**ВЕСТНИК ПНИПУ.
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА
Т. 7, № 1, 2016
PNRPU BULLETIN
CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE**
<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>

DOI: 10.15593/2224-9826/2016.1.11

УДК 697.1: 692.829

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ИНСОЛЯЦИИ КВАРТИР НА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Д.Г. Золотозубов, О.С. Карманова

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

О СТАТЬЕ

Получена: 15 января 2016
Принята: 29 января 2016
Опубликована: 31 марта 2016

Ключевые слова:

инсоляция,
энергоэффективность,
теплопотери,
оконный проем,
площадь пола

АННОТАЦИЯ

Расчет инсоляции является неотъемлемой частью проектной документации. Решением проблемы инсоляции в условиях плотной городской застройки послужит грамотная планировка квартир и жилых комнат в них. Еще один путь решения данной проблемы – это увеличение светового проема, однако чем больше проем, тем больше энергии и ресурсов и, следовательно, затрат требуется для обогрева комнаты. Энергосбережение и инсоляция тесно связаны друг с другом. С каждым годом запасы природных ресурсов уменьшаются, и появляется новая проблема – как сделать здания и сооружения более энергоэффективными. В различных странах существуют разные подходы к решению этой проблемы. В данной статье рассмотрен наиболее недорогой метод, применение которого не создает больших неудобств для строителей. Предложен способ снижения теплопотерь и, как следствие, сокращения потребления отопления за счет уменьшения оконных проемов до допустимых размеров. Приведены расчеты, показывающие, какой эффект может быть достигнут при уменьшении размеров оконных проемов. Доказано, что уменьшение оконного проема не сказывается критично на инсоляции жилых комнат.

© ПНИПУ

© Золотозубов Дмитрий Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент, e-mail: dddzet@mail.ru.
Карманова Ольга Сергеевна – магистрант, e-mail: Olga_2810@bk.ru.

Dmitrii G. Zolotozubov – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: dddzet@mail.ru.
Olga S. Karmanova – Master Student, e-mail: Olga_2810@bk.ru.

ANALYSIS OF THE IMPACT OF CHANGES IN INSOLATION OF APARTMENTS ENERGY SAVING

D.G. Zolotozubov, O.S. Karmanova

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 15 January 2016
Accepted: 29 January 2016
Published: 31 March 2016

Keywords:

insolation, energy efficiency, heat loss, window opening, floor area

ABSTRACT

In the modern world is gaining momentum density of development in already established neighborhoods. Insolation is the major factor rendering the health impact on the human environment. The calculation of insolation is an integral part of project documentation. The solution to the problem of sun exposure in a dense urban environment will serve as a well-planned apartments and living rooms in them. Another way of solving this problem is the increase in light, but this implies another problem – the more aperture, the more energy and resources and therefore costs will need to heat the room. Energy and insolation are closely related to each other. Each year the reserves of natural resources decrease, and there is a new problem, how to make buildings and facilities more energy efficient. In different countries there are different approaches to solving this problem. This article discusses the most inexpensive method and does not create major inconveniences of the builders. Consider the option, as the reduction of window openings to an acceptable size, to reduce heat loss and thereby reduce the consumption of heating. Gives calculations showing what effect can be achieved when reducing the size of the window openings. It is proved that the reduction of the window opening no effect on critical insolation habitable rooms.

© PNRPU

Инсоляция является важнейшим фактором, оказывающим влияние на среду обитания человека. Обязательно требованиям инсоляции должны удовлетворять жилые, общественные здания и территория жилой застройки. Расчет продолжительности инсоляции является одним из разделов в составе проектной документации и одним из пунктов для получения положительного заключения экспертизы. С расчета инсоляции начинается проектирование всего жилого комплекса или отдельного дома.

Особенно остро проблема инсоляции стоит в условиях многоэтажной плотной застройки. При такой проблеме недостаточно просто правильно расставить здания и сооружения относительно друг друга с учетом всех нормативных расстояний. Потребуется выполнить планировку помещений жилых и административных зданий, а также прилегающей территории таким образом, чтобы она удовлетворяла санитарным правилам и нормам [1].

В настоящее время темп урбанизации непрерывно набирает обороты. Разрастаются города, уплотняется существующая застройка, осваиваются новые территории для строительства жилых комплексов. Строительство новых домов в существующем микрорайоне воспринимается как отрицательный фактор, создающий неудобство для комфортного проживания граждан в близлежащих домах [1].

