

# ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 69.003.13

DOI: 10.31675/1607-1859-2018-20-6-160-166

*Н.В. ГУСАКОВА, К.Э. ФИЛЮШИНА, А.А. ЯРЛАКАБОВ,  
Томский государственный архитектурно-строительный университет*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ\*

Проведено исследование по обоснованию энергоэффективных источников теплоснабжения и использования энергосберегающих вентиляционных систем в малоэтажных зданиях. Цель исследования – решение вопросов технического регулирования, энергосбережения и энергоэффективности в малоэтажном строительстве. Данные разработки могут быть применены при реализации инвестиционно-строительных проектов малоэтажной застройки. Для исследования влияния энергоэффективных источников теплоснабжения и использования энергосберегающих вентиляционных систем на совокупные эксплуатационные затраты были произведены экономические расчеты, подтверждающие их эффективность. Использование анализируемых технологий и оборудования позволило значительно сократить коммунальные расходы, обеспечив более комфортные условия для проживающих. Рассчитана экономия от использования децентрализованной системы теплоснабжения и горячего водоснабжения. Экономия от использования вентиляционных систем позволит сократить коммунальные расходы. Использование экологически чистого источника отопления и современных источников вентиляции позволит сократить уровень выбросов грязных веществ в атмосферу и улучшить экологическую ситуацию.

**Ключевые слова:** малоэтажное строительство; централизованное теплоснабжение; децентрализованное теплоснабжение; энергоэффективность; комфорт; эффективность капитальных вложений; техническое регулирование.

**Для цитирования:** Гусакова Н.В., Филюшина К.Э., Ярлакабов А.А. Исследование энергоэффективности источников теплоснабжения в малоэтажном строительстве // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. Т. 20. № 6. С. 160–166.

---

\* Статья выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации МК-2273.2018.6 «Разработка и технико-экономическое обоснование выбора объемно-планировочных и конструктивных решений в малоэтажном жилищном строительстве в аспекте повышения энергетической эффективности и ресурсосбережения».

N.V. GUSAKOVA, K.E. FILUSHINA, A.A. YARLAKABOV,  
Tomsk State University of Architecture and Building

## ENERGY EFFICIENCY OF HEAT SUPPLY SOURCES IN LOW-RISE CONSTRUCTION

**Purpose:** The aim of this paper is to address the issues of technical regulation, energy saving and energy efficiency in low-rise construction. **Methodology:** This study utilizes economic calculations confirming the effectiveness of energy saving and efficiency in low-rise construction. **Research findings:** The use of analyzed technologies and equipment significantly reduces the utility costs providing more comfortable conditions for residents. Savings due to decentralized heating systems and hot water are calculated. Savings due to ventilation systems allow reducing the utility costs as well as the use of environmentally friendly heating sources and up-to-date ventilation sources. **Practical implications:** These developments can be used to invest low-rise buildings construction projects.

**Keywords:** low-rise construction; centralized heat supply; decentralized heat supply; energy efficiency; convenience; capital efficiency; technical regulation.

**For citation:** Gusakova N.V., Filushina K.E., Yarlakabov A.A. Issledovanie energoeffektivnosti istochnikov teplosnabzheniya v maloetazhnom stroitel'stve [Energy efficiency of heat supply sources in low-rise construction]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2018. V. 20. No. 6. Pp. 160–166.

### Введение

Одной из главных задач, стоящих перед Россией, является снижение энергоемкости национальной экономики. В России на строительную индустрию приходится 40–45 % всей вырабатываемой энергии. Сегодня на обогрев 1 м<sup>2</sup> жилья в России расходуется в среднем 13 л условного топлива. В аналогичной по климатическим условиям Канаде этот показатель составляет 3,5–4 л в год [1]. Это обстоятельство предопределяет актуальность энергосбережения в строительной отрасли. К 2020 г. данный показатель планируется сократить на 40 % по отношению к базовому уровню [2]. Для этого, во-первых, необходимо проанализировать систему централизованного теплоснабжения, во-вторых, определить возможность использования децентрализованного теплоснабжения на территориях, удаленных от централизации систем теплоснабжения. С этой целью необходимо провести работу по оценке эффективности централизованной и децентрализованной систем теплоснабжения.

