



Оценка энергетической эффективности отопления зданий

Введение

Основное энергопотребление жилыми и общественными зданиями на большей части территории России происходит в зимний отопительный период. Здания и сооружений оборудуются техническими системами, обеспечивающими необходимое (комфортное) состояние воздушной среды в помещениях. К системам обеспечения микроклимата относятся системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВиК). Класс энергетической эффективности здания определяет финансирование, очередность и объём модернизации инженерных систем зданий и ограждающих конструкций. Поэтому оценки энергоэффективности имеют существенное экономическое значение для собственников зданий, эксплуатирующих организаций и органов государственного надзора и управления. Имеющиеся результаты в рассматриваемой области показывают существенное различие в оценке энергетической эффективности зданий. Целью работы является определение расчётных и нормируемых характеристик энергопотребления и их сопоставление с фактическими значениями.

Основной раздел

Определение энергетической эффективности на этапах проектирования или модернизации здания выполняется в соответствии с нормативными документами.

В стандарте ГОСТ Р 55656–2013 [1] приводятся указания и рекомендации по расчёту годовых затрат энергии на поддержание микроклимата в помещениях здания при его отоплении и охлаждении.

Класс энергоэффективности здания определяет финансирование, очередность и объём модернизации инженерных систем зданий и ограждающих конструкций. Оценки энергоэффективности имеют экономическое значение для собственников зданий, эксплуатирующих организаций и органов государственного надзора и управления

На величину энергии, потребляемой системами обеспечения микроклимата, влияют следующие факторы [2, 3]:

- нормируемые параметры микроклимата (прежде всего расчётная температура воздуха в помещениях здания);
- объёмно-планировочные решения и теплотехнические характеристики ограждающих конструкций здания;
- внутренние источники поступлений теплоты в помещения здания;
- расход наружного приточного воздуха;
- климатические параметры региона, в котором находится здание.

Рецензия эксперта на статью получена 25.11.2019 [Expert review on the article received on November 25, 2019].

УДК 628.8. Номер специальности: 05.23.03.

Оценка энергетической эффективности отопления зданий

В.И. Лысёв, к.т.н., инженер; **А.В. Цыганков**, д.т.н., профессор, доцент; **А.К. Рубцов**, к.т.н., ассистент; **А.С. Шилин**, аспирант, факультет низкотемпературной энергетики (ФНТЭ), Национальный исследовательский университет ИТМО (НИУ ИТМО, г. Санкт-Петербург)

Выполнен анализ действующих нормативных документов по расчёту годовых расходов тепловой энергии, потребляемых системами обеспечения микроклимата в помещениях зданий. Определена ожидаемая величина энергопотребления здания за отопительный период. Приведены расчёты на примере зданий учебного корпуса и общежития Университета ИТМО. Выполнена оценка энергетических показателей зданий, позволяющая устанавливать их энергетическую эффективность.

Ключевые слова: потребление теплоты, система отопления, отопительный период, энергопотребление здания.

UDC 628.8. The number of scientific specialty: 05.23.03.

Estimation of energy efficient of heating buildings

V.I. Lysev, PhD, engineer; **A.V. Tsygankov**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Associate Professor; **A.K. Rubtsov**, PhD, assistant; **A.S. Shilin**, post-graduate student, the Faculty of Cryogenic Engineering, ITMO University (St. Petersburg city)

The analysis of the current regulatory documents on the calculation of the annual consumption of thermal energy consumed by the microclimate supply systems in the premises of buildings is carried out. The expected energy consumption of the building for the heating period has been determined. The calculations are given on the example of buildings of the academic building and the dormitory of the ITMO University. An estimation of the energy performance of buildings, allowing establishing their energy efficiency has been made.

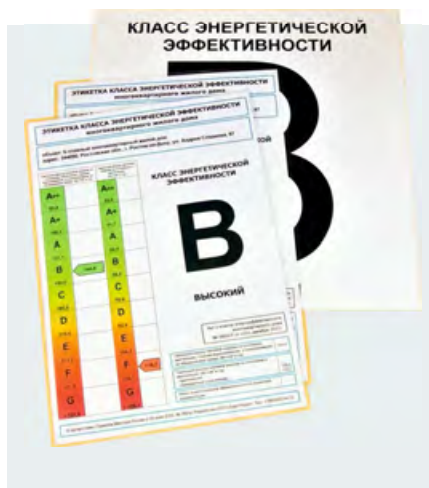
Keywords: heating consumption, heating system, heating season, building energy consumption.

