

УДК 628.8

Энергетические показатели зданий учебных корпусов

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

Чурюмов М.С., Шилин А.С.,

Университет ИТМО

191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

В основе энергетической оценки зданий и сооружений лежит комплексный показатель - удельный расход тепловой энергии на отопление здания за отопительный период. Численное значение этого показателя регламентируется нормативными документами в зависимости от назначения и числа этажей конкретного здания.

Для определения расчетного значения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания за отопительный период, необходимо знать теплотехнические и геометрические характеристики отдельных ограждающих конструкций здания, а так же условия их функционирования в зависимости от климатических условий региона, в котором находится здание.

Были проведены натурные обследования и выявлены реальные теплотехнические и геометрические характеристики ограждающих конструкций в соответствии с требованиями энергетического паспорта здания. Это позволило выполнить необходимые расчеты по определению удельного расхода тепловой энергии на отопление здания за отопительный период. Было проведено сопоставление полученных результатов с нормативными величинами.

Ключевые слова: Энергетические показатели, отапливаемый объем здания, показатель компактности здания, коэффициент остекленности фасада, тепловая защита здания, удельный расход тепловой энергии.

Energy indicators of educational buildings

Ph.D. Lysyov V.I. kafedra – kv@yandex.ru

Churyumov M.S., Shilin A.S.

ITMO University

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

The specific heat consumption for building heating during heating season is complex indicator. This indicator is main thing of energy assessment of buildings and constructions. In depending of function and number of flours of building, the numerical value is regulated by normative documents.

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 with requirements of energy passport of building. 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.

Keywords: Energy indicators, Heating volume of a building, Index of the shape of a building, Glazing-to-wall ratio, Thermal performance of a building, Specific energy demand for heating.

В соответствии с требованиями Федерального Закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении ...» [1] и Распоряжением Правительства РФ [2] для определения потенциала теплотребления объекта необходимо иметь объективную информацию о его энергетических показателях. Актуальность этого вопроса непосредственно связана с эффективностью использования энергоресурсов в технологических процессах систем обеспечения микроклимата в зданиях и сооружениях [3, 4].

В рамках отработки *методики энергетического обследования* общественных зданий были проведены натурные обследования и необходимые расчеты, позволившие определить *энергетические показатели зданий* учебных корпусов института холода и биотехнологий (ИХ и БТ). Здания были построены в разное время и имеют отличающиеся друг от друга архитектурно-строительные решения.

Отсутствие необходимой технической документации потребовало проведения *натурных обследований* с целью получения необходимой расчетной информации о геометрических характеристиках фрагментов зданий и теплотехнических параметрах строительных ограждающих конструкций: светопрозрачных (окнах) и непрозрачных (стенах, покрытиях и т.д.).

Работы проводились в следующей последовательности:

- проведение натурных измерений *архитектурно-строительных элементов* всех зданий учебных корпусов с целью определения их *геометрических размеров* и *теплотехнических свойств* ограждающих конструкций;
- определение теплотехнических характеристик (общих *термических сопротивлений* теплопередаче) наружных ограждений;
- вычисление *энергетических характеристик* каждого здания или сооружения по методикам, представленным в СНиПах [5, 6] и сводах Правил [7, 8].

Расчетный *удельный расход тепловой энергии* на отопление здания $q_{зд}$ определяется по формуле [6, 8]:

$$q_{зд} = Q_{зд} / (V_{зд} * ГСОП),$$

где: $Q_{зд}$ – расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода;

$V_{зд}$ – отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений здания;

Градусо-сутки отопительного периода ($ГСОП$) определяются по формуле [6, 8]:

$$ГСОП = (t_{в} - t_{н.ср}) z_{оп},$$

где: $t_{в}$ - расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания;

$t_{н.ср}$, $z_{оп}$ - средняя температура наружного воздуха и продолжительность отопительного периода, принимаемые по СНиП [9] и Своду правил [10] для условий географического пункта, в котором находится здание.

Расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода $Q_{зд}$, равный общим потерям теплоты (*теплотерям*) здания определяется по следующей зависимости [6, 8]:

$$Q_{зд} = k_{общ} F_{огр} ГСОП,$$

где: $k_{общ}$ – общий коэффициент теплопередачи здания;

$F_{огр}$ - суммарная площадь наружных ограждений.

Общий коэффициент теплопередачи здания вычисляется по уравнению [6, 8]:

$$k_{общ} = k_{пр} + k_{усл},$$

где: $k_{пр}$ – приведенный (*трансмиссионный*) коэффициент теплопередачи, определяемый по формуле [6, 8]:

$$k_{пр} = (k_{огр} * F_{огр}) / S_{огр},$$

где: $k_{огр}$ и $F_{огр}$ – соответственно коэффициент теплопередачи и площадь внутренней поверхности *отдельного* наружного ограждения;

$S_{огр}$ – общая (суммарная) площадь внутренних поверхностей наружных ограждений.

Условный коэффициент теплопередачи $k_{усл}$, учитывающий дополнительные теплотери за счет инфильтрации и вентиляции определяется по зависимости [6, 8]:

$$k_{усл} = c_v G_{инф} / S_{огр},$$

где: c_v – удельная теплоемкость воздуха;

$G_{инф}$ – расход инфильтрационного воздуха, определяемый по таблице 11 СНиП 23-02 из расчета на 1 кв.м остекления.

В состав энергетического паспорта здания входят величины расчетного показателя компактности здания и коэффициент остекленности фасада здания.

Расчетный *показатель компактности здания $k_{комп}$* следует определять по формуле [6, 8]:

$$k_{комп} = S_{огр} / V_{зд},$$

где: $S_{огр}$ – общая площадь внутренних поверхностей наружных ограждающих конструкций, включая покрытие (перекрытие) верхнего этажа и перекрытие пола нижнего отапливаемого помещения.

$V_{зд}$ - отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений здания.

Коэффициент остекленности фасада здания $k_{ост}$ определяют по формуле [6, 8]:

$$k_{ост} = S_{ост} / S_{огр},$$

где: $S_{ост}$ – общая площадь поверхностей световых проемов наружных ограждающих конструкций (остекления);

$S_{огр}$ – суммарная площадь наружных ограждающих конструкций фасада здания, включая световые проемы.

Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания *не должен превышать нормативного значения*, определяемого по данным таблицы 9 СНиП 23-02 [6].

В таблице 1 представлены результаты инструментальных измерений и расчетов для учебных корпусов ИХ и БТ.

Таблица 1

Результаты измерений и расчетов

№№ Учебных корпусов	Площадь ограждений, (кв.м)					Объем здания (куб.м)
	стены	покрытия	окна	стеклопакеты	Общая площадь	
1	4820	5000	332	150	10302	71500
2	5114	4215	421	465	10215	66955
3	2927	1426	357	172	4882	20376
4	2730	1556	414	86	4784	26500

Термические сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций (стен, покрытий, светопрозрачных элементов – окон) определялись по методикам, представленным в СНиП 23-02-2003 [6] и Своде правил (СП 23-101-2003) [8].

Коэффициенты теплопередачи наружных массивных ограждений (наружных стен и покрытий) составили величину не более $1,0 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{°C)}$.

По данным свода Правил [8] термические сопротивления окон в деревянных переплетах и стеклопакетов составляют соответственно $0,33 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)}$ и $0,5 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)}$. При этом значения коэффициентов теплопередачи будут равны соответственно $3,0 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{°C)}$ и $2,0 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{°C)}$.

Используя данные, представленные в таблице 1, выполним расчет энергетической эффективности для корпуса № 1.

