

УДК 693.542.5

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ ЗДАНИЙ МО РФ ЗА СЧЕТ УВЕЛИЧЕНИЯ УРОВНЯ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Е.А. Тюрин, М.Ю. Попов, Д.В. Бородин, А.И. Шашков

Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург (Российская Федерация)

Аннотация. Статья посвящена актуальной проблеме, связанной с процессом эксплуатации зданий и сооружений. Повышение энергетической эффективности играет большую роль в процессе эксплуатации. В виду возрастающих требований к тепловой защите зданий и сооружений, а также износу определенных элементов появляется необходимость реконструкции зданий или их элементов. В соответствии с Энергетической стратегией Российской Федерации на период до 2030 года одной из задач является повышение энергетической эффективности. В настоящей статье авторами рассмотрен один из способов реконструкции объекта Министерства Обороны Российской Федерации с целью снижения затрат на его эксплуатацию. Основным мероприятием по повышению энергетической эффективности принята замена окон. Проведен анализ существующей по данной теме литературы, учтен заграничный опыт. В статье проанализировано влияние сопротивления теплопередаче окон на характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания. Проведено тепловизионное обследование окон. Предложены конкретные пути повышения уровня тепловой защиты ограждающих конструкций. Предложено четыре варианта остекления, а также представлены соответствующие расчеты в соответствии с требованиями действующего законодательства. Приведены примерные сроки окупаемости мероприятий.

Ключевые слова: эксплуатация зданий, энергетическая эффективность, ограждающие конструкции, окна, малозатратные мероприятия.

Ссылка для цитирования: Тюрин Е.А., Попов М.Ю., Бородин Д.В., Шашков А.И. Пути снижения затрат на эксплуатацию зданий МО РФ за счет увеличения уровня тепловой защиты ограждающих конструкций // Инженерные исследования. 2022. №5 (10). С. 31-36. EDN: LOCTZR

THE WAYS OF DECREASING THE COST ON THE OPERATION OF BUILDINGS AND OF DEFENSE MINISTRY OF THE RUSSIAN FEDERATION BY INCREASING THE LEVEL OF HEAT DEFENSE OF OUTER CONSTRUCTIONS

E.A. Turin, M.U. Popov, D.V. Borodin, A.I. Shashkov

Military Space Academy named after A.F. Mozhaysky, St.Petersburg (Russian Federation)

Abstract. This article is dedicated to the actual problem, connected with the process of operation of buildings and constructions. The increase of energy efficiency plays a big role in process of operation. Because of the increasing requirements for the thermal protection of buildings and structures, as well as the wear of certain elements, there is a need for reconstruction of buildings or their elements. In accordance with Energy Strategy of Russian Federation for the period up to 2030, one of the tasks is to increase energy efficiency. The article discusses one of the ways to reconstruct the facility of the Ministry of Defense in order to reduce the cost of its operation. There was held the analysis of existing literature dedicated to this theme? The foreign experience was taken into account. In article the influence of resistance to exchange of heat of windows on the characteristics of heat energy consumption on warming and ventilation of the building was analyzed. A thermal imaging examination of windows was carried out. There were suggested exact ways of increase of the level of heat defense of border constructions. Four glazing options were considered, as well as the corresponding calculations were given in accordance with the requirements of current legislation. Approximate payback periods were given.

Keywords: building maintenance, energy efficiency, walling, windows, low cost interventions.

For citation: Turin E.A., Popov M.U., Borodin D.V., Shashkov A.I. The ways of decreasing the cost on the operation of buildings and of Defense Ministry of the Russian Federation by increasing the level of heat defense of outer constructions // Inzhenernyye issledovaniya [Engineering Research]. 2022. No.5 (10). Pp. 31-36. EDN: LOCTZR

ВВЕДЕНИЕ

В наши дни многие исторические сооружения специального и общевого назначения нуждаются, как минимум, в капитальном ремонте, а зачастую и в полной реконструкции всех ключевых элементов. В последнее время вопрос энергетической эффективности зданий начинает все больше интересовать руководство Вооруженных Сил