Стандарт СТО НОП 2.1–2014 «Требования к содержанию и расчету показателей энергетического паспорта проекта жилого и общественного здания»<sup>1</sup> является началом формирования нормативно-правовой базы в этой области.

В стандарте СТО НОП 2.1–2014 приводится не только полный состав энергетического паспорта, но и методики расчета всех составляющих теплового баланса здания, таблицы базового и нормируемого по годам строительства в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 18 удельных годовых расходов тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водо-

<sup>1</sup> СТО НОП 2.1–2014. Требования к содержанию и расчету показателей энергетического паспорта проекта жилого и общественного здания. URL: [www.abok.ru/for\\_spec/norm\\_doc/passport.pdf](http://www.abok.ru/for_spec/norm_doc/passport.pdf)

снабжение для многоквартирных домов, многоквартирных отдельно стоящих и сблокированных домов и общественных зданий различного назначения, по сравнению с которыми оценивается энергоэффективность проекта здания [3].

Энергоэффективность предполагает системный подход к поставке энергоносителей не только в процессе функционирования здания, но и на этапе его проектирования – использование энергосберегающих материалов и выбор эффективной системы теплоснабжения [4].

За последние 100 лет российская система теплоснабжения стала самой большой в мире. На ее долю приходится 44 % мирового централизованного производства тепловой энергии. Однако на федеральном уровне нет единой политики развития систем теплоснабжения.

Региональные рынки тепловой энергии малых поселений с потреблением тепла от централизованных источников менее 0,5 млн Гкал в год, характеризующиеся низкоэффективными системами теплоснабжения, создают непропорционально большую экономическую нагрузку по обеспечению надежности системы теплоснабжения. На ее долю приходится около 15 % производимой тепловой энергии, но более 30–35 % бюджетных средств, направленных на финансирование систем теплоснабжения и их подготовку к зиме. Для этих систем характерны самые высокие тарифы при самой низкой покупательной способности потребителей и самом высоком уровне задолженности [5].

После 2000 г. активно начали происходить процессы децентрализации, которые непосредственно связаны с развитием малоэтажного строительства.

Именно в малоэтажном строительстве можно наиболее быстро и эффективно использовать инновационное теплосберегающее оборудование.

В связи с этим при разработке регионального инвестиционного проекта малоэтажной застройки в г. Томске были поставлены следующие задачи:

- осуществить максимальное использование передовых технологий теплоснабжения, обеспечивающих минимальные эксплуатационные затраты;
- обеспечить комфортные условия в зданиях за счет использования наиболее энергосберегающих и экономичных вентиляционных систем.

При проектировании данной застройки в качестве источника системы отопления планируется использовать тепловые насосные установки (ТНУ) и систему вентиляции с переменным расходом воздуха, которые позволят сократить стоимость коммунальных услуг, обеспечив современную систему климатизации зданий [6].

Используемый тепловой насос в данном региональном проекте является не только источником теплоснабжения, но и выполняет функцию кондиционирования. В зимнее время тепловой насос аккумулирует тепло из окружающей среды для использования его в системе отопления, летом холод из скважины (7–9 %) используется для создания необходимого микроклимата в помещениях объектов жилой застройки. Кроме того, тепловой насос позволяет бесплатно получить от 75 до 84 % тепловой энергии возобновляемого источника Земли [7].

Рассмотрим, как отражается на коммунальных расходах использование тепловых насосов непосредственно на объектах малоэтажного строительства. В качестве примера рассмотрим малоэтажный дом (таунхаус) с децентрализо-

ванной системой теплоснабжения и квартиру в жилом доме с централизованной системой теплоснабжения (табл. 1).