Приведенный (*трансмиссионный*) коэффициент теплопередачи:

$$k_{пр} = (k_{огр} \cdot F_{огр}) / S_{огр} = (1 \cdot 9820 + 3 \cdot 332 + 2 \cdot 150) / 10302 = \\ = 1,08 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{°C)}.$$

Условный коэффициент теплопередачи:

$$k_{усл} = c_v G_{инф} / S_{огр} = 0,28 (1,0 \cdot 6 \cdot 482) / 10302 = \\ = 0,08 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}.$$

Общий коэффициент теплопередачи здания:

$$k_{общ} = k_{пр} + k_{усл} = 1,08 + 0,08 = 1,16 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{°C)}.$$

Градусо-сутки отопительного периода (*ГСОП*) для условий Санкт-Петербурга составляют:

$$ГСОП = (t_{в} - t_{н.ср}) z_{оп} = [20 - (-1,8)] 220 = 4800.$$

Расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода $Q_{зд}$, равный общим потерям теплоты (*теплопотерям*) здания:

$$Q_{зд} = k_{общ} F_{огр} ГСОП = 0,0864 (1,16 \cdot 10302 \cdot 4800) = 5,5 \text{ ГДж}$$

Расчетный *удельный расход тепловой энергии* на отопление здания $q_{зд}$ равен:

$$q_{зд} = Q_{зд} / (V_{зд} ГСОП) = 1000 (5,5) / (71500 \cdot 4800) = \\ = 16 \text{ (кДж/куб.м} \cdot \text{ГСОП)}.$$

Нормативное значение удельного расхода тепловой энергии на отопление здания, по данным таблицы 9 СНиП 23-01 составляет $q_{норм} = 31 \text{ (кДж/куб.м} \cdot \text{ГСОП)}$, что превышает расчетное значение почти в два раза.

Кроме того, согласно предписаниям *энергетического паспорта здания* [6, 8], необходимо определить расчетный показатель компактности здания и коэффициент остекленности фасада здания.

Расчетный *показатель компактности здания*:

$$k_{комп} = S_{огр} / V_{зд} = 10302 / 71500 = 0,14 \text{ (1/м)}$$

Коэффициент остекленность фасада здания:

$$k_{ост} = S_{ост} / S_{огр} = (332 + 150) / 10302 = 0,05$$

Аналогичные расчеты были проведены для зданий всех учебных корпусов, а итоговые результаты этих расчетов в таблице 2.

Таблица 2

Сводные данные по всем зданиям

№№ Учебных корпусов	Общий ко- эфф. тепло- пе- редачи (Вт/кв.м*град)	Годовой расход те- плоты (ГДЖ)	Удельный рас- ход теплоты (кДж/куб.м)	Коэффи- циент ком- пакт-ности (1/м)	Коэффи- ци- ент осте- кленности фасада
1	1,16	5,5	16,0	0,14	0,05
2	1,28	6,0	18,7	0,15	0,09
3	1,34	3,0	30,8	0,24	0,11
4	1,40	3,0	24,0	0,18	0,10

Таким образом, *комплексный показатель* энергетической эффективности зданий учебных корпусов – *удельный расход тепловой энергии* на отопление за отопительный период, *соответствует* нормативным значениям.

Список литературы

1. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 01.12.2009 № 1830-р.
3. *Коченков Н.В., Немировская В.В.* Содержательная постановка задачи векторной оптимизации для систем кондиционирования воздуха // Вестник Международной академии холода. № 1. 2012.
4. *Коченков Н.В., Немировская В.В.* Метод решения задачи векторной оптимизации для систем кондиционирования воздуха // Вестник Международной академии холода. № 2. 2012.
5. СНиП 41-01-2003. «Отопление, вентиляция и кондиционирование». /Госстрой России. М.: 2004.
6. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий». /Госстрой России. М.: 2004.
7. Свод правил (СП 23-101- 2003) «Отопление, вентиляция и кондиционирование». /Госстрой России. М.: 2004.
8. Свод правил (СП 23-101- 2003) «Проектирование тепловой защиты зданий». /Госстрой России. М.: 2004.
9. СНиП 23-01-99 «Строительная климатология». М.: Госстрой России. М.: 2003.
10. Свод правил (СП 131. 1333.2012) «Строительная климатология». Госстрой России. М.: 20012.