Показателем научно-технического и экономического потенциала общества является эффективность использования энергии. Если сопоставить показатели энергоэффективности экономики России с развитыми странами видно, что удельная энергоемкость нашего валового внутреннего продукта (ВВП) в несколько раз выше, чем в развитых странах. Уровень энергопотребления в расчете на единицу сопоставимого ВВП в России выше, чем в США в 1,9 раза, Германии и Японии в 2,9 раза [1]. Все это свидетельствует о значительных резервах экономии энергоресурсов в России. Непростое положение экономики России, в котором оказалась и отечественная энергетика, в ближайшем будущем может привести к глубочайшему энергетическому кризису, который сведет на нет все усилия по реформированию экономики, остановит намечающиеся тенденции в оживлении промышленности.

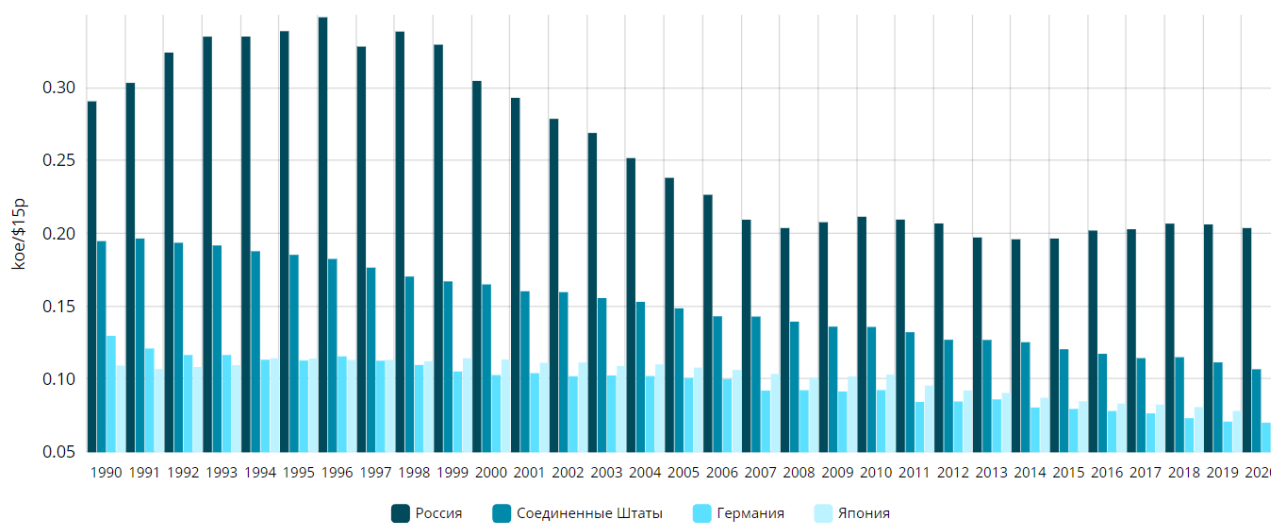


Рис.1. Интенсивность использования энергии на единицу ВВП при постоянном паритете покупательной способности [2]

Fig.1. The intensity of energy use per unit of GDP at constant purchasing power parity

Построенные в Северо-Западном регионе России здания имеют высокие показатели расхода тепла в отопительный период: многоквартирные – 350600 кВт·ч/(м²·год), многоквартирные – 600800 кВт·ч/(м²·год), в то время как в странах с аналогичным климатом, например, Швеции и Финляндии – 135000 кВт·ч/(м²·год). Удельное потребление воды из городского водопровода составляет 250 л и более на человека в сутки, а с учетом потребностей хозяйства и промышленности – 500 л, в том числе потребление горячей воды населением при централизованном горячем водоснабжении – 150-200 л в сутки на человека, в то время как в странах Западной Европы – в 3 раза меньше (50-70 л) [2].

