

## Выбор оптимальной оконной конструкции здания на начальной стадии проекта

### Optimal window structure option on the initial project stage

инженер Зеленов Герман Александрович  
g.a.zelenov@gmail.com  
Санкт-Петербург  
Российская Федерация

Engineer German Aleksandrovich Zelenov  
Saint-Petersburg State Polytechnical University  
g.a.zelenov@gmail.com  
Saint-Petersburg  
Russian Federation

студент Черненко Екатерина Викторовна  
ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет  
hga-92@mail.ru  
Санкт-Петербург  
Российская Федерация

Student Ekaterina Viktorovna Chernenko  
Saint-Petersburg State Polytechnical University  
hga-92@mail.ru  
Saint-Petersburg  
Russian Federation

**Ключевые слова:** прогнозирование энергопотребления, светопрозрачные конструкции, стеклянные панели, теплопотери, теплопоступления.

Прогнозирование энергопотребления зданий и сооружений позволяет на стадии проектирования определить пути уменьшения количества энергии, требуемой зданию, в частности, посредством изоляции ограждающих конструкций.

В данной статье рассмотрено прогнозирование энергопотребления одноэтажного здания общественного типа, расположенного в г. Санкт-Петербург, с помощью программы IDA Indoor Climate and Energy и выбор оконной конструкции, при которой энергопотребление минимально.

Предложенная концепция моделирования позволила получить информацию о теплопотерях и теплопоступлениях исследуемого здания в течение одного календарного года, а также определить оптимальную для условий проекта оконную конструкцию.

**Key words:** prognostication of energy consumption, transparent structures, glass panels, heat loss, heat gain.

Prognostication of building energy consumption lets define its lowering ways possibility on the initial project stage by for example envelope isolation.

Energy consumption prognostication of the one-floor office building located in St-Petersburg, Russia with IDA ICE programme and optimal window structure option with minimum energy consumption are considered in this study.

Modeling concept allow to get heat loss and heat gain information and also define optimal window structure was introduced.

## 1. Введение

Актуальность темы данного исследования заключается в том, что вопрос прогнозирования энергопотребления зданий и сооружений, и вследствие этого возможность определения способов его уменьшения посредством изоляции ограждающих конструкций, стоит как никогда остро.

Основными задачами работы являются проведение сравнения энергопотребления идентичных зданий с различными оконными конструкциями и выявление экономических последствий изменения в проекте здания количества стеклопанелей в светопрозрачных конструкциях.

Основным содержанием работы является демонстрация возможности прогнозирования энергопотребления зданий и сооружений на начальном этапе проекта на примере одноэтажного здания с помощью программы IDA ICE и сравнение четырех типов оконных конструкций с выявлением наиболее оптимальной.

Здания и сооружения – главный источник энергопотребления и эмиссии парниковых газов. Из энергии, потребленной жилыми зданиями, 53,2% используется для отопления, 6,5% - в целях охлаждения помещений [1]. Следовательно, сохранение энергии отопления и охлаждения является главной целью энергосбережения жилых зданий.

Уменьшение теплопередачи через ограждающие конструкции – наиболее важная стратегия для энергосбережения зданий. Изоляция стен, кровли, чердаков, оснований – одна из необходимых черт энергоэффективных домов. Так как стекло – плохой изоляционный материал, теплозащита светопрозрачных ограждений, таких, как окна и застекленные крыши, позволяет значительно снизить теплопотери в течение холодного периода года и теплопоступления в течение теплого периода года. Оптимальная изоляция экономит 46,6% энергопотребления и смягчает воздействие зданий на окружающую среду посредством снижения эмиссии CO<sub>2</sub> и SO<sub>2</sub> на 41,3% [2].

## 2. Моделирование

Объектом исследования является модель здания в программе IDA Indoor Climate and Energy. Исходными данными являются конструкции и материалы, используемые в проекте, а также планировка здания и инженерные системы. Внешними воздействиями являются задаваемые для проекта параметры климатической зоны, в которой расположено здание, уровень активности людей и приборов в каждой зоне, степень использования освещения, бытового водопровода и т.п. Результатом моделирования является получение данных об энергии, затраченной на освещение, отопление, кондиционирование, вентиляцию, работу оборудования, о теплопотерях и теплопоступлениях через ограждающие конструкции в течение одного календарного года, картины теплового баланса в каждой зоне здания и т.д. Модель и план первого этажа здания показаны на рисунках 1 и 2 соответственно.

