

## К ВОПРОСУ ТЕПЛООВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДОВ

**Борушко В. В.**

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, vadim79@tut.by

Научный руководитель – Волчек А.А., д.г.н. профессор

*The article presents the results of modeling heat loss at home using the COMSOL Multiphysics software package.*

Активный рост городов приводит к загрязнению окружающей среды, что негативно сказывается на функционировании экосистем. Известны следующие физические виды загрязнения окружающей среды: радиоактивное, акустическое, вибрационное, электромагнитное, тепловое и световое. В последнее время существенное значение приобрело тепловое загрязнение.

Тепловое загрязнение – тип физического загрязнения окружающей среды, чаще связанного с человеческой деятельностью, характеризующийся увеличением температуры выше естественного уровня. Тепловое загрязнение является причиной изменения микроклимата и приводит к усложнению механизма переноса загрязнений.

Основными источниками теплового загрязнения являются промышленные объекты, такие как заводы, теплоэлектростанции, транспорт. Определённый вклад также вносят теплопотери жилых и общественных отапливаемых зданий. Теплопотери в зданиях происходят, преимущественно, в виде дисперсии тепла наружными ограждениями, возникающей и усиливающейся при нарастании разницы температур внутреннего и наружного воздуха.

Большинство эксплуатирующихся в настоящее время в городах многоквартирных домов построены уже почти полвека назад, и их теплоизоляция не соответствует современным стандартам.

Как показывают исследования учёных, потеря тепла сквозь стены дома доходит до 50% от общего количества теплопотерь [1]. Данный показатель в первую очередь зависит от особенностей конструкции самого дома.

Целью настоящей работы является количественная оценка энергии, теряемой жилым домом посредством теплового потока через стены и окна.

Для количественной оценки тепловых потоков в качестве объекта выбран условно типовой панельный семизэтажный дом с четырьмя подъездами.

С помощью программного обеспечения Comsol Multiphysics была создана модель трехслойной стеновой панели, состоящей из внешнего и внутреннего слоёв из бетона марки М 350 и плиты изоляции марки ППС 30 толщиной 150 мм, находящейся между бетонными слоями. Также учитывались внешний и внутренний слои штукатурки. Модель оконного блока имеет параметры: 4 мм стекло / 16 мм воздух / 4 мм стекло.

Температуру в помещении принимали постоянной и равной 18°C [2]. Среднемесячные температуры наружного воздуха брались для Бреста за период с 2008 по 2017 годы с интернет-ресурса [www.weatheronline.co.uk](http://www.weatheronline.co.uk).

В основе математической модели, описывающей распространение тепла по системе, лежит уравнение теплопроводности [3, с.407]:

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = k \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right),$$

где  $\rho$  – плотность,  $C_p$  – теплоемкость,  $k$  – теплопроводность,  $T$  – температура,  $\nabla$  – гамильтониан.

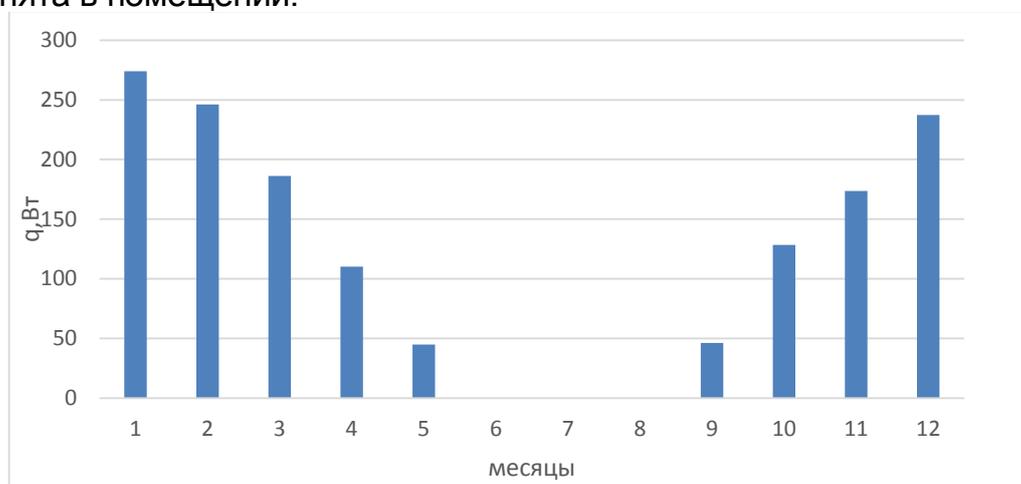
Также выбирались следующие граничные условия:

1. На торцевых границах устанавливались условия теплоизоляции.
2. На внешних границах задавалось условие конвективного теплообмена

$$q = k(T_0 - T),$$

где  $q$  — плотность теплового потока на поверхности,  $T_0$  и  $T$  — температуры среды (жидкости или газа) и поверхности соответственно.

В результате работы программы получены значения средних тепловых потоков, проходящих через трёхслойную стеновую панель и через стеклопакет в течение каждого месяца, когда среднемесячная температура меньше  $18^{\circ}\text{C}$ , которая принята в помещении.



**Рисунок 1 – Величина теплового потока по месяцам**

По полученным значениям было подсчитано, что за время отопительного сезона рассматриваемый дом теряет примерно 43 Гкал энергии. При стоимости 1 Гкал — 16,9 рублей потери оцениваются в 724 рубля, что является довольно значительной суммой. Учитывая, что в Бресте около 3000 условных домов, потери составят 129000 Гкал энергии и около 2 миллионов рублей, что является резервом для принятия технических мер по экономии энергии.

Для уменьшения теплотерь при строительстве новых домов на сегодняшний день применяются панели с большим сопротивлением теплопередаче. Утепление фасадов домов, построенных несколько десятилетий назад, при капремонтах также помогает значительно уменьшить отток тепла, что приводит к экономии ресурсов и уменьшает негативное воздействие на окружающую среду.

#### **Список использованных источников**

1. Горшков, А. С. Мероприятия по повышению энергоэффективности в строительстве / А. С. Горшков, А. А. Гладких // Academia. Архитектура и строительство. 2010. – № 3. – С. 246-250.
2. СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-2.04-43-2006\* (02250). – Минск: Минстройархитектуры, 2015. – С. 2.
3. Тихонов, А. Н. Уравнения математической физики / А. Н. Тихонов, А.А. Самарский. – М.: Изд-во МГУ, 1999.