Для анализа оценок энергоэффективности, полученных расчётным путём и по результатам фактического энергопотребления, были обследованы здания учебного корпуса и студенческого общежития Университета ИТМО. Здания расположены в городе Санкт-Петербурге, построены около 50 лет назад, близки по объёму и эксплуатируются одной организацией. Архитектурные и теплотехнические характеристики зданий приведены в табл. 1.

Приведённый трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания $k_{зд}$ [Вт/(м²·°C)] определялся с учётом действовавших норм проектирования [4] как осреднённое по площади значение термических сопротивлений внешних ограждающих элементов [5]:

$$k_{зд} = \frac{\frac{F_{нс}}{R_{нс}} + \frac{F_{ост}}{R_{ост}} + \frac{F_{покр}}{R_{покр}} + \frac{F_{пола}}{R_{пола}} + \frac{F_{дв}}{R_{дв}}}{\Sigma F_{огр}}. \quad (1)$$

В работе [6] показано, что в процессе эксплуатации здания возможно увели-



чение коэффициента теплопроводности наружных ограждающих конструкций, поэтому в дальнейших расчётах использовался трансмиссионный коэффициент теплопередачи, увеличенный на 20 %.

Параметры функционирования зданий обобщены в табл. 2.

Архитектурные и теплотехнические характеристики зданий

табл. 1

Характеристика здания	Учебный корпус	Общежитие
Отапливаемый объём здания $V_{зд}$, м ³	20 000	22 000
Общая площадь наружных ограждений $\Sigma F_{огр}$, м ²	5000	7000
Площадь наружных стен $F_{нс}$, м ²	3000	4000
Площадь остекления $F_{ост}$, м ²	580	960
Площадь покрытий $F_{покр}$, м ²	700	1000
Площадь пола первого этажа $F_{пола}$, м ²	700	1000
Площадь входных дверей $F_{дв}$, м ²	20	40
Расчётная (жилая) площадь помещений $F_{расч}$, м ²	4000	4000
Термическое сопротивление наружных стен $R_{нс}$, (м ² ·°C)/Вт	0,71	0,71
Термическое сопротивление остекления $R_{ост}$, (м ² ·°C)/Вт	0,51	0,51
Термическое сопротивление покрытий $R_{покр}$, (м ² ·°C)/Вт	1,06	1,06
Термическое сопротивление пола первого этажа $R_{пола}$, (м ² ·°C)/Вт	0,88	0,88
Термическое сопротивление входных дверей $R_{дв}$, (м ² ·°C)/Вт	0,48	0,48
Приведённый трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания $k_{зд}$, (м ² ·°C)/Вт	1,372	1,383
То же, при учёте условий эксплуатации $1,2k_{зд}$, (м ² ·°C)/Вт	1,650	1,660

Параметры функционирования зданий

табл. 2

Параметр	Учебный корпус	Общежитие
Тепловыделения от одного человека $q_{чел}$, Вт	90	90
Расчётное число персон (людей) $n_{чел}$, чел.	400	500
Длительность присутствия людей в течение недели $m_{чел}$, ч	(6×6)	(18×7)
Заполняемость помещений людьми $\rho_{чел}$	0,50	0,80
Удельная установленная мощность освещения $q_{осв}$, Вт/м ²	10	10
Средняя продолжительность работы освещения в неделю $m_{осв}$, ч	(6×6)	(18×7)
Среднее значение удельной установочной мощности (тепловой нагрузки) от оргтехники и др. внутренних источников теплоты $q_{орг}$, Вт/м ²	10	10
Длительность работы оргтехники и других внутренних источников теплоты в неделю $m_{орг}$, ч	(6×6)	(10×7)
Доля одновременно работающих источников теплоты $\rho_{орг}$	0,5	0,5
Число часов в неделю m , ч	168	168
Расчётная площадь помещений $F_{расч}$, м ²	4000	4000

Рассмотрим отдельные составляющие теплового баланса систем обеспечения микроклимата [7, 8, 9]. Трансмиссионные потери теплоты $Q_{огр}$ через наружные ограждающие конструкции:

$$Q_{огр} = (k_{зд} \Sigma F_{огр})(t_{в.от} - t_{от.ср})z_{оп}, \quad (2)$$

где $\Sigma F_{огр}$ — общая (суммарная) площадь внутренних поверхностей наружных ограждений здания, м²; $t_{в.от}$ — средневзвешенное значение температуры воздуха в помещениях за отопительный период, °C; $t_{от.ср}$ — среднее значение температуры наружного воздуха за отопительный период, °C; $z_{оп}$ — продолжительность отопительного периода, ч.