Таблица 1

**Расчет экономии эксплуатационных затрат децентрализованной и централизованной системой теплоснабжения**

Показатели	Дом	Квартира
Стоимость отопления в год, руб./м <sup>2</sup>	43,58	361,78
Экономия от использования ТНУ, руб./м <sup>2</sup>	318,17	
Стоимость потребления ГВС, руб./м <sup>2</sup>	9,8	96,5
Экономия от использования ТНУ, руб./м <sup>2</sup>	86,7	
Суммарный экономический эффект по отоплению и ГВС, руб./м <sup>2</sup>	404,9	

Результаты расчетов показали, что стоимость 1 м<sup>2</sup> площади при использовании централизованной системы теплоснабжения в 8,3 раза больше аналогичного показателя децентрализованной системы теплоснабжения с использованием тепловых насосов.

Суммарный годовой экономический эффект от использования рассматриваемой децентрализованной системы теплоснабжения в расчете на 1 м<sup>2</sup> составляет 404,9 руб., что соответствует сокращению эксплуатационных затрат в 9,2 раза.

Кроме того, отметим, что в настоящее время все больше внимания уделяется совокупности двух взаимосвязанных проблем: энергосбережения и обеспечения микроклимата помещений. С этой точки зрения традиционный подход к организации системы климатизации здания нельзя признать оптимальным.

Традиционные системы являются достаточно энергозатратными – относительно высокие затраты дорогостоящей электрической энергии при относительно невысокой холодопроизводительности.

В данном проекте рассмотрены решения, обеспечивающие снижение энергетических затрат и сокращение эксплуатационных расходов.

К таким решениям относится установка системы вентиляции с рекуперацией энергии (ВРЭ). Однако такие системы хорошо подходят для детских садов, школ, больших коттеджей, где можно разместить приточно-воздуховодную сеть, рекуператор и вытяжную сеть. Главный недостаток использования рекуперационных систем – разбалансировка приточного и вытяжного потоков, приводящая к снижению эффективности рекуперации.

Авторы использовали другое техническое решение – вентиляционные системы с переменным расходом воздуха (VAV-системы). Данная система позволяет регулировать подачу воздуха независимо в каждом помещении.

Используемая VAV-система производительностью 550 м<sup>3</sup>/ч достаточна для небольшого коттеджа. Вентиляционная система разделена на 2 зоны с автономными клапанами управления.

Увеличение стоимости системы, включая оборудование и строительно-монтажные работы, будет незначительным. Однако эта система позволяет сэкономить до 50 % электроэнергии на вентиляцию.

Произведем расчет эксплуатационных расходов приточно-вытяжных систем вентиляции и систем вентиляции с переменным расходом воздуха (табл. 2).

Таблица 2

**Расчет экономической эффективности эксплуатационных расходов**

Показатели	Приточно-вытяжная система	VAV-система
Общая тепловая энергия на вентиляцию, кВт/год:	8190	7793
система утилизации теплоты удаляемого воздуха (КПД 70 %), кВт/год	–	5455
нагрев централизованной системой теплоснабжения, кВт/год	8190	2337
расход электрической энергии на вентиляцию, кВт/год	–	431
Общий годовой расход тепловой энергии, кВт/год	4550	2338
Общий годовой расход электрической энергии, кВт/год:	–	431
расходы на эксплуатацию, руб./год	7772	3202
в том числе электроэнергия при цене 1,82 руб./кВт	–	784
тепловая энергия при цене 0,949 руб./кВт	7772	2218
Экономия от использования VAV-системы, руб.	–	4570

Экономия от использования системы вентиляции с переменным расходом воздуха составит 4570,5 руб., что в 2,4 раза экономичнее по сравнению с приточно-вытяжной вентиляцией с механическим побуждением.

Использование централизованной системы теