

УДК 697.148

*А.Г. Рымаров, К.И. Лушин***ОСОБЕННОСТИ
РАСЧЕТА ТЕПЛООВОГО
РЕЖИМА ЗДАНИЯ
С МАССИВНЫМИ
ОГРАЖДАЮЩИМИ
КОНСТРУКЦИЯМИ
В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД
ГОДА**

Рассмотрены вопросы анализа теплового режима здания с массивными ограждающими конструкциями с учетом особенностей эксплуатации в холодный период года.

Решена задача определения минимально-достаточной мощности котла для создания в минимально приемлемые сроки и при минимальных затратах средств на эксплуатацию заданного температурного режима небольшого православного храма площадью около 100 м².

Выявлена необходимость пересмотра начала и конца отопительного периода для зданий с массивными ограждающими конструкциями, расчетной температуры наружного воздуха для расчета мощности системы отопления, обоснована возможность проведения весной мероприятий для сокращения затрат тепла на обогрев здания.

Ключевые слова: отопление, тепловой режим, ограждающие конструкции.

*A.G. Rymarov, K.I. Lushin***HEAVY ENVELOPE BUILDINGS:
THERMAL ANALYSIS
FOR THE WINTER SEASON**

The article represents a summary of the thermal analysis of a building that has a massive envelope structure with account for its operation in the winter season. The objective of the research is to identify the minimal capacity of a heating boiler to assure the economical heating of the premises of a small orthodox church that has a floor area of 100 sq. m. The thermal mode of the church building was analyzed to assure discontinuous heating by the boilers of different capacity (15, 20, 25, 30, 40, and 50kWt). As a result, the authors identified the time periods required to assure a permanent temperature of 5 degrees Celsius. The authors also analyzed winter heating costs based on the employment of boilers of aforementioned capacities. The thermal analysis took account of various maintenance conditions to identify different thermal modes.

A specialized software programme was developed to analyze the thermal conditions of the church premises. The software was used to analyze the temperature of the premises, the temperature of the inside air, and the radiant temperature for different modes of operation of the building heating system. The proposed methodology was developed at Department of Heating and Ventilation of MSUCE and pilot tested with the involvement of multiple Moscow buildings.

The authors completed the annual thermal analysis of the church premises to identify the thermal power consumption rate with account for different heating modes and input data. The authors' findings are as follows: the heating start-up and switch-off dates are to be reconsidered; the design temperature of the outdoor air to be integrated into the heating system analysis is to be reconsidered; special actions aimed at reduction of heating expenses in the spring period are to be taken.

Key words: heating, thermal conditions, envelope structure.

Особенность современного периода заключается в возвращении к жизни старых, заброшенных в годы советской власти церквей, храмов. Причем в настоящее рыночное время эксплуатация этих сооружений стоит немалых денег, к зданию могут быть не подведены ни тепло, ни газ, а только электричество. Может оказаться, что здание необходимо эксплуатировать периодически, только во время церковной службы, и отапливать огромный храм постоянно не целесообразно, или на это просто недостаточно средств. То есть необходимо в период церковной службы и пребывания в здании людей поддерживать нормальные температурные условия, а в остальное время отопление не включать.

Была поставлена задача найти минимально-достаточную мощность котла для создания в минимально приемлемые сроки и при минимальных затратах средств на эксплуатацию заданного температурного режима небольшого православного храма площадью около 100 м².

При периодическом отоплении рассчитывался температурный режим здания храма, при использовании различных по мощности котлов (15, 20, 25, 30, 40, 50 кВт) были получены значения количества времени для достижения минимально-необходимой температуры помещения храма 5 градусов постоянной, получены затраты в денежном выражении на отопление храма при использовании котлов заданной мощности для выявления минимальных затрат (рис. 1). Все расчеты теплового режима церкви проводились в нестационарном режиме для выявления температуры помещения при различных вариантах режимов эксплуатации. Нестационарный тепловой режим позволяет выявить в условиях наружного климата, приближенных к реальным в годовом режиме, температурную обстановку в помещении храма в зимний период с целью выявления резервов экономии тепловой энергии. В основе расчета лежат условия, необходимые для теплового режима. Для расчета составляется система дифференциальных уравнений на основе однозонной модели [1, 3].