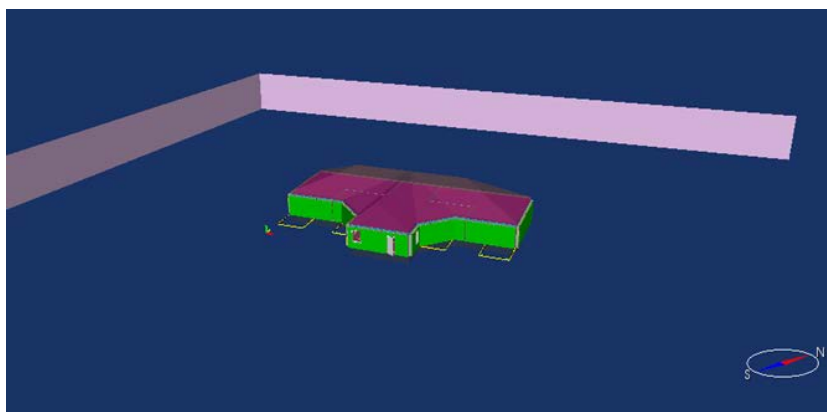


Рисунок 1. 3D-модель исследуемого здания в ПК IDA ICE

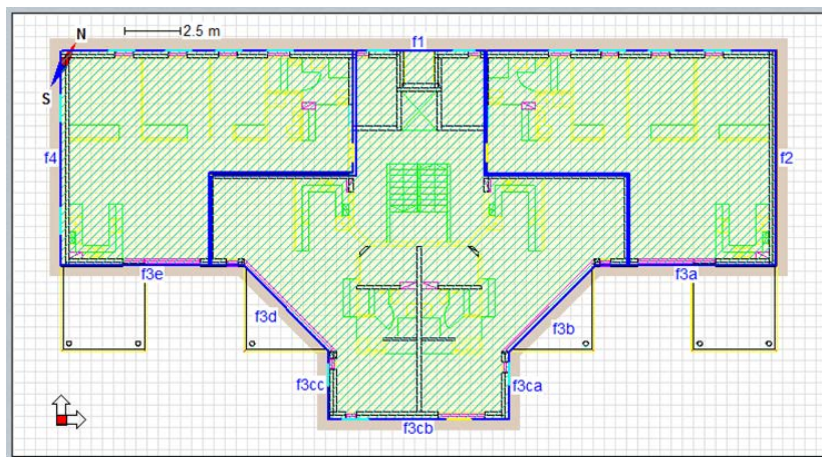


Рисунок 2. План первого этажа исследуемого здания в ПК IDA ICE

В данной работе исследуется также влияние количества стеклопанелей в оконной конструкции при толщине панели 4 мм и толщине воздушной прослойки 12 мм на теплопотери в холодное и теплое время года и энергозатраты на отопление и охлаждение помещений.

Упрощенно вычислить теплопотери через ограждающую конструкцию можно по формуле [5]:

$$Q = \frac{S \times T}{R} (Вт),$$

где Q – теплопотери, Вт,

S - площадь конструкции, м<sup>2</sup>,

T - разница температур между внутренним и наружным воздухом, °С,

R - значение теплосопротивления конструкции, м<sup>2</sup>·°С/Вт.

Для исследования применяются современные математические методы. Численное моделирование выполняется на основе универсальных подходов логических систем. Для решения большинства задач предполагается использование версии программных комплексов IDA ICE, eQUEST.

### 3. Результаты моделирования

Результаты, полученные в программе, показаны на графике 1.

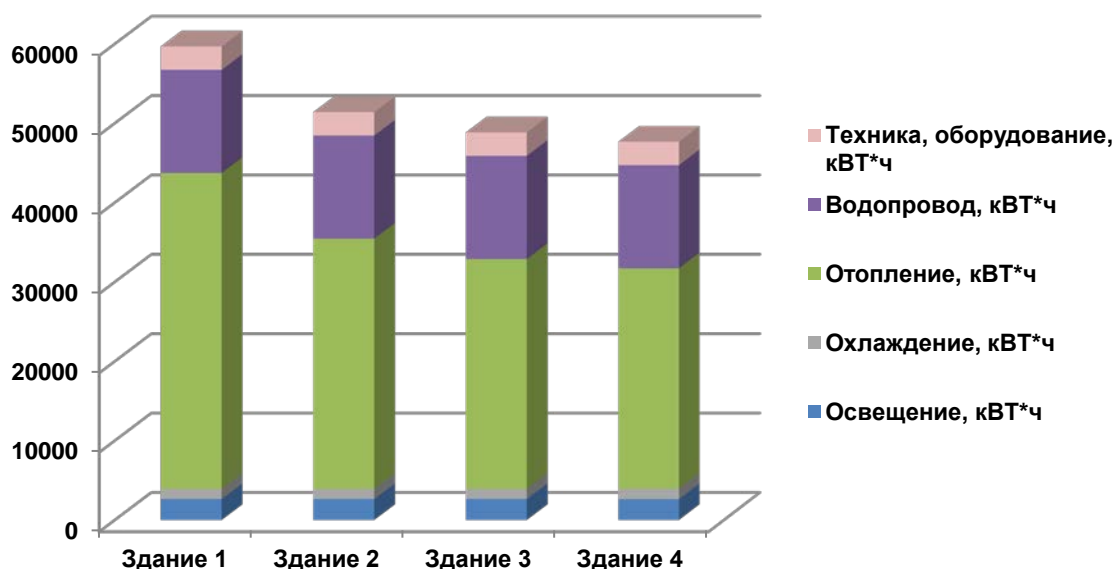


График 1. Общее энергопотребление здания за 1 календарный год в зависимости от количества панелей стекла в оконных конструкциях (1,2,3,4)

Анализ результатов моделирования выявил, что в данном здании Санкт-Петербурга более половины потребленной энергии расходуется на отопление. Экономия энергии при применении в рассмотренной модели 2 панелей стекла в оконной конструкции - 13,2% в сравнении с 1 панелью. Экономия энергии при применении 3 относительно 2, 4 относительно 3 и т. д. панелей стекла малозначительна (<4%), но требует повышенных капиталовложений, и уменьшается по мере увеличения слоев по экспоненциальной зависимости [21].

### 4. Выводы

1. Оконная конструкция с 2 панелями стекла – энергетически и экономически оптимальна для климата Санкт-Петербурга.

2. Так как отопление вносит наибольший вклад в энергопотребление зданий [25], то повышение теплозащиты ограждающих конструкций, внедрение инженерных и конструктивных мероприятий, современных энергосберегающих методов и технологий должны быть направлены в первую очередь на снижение потребности в обогреве зданий.

3. Анализ механизмов теплопотерь и теплопоступлений позволяет выработать стратегии для эффективного применения изоляционных материалов во всех типах ограждающих конструкций здания.

### Литература

1. Vercammen M. L. S., Martin H. J., Cornelissen W. M. J. Application of the intensity measurement technique to building acoustics and the influence of an absorbing partition wall on the measured intensity // *Applied Acoustics*. 1988. Vol. 23. Issue 1. Pp. 45–62.
2. Справочное пособие «Расчет и проектирование ограждающих конструкций» к СНиП 2-3-79 «Строительная теплотехника». НИИ строит, физики. - М.: Стройиздат, 1990. С. 3-29.
3. Федяева П. В., Шеина С. Г. Комплексная оценка энергосберегающих мероприятий при эксплуатации объектов недвижимости // *Academia. Архитектура и строительство*. 2010. № 3. С. 165-166.
4. Дацюк Т. А. Инженерные аспекты энергосбережения зданий // *Academia. Архитектура и строительство*. 2009. № 5. С. 326-328.
5. Грызлов В. С. Технико-экономическая оценка повышения теплозащиты ограждающих конструкций в регионе // *Вестник Череповецкого государственного университета*. 2010. № 3. С. 74-78.
6. Гетц А. П., Громоковский А. В., Ватин Н. И. Сравнение эффективности применения различных видов ограждающих конструкций // XXXVIII Неделя науки СПбГПУ: материалы международной научно-практической конференции. Ч.1. - СПб.: Изд-во Политехн.ун-та, 2009. С.197-198.
7. Папундзе П. Н. Комплексная оценка и выбор ресурсосберегающих проектных решений: Дисс. на соиск. учен. степ. к.т.н.: Спец. 08.00.05. Ижевск, 2005. 142 с.
8. Табунчиков Ю. А., Бродач М. М., Шилкин Н. В. Теплоэнергетические нормативы для теплозащиты зданий // *АВОК*. №4. 2001. С. 13-22.
9. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. М., 2004. С. 3-50.
10. Ежелева Л. Конструкции для малоэтажек // *Промышленно-строительное обозрение*. №107. 2008. С. 7-12.
11. Богословский В. Н. Строительная теплофизика. М.: 1982. 412 с.
12. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. М., 1999. 17 с.
13. Руководство по расчету теплопотребления эксплуатируемых жилых зданий // *Руководство АВОК-8-2007*. М.: «Авок-Пресс». 2007. С. 22.
14. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. Госстрой России. М., 2004. 30 с.
15. СНиП 23-01-99\*. Строительная климатология. Госстрой России. М., 2003. 107 с.
16. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Госстрой России. М., 2003. 54 с.
17. Гагарин В.Г. Об окупаемости затрат на повышение теплозащиты ограждающих конструкций зданий // *Новости теплоснабжения*. 2002. № 1. С. 3.
18. Competition "Architectural concept of building with zero energy consumption" / Petrov K.V., Sled I.A., Orlov O.A., Rys I.V., Urustimov A.I. // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2012. № 1. С. 61-68.
19. Wei Li, Jinzhong Zhu, Zhimin Zhu. The Energy-saving Benefit Evaluation Methods of the Grid Construction Project Based on Life Cycle Cost Theory // *Energy Procedia*. Volume 17, Part A. 2012. Pp. 227–232.
20. Na Na Kanga, Sung Heui Choa, Jeong Tai Kimb The energy-saving effects of apartment residents' awareness and behavior // *Energy and Buildings*. Vol. 46. 2012. Pp.112–122.
21. Xinhong Zhaoa, Congyu Mab, Pingdao Gub. Energy Saving Methods and Results Analysis in the Hotel // *Energy Procedia*. Vol. 14. 2012. Pp. 1523–1527.
22. Горшков А. С. Энергоэффективность в строительстве: вопросы нормирования и меры по снижению энергопотребления зданий // *Инженерно-строительный журнал*. 2010. №1. С. 9-13.
23. F.A. Govan. Thermal Insulation, Materials, and Systems for Energy Conservation in the '80s. Astm Intl. 1983. 890 p.
24. D. Eastop, D.R. Croft. Longman. Energy Efficiency. 1990. 400 p.
25. Raymond C. Bryant. Managing Energy for Buildings. Government Inst. 1983. 807 p.
26. Chen Y., Zhu Y. Models for life-cycle energy consumption and environmental emissions in residential buildings // *Journal of Tsinghua University*. Vol. 50. 2010. Pp 325-329.
27. Chen Y., Zhu Y. Cases for life-cycle energy consumption and environmental emissions in residential buildings // *Journal of Tsinghua University*. Vol. 50. 2010. Pp. 330-334.

28. Energy consumption and conservation in the Russian apartment building stock / Opitz M. W., Norford L. K., Matrosov Yu. A., Butovsky I. N. // Energy and Buildings. Vol. 25. 1997. Pp 75-92.
29. Blom I., Itard L., Meijer A. Environmental impact of building-related and user-related energy consumption in dwellings // Building and Environment. Vol. 46. 2011. Pp. 1657-1669.
30. Влияние уровня тепловой защиты ограждающих конструкций на величину потерь тепловой энергии в здании / Ватин Н. И., Немова Д. В., Рымкевич П. П., Горшков А. С. // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 8. С. 4-14.