Решением проблемы инсоляции в условиях плотной городской застройки послужит грамотная планировка квартир и жилых комнат в них. Еще один путь решения данной проблемы – увеличение светового проема, однако чем больше проем, тем больше энергии и ресурсов и, следовательно, затрат потребуется для обогрева комнаты, поскольку энергосбережение и инсоляция тесно связаны друг с другом [2].

С каждым годом природных запасов становится все меньше, и это нужно учитывать при строительстве зданий и сооружений. Проблема сокращения природных ресурсов становится крайне актуальной. Для ее решения нужно учитывать все нормы и правила, чтобы сэкономить электроэнергию и при этом сохранить нормативную инсоляцию жилых комнат.

В Перми также продолжается строительство новых микрорайонов в уже сложившейся жилой зоне. Один из них расположен в Мотовилихинском районе города Перми, в микрорайоне «Запруд». Строящийся жилой комплекс с севера и запада ограничен жилыми кирпичными домами высотой 3–5 этажей, с востока граничит с частным сектором, а с юга – с улицей Лядовской, которая также является выездом из города.

Схема жилого комплекса представлен на рис. 1. Комплекс включает шесть домов, пять из которых расположены перпендикулярно главной улице Лядовской, а один – параллельно ей. Дома шестиэтажные со встроенными общественными помещениями на первом этаже.

Рис. 1. Проектируемый жилой комплекс
Fig. 1. Planned residential complex

Для расчетов инсоляции существует несколько методов. Применяют графические и автоматизированные методы расчетов на персональных компьютерах [3–5]. Для анализа инсоляции жилого комплекса была использована программа СИТИ Солярис. С ее помощью определена инсоляция квартир в каждой доме и проанализировано, как здания влияют друг на друга.

Результаты расчетов представлены на рис. 2–5.

Рис. 2. Расчет инсоляции в утреннее время. Вид с юга на север.
Зеленый цвет – проектируемый комплекс, серый цвет – существующие дома,
красный цвет – расчетная сцена
Fig. 2. Calculation of insolation in the morning. View from the South to the North.
Green – planned complex, grey – existing homes, red is the design stage

Рис. 3. Расчет инсоляции в дневное время. Вид с юга на север.
Зеленый цвет – проектируемый комплекс, серый цвет – существующие дома,
красный цвет – расчетная сцена

Fig. 3. Calculation of insolation in the daytime. View from the South to the North.
Green – planned complex, grey – existing homes, red is the design stage

Рис. 4. Расчет в вечернее время. Вид с юга на север.
Зеленый цвет – проектируемый комплекс, серый цвет – существующие дома,
красный цвет – расчетная сцена

Fig. 4. Calculation in the evening. View from the South to the North.
Green – planned complex, grey – existing homes, red is the design stage

Рис. 5. Расчет инсоляции в дневное время. Вид с севера на юг.
Зеленый цвет – проектируемый комплекс, серый цвет – существующие дома,
красный цвет – расчетная сцена

Fig. 5. Calculation of insolation in the daytime. View from the North to the South.
Green – planned complex, grey – existing homes, red is the design stage

Как видно из представленных рисунков, дома, стоящие перпендикулярно магистральной дороге, инсолируются полностью как с западной стороны, так и с восточной. Дом, стоящий параллельно дороге, инсолируется только южной стороной, а северная сто-

рона полностью находится в тени даже в дневное время (рис. 5). Решением такой проблемы является планировка двусторонних ориентированных квартир. По требованию п. 3.1 СанПин 2.2.1/2.1.1.1076–01 инсоляция должна быть не менее чем в одной комнате, если квартира одна-, двух- или трехкомнатная, и не менее чем в двух комнатах – если в квартире комнат более четырех.

Нормативная непрерывистая инсоляция для города Перми составляет 2 ч, прерывистая суммарная инсоляция 2,5 ч, в том числе 1 ч – непрерывистой. В исследуемом жилом комплексе квартиры запроектированы так, что абсолютно каждая из них получает свою дозу прямых солнечных лучей.

Территория игровых и детских площадок инсолируется на 80 % более 3 ч согласно п. 5.11 СанПин 2.2.1/2.1.1.1076–01.

Поскольку инсоляция полностью удовлетворяет требованиям СанПин 2.2.1/2.1.1.1076–01, то следует более подробно изучить вопрос энергосбережения.