Проблема массового строительства энергоэффективных зданий может быть решена только при условии их экономической привлекательности для инвесторов. Однако заинтересованность в дополнительных вливаниях в энергосберегающие мероприятия будет у них лишь в том случае, если с достаточной уверенностью может быть гарантирован возврат инвестиций через небольшой промежуток времени (короткий срок окупаемости) и достаточно привлекательный доход за счет экономии энергии. В связи с чем в приоритете оказываются мероприятия повышения энергоэффективности, не требующие больших капиталовложений, но приводящие к ощутимому сокращению энергопотерь и как следствие сокращению расходов.

МАЛОЗАТРАТНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

В результате проведенного анализа имеющейся на данный момент литературы и исследований в данной области можно выделить следующие основные энергосберегающие мероприятия (актуальные при реконструкции зданий и сооружений МО РФ) [3]:

- Повышение теплозащиты несветопрозрачных ограждений до оптимального уровня;

- Замена оконных блоков на более энергоэффективные соответствующие современным требованиям;
- Утилизация теплоты вытяжного воздуха;
- Установка автоматических терморегуляторов у отопительных приборов, дающая возможность учесть бытовые тепловыделения, а также теплопоступления от солнечной радиации через окна;
- Оптимизация архитектурно-конструктивных и объемно-планировочных решений;
- Мероприятия по снижению водо- и теплопотребления в системах ГВС;
- Использование нетрадиционных источников энергии.

Отличительными особенностями малозатратных мероприятий являются низкий срок окупаемости и непрерывность рабочего процесса, что особенно важно для объектов Министерства Обороны. Большие потери тепла происходят через светопрозрачные конструкции, поэтому замена окон является одним из основных мероприятий по повышению энергетической эффективности. Так при реконструкции жилого дома в Копенгагене в 1994-1995 гг. специалисты получили следующие результаты: при замене старых окон с сопротивлением теплопередаче $0,25 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) /Вт}$ на новые с сопротивлением $0,8 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) /Вт}$ период окупаемости составил 7 лет [1].

РЕКОНСТРУКЦИЯ УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНОГО КОРПУСА

Поскольку основу зданий МО РФ составляют здания постройки 1960-1990 гг. и более ранних лет, одним из ключевых факторов в структуре затрат тепловой энергии зданий МО РФ на отопление являются трансмиссионные потери (потери через ограждающие конструкции) порядка 50-60% для Санкт-Петербурга, основная часть которых приходится именно на потери через светопрозрачные конструкции.

Ярким примером может служить здание учебно-лабораторного корпуса, представленное на рис 2.



Рис.2. Здание учебно-лабораторного корпуса
Fig.2. The educational and laboratory building

В настоящей работе рассмотрен расчет энергетической эффективности и определение целесообразности проведения энергосберегающих мероприятий для учебного-лабораторного корпуса Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (рис. 2).

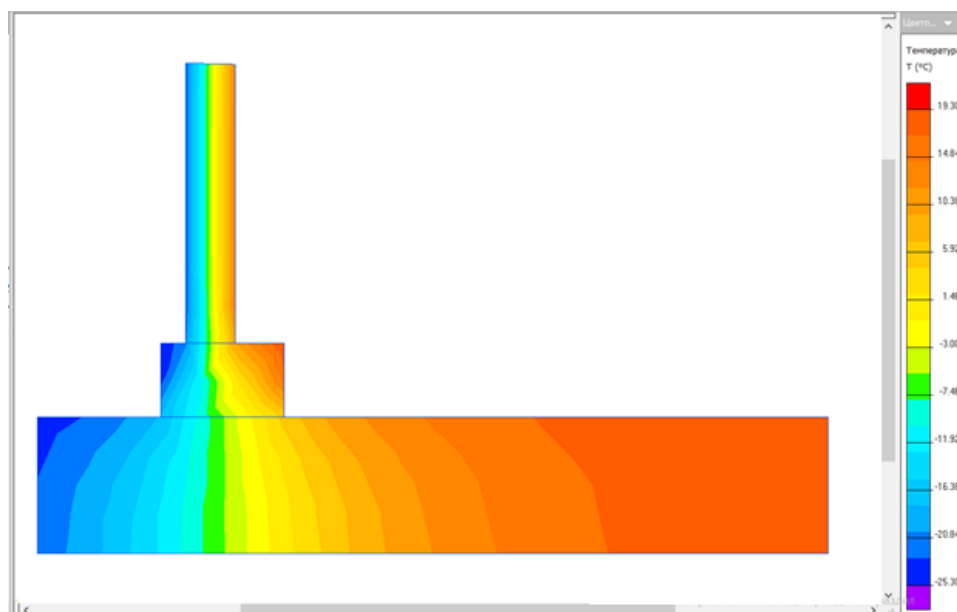


Рис 3. Узел примыкания деревянного стеклопакета к стене
Fig. 3. The junction of the wooden double-glazed window to the wall

Данные изотермы распределения температуры в материалах, изображенные на рис.3, получены с помощью программного комплекса ELCUT. Таким образом была решена задача стационарной теплопередачи и получены изотермы для сравнительного анализа предложенных вариантов улучшения энергоэффективности здания.

Расчет сопротивлений теплопередачи производится по методике, основанной на технико-экономической оптимизации теплозащитных свойств несветопрозрачных ограждений, исходя из затрат на устройство теплоизоляции и текущей стоимости самих материалов [4-7].

Таблица 1. Технико-экономические показатели сравниваемых вариантов замены оконных блоков
 Table 1. Technical and economic indicators of the compared options for replacing window blocks

№ п/п	Название стеклопакета	Значение сопротивления теплопередачи $R_{o,окл}^{np}$, $m^2 \cdot ^\circ C / W$	Средняя цена за квадратный метр	Удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, $W / (m^3 \cdot ^\circ C)$
1	Двойное остекление из обычного стекла в спаренных переплетах	0,4	-	0,228
2	Veka Euroline	0,64	2350	0,206
3	Rehau Blitz	0,69	2640	0,202
4	Rehau Intelio 80	0,95	3580	0,188

Расчетную удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания (q_{om}^p), $W / (m^3 \cdot ^\circ C)$ следует определять по формуле (СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003», формула Г.1)

$$q_{om}^p = k_{об} + k_{вент} - \beta_{КПИ} \cdot (k_{рад} + k_{быт}) \quad (1)$$

где:

$k_{об}$ – удельная теплозащитная характеристика здания, $W / (m^3 \cdot ^\circ C)$;

$k_{вент}$ – удельная вентиляционная характеристика здания, $W / (m^3 \cdot ^\circ C)$;

$\beta_{КПИ}$ – коэффициент полезного использования теплопоступлений;

$k_{рад}$ – удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации, $W / (m^3 \cdot ^\circ C)$;

$k_{быт}$ – удельная характеристика внутренних теплопоступлений здания, $W / (m^3 \cdot ^\circ C)$.

В соответствии с Приложением Г СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003» для каждого стеклопакета рассчитана удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, что продемонстрировано в табл. 1. На основании этой характеристики сделана оценка ежегодной экономии на отоплении Учебно-лабораторного корпуса. В соответствии с тарифами на отопление при централизованном теплоснабжении для Санкт-Петербурга цена за 1 Гкал во втором полугодии 2022 года составляет 1947,79 руб. Отапливаемый объем Учебно-лабораторного корпуса равен 83758 м³. Потребность в тепловой энергии на отопление здания за отопительный период равна 2194 Гкал. На отопление Учебно-лабораторного корпуса в год требуется 4274083 рублей. Таким образом, ежегодная экономия на отопление Учебно-лабораторного корпуса для каждого варианта составляет:

$$\text{Veka Euroline: } 4274083 \cdot \left(1 - \frac{0,206}{0,228}\right) = 412411 \text{ руб.}$$

$$\text{Rehau Blitz: } 4274083 \cdot \left(1 - \frac{0,202}{0,228}\right) = 487395 \text{ руб.}$$

$$\text{Rehau Intelio 80: } 4274083 \cdot \left(1 - \frac{0,188}{0,228}\right) = 749839 \text{ руб.}$$