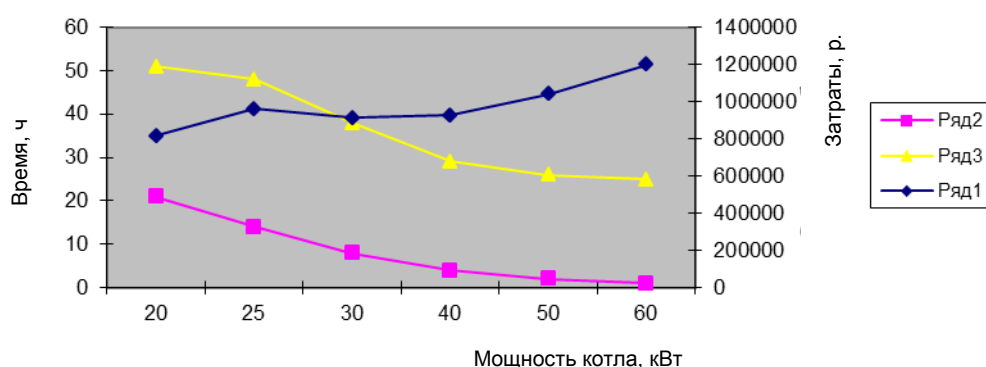


Рис. 1

Для расчета теплового режима храма была составлена программа, с помощью которой был проведен расчет температуры помещения храма, температуры внутреннего воздуха, радиационной температуры при различных режимах работы системы обогрева здания храма. Методика разработана на кафедре отопления и вентиляции МГСУ и апробирована на многих реальных объектах для различных организаций г. Москвы. В старых церковных зданиях отопление осуществлялось следующим образом: в помещении под полом находилась печь, это помещение с основным залом храма соединялось специальными каналами, по одним теплый воздух поступал для обогрева, а по другим остывший опускался в печное отделение для нагрева. Здание храма обогревалось равномерно и постепенно с поддержанием требуемых значений температуры и относительной влажности воздуха и ограждающих конструкций для сохранности икон, фресок и другого имущества, при этом задача печного помещения под храмом – просушить фундамент, защитить его от разрушения. В советское время печи в храмах разрушили, каналы заложили кирпичом, провели центральное отопление, кое-где кондиционирование, многие здания церквей использовались для иных целей. На сегодня старыми методами расчетов, пониманием особенностей теплового, воздушного, влажностного режимов для восстановления, реконструкции, реставрации, нового строительства храмов мало кто владеет. Специфика памятников старины, церквей, храмов, соборов, построенных в дореволюционное время с массивными наружными и внутренними ограждениями, состоит в большой тепловой инерции помещений. Тепловая инерция таких помещений (большая тепловая инерционность наружных ограж-