Проблема снижения энергоемкости жилых и общественных зданий является актуальной для многих стран. В Японии данную проблему решают различными способами, таким, например, как отказ от пультов дистанционного управления электронной техникой. Такая аппаратура потребляет меньше электричества. Также японцы на час, который приходится на пик потребления энергии, выключают кондиционеры. Ученые Японии разработали систему, которая предполагает установку датчиков температуры в жилых и общественных помещениях. Данная технология не позволяет отопительным приборам нагревать пространство выше указанной нормы. В Германии одну треть всей электроэнергии получают от ветроустановок. В Швеции также используются ветровые электростанции [6]. Существуют такие методы, как изменение конструкции ограждающих стен путем увеличения толщины утеплителя, установка энергосберегающих окон, прерывистое отопление [7–11]. Все указанные методы эффективны и помогают беречь ресурсы и экономить электроэнергию.

Методы борьбы с снижением энергоемкости зданий в других странах являются дорогостоящими или создают некоторые неудобства для жителей. В данной статье рассмотрен наиболее недорогой метод, применение которого не создает неудобств для строителей. Предлагаем за счет уменьшения оконных проемов до допустимых размеров уменьшить теплопотери и тем самым сократить потребление отопления. Для этого сначала проанализируем, как будет меняться инсоляция, если уменьшить оконные проемы. Согласно п. 9.13 СП 54.13330.2011 отношение площади световых проемов к площади пола кухни и жилых комнат нужно принимать не больше 1/5,5 и не меньше 1/8. Ограничимся этим условием и по возможности максимально уменьшим световые проемы в жилом доме.

Для анализа будем сравнивать результаты инсоляции до изменения оконных проемов и после для дома, перпендикулярного дороге и стоящего вторым с западной стороны, располагающегося посередине территории. Отчет инсоляции проектных окон представлен на рис. 6. Красным цветом показаны окна, в которых недостаточно солнечного света. Эти окна находятся в двух- или трехкомнатных квартирах, где инсоляция других комнат обеспечена.

Далее начнем уменьшать оконные проемы, ограничиваясь п. 9.13 СП 54.13330.2011 и кратностью кирпичной кладки. Кратность кирпича учитывается из-за отделки фасадов. Фасад выполнен из желтого и красного кирпича.

Возьмем самую большую площадь комнаты данного жилого дома и по формулам рассчитаем допустимые границы площади светового проема:

$$S_{\text{окн.юин}} = \frac{S_{\text{пол}}}{8} = \frac{20,26}{8} = 2,53 \text{ м}^2, \quad (1)$$

$$S_{\text{окн.юит}} = \frac{S_{\text{пол}}}{5,5} = \frac{20,26}{5,5} = 3,68 \text{ м}^2, \quad (2)$$

$$\frac{S_{\text{пол}}}{5,5} \leq S_{\text{окн}} \leq \frac{S_{\text{пол}}}{8}. \quad (3)$$

Наимен.	Инд.	Непр.	%	Сумм.	%
Дом1, Группа этажей 2-6					
#1	1	3 ч 20 мин	166,67 %	3 ч 40 мин	146,67 %
#10	1	3 ч 08 мин	156,67 %	3 ч 08 мин	125,33 %
#11	1	3 ч 21 мин	167,50 %	3 ч 21 мин	134,00 %
#12	1	3 ч 21 мин	167,50 %	3 ч 21 мин	134,00 %
#13	1	07 мин	5,83 %	07 мин	0,00 %
#14	1	2 ч 49 мин	140,83 %	2 ч 49 мин	112,67 %
#15	1	2 ч 49 мин	140,83 %	2 ч 49 мин	112,67 %
#16	1	2 ч 49 мин	140,83 %	2 ч 49 мин	112,67 %
#17	1	2 ч 49 мин	140,83 %	2 ч 49 мин	112,67 %
#18	1	3 ч 08 мин	156,67 %	3 ч 08 мин	125,33 %
#19	1	3 ч 20 мин	166,67 %	3 ч 20 мин	133,33 %
#2	1	1 ч 25 мин	70,83 %	1 ч 25 мин	56,67 %
#20	1	2 ч 11 мин	109,17 %	2 ч 11 мин	87,33 %
#21	1	2 ч 38 мин	131,67 %	2 ч 38 мин	105,33 %
#22	1	2 ч 51 мин	142,50 %	2 ч 51 мин	114,00 %
#23	1	2 ч 53 мин	144,17 %	2 ч 53 мин	115,33 %
#24	1	2 ч 53 мин	144,17 %	2 ч 53 мин	115,33 %
#25	1	3 ч 20 мин	166,67 %	3 ч 56 мин	157,33 %
#26	1	3 ч 20 мин	166,67 %	4 ч 13 мин	168,67 %
#3	1	3 ч 17 мин	164,17 %	3 ч 17 мин	131,33 %
#4	1	3 ч 17 мин	164,17 %	3 ч 17 мин	131,33 %
#5	1	0 ч 00 мин	0,00 %	0 ч 00 мин	0,00 %
#6	1	4 ч 51 мин	242,50 %	4 ч 51 мин	194,00 %
#7	1	4 ч 48 мин	240,00 %	4 ч 48 мин	192,00 %
#8	1	3 ч 27 мин	172,50 %	3 ч 27 мин	138,00 %
#9	1	3 ч 28 мин	173,33 %	3 ч 28 мин	138,67 %