По данным СП 131.13330.2012 [10], для Санкт-Петербурга средняя продолжительность отопительного периода $z_{оп} = 232$ сут. (5112 ч) при среднем значении температуры наружного воздуха $t_{от.ср} = -1,3$ °C. Рекомендуемое значение температуры воздуха в помещениях в течение отопительного периода принимается как минимальное значение из оптимальной нормы для холодного периода года $t_{в.от} = 20$ °C [11].

Для анализа оценок энергоэффективности, полученных расчётным путём и по результатам фактического энергопотребления, были обследованы здания учебного корпуса и студенческого общежития Университета ИТМО. Здания расположены в Санкт-Петербурге, построены около 50 лет назад, близки по объёму и эксплуатируются одной организацией

Затраты энергии $Q_{всн}$ на нагрев наружного приточного воздуха с учётом рабочего времени функционирования систем вентиляции (и кондиционирования):

$$Q_{всн} = c_v \rho_v L_v (t_{в.от} - t_{от.ср}) z_{оп} k_{рв}, \quad (3)$$

где c_v — удельная теплоёмкость воздуха, кДж/(кг·°C); ρ_v — среднее за отопительный период значение плотности наружного воздуха, кг/м³; L_v — расход наружного приточного воздуха, м³/с; $k_{рв}$ — коэффициент рабочего времени системы вентиляции.

В зданиях с оконными блоками, при отсутствии приточных устройств, приток наружного воздуха происходит в основном за счёт проветривания и воздухопроницаемости ограждающих конструкций [12]. Согласно СП 50.13330.2012 [5] для оконных блоков массовая воздухопроницаемость с наветренной стороны фасадов здания $L_v = 5$ кг/(м²·ч).

Эта величина принята для расчёта объёмного расхода наружного приточного воздуха L_v [5]:

$$L_v = 1800 \frac{L_v}{\rho_v} F_{огр}. \quad (4)$$

Учебное здание работает шесть дней в неделю с 9:00 до 15:00 (36 ч в неделю в сумме). Коэффициент рабочего времени $k_{рв} = 36/168 = 0,214$. С учётом длительности присутствия людей в здании общежития (табл. 2) $k_{рв} = 0,75$.

Поступления теплоты от внутренних источников $Q_{вн}$ за рассматриваемый отопительный период [5]:

$$Q_{вн} = (q_{вн} F_{расч}) z_{оп}, \quad (5)$$

где $q_{вн}$ — удельные поступления теплоты, Вт/м².

Удельные внутренние теплоступления определялись согласно рекомендациям ГОСТ Р 55656–2013 [1] по формуле (4) и составили для зданий учебного корпуса и общежития 4,0 и 16,0 Вт/м² (табл. 2), соответственно:

$$q_{вн} = \frac{q_{чел} n_{чел} m_{чел} R_{чел} + q_{осв} F_{расч} m_{осв}}{m F_{расч}} + \frac{q_{орг} F_{расч} m_{орг} R_{орг}}{m F_{расч}}, \quad (6)$$

Поступление теплоты от солнечной радиации не учитывалось, поскольку в зимний период оно мало по сравнению с другими теплопритоками и нестабильно во времени.

Потребление энергии, необходимой на отопление и вентиляцию здания, с учётом теплоступлений от внутренних источников, определяется как [1]:

$$Q_{ов} = (Q_{огр} + Q_{вен}) - Q_{вн} Y, \quad (7)$$

где Y — коэффициент, учитывающий снижение теплоступлений за счёт тепловой инерции ограждающих конструкций (по рекомендациям СП 50.13330.2012 может быть принят равным $Y = 0,8$).

Для определения энергетических характеристик уже эксплуатируемых зданий предлагается следующая последовательность действий [13, 14]:

- обследование здания с целью определения фактических значений его объёмно-планировочных и теплотехнических характеристик;
- выявление (по приборам учёта) фактических величин потребляемых ресурсов и вычисление (по методикам нормативных документов) расчётных величин соответствующих ресурсов;
- сопоставление фактических и расчётных величин потребляемых ресурсов и определение энергетической эффективности здания.

