей и т.д.), а также разнообразные теплозащитные свойства ограждающих конструкций. В Своде Правил [1] рассматриваются такие характеристики здания как: отапливаемый объем здания, показатель компактности, коэффициент остекленности фасада здания. Эти показатели, наряду с теплотехническими характеристиками, влияют на расчетный (ожидаемый) расход тепловой энергии, необходимый для отопления здания за отопительный период.

Рассмотрим комплексное требование, в котором показателем расхода тепловой энергии на отопление объекта (здания или сооружения) является значение удельной теплозащитной характеристики (УТЗХ) здания. Данная характеристика учитывает объемно-планировочные и теплозащитные свойства конкретного здания. Расчетное значение удельной теплозащитной характеристики $K_{об}$ вычисляется по зависимостям, представленным в СП 50.13330.2012 (приложение Ж), как произведение общего (осредненного по площади) коэффициента теплопередачи здания $K_{общ}$ на показатель его компактности $K_{комп}$:

$$K_{об} = (K_{комп} \cdot K_{общ}), \quad (1)$$

где, $K_{комп}$ – показатель компактности здания, 1/м, определяемый по формуле:

$$K_{комп} = \Sigma F / V_{от}, \quad (2)$$

где, ΣF – общая (суммарная) площадь внутренних поверхностей всех наружных ограждений теплозащитной оболочки здания м²; $V_{от}$ – отапливаемый объем здания, м³.

$K_{общ}$ – общий коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м²·°С), рассчитываемый по формуле:

$$K_{общ} = \frac{\Sigma(F_{огр}/R_{огр})}{\Sigma F} = \frac{F_n + F_{ост} + F_{покp} + F_{пола}}{R_n + R_{ост} + R_{покp} + R_{пола}}, \quad (3)$$

где, $F_{огр}$ – площадь соответствующего фрагмента теплозащитной оболочки здания, м²; $R_{огр}$ – приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания, (м²·°С)/Вт.

Требуемое значение удельной теплозащитной характеристики здания определяется в соответствии с требованиями Свода Правил [1] по зависимости:

$$K_{об}^{тр} = \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{V_{от}}}}{0,00013 \cdot ГСОП + 0,61} \quad (4)$$

При этом расчетная величина удельной теплозащитной характеристики здания должна быть не больше нормируемого значения. Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания следует принимать в зависимости от отапливаемого объема здания и градусо-суток отопительного периода (ГСОП) района строительства [1, 4]. Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания, Вт/(м³·°С), определяется по данным п. 5.5 СП 50.13330.2012.

Оценим значения удельной теплозащитной характеристики здания для двух характерных типов здания: протяженного и башенного типа, расположенных в климатических условиях Санкт-Петербурга [4]. Рассмотрим

общественные здания, имеющие одинаковые величины площадей наружных ограждений, отапливаемых объемов, коэффициента остекленности фасада и показателя компактности. Основные исходные данные по типам зданий сведены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные по типам зданий

Наименование величины	Тип здания	
	Протяженного типа	Башенного типа
Длина здания, (м)	60	20
Ширина здания, (м)	15	15
Высота здания, (м)	20	60
Общая площадь наружных ограждений, (м ²),	4800	4800
в том числе: фасадов, (м ²)	3000	4200
остекления, (м ²)	600	840
наружных стен, (м ²)	2400	3360
покрытия, (м ²)	900	300
пола 1-го этажа, (м ²)	900	300
Отапливаемый объем здания, (м ³)	18000	18000
Показатель компактности здания, (1/м)	0,27	0,27
Коэффициент остекленности фасада	0,20	0,20
Термическое сопротивление теплопередаче остекления, (м ² ·°C)/Вт.	0,51/1,90	0,51/1,90
Термическое сопротивление теплопередаче наружных стен, (м ² ·°C)/Вт.	0,90/2,64	0,90/2,64
Термическое сопротивление теплопередаче покрытия, (м ² ·°C)/Вт.	1,0/3,52	1,0/3,52
Термическое сопротивление теплопередаче перекрытия над неотапливаемым подвалом, (м ² ·°C)/Вт.	0,54/1,50	0,54/1,50

Термическое сопротивление теплопередаче однокамерного стеклопакета из стекла без покрытий с заполнением воздухом и расстоянием между стеклами 12 мм [1] составляет $(0,17 + 0,34) = 0,51$ (м²·°C)/ Вт. Сопротивление двухкамерного стеклопакета с двумя стеклами с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением криптоном и расстоянием между стеклами 10 мм и 10 мм [1] составляет $(0,17 + 1,73) = 1,90$ (м²·°C)/Вт. Расчеты проводились при разных значениях термического сопротивления теплопередаче стеклопакетов и непрозрачных наружных ограждений (перед чертой – по данным [2], после – по данным СП [1]).

Из таблицы видно, что значения термических сопротивлений теплопередаче, как непрозрачных (массивных), так и светопрозрачных конструкций наружных ограждений существующих (эксплуатируемых) зданий, соответствующих требованиям прежних нормативов [2], значительно меньше (в несколько раз), чем предписанные ныне действующим [1]. Естественно, это обстоятельство приводит к более значительным затратам тепловой энергии на возмещение потерь теплоты (т.е. на отопление здания) в холодный период года по сравнению с аналогичными зданиями, тепловая защита которых проектируется по действующему Своду Правил.

Сопротивления теплопередаче непрозрачных ограждений (стен, покрытий и перекрытий) принимались в соответствии с требованиями СНиП [2] и п. 5.2 СП 50.13330.2012. Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Зная нормируемое значение УТЗХ здания и показатель его компактности, можно вычислить минимально-необходимую величину общего термического сопротивления здания (как величину обратную общему коэффициенту теплопередачи здания). Общее фактическое сопротивление теплопередаче здания возможно увеличить, последовательно изменяя термические сопротивления отдельных фрагментов теплозащитной оболочки: прежде всего, светопрозрачных ограждений (окон), затем перекрытий и покрытий.

Изложенные положения позволяют последовательно и обоснованно анализировать теплозащитную оболочку здания. Для этого нами была разработана номограмма, позволяющая определить величину отклонения приведенного значения термического сопротивления ограждающих конструкций здания от требуемого значения (см. рис. 1). Определив данную величину отклонения, можно сформировать поэтапные мероприятия по улучшению теплотехнических свойств ограждающих конструкций здания в соответствии с требованиями Свода Правил [1].

Таблица 2

Результаты расчетов

Наименование величины	Тип здания	
	Протяженного типа	Башенного типа
Общий коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м ² ·°C)	1,34/1,16	1,30/1,05
Расчетное значение удельной теплозащитной характеристики здания, Вт/(м ³ ·°C)	0,356/0,308	0,346/0,279
Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания, Вт/(м ³ ·°C)	1,91	
Процент отклонения расчетного значения УТХЗ от нормируемого значения, (%), (при установке только стеклопакетов)	+ 87/+62	+ 82/+ 47
При выполнении требований СП ко всем ограждениям		
Общий коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м ² ·°C)	0,61/0,43	0,67/0,42
Расчетное значение УТХЗ, Вт/(м ³ ·°C)	0,163/0,116	0,178/0,11
Процент отклонения расчетного значения УТХЗ от нормируемого значения, (%)	-14/-39	-6/-41

Алгоритм работы с данной номограммой следующий:

1. Зная показатель компактности здания $K_{комп}$ и фактическое сопротивление теплопередаче здания $R_{3д}^{\phi}$, определяем его удельную теплозащитную характеристику $K_{об}^{\phi}$.

2. Определив удельную теплозащитную характеристику здания $K_{об}^{\phi}$, находим требуемое значение термического сопротивления здания $R_{3д}^{mp}$.

3. По величине отклонения фактического значения термического сопротивления здания от требуемого $\Delta R_{3д}^{mp} = (R_{3д}^{mp} - R_{3д}^{\phi})$, формируем мероприятия по «доработке» теплозащитной оболочки здания.

Утепление стен снаружи не всегда возможно по архитектурным или иным (например, историческим) причинам [1].

Тогда можно рассмотреть требование п.10.1 Свода Правил, где приводится показатель расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания – удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания. Удельная характеристика расхода тепловой энергии q на отопление и вентиляцию здания за отопительный период учитывает, как ожидаемые потери теплоты через ограждающие конструкции, так и потребление теплоты на нагрев вентиляционного и инфильтрационного воздуха.

Расчетное значение удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, Вт/(м³·°C), определяется по методике приложения Г [1] и должно быть не более нормируемого значения. Нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, Вт/(м³·°C), определяется для различных типов зданий (см.п.10.1 Свода Правил).

Согласно указанной методике, величина удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания q является суммой значений удельной теплозащитной характеристики (УТХЗ) $K_{об}$ и удельной вентиляционной характеристики (УВХ) $K_{вент}$ здания.

Тогда общие удельные потери теплоты здания за отопительный период q , Вт/(м³·°C), можно определить по формуле: $q = K_{об} + K_{вент}$. Установленные Сводом Правил (п. 10.3) классы энергосбережения зданий, основаны на проценте (%) отклонения расчетной удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемой (базовой) величины. При эксплуатации существующих зданий, величина отклонения расчетного (фактического) значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемого, до (+15) % соответствует классу энергосбережения С (нормальный).

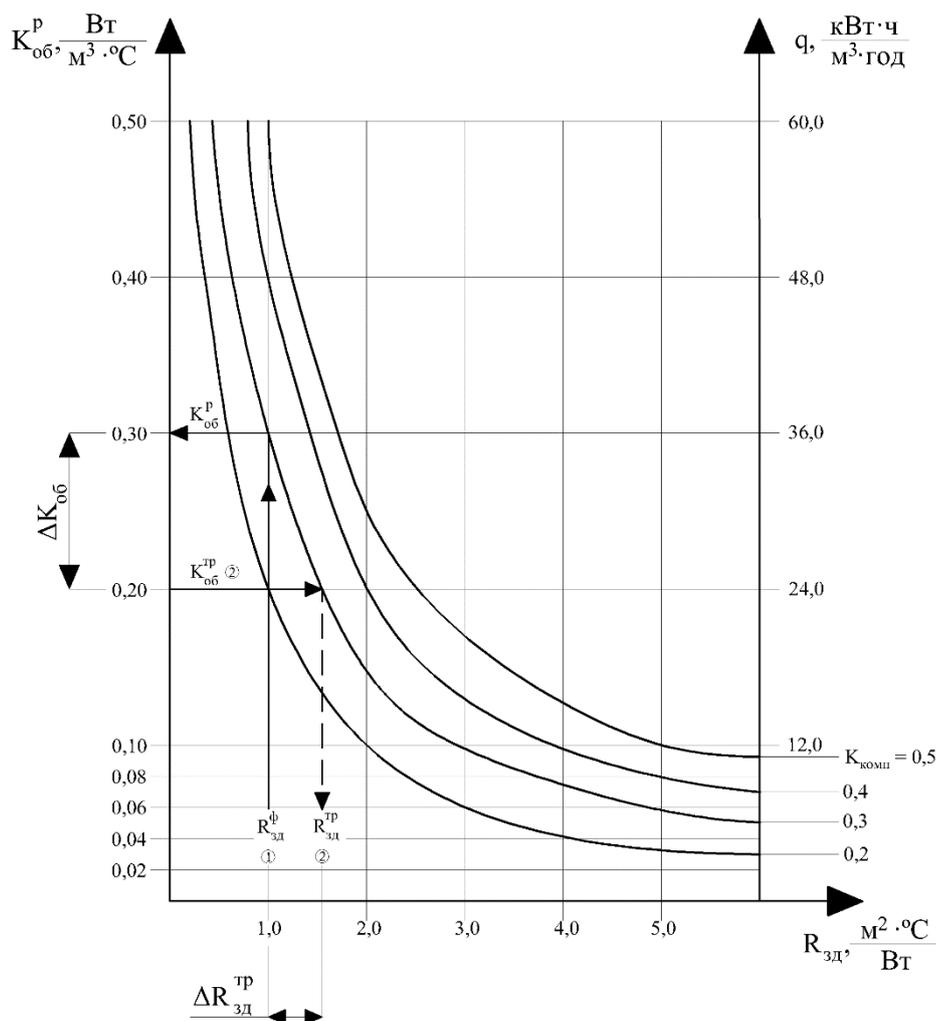


Рис. 1. Номограмма

В качестве примера рассмотрим типовое здание поликлиники, расположенной в Санкт-Петербурге, и построенное по нормативным требованиям СНиП [2]. Основные исходные данные по зданию сведены в табл. 3.

Таблица 3

Исходные данные по зданию поликлиники

Наименование расчетного параметра	Расчетное значение	
Длина здания, (м)	55,0	
Ширина здания, (м)	12,7	
Высота здания, (м)	20,0	
Общая площадь наружных ограждений, (м ²), в том числе:	4 100	
фасадов	2 700	
остекления	300	
наружных стен	2400	
покрытия	700	
пола 1-го этажа	700	
Отапливаемый объем здания, (м ³)	14000	
Показатель компактности здания, (1/м)	0,29	
Коэффициент остекленности фасада	0,11	
Термическое сопротивление теплопередаче, (м ² ·°C)/Вт	по СНиП [2]	по СП [1]
остекления	0,37/0,51	0,51/1,90
наружных стен	0,90/0,90	0,90/3,08
покрытия	1,32/1,32	4,60/4,60
перекрытия над неотапливаемым подвалом	1,32/1,32	2,03/2,03

Расчеты проводились при разных значениях термического сопротивления теплопередаче стеклопакетов и непрозрачных наружных ограждений.

Термическое сопротивление теплопередаче однокамерного стеклопакета из стекла без покрытий с заполнением воздухом и расстоянием между стеклами 12 мм составляет [1]: $(0,17 + 0,34) = 0,51 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$. Сопротивление двухкамерного стеклопакета с двумя стеклами с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением криптоном и расстоянием между стеклами 10 мм и 10 мм составляет [1]: $(0,17 + 1,73) = 1,90 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$.

Сопротивления теплопередаче непрозрачных ограждений (стен, покрытий и перекрытий) принимались в соответствии с требованиями СНиП [2] и п. 5.2 СП 50.13330.2012.

Результаты расчетов представлены в табл. 4 для следующих вариантов:

- по требованиям СНиП [2] и при установке стеклопакетов;
- по требованиям СП [1] для покрытия и перекрытия и по требованиям СП для всех ограждений при минимальном и максимальном значениях термического сопротивления для стеклопакета (см. приложение К [1]).

Таблица 4

Результаты расчетов

Наименование величины	Варианты расчетов	
	по СНиП [2]	по СП [1]
Общий коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м ² ·°C)	1,11/1,02	0,46/0,36
Расчетное значение удельной теплозащитной характеристики здания, Вт/(м ³ ·°C)	0,32/0,30	0,133/0,104
Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания, Вт/(м ³ ·°C)	0,20	
Процент отклонения расчетного значения УТХЗ от нормируемого значения, (%)	+60/+50	+ 34/+ 48

Если оценивать величину удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания q , то необходимо определить значение удельной вентиляционной характеристики (УВХ) $K_{\text{вент}}$ здания. Этот показатель можно определить, согласно п. Г.2 (см. прил. Г), при «стандартных» значениях величин в формуле (Г.2) следующим образом:

$$K_{\text{вент}} = 0,31 \cdot n_{\text{в}}$$

где, $n_{\text{в}}$ – кратность воздухообмена здания за отопительный период, (1/ч).

При установке в оконных проемах стеклопакетов, расход воздуха, в основном, определяется производительностью установок механической вентиляции. Согласно п. Г.3 (приложение Г) для учреждений здравоохранения расход вентиляционного воздуха оценивается по удельным величинам, как 5 м³/час на квадратный метр расчетной площади здания. При расчетной площади порядка 1400 м², расход воздуха составит 7000 м³/час. Тогда величина кратности воздухообмена здания равна $n_{\text{в}} = (7000/14000) = 0,5$ (1/ч) и значение удельной вентиляционной характеристики (УВХ) $K_{\text{вент}}$ здания составит: $K_{\text{вент}} = 0,31 \cdot n_{\text{в}} = 0,31 \cdot 0,5 = 0,155 \text{ Вт/(м}^3 \cdot \text{°C)}$.

Ожидаемые общие удельные потери теплоты здания за отопительный период после установки стеклопакетов и утепления перекрытий и покрытия составят:

$$q = K_{\text{об}} + K_{\text{вент}} = 0,133 + 0,155 = 0,288 \text{ Вт/(м}^3 \cdot \text{°C)}$$

Сопоставим это расчетное значение с нормируемой (базовой) удельной характеристикой расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания (см. п. 10.1 Свода Правил). Для рассматриваемого типа

здания эта величина составляет 0,359 Вт/(м³·°С). Отклонение расчетного (фактического) значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемой величины q^{TP} составит:

$$\Delta q = \left(\frac{q - q^{mp}}{q^{mp}} \right) \cdot 100 = ((0,288 - 0,359)/0,359) 100 \text{ около } (-20) \%,$$

что соответствует классу энергосбережения В (высокий).

Следовательно, несмотря на несоответствие удельной теплозащитной оболочки нормативному значению, по комплексному показателю – удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, тепловая защита рассматриваемого здания соответствует требованиям свода Правил СП 50.13330.2012 [1].

Для разных групп зданий (учебных корпусов вузов, общеобразовательных школ, поликлиник, зданий административного назначения – всего более 10 зданий), расположенных в Санкт-Петербурге, нами были проведены обследования [5, 6, 7], позволившие определить фактические (ориентировочные) значения объемно-планировочных и теплозащитных характеристик каждого конкретного здания.

Эти данные были использованы при вычислениях по зависимостям, представленным в своде Правил (прил. Г и Ж). Значения расчетных удельных теплозащитных характеристик и удельных вентиляционных характеристик для каждого здания сопоставлялись с их нормируемыми (требуемыми) величинами [1].

Обобщение полученных результатов позволяет сформулировать следующие выводы:

1. Рассматриваемая проблема является многофакторной, поэтому конечные результаты существенно зависят от исходных условий, характеризующих исследуемый объект (конкретное здание).

К факторам, определяющим теплозащитные свойства здания, относятся:

- объемно-планировочные решения по конкретному зданию;
- теплозащитные свойства ограждающих конструкций;
- климатические условия эксплуатации здания.

2. Значение расчетной удельной теплозащитной характеристики эксплуатируемых зданий, как правило, превышает нормируемые величины, предписанные сводом правил в (1,5 ... 2) раза.

3. Замена оконных проемов стеклопакетами, позволяет уменьшить значение удельной теплозащитной характеристики здания (в зависимости от конкретных условий эксплуатации) в среднем на (5 ... 15) %.

4. Использование ограждающих конструкций, удовлетворяющих требованиям действующего в настоящее время свода Правил, приводит к сокращению значения удельной теплозащитной характеристики в среднем в (2...2,5) раза, однако требует значительных затрат на доработку теплозащитной оболочки в период реконструкции здания. При этом величина отклонения расчетных значений от нормируемых величин находится в диапазоне от +(10...50) %.

5. При установке стеклопакетов с максимальным значением термического сопротивления теплопередаче, равным 1,90 (м²·°С)/Вт, величина отклонения удельной теплозащитной характеристики для рассмотренных зданий будет минимальной. Тогда появляется возможность удовлетворить требованию показателя расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания - удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания. Выполнение этого условия допускает, согласно п.5.2 [1], нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче: для наружных стен на 37 %, для остальных ограждающих конструкций на 20 % ниже нормативных величин.

Литература

1. Свод правил СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2009./Минрегионразвития РФ. –М., 2012. 96 с.
2. СНиП 11 – 3 – 79** Строительная теплотехника. - М.: ЦИТП Госстроя СССР. 1986. 32 с.
3. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) Учебник для вузов, М., «Высш. школа», 1970. 376 с.
4. Свод правил СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-2009./Минрегионразвития РФ. –М., 2012. 108 с.
5. Лысёв В.И., Чурюмов М.С., Шилин А.С. Энергетические показатели зданий учебных корпусов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. 2015. № 1. С. 33–37.
6. Лысёв В.И., Чурюмов М.С., Шилин А.С. Оценка потенциала теплопотребления для зданий общежитий. В сборнике: У11 Международная научно-техническая конференция «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке». Материалы конференции. Санкт-Петербург, Россия, 2015, С. 394–397.

7. Лысёв В.И., Шилин А.С. Результаты энергетического обследования здания общежития. В сборнике: У11 Международная научно-техническая конференция «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке». Материалы конференции. Санкт-Петербург, Россия, 2015, С. 398–401.
8. Сотников А.Г. Проектирование и расчет систем вентиляции и кондиционирования (Полный комплект требований и расчетной информации для проектирования и расчета): В двух томах, СПб. 2013 г.

References

1. Set of rules of the joint venture 50.13330.2012 Thermal protection of buildings. The Russian Federation staticized by the editorial office Construction Norms and Regulations 23-02-2009 / the Ministry of Regional Development. – М, 2012. 96 p.
2. Construction Norms and Regulations 11 – 3 – 79 ** Construction heating engineer. –М.: TsITP of the State Committee for Construction of the USSR. 1986. 32 with.
3. Theological V. N. Construction thermophysics (heatphysical bases of heating, ventilation and air conditioning) the Textbook for higher education institutions, М., "Vyssh. school", 1970. 376 p.
4. Set of rules of the joint venture 131.13330.2012 Construction climatology. The staticized version Construction Norms and Regulations 23-01-2009. / the Ministry of Regional Development of the Russian Federation. – М, 2012. 108 p.
5. Lysyov V.I., Churyumov M.S., Shilin A.C. Power indicators of buildings of educational cases // *NIU ITMO Scientific magazine. Series: Refrigerating equipment and conditioning*. 2015. No. 1. P. 33–37.
6. Lysyov V.I., Churyumov M.S., Shilin A.C. Heatconsumption potential assessment for buildings of hostels. In the collection: U11 International scientific and technical conference "Low-temperature and Food Technologies in HH1 a Century". Conference materials. St. Petersburg, Russia, 2015, P. 394–397.
7. Lysyov V.I., Shilin A.C. Results of power inspection of the building of the hostel. In the collection: U11 International scientific and technical conference «Low-temperature and Food Technologies in HH1 a Century». Conference materials. St. Petersburg, Russia, 2015, P. 398–401.
8. A.G. centurions. Design and calculation of systems of ventilation and conditioning (The Complete set of requirements and settlement information for design and calculation): In two volumes, SPb. 2013.

Статья поступила в редакцию 13.02.2017 г.