дений и внутренних колонн) определяет их тепловой, воздушный, влажностный и газовый режимы. Эта особенность зданий и обуславливает необходимость прибегать к продолжительным натурным замерам или использовать разного рода физические и математические модели. Тепловая инерционность стен, перекрытия, пола и колонн приводит к увеличению сроков запаздывания изменений внутренней температуры от хода наружной температуры (до 2...4 месяцев!). Существующие общепринятые инженерные способы расчетов не позволяют получить надежные результаты, так как не могут учесть всю гамму тепловых воздействий на здание (суточный и годовой ход температуры наружного воздуха, изменяющуюся в течение суток и года солнечную радиацию, ветер, а также изменчивость внутренней нагрузки, периодичность открывания дверей и окон и пр.). Массивность зданий храмов приводит к значительному опаздыванию воздействия температуры наружного воздуха и замедлению отклика помещения на работу систем отопления и вентиляции. В результате возникают технические трудности при поддержании и управлении заданными параметрами внутренней среды таких помещений. Для помещений с массивными ограждениями возможно применение периодически работающих систем. Для определения тепловой мощности системы отопления и вентиляции необходимо знать изменчивость потребности в тепле в течение года. В то же время учет тепловой инерционности позволяет снизить затраты теплоты на отопление, так как появляется возможность использования тепла, накопленного ограждениями. Для этого необходимо уметь правильно управлять тепловым и воздушным режимом помещения. Анализ влажностного режима помещения и ограждений возможен лишь при хорошем представлении о тепловом и воздушном режимах здания. Качество столярки окон и состояние остекления, возможное наличие щелей в дверях собора в большой степени определяют температурный режим помещения и расходы теплоты для отопления. Поэтому учет фактического состояния окон, прозрачности стекол становится одним из важнейших факторов при проведении расчетов теплового, воздушного, влажностного и газового режимов таких зданий.

Размеры храмов обуславливают неравномерность распределения параметров внутреннего воздуха по высоте и в плане помещения. Известно, что параметры воздуха (по температуре, влажности, загрязненности) заметно изменяются по высоте помещения. Наибольший интерес представляет исследование изменения параметров внутреннего воздуха и их распределение по высоте в переходные (от зимы к лету и от лета к зиме) периоды года. Термическое расслоение с перемещающейся по высоте границей разделения теплого и холодного воздуха весьма опасно для фресок, икон и другого имущества храма.

Традиционные подходы к анализу теплового и воздушного режимов таких зданий и сооружений, на основе действующих норм и правил непригодны. Однако возрастают требования к качеству микроклимата в помещениях, восстанавливаемых памятников старины, построенных по старинным нормам и правилам.

Определение мощности обогрева-охлаждения и режимов работы систем в теплоинерционных помещениях возможно с использованием специальных методик и моделей помещения и здания. Эти модели позволяют учитывать изменчивость климатических условий, заданный режим эксплуатации и переменные технологические нагрузки, связи между помещениями и наружным воздухом, схемы организации воздухообмена и виды систем отопления и вентиляции, массивность наружных и внутренних ограждений

и пр. Обычно для каждого помещения (здания) составляется индивидуальная модель, учитывающая специфические особенности объекта, которые имеются всегда. В процессе исследования теплового режима подмосковного храма были проведены следующие расчеты с применением однозонной [2] модели помещения с учетом всех основных факторов, влияющих на температурную обстановку в основном помещении.

Был проведен расчет годового теплового режима и выявлены затраты тепловой энергии на обогрев помещений храма при различных режимах и исходных данных. По предварительным расчетам мощность котла, достаточная для обогрева помещений, равна 30 кВт. Расчеты проводились для следующих режимов:

- 1) отопление в храме включается в начале отопительного периода и отключается в конце отопительного периода, принятого в нашей стране при температуре наружного воздуха ниже 10 °С;
- 2) отопление в храме включается в конце первой четверти отопительного сезона;
- 3) отопление в храме включается в середине отопительного сезона;
- 4) отопление включается в конце последней четверти отопительного сезона.

Для каждого из режимов проводился подсчет количества тепла, необходимого для поддержания в помещении храма температур 5, 10, 11, 11,5, 12, 15, 18, 20 °С при работе котла мощностью 30 и 40 кВт.