Рис. 6. Отчет об инсоляции каждого окна до уменьшения световых проемов
Fig. 6. Report of insolation each window to reduce light apertures

Окно в данной комнате имеет габариты $2,09 \times 1,5$ м, следовательно, площадь оконного проема равна $3,135 \text{ м}^2$, что соответствует условию (3). Новый габарит окна имеет меньшую ширину, но прежнюю высоту и составляет $1,7 \times 1,5 \text{ м}^2$. Площадь нового проема равна $2,55 \text{ м}^2$, что также удовлетворяет условию (3). Аналогично рассчитаем площадь комнаты, которая в доме наименьшая и соответствует $10,65 \text{ м}^2$.

$$S_{\text{окн.юит}} = \frac{S_{\text{пол}}}{8} = \frac{10,65}{8} = 1,33 \text{ м}^2, \quad (4)$$

$$S_{\text{окн.юит}} = \frac{S_{\text{пол}}}{5,5} = \frac{10,65}{5,5} = 1,9 \text{ м}^2. \quad (5)$$

Площадь нового светового проема составляет $1,38 \text{ м}^2$, что соответствует условию (3).

Далее выполним расчет в этой же последовательности для всех оставшихся комнат квартир. Проанализировав результаты, сведем их в табл. 1.

Анализ результатов из табл. 1 позволяет сделать вывод, что в исследуемых жилых комнатах световые проемы можно уменьшить с 16,56 до 41,4 %. Уменьшив проемы, можно уложиться в нормы инсоляции для данного жилого комплекса.

Таблица 1

Результат изменения оконных проемов

Table 1

Effect of changing the window openings

№ п/п	Площадь комнаты, м ²	Ширина окна до изменения, м	Ширина окна после изменения, м	Величина уменьшения оконного проема, %
1	20,50–19,50	2,090	1,700	18,66
2	19,49–17,50	2,090	1,570	24,88
3	17,49–16,50	2,090	1,440	31,10
4	16,49–14,50	1,570	1,310	16,56
5	14,59–11,50	1,570	1,050	33,12
6	11,50–10,50	1,570	0,920	41,40

Далее произведем расчет инсоляции жилого дома с новыми проемами. Отчет представлен на рис. 7.