Результаты расчётов по приведённым выше зависимостям и фактическое по-

Проведённое энергообследование зданий учебного корпуса и общежития Университета ИТМО выявило существенное расхождение между расчётными, нормируемыми и фактическими характеристиками потребления энергии в отопительный период

ребление энергии, измеренное приборами учёта тепловой энергии, обобщены в табл. 3. Как видно, основная доля тепловой энергии приходится на компенсацию потерь теплоты через наружные ограждающие конструкции здания. Потребление энергии на вентиляцию в обоих зданиях — около 5% от трансмиссионных потерь. Поэтому можно полагать, что погрешности расчётов, связанные с неопре-

делённостью режимов работы вытяжной вентиляции без механического побуждения, не оказывают существенного влияния на конечную оценку эффективности. Поступление теплоты от внутренних источников в здании общежития в пять раз больше, чем в учебном корпусе, что уже соизмеримо с трансмиссионными потерями. Это объясняется тем, что коэффициент рабочего времени для общежития значительно больше, чем для учебного корпуса.

Значительное превышение потребляемой энергии (по приборам учёта) по отношению к расчётным величинам (20% и 36%) связано с особенностями эксплуатации и теплоснабжения конкретных зданий или с несовершенством расчётных методов, а вероятнее всего — с комбинацией обоих факторов. Необходимо учесть, что приведённый трансмиссионный коэффициент теплопередачи был увеличен на 20%, что существенно снизило расхождение между фактическим и расчётным потреблением энергии.

Отметим, что используемые в расчётах исходные данные и рекомендации, приведённые в нормативных документах, как правило, представляют собой среднее значение диапазона возможных значений либо носят вероятностный характер. Поэтому полученные расчётные и фактические характеристики энергопотребления системами отопления, вентиляции и кондиционирования также в значительной мере являются вероятностными [1].



... Потребление тепловой энергии

табл. 3

Параметр	Учебный корпус	Общежитие
Потребление энергии на отопление (компенсация трансмиссионных потерь теплоты), МВт·ч	898	1265
Потребление энергии на вентиляцию, МВт·ч	44	73
Поступления теплоты от внутренних источников, МВт·ч	65	327
Расчётное потребление энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период, МВт·ч	877	1076
Фактическое потребление энергии (по приборам учёта) на отопление и вентиляцию за отопительный период, МВт·ч	1050	1500
Величина превышения энергопотребления, %	20	36

... Удельные тепловые характеристики зданий

табл. 4

Параметр	Учебный корпус	Общежитие
Удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/(м ³ ·°C)	0,41	0,53
Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристика здания, Вт/(м ³ ·°C)	0,19	0,19
Удельная вентиляционная характеристика здания, Вт/(м ³ ·°C)	0,02	0,03
Удельная характеристика внутренних (бытовых) тепловыделений, Вт/(м ³ ·°C)	0,04	0,136
Расчётное значение удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, Вт/(м ³ ·°C)	0,39	0,424
Нормируемое (базовое) значение удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, Вт/(м ³ ·°C)	0,371	0,359
Отклонение расчётной удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от базовой величины, %	+5	+18
Класс энергетической эффективности здания	С (нормальный)	Д (пониженный)

Методика вычисления оценки энергетической эффективности зданий базируется на удельных величинах [Вт/(м³·°C)], характеризующих [5]: теплозащитные свойства здания (удельная теплозащитная характеристика здания); теплоту для нагрева наружного воздуха (удельная вентиляционная характеристика здания); поступления теплоты в помещения [удельная характеристика внутренних (бытовых) теплопоступлений].

Расчётные зависимости и нормативные величины для определения этих оценок приводятся в приложениях к СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с Изм. №1)» [5, табл. 14]. Результаты расчётов приведены в табл. 4. Расчётное значение удельной теплозащитной характеристики здания почти в 2–2,5 раза превышает нормируемое значение. Однако по комплексному показателю — удельной характеристике расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания (с учётом теплопоступлений от внутренних источников) — расхождение с нормируемым (базовым) значением составляет порядка 5% для здания учебного корпуса и 18% для здания общежития. Этим величинам превышения соответствуют классы энергетической эффективности С (нормальный) и Д (пониженный), соответственно.