Для увеличения точности полученных данных расчет проводился за три года, из которых первые два года были необходимы для выведения теплового режима храма в квазистационарное состояние, а последний год – для расчета количества тепловой энергии. Годовой ход температуры наружного воздуха был принят изменяющимся на основе гармонического закона около средней годовой температуры для г. Москвы. Полученные данные представлены для котлов мощностью 30 кВт и 40 кВт на двух графиках соответственно: на рис. 2 и 3. На графиках на оси X отложены периоды года, в течение которых храм отапливался – 1 отопительный период, 0,75, 0,5 и 0,25 отопительного периода; по оси Y отложено количество тепла, необходимое для обогрева помещений храма для поддержания в них температур 5, 10, 11, 11,5, 12, 15, 18, 20 °С. Разные данные при отоплении помещения храма котлами различной мощности объясняются тем, что имеет место инерционность при включении, отключении котла, а также применением экономичных неавтоматизированных приборов. В данном случае инерционность определяется точностью или шагом времени, при котором выполнялся расчет, который был принят равным 180 с.

При максимальной заданной температуре наружного воздуха в теплый период года 18,2 °С температура внутреннего воздуха в помещении храма в режиме без отопления в холодный период года поднималась до 12,6 °С, а максимальная температура внутреннего воздуха 12,8 °С была при температуре наружного воздуха 17,9 °С через 276 ч, в режиме отопления помещения храма в холодный период года до температуры помещения 5 °С при максимальной заданной температуре наружного воздуха 18,2 °С температура внутреннего воздуха была 12,8 °С, максимальная температура внутреннего воздуха 13,04 °С была при температуре наружного воздуха 17,9 °С через 310 ч.

Начало отопительного периода при заданных условиях было при температуре наружного воздуха 1,7 °С и окончание при – 5 °С.