Наимен.	Инд.	Непр.	%	Сумм.	%
Дом1, Группа этажей 2-6					
#1	1	3 ч 12 мин	160,00 %	3 ч 29 мин	139,33 %
#10	1	3 ч 03 мин	152,50 %	3 ч 03 мин	122,00 %
#11	1	3 ч 12 мин	160,00 %	3 ч 12 мин	128,00 %
#12	1	3 ч 12 мин	160,00 %	3 ч 12 мин	128,00 %
#13	1	06 мин	5,00 %	06 мин	0,00 %
#14	1	2 ч 42 мин	135,00 %	2 ч 42 мин	108,00 %
#15	1	2 ч 37 мин	130,83 %	2 ч 37 мин	104,67 %
#16	1	2 ч 37 мин	130,83 %	2 ч 37 мин	104,67 %
#17	1	2 ч 37 мин	130,83 %	2 ч 37 мин	104,67 %
#18	1	3 ч 08 мин	156,67 %	3 ч 08 мин	125,33 %
#19	1	3 ч 12 мин	160,00 %	3 ч 12 мин	128,00 %
#2	1	1 ч 24 мин	70,00 %	1 ч 24 мин	56,00 %
#20	1	2 ч 10 мин	108,33 %	2 ч 10 мин	86,67 %
#21	1	2 ч 37 мин	130,83 %	2 ч 37 мин	104,67 %
#22	1	2 ч 47 мин	139,17 %	2 ч 47 мин	111,33 %
#23	1	2 ч 43 мин	135,83 %	2 ч 43 мин	108,67 %
#24	1	2 ч 43 мин	135,83 %	2 ч 43 мин	108,67 %
#25	1	3 ч 13 мин	160,83 %	3 ч 46 мин	150,67 %
#26	1	3 ч 13 мин	160,83 %	4 ч 03 мин	162,00 %
#3	1	3 ч 06 мин	155,00 %	3 ч 06 мин	124,00 %
#4	1	3 ч 06 мин	155,00 %	3 ч 06 мин	124,00 %
#5	1	21 мин	17,50 %	21 мин	0,00 %
#6	1	4 ч 47 мин	239,17 %	4 ч 47 мин	191,33 %
#7	1	4 ч 32 мин	226,67 %	4 ч 32 мин	181,33 %
#8	1	3 ч 25 мин	170,83 %	3 ч 25 мин	136,67 %
#9	1	3 ч 27 мин	172,50 %	3 ч 27 мин	138,00 %

Рис. 7. Отчет об инсоляции каждого окна после уменьшения световых проемов

Fig. 7. Report of insolation of each box after reducing light apertures

Из отчета следует сделать вывод, что уменьшение оконного проема не сказывается критично на инсоляции жилых комнат. Из табл. 1 видно, что в некоторых жилых комнатах оконный проем возможно уменьшить на 41,40 %, что не повлечет за собой изменений в проникновении прямых солнечных лучей. С уменьшением световых проемов снижается потеря тепла через них, следовательно, потребуется меньше энергии на обогрев жилой комнаты.

Рассчитаем, насколько уменьшится теплопотеря через окна в жилом доме. Для этого сначала определим плотность теплового потока, Вт/м², т.е. тепло, которое теряется через оконные проемы, по формуле [13]

$$q_{\text{окн}} = (T_{\text{вн}} - T_{\text{н}}) / R_{\text{окн}}, \quad (6)$$

где $T_{\text{вн}}$ – температура внутреннего воздуха, $^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$; $R_{\text{окн}}$ – сопротивление теплопередачи окна, $\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{Вт}$.

Для исследуемого жилого дома проектом заложены окна с двойным остеклением в спаренных переплетах, сопротивление теплопередачи которых соответствует $0,4 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{Вт}$. Произведем расчет для данного вида остекления по формуле (6):

$$q_{\text{окн}} = \frac{(+22 - 35)}{0,4} = -32,5 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{Вт}.$$

Далее следует найти потерю тепла в помещении за счет окна, Вт, по формуле

$$Q_{\text{окн}} = q_{\text{окн}} \cdot S_{\text{окн}}, \quad (7)$$

где $S_{\text{окн}}$ – площадь оконного проема, м^2 .

Рассчитаем потерю тепла как для проектируемых оконных проемов, так и для новых, уменьшенных проемов по формуле (7):

$$Q_{\text{окн1}} = -32,5 \cdot (2,09 \cdot 1,50) = 101,89 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{окн2}} = -32,5 \cdot (1,70 \cdot 1,50) = 82,89 \text{ Вт},$$

где $Q_{\text{окн1}}$ – окна до изменения размеров, Вт; $Q_{\text{окн2}}$ – окна с измененными размерами, Вт.

Затем рассчитаем потерю тепла для всех окон, представленных в табл. 1.

Для визуализации полученных результатов сведем их в табл. 2, где также укажем процент уменьшения теплопотери.

Таблица 2

Результаты расчета теплопотерь окон

Table 2

Calculation results of heat losses of windows

№ п/п	Площадь оконного проема до изменения, м^2	Потеря тепла окон до изменения, Вт	Площадь оконного проема после изменения, м^2	Потеря тепла окон после изменения, Вт	Величина изменения теплопотерь, %
1	$2,09 \times 1,5$	101,89	$1,70 \times 1,5$	82,89	18,65
2	$2,09 \times 1,5$	101,89	$1,57 \times 1,5$	76,54	24,88
3	$2,09 \times 1,5$	101,89	$1,44 \times 1,5$	70,20	31,10
4	$1,57 \times 1,5$	76,54	$1,31 \times 1,5$	63,86	16,57
5	$1,57 \times 1,5$	76,54	$1,05 \times 1,5$	51,19	33,12
6	$1,57 \times 1,5$	76,54	$0,92 \times 1,5$	44,85	41,40

Из табл. 2 видно, что при уменьшении оконного проема теплопотеря через него может уменьшиться 41,40 %.

Далее рассчитаем, сколько потребуется отопления для одной комнаты, Вт. Воспользуемся следующей формулой [13]:

$$Q_{\text{т}} = 100 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot S_{\text{пол}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7, \quad (8)$$

где $Q_{\text{т}}$ – теплопотеря помещения, Вт; $S_{\text{пол}}$ – площадь помещения, м^2 ; K_1 – коэффициент, определяющий тип окна; для данного жилого дома – окно из двойного остекления,

$K_1 = 1,27$; K_2 – коэффициент, определяющий конструкцию стены. Стены жилого дома выполнены по системе «утеплитель внутри кладки», $K_2 = 1,0$; K_3 – коэффициент, учитывающий соотношение площади окна к площади пола; K_4 – коэффициент, учитывающий наружную температуру воздуха. Для Перми средняя температура холодной пятидневки составляет -35°C по табл. 3.1. СНиП 23-01-99*, $K_4 = 1,5$; K_5 – коэффициент, соответствующий числу стен, выходящих наружу. Для одной стены $K_5 = 1,1$, для двух стен $K_5 = 1,2$; K_6 – коэффициент, учитывающий тип помещения над рассчитываемым. Если сверху исследуемого помещения находится отапливаемое помещение, то $K_6 = 0,8$, если сверху над помещением чердак, в данном случае холодный, то $K_6 = 1,0$; K_7 – коэффициент, учитывающий высоту помещения. В жилом доме помещения высотой 3,0 м, следовательно, $K_7 = 1,05$.

Проведем два расчета – для начальных параметров оконных проемов и затем для новых размеров окон. Расчет проведем для каждого помещения. Для визуализации представим пример расчета жилой комнаты на пятом этаже, следовательно, сверху размещается квартира площадью 20,26 м² с одной наружной стеной.

$$Q_{т1} = 100 \cdot 20,26 \cdot 1,27 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,05 = 3209,59 \text{ Вт};$$

$$Q_{т2} = 100 \cdot 20,26 \cdot 1,27 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,05 = 2852,96 \text{ Вт}.$$

где $Q_{т1}$ – теплопотеря помещения с оконными проемами до изменения, Вт; $Q_{т2}$ – теплопотеря помещения с оконными проемами после изменения, Вт.

Все результаты расчета сведем в табл. 3. Все значения определены для типовых квартир, размещенных на втором–пятом этаже.

Таблица 3

Результаты расчета теплопотерь жилых комнат

Table 3

Calculation results of heat losses of living rooms

№ п/п	S площадь жилой комнаты, м ²	Теплопотеря помещения с оконными проемами до изменения $Q_{т1}$, Вт	Теплопотеря помещения с оконными проемами после изменения $Q_{т2}$, Вт	Величина изменения теплопотери в помещениях, %
1	20,26	3209,59	2852,96	
2	19,63	3109,78	2764,25	
3	18,86	2987,80	2655,82	
4	17,55	2780,27	2471,35	
5	16,17	2561,65	2277,02	
6	15,59	2469,76	2195,35	
7	12,22	1935,89	1720,79	
8	10,65	1687,17	1499,71	
		$\Sigma = 20741,90$	$\Sigma = 18437,25$	11,11

Предлагаемая мера борьбы со снижением энергоемкости помещений, как показало проведенное исследование, является эффективной. Анализ результатов табл. 3 позволяет сделать вывод о том, что изменение оконного проема в сторону уменьшения позволяет сократить теплопотери с типовых этажей на 11,11 %. Данный метод не потребует дополнительных вложений на стадии проектирования зданий и сооружений, относительно недорогой при реконструкции строений, а также является наиболее простым методом экономии электроэнергии.