Площадь остекления Учебно-лабораторного корпуса равна 2662 м². Таким образом, на установку окон системы Veka Euroline требуется 6255700 рублей, системы Rehau Blitz – 7027680 рублей, системы Rehau Intelio – 9529960 рублей. Сроки окупаемости, соответственно, равны 15, 14, 12 лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей статье авторами рассмотрен один из способов реконструкции объекта Министерства Обороны Российской Федерации с целью снижения затрат на его эксплуатацию. Основным мероприятием по повышению энергетической эффективности принята замена окон. Проведен анализ существующей по данной теме литературы, учтен заграничный опыт. В статье проанализировано влияние сопротивления теплопередаче окон на характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания. В результате проведенных исследований можно сделать следующий вывод: при замене светопрозрачных ограждений Учебно-лабораторного корпуса Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского значение ежегодной экономии составит до 749 тыс. рублей. Сроки окупаемости таких работ составляют 12-15 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. Энергоэффективные здания / Москва: АВОК-ПРЕСС. 2003. 200 с. EDN SXQNTF.
2. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / Москва: АВОК–ПРЕСС. 2003. 194с. EDN: SXQNSV
3. Иванов Г.С., Дмитриев А.Н., Спиридонов А.В., Хромец Ю.Д. Радикальное решение проблемы энергосбережения в градостроительстве на основе применения новых конструкций окон // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2002. № 10, с.10-12.
4. Васильев Г.П. Результаты натурных исследований теплового режима экспериментального энергоэффективного дома // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2002. № 6(41). С. 3-5. EDN WBТРОВ.
5. Гаврилов-Кремичев Н.Л. Российский оконный рынок: тенденции и особенности развития (продолжение)// Окна и двери. 2006. №6-7. с.2-6.
6. EuroWindow 2002-2008. Der Fenstermarkt in Europa-Russland // Dipl. Betriebswirt. F.Kreimeyer. D-M-D. Essen. 2001.
7. Uzsilaityte L., Martinaitis V. Impact of the implementation of energy saving measures on the life cycle energy consumption of the building // Pap. of conf. of VGTU. 2008. Vol. II. p. 875-881.

ОБ АВТОРАХ

Евгений Анатольевич Тюрин – к.т.н, доцент. Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского. 197198, Россия, г. Санкт-Петербург, Ждановская ул., д. 13. E-mail: evgenii.tyurin@mail.ru

Михаил Юрьевич Попов – студент. Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского. 197198, Россия, г. Санкт-Петербург, Ждановская ул., д. 13. E-mail: Mikhail_popov_2001050105@mail.ru

Дмитрий Владимирович Бородин – студент. Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского. 197198, Россия, г. Санкт-Петербург, Ждановская ул., д. 13. E-mail: dmitriy_working@mail.ru

Алексей Иванович Шашков – адъюнкт. Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского. 197198, Россия, г. Санкт-Петербург, Ждановская ул., д. 13. E-mail: alekseyshashkov@internet.ru

ABOUT THE AUTHORS

Evgenij A. Turin – Candidate of technical science, Associate Professor. Military Space Academy named after A.F. Mozhaysky. 197198, Russia, St. Petersburg, Zhdanovskaya str., 13; E-mail: evgenii.tyurin@mail.ru

Mikhail Yu. Popov – student. Military Space Academy named after A.F. Mozhaisky. 197198, Russia, St. Petersburg, Zhdanovskaya str., 13. E-mail: Mikhail_popov_2001050105@mail.ru

Dmitrij V. Borodin – student. Military Space Academy named after A.F. Mozhaisky. 197198, Russia, St. Petersburg, Zhdanovskaya str., 13. E-mail: dmitriy_working@mail.ru

Alexey I. Shashkov – adjunct. Military Space Academy named after A.F. Mozhaisky. 197198, Russia, St. Petersburg, Zhdanovskaya str., 13. E-mail: alekseyshashkov@internet.ru