## References

1. Vercaemmen M. L. S., Martin H. J., Cornelissen W. M. J. Application of the intensity measurement technique to building acoustics and the influence of an absorbing partition wall on the measured intensity // Applied Acoustics. 1988. Vol. 23. Issue 1. Pp. 45–62.
2. *Spravochnoe posobie «Raschet i proektirovanie ograzhdayushhix konstrukcij» k SNiP 2-3-79 «Stroitel'naya teplotekhnika». NII stroit, fiziki. M.: Strojizdat, 1990. Pp. 3-29. (rus)*
3. Sheina S. G., Fedyayeva P. V. Complex Appraisal of the Energy-Saving Actions at Application Amount of Housing // Academia. Architecture and Construction. 2010. No 3. Pp. 165-166. (rus)
4. Dazuk T. A. *Inzhenernye aspekty e'nergoberezheniya zdaniy* // Academia. Architecture and Construction. 2009. No. 5. Pp. 326-328. (rus)
5. Gryzlov V. S. Feasibility study of improving heat-shielding of protecting construction in the region // *Vestnik Ch.G.U.* 2010. No. 3. Pp. 74-78. (rus)
6. Getz A. P., Gromokovskij A. V., Vatin N. I. *Sravnienie e'ffektivnosti primeneniya razlichnyx vidovograzhdayushhix konstrukcij* // XXXVIII Nedelya nauki SPbGPU: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Ch.I. SPb.: Izd-vo Politehn.un-ta, 2009. Pp.197-198. (rus)
7. *Papunidze P. N. Kompleksnaya ocenka i vybor resursosberegayushhix proektnyx reshenij*: Dissertation of Ph. D.: Spec. 08.00.05. Izhevsk, 2005. 142 p. (rus)
8. *Tabunshhikov Yu. A., Brodach M. M., Shilkin N. V. Teploe'nergeticheskie normativy dlya teplozashhity zdaniy* // AVOK. No. 4. 2001. Pp. 13-22. (rus)
9. SP 23-101-2004. *Proektirovanie teplovoj zashhity zdaniy.* (rus)
10. *Ezheleva L. Konstrukcii dlya maloe'tazhek* // *Promyshlennno-stroitel'noe obozrenie.* No. 107. 2008. Pp. 7-12. (rus)
11. *Bogoslovskij V. N. Stroitel'naya teplofizika.* M.: 1982. 412 p. (rus)
12. GOST 30494-96. *Zdaniya zhilye i obshhestvennyye. Parametry mikroklimata v pomeshheniyax.* (rus)
13. *Rukovodstvo po raschetu teplopotrebleniya e'ksploatiruemyx zhilyx zdaniy* // *Rukovodstvo AVOK-8-2007.* M.: "AVOK-Press". 2007. Pp. 22. (rus)
14. SNiP 23-02-2003. *Teplovaya zashhita zdaniy* (rus)
15. SNiP 23-01-99\*. *Stroitel'naya klimatologiya* (rus)
16. SNiP 41-01-2003. *Otoplenie, ventilyaciya i kondicionirovanie* (rus)
17. *Gagarin V. G. Ob okupaemosti zatrat na povyshenie teplozashhity ograzhdayushhix konstrukcij zdaniy* // *Novosti teplosnabzheniya.* 2002. No. 1. Pp. 3. (rus)
18. Competition "Architectural concept of building with zero energy consumption" / Petrov K. V., Sled I. A., Orlov O.A., Rys I. V., Urustimov A. I. // Construction of Unique Buildings and Structures. 2012. No. 1. Pp. 61-68.
19. Wei Li, Jinzhong Zhu, Zhimin Zhu. The Energy-saving Benefit Evaluation Methods of the Grid Construction Project Based on Life Cycle Cost Theory // *Energy Procedia.* Vol. 17. Part A. 2012. Pp. 227–232.
20. Na Na Kanga, Sung Heui Choa, Jeong Tai Kimb. The energy-saving effects of apartment residents' awareness and behavior // *Energy and Buildings.* Vol. 46. 2012. Pp.112–122.
21. Xinhong Zhaoa, Congyu Mab, Pingdao Gub. Energy Saving Methods and Results Analysis in the Hotel // *Energy Procedia.* Vol.14. 2012. Pp. 1523–1527.
22. *Gorshkov A. S. E'nergoe'ffektivnost' v stroitel'stve: voprosy normirovaniya i mery po snizheniyu e'nergopotrebleniya zdaniy* // *Magazine of Civil Engineering.* 2010. No. 1. Pp. 9-13. (rus)
23. Govan F. A. *Thermal Insulation, Materials, and Systems for Energy Conservation in the '80s.* Astm Intl. 1983. 890 p.
24. *D. Eastop D. R. Croft. Longman. Energy Efficiency.* 1990. 400 p.
25. *Raymond C. Bryant. Managing Energy for Buildings.* Government Inst. 1983. 807 p.

26. Chen Y., Zhu Y. Models for life-cycle energy consumption and environmental emissions in residential buildings // Journal of Tsinghua University. Vol.50. 2010. Pp 325-329.
27. Chen Y., Zhu Y. Cases for life-cycle energy consumption and environmental emissions in residential buildings // Journal of Tsinghua University. Vol. 50. 2010. Pp 330-334.
28. Opitz M. W., Norford L. K., Matrosov Yu. A., Butovsky I. N. Energy consumption and conservation in the Russian apartment building stock // Energy and Buildings. Vol. 25. 1997. Pp 75-92.
29. Blom I., Itard L., Meijer A. Environmental impact of building-related and user-related energy consumption in dwellings // Building and Environment. Vol. 46. 2011. 1657-1669.
30. Vatin N. I., Nemova D. V., Rymkecivh P. P., Gorshkov A .S. Influence of building envelope thermal protection on heat loss value in the building // Magazine of Civil Engineering. 2012. No. 8. Pp. 4-14. (rus)