Заключение

Проведённое энергетическое обследование зданий учебного корпуса и общежития ИТМО выявило существенное расхождение между расчётными, нормируемыми и фактическими характеристиками энергопотребления в отопительный период. Перспективным направлением совершенствования методики оценки энергетической эффективности зданий представляется использование статистических методов, что позволит не только получать саму оценку, но и определять уровень её достоверности. ●

1. ГОСТ Р 55656–2013 (ИСО 13790:2008). Энергетические характеристики зданий. Расчёт использования энергии для отопления помещений. — М.: Стандартинформ, 2014.
2. Рымкевич А.А. Системный анализ оптимизации общеобменной вентиляции и кондиционирования воздуха. — М.: Стройиздат, 1990. 300 с.
3. Сотников А.Г. Проектирование и расчёт систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Полный комплекс требований, исходных данных и расчётной информации для СО, СПВ, СКВ, СГВС и СХС. В 2-х томах. Т. 1. — СПб.: Проектоптимум, 2013. 423 с.
4. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): учебник для вузов. — М.: Высшая школа, 1970. 376 с.
5. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализ. ред. СНиП 23-02-2003 (с Изм. №1). — М.: Стандартинформ, 2018.
6. Дацюк Т.А., Гримитлин А.М., Аншукова Е.А. Оценка показателей энергоэффективности зданий // Вестник гражданских инженеров, 2018. №5. С. 141–145.
7. Белова Е.М. Центральные системы кондиционирования воздуха в зданиях. — М.: Евроклимат, 2006. 640 с.
8. Кувшинов Ю.Я., Самарин О.Д. Основы обеспечения микроклимата зданий: учебник для вузов. — М.: Изд-во АСВ, 2012. 200 с.
9. Богословский В.Н. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение / В.Н. Богословский, О.Я. Кокорин, Л.В. Петров. — М.: Стройиздат, 1985. 416 с.
10. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализ. ред. СНиП 23-01-99* (с Изм. №1, 2). — М.: Стандартинформ, 2018.
11. СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализ. ред. СНиП 41-01-2003. — М.: Минрегион России, 2012.
12. Дацюк Т.А., Гримитлин А.М. Влияние воздухопроницаемости ограждающих конструкций на энергопотребление жилых зданий // Вестник гражданских инженеров, 2017. №6. С. 182–187.
13. 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.
14. Лысёв В.И., Шилин А.С. Результаты энергетического обследования здания общежития. Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке: Сб. трудов XII Межд. науч.-техн. конф. — СПб.: Университет ИТМО, 2015. С. 398–401.

Estimation of energy efficient of heating buildings. Pp. 86–89.

Vladimir I. Lysev, PhD, engineer; Aleksandr V. Tsygankov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Associate Professor; Aleksandr K. Rubtsov, PhD, assistant; Aleksandr S. Shilin, postgraduate student, the Faculty of Cryogenic Engineering, ITMO University (St. Petersburg city)