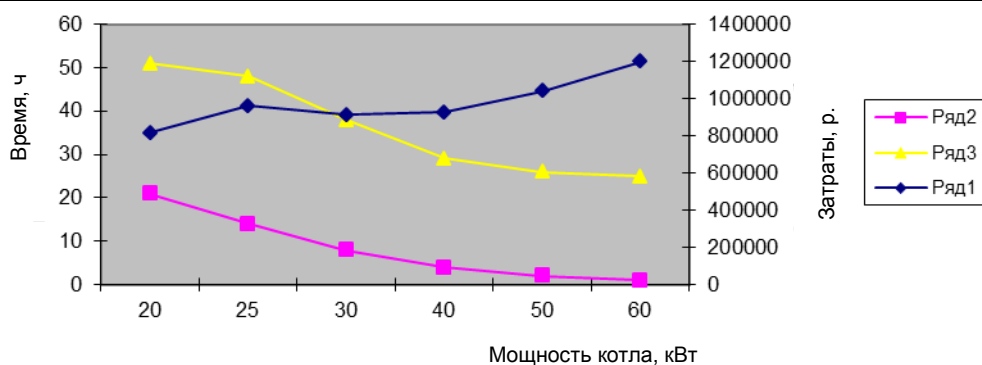


Рис. 2

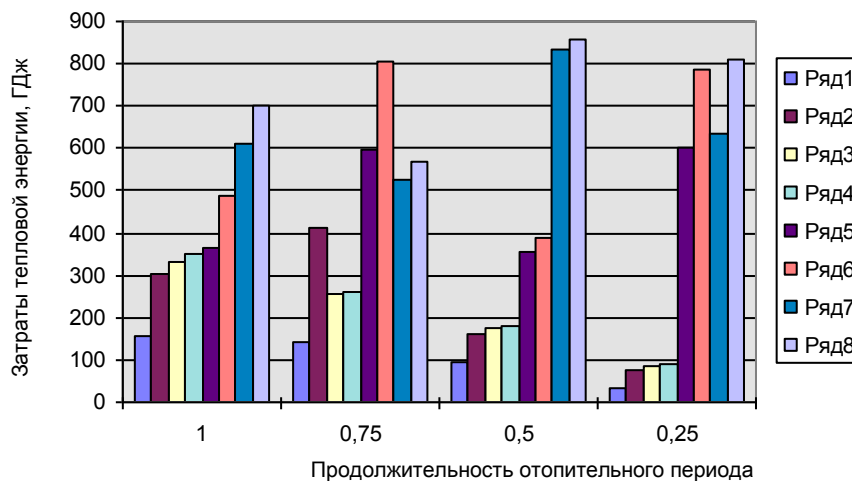


Рис. 3

Выводы. В результате проведенных исследований выявлено, что начало и конец отопительного периода для зданий с массивными ограждающими конструкциями необходимо пересмотреть, расчетная температура наружного воздуха для расчета мощности системы отопления тоже должна быть пересмотрена; весной возможно проведение мероприятий для сокращения затрат тепла на обогрев здания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Титов В.П.* Учет нестационарных тепловых процессов в помещении // ВСТ. Водоснабжение и санитарная техника. 1994. № 3. С. 11–13.
2. *Титов В.П., Малявина Е.Г., Рымаров А.Г.* Научные чтения в Российской академии архитектуры и строительных наук // Водоснабжение и санитарная техника. 1996. № 3. С. 29–30.
3. *Рымаров А.Г.* Математическая модель процессов распределения примесей в воздухе при неорганизованном поступлении вредных веществ : автореф. дис. ... канд. техн. наук. М. : МГСУ, 1995.

REFERENCES

1. Titov V.P. Uchet nestatsionarnykh teplovykh protsessov v pomeshchenii [Irregular Indoor Thermal Processes]. Vodosnabzhenie i san. tekhnika [Water Supply and Sanitaryware]. Moscow, 1994, no. 3, pp. 11–13.
2. Titov V.P., Malyavina E.G., Rymarov A.G. Nauchnye chteniya v Rossiyskoy akademii arkhitektury i stroitel'nykh nauk [Academic Readings at the Russian Academy of Architecture and Civil Engineering Sciences]. Vodosnabzhenie i san. tekhnika [Water Supply and Sanitaryware]. Moscow, no. 3, 1996, pp. 29–30.
3. Rymarov A.G. Matematicheskaya model' protsessov raspredeleniya primesey v vozdukhke pri neorganizovannom postuplenii vrednykh veshchestv [Mathematical Model of Processes of Distribution of Admixtures in the Event of Irregular Inflow of Hazardous Substances]. Moscow, MSUCE, 1995.

Поступила в редакцию в мае 2012 г.

Об авторах: **Рымаров Андрей Георгиевич**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры отопления и вентиляции, **ФГБОУ ВПО «МГСУ»**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, +7 (499) 188-36-07, tgvmgsu@mail.ru;

Лушин Кирилл Игоревич, старший преподаватель кафедры отопления и вентиляции, **ФГБОУ ВПО «МГСУ»**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, +7 (499) 188-36-07, tgvmgsu@mail.ru

Для цитирования:

Рымаров А.Г., Лушин К.И. Особенности расчета теплового режима здания с массивными ограждающими конструкциями в холодный период года // Научно-практический Интернет-журнал «Наука. Строительство. Образование». 2012. Вып. 2. Режим доступа: <http://www.nso-journal.ru>.

For citation:

Rymarov A.G., Lushin K.I. Osobennosti rascheta teplovogo rezhima zdaniya s massivnymi ogra-zhdayushchimi konstruktsiyami v kholodnyy period goda [Heavy Envelope Buildings: Thermal Analysis for the Winter Season]. *Nauchno-prakticheskiy Internet-zhurnal «Nauka. Stroitel'stvo. Obrazovanie»* [Science, construction, education], 2012, no. 2. Available at: <http://www.nso-journal.ru>.

About the authors: **Rymarov Andrey Georgievich**, Candidate of Technical Sciences, Associated Professor, Department of Heating and Ventilation, **Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; +7 (499) 188-36-07, tgvmgsu@mail.ru;

Lushin Kirill Igorevich — Senior Lecturer, Department of Heating and Ventilation, **Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; +7 (499) 188-36-07; tgvmgsu@mail.ru