Библиографический список

1. Слукин В.М., Смирнов Л.Н. Обеспечение нормированных условий естественного освещения жилых зданий в уплотненной застройке // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2011. – № 4. – С. 75–77.
2. Пути повышения энергоэффективности эксплуатируемых зданий / Ю.А. Табунщиков [и др.] // АВОК. – 2009. – № 5. – С. 38–47.
3. Бахарев Д.В., Орлова Л.Н. О нормировании и расчете инсоляции // Светотехника. – 2006. – № 1. – С. 18–27.
4. Хейфец А.Л. Расчет продолжительности инсоляции средствами 3D-моделирования пакета AutoCAD // Вестник УГТУ-УПИ. Строительство и образование: сб. науч. тр. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2004. – Вып. 7, № 11 (41). – С. 211–214.
5. Штейнберг А.Я. Расчет инсоляции зданий. – Киев: Будівельник, 1975. – 120 с.
6. Инновационные технологии в энергосистемах [Электронный ресурс]. – URL: <http://itener.ru/index.php?catid=3:2011-03-22-22-32-45&id>.
7. Оценка энергоэффективности зданий и сравнительная эффективность энергосберегающих мероприятий / О.Д. Самарин [и др.] // Сб. докл. 9-й конф. РНТОС, 25 мая 2004 г. – С. 25–31.
8. Клычников Р.Ю., Езерский В.А., Монастырев П.В. Оптимизация параметров теплозащиты жилых зданий по экономическому критерию // Промышленное и гражданское строительство, 2010. – № 1. – С. 13–16.
9. Чернышев Л.Н. Основы энергоресурсосбережения в жилищной и коммунальной сфере. – М., 2008. – 34 с.
10. Energy-efficient windows. – URL: <http://energy.gov/energysaver/energy-efficient-windows>.
11. Панферов В.И., Анисимова Е.Ю. Анализ возможности экономии тепловой энергии при прерывистом режиме отопления // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2008. – Вып. 6, № 12 (112). – С. 30–37.
12. Панферов В.И., Анисимова Е.Ю. Эффективная эксплуатация систем отопления // Теплогазоснабжение: состояние, проблемы, перспективы: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. – Оренбург: НикОс, 2011. – С. 129–133.
13. Малявина Е.Г. Теплотери здания: справ. пособие. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2007. – 138 с.
14. Гликин С.М. Современные ограждающие конструкции и энергоэффективность зданий. – М.: ОАО ЦНИИПромзданий, 2003. – 157 с.
15. Kornienko S.V. Design and experimental control of energy-saving buildings // Magazine of Civil Engineering. – 2013. – № 8. – P. 24–30.
16. Влияние уровня тепловой защиты ограждающих конструкций на величину потерь тепловой энергии в здании / Н.И. Ватин, Д.В. Немова, П.П. Рымкевич, А.С. Горшков // Инженерно-строительный журнал. – 2012. – № 8. – П. 4–14.
17. ASHRAE. ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-1989. Energy Efficient Design of New Buildings Except Low-Rise Residential Buildings. – Atlanta, Georgia, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 1989. – 20 p.
18. Hale E., Macumber D., Long N., Griffith B., Benne K., Pless S., Torcellini P. Technical Support Document: Development of the Advanced Energy Design Guide for Medium Box Retail--50% Energy Savings. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, NREL/TP-550-42828. – 2008. – 119 p.
19. Roth K., Westphalen W.D., Feng M.Y., Llana P., Quartararo L. Energy Impact of Commercial Building Controls and Performance Diagnostics: Market Characterization, Energy Impact of Building Faults and Energy Savings Potential. – Cambridge, MA: TIAX LLC. – 2005. – 412 p.
20. Jones P.G., Bond M., Grigg P.F. Energy benchmarks for retail buildings // Proc. CIBSE Nat. Conf., Harrogate, 4–5 October 1999. – London: Chartered Institution of Building Services Engineers, 1999. – 244 p.

References

1. Slukin V.M., Smirnov L.N. Obespechenie normirovannykh uslovii estestvennogo osveshcheniia zhilykh zdaniy v uplotnennoi zastroyke [Ensuring standardized conditions of natural lighting of residential buildings in compact building]. *Akademicheskii vestnik UralNIIProekt RAASN*, 2011, no. 4, pp. 75-77.
2. Tabunshchikov Iu.A. [et al.] Puti povysheniia energoeffektivnosti ekspluatiruemykh zdaniy [Ways to improve energy efficiency of maintained buildings]. *AVOK*, 2009, no. 5, pp. 38-47.
3. Bakharev D.V., Orlova L.N. O normirovanii i raschete insoliatsii. *Svetotekhnika*, 2006, no. 1, pp. 18-27.
4. Kheifets A.L. Raschet prodolzhitel'nosti insoliatsii sredstvami ZO-modelirovaniia paketa AutoCAD [The calculation of the insolation duration means AOR simulation package AutoCAD]. *Vestnik UGTU-UI. Stroitel'stvo i obrazovanie*, 2004, vol. 7, no. 11 (41), pp. 211-214.
5. Shteinberg A.Ia. Raschet insoliatsii zdaniy [The calculation of insolation of buildings]. Kiev: Budivel'nik, 1975. 120 p.
6. Innovatsionnye tekhnologii v energosistemakh [Innovative technologies in energy systems], available at: <http://itener.ru/index.php?catid=3:2011-03-22-22-32-45&id>.
7. Samarin O.D. [et al.] Otsenka energoeffektivnosti zdaniy i sravnitel'naia effektivnost' energosberegaiushchikh meropriiatiy [Assessment of building energy efficiency and the comparative efficiency of energy saving measures]. *Sbornik dokladov 9 konferentsii RNTOS*. 2004, pp. 25-31.
8. Klychnikov R.Iu., Ezerskii V.A., Monastyrev P.V. Optimizatsiia parametrov teplozashchity zhilykh zdaniy po ekonomicheskomu kriteriiu [Optimization of parameters of thermal protection of residential buildings by economic criterion]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2010, no. 1, pp. 13-16.
9. Chernyshev L.N. Osnovy energoresursosberezheniia v zhilishchnoi i kommunal'noi sfere [The basics of energy saving in housing and communal sphere]. Moscow, 2008. 34 p.
10. Energy-efficient windows, available at: <http://energy.gov/energysaver/energy-efficient-windows>
11. Panferov V.I., Anisimova E.Iu. Analiz vozmozhnosti ekonomii teplovoi energii pri preryvistom rezhime otopeniia [Analysis of the potential savings of thermal energy during the intermittent heating mode]. *Vestnik Iuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriia "Stroitel'stvo i arkhitektura"*, 2008, vol. 6, no. 12 (112), pp. 30-37.
12. Panferov V.I., Anisimova E.Iu. Effektivnaia ekspluatatsiia sistem otopeniia [Efficient operation of heating systems]. *Sbornik materialov vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Teplogazosnabzhenie: sostoianie, problemy, perspektivy"*. Orenburg: NikOs, 2011, pp. 129-133.
13. Maliavina E.G. Teplopoteri zdaniia [The heat loss of the building]. Moscow: AVOK-PRESS, 2007. 138 p.
14. Glikin S.M. Sovremennye ograzhdaiushchie konstruksii i energoeffektivnost' zdaniy [Modern walling and energy efficiency in buildings]. Moscow: OAO TsNIIPromzdaniy, 2003. 157 p.
15. Kornienko S.V. Design and experimental control of energy-saving buildings. *Magazine of Civil Engineering*, 2013, no. 8, pp. 24-30.
16. Vatin N.I., Nemova D.V., Rymkevich P.P., Gorshkov A.S. Vliianie urovnia teplovoi zashchity ograzhdaiushchikh konstruksii na velichinu poter' teplovoi energii v zdanii [The impact of level of thermal protection of external enclosure structures on the magnitude of the losses of thermal energy in the building]. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*, 2012, no. 8, pp. 4-14.
17. ASHRAE. ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-1989. Energy Efficient Design of New Buildings Except Low-Rise Residential Buildings. Atlanta, Georgia: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 1989. 20 p.
18. Hale E., Macumber D., Long N., Griffith B., Benne K., Pless S., Torcellini P. Technical Support Document: Development of the Advanced Energy Design Guide for Medium Box Retail--50% Energy Savings. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, NREL/TP-550-42828. 2008. 119 p.
19. Roth K., Westphalen W.D., Feng M.Y., Llana P., Quartararo L. Energy Impact of Commercial Building Controls and Performance Diagnostics: Market Characterization, Energy Impact of Building Faults and Energy Savings Potential. Cambridge, MA: TIAX LLC, 2005. 412 p.
20. Jones P.G., Bond M., Grigg P.F. Energy benchmarks for retail buildings. Proc. CIBSE Nat. Conf. London: Chartered Institution of Building Services Engineers, 1999. 244 p.