1. GOST R [State Industry Standard of Russia No.] 55656–2013 (ISO 13790:2008). *Jenergeticheskie harakteristiki zdaniy. Raschet ispol'zovaniya jenerгии dlja otopleniya pomeschenij* [Energy characteristics of buildings. Calculation of energy use for space heating]. Moscow. Standartinform [Russian Scientific-Technical Information Centre for Standardization, Metrology and Conformity Assessment ("Standartinform" Publishers)]. 2014. [In Russian]
2. A.A. Rymkevich. *Sistemnyj analiz optimizacii obshheobmennoj ventiljacii i kondicionirovaniya vozduha* [System analysis of optimization of general ventilation and air conditioning]. Moscow. Strojizdat [Publishing House of literature on the construction and architecture of the USSR ("Stroiizdat" Publishers)]. 1990. 300 p. [In Russian]
3. A.G. Sotnikov. *Proektirovanie i raschet sistem ventiljacii i kondicionirovaniya vozduha* [Design and calculation of ventilation and air conditioning systems]. *Polnyj kompleks trebovanij, ishodnyh dannyh i raschetnoj informacii dlja SO, SPV, SKV, SGVS i SHS* [A full range of requirements, initial data and calculation information for heating systems, industrial ventilation, air conditioning, hot water supply and cold supply]. In 2 vol. Vol. 1. St. Petersburg. Proektoptimum ["Project Optimum" Publishers]. 2013. 423 p. [In Russian]
4. V.N. Bogoslovskij. *Stroitel'naja teplofizika (teplofizicheskie osnovy otopleniya, ventiljacii i kondicionirovaniya vozduha): uchebnik dlja vuzov* [Building thermophysics (thermophysical foundations of heating, ventilation and air conditioning): A textbook for universities]. Moscow. Vysshaja shkola ["Higher education" Publishing House]. 1970. 376 p. [In Russian]
5. SP [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice) No.] 50.13330.2012. *Teplovaja zashhita zdaniy* [Thermal protection of buildings]. Aktualiz. red. SNiP [The updated version of SNiP No.] 23-02-2003 (with Amendment No. 1). Moscow. Standartinform [Russian Scientific-Technical Information Centre for Standardization, Metrology and Conformity Assessment ("Standartinform" Publishers)]. 2018. [In Russian]
6. T.A. Dacjuk, A.M. Grimitlin, E.A. Anshukova. *Ocenka pokazatelej jenergojeffektivnosti zdaniy* [Assessment of energy efficiency indicators of buildings]. *Vestnik grazhdanskih inzhenerov* ["Bulletin of civil engineers" Magazine]. 2018. No. 5. Pp. 141–145. [In Russian]
7. E.M. Belova. *Central'nye sistemy kondicionirovaniya vozduha v zdaniyah* [Central air conditioning systems in buildings]. Moscow. Evroklimat ["Euroclimat" Publishers]. 2006. 640 p. [In Russian]
8. Ju.Ja. Kuvshinov, O.D. Samarin. *Osnovy obespecheniya mikroklimata zdaniy: uchebnik dlja vuzov* [The basics of ensuring the microclimate of buildings: A textbook for universities]. Moscow. Izd-vo ASV [Publishing House of the Association of Construction Universities]. 2012. 200 p. [In Russian]
9. V.N. Bogoslovskij, O.Ja. Kokorin, L.V. Petrov. *Kondicionirovanie vozduha i holodosnabzhenie* [Air conditioning and refrigeration]. Moscow. Strojizdat [Publishing House of literature on the construction and architecture of the USSR ("Stroiizdat" Publishers)]. 1985. 416 p. [In Russian]
10. SP [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice) No.] 131.13330.2012. *Stroitel'naja klimatologija* [Construction climatology]. Aktualiz. red. SNiP [Updated edition of Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia) No.] 23-01-99* (with Amendments No. 1, 2). Moscow. Standartinform [Russian Scientific-Technical Information Centre for Standardization, Metrology and Conformity Assessment ("Standartinform" Publishers)]. 2018. [In Russian]
11. SP [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice) No.] 60.13330.2012. *Otoplenie, ventiljacija i kondicionirovanie vozduha* [Heating, ventilation and air conditioning]. Aktualiz. red. SNiP [Updated edition of Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia) No.] 41-01-2003. Moscow. Minregion Rosii [Ministry of Regional Development of the Russian Federation]. 2012. [In Russian]
12. T.A. Dacjuk, A.M. Grimitlin. *Vlijanie vozduhopronicaemosti ograzhdajushhijh konstrukcij na jenergotreblenie zhilyh zdaniy* [The effect of breathability of building envelopes on the energy consumption of residential buildings]. *Vestnik grazhdanskih inzhenerov* ["Bulletin of civil engineers" Magazine]. 2017. No. 6. Pp. 182–187. [In Russian]
13. V.I. Lysjov, M.S. Churjumov, A.C. Shilin. *Jenergeticheskie pokazateli zdaniy uchebnyh korpusov* [Energy indicators of buildings of educational buildings]. *Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Serija: Holodil'naja tehnika i kondicionirovanie* [The scientific journal of NRU ITMO. Series: Refrigeration and air conditioning]. 2015. No. 1. Pp. 33–37. [In Russian]
14. V.I. Lysjov, A.C. Shilin. *Rezul'taty jenergeticheskogo obsledovaniya zdaniya obshhezhitija* [The results of an energy survey of the dormitory building]. *Nizkotemperaturnye i pishhevye tehnologii v XXI veke: Sb. trudov XII Mezhd. nauch.-tehn. konf.* [Low-temperature and food technologies in the XXI century: Proc. of the XII International scientific and technical conference]. St. Petersburg. Universitet ITMO [ITMO University]. 2015. Pp. 398–401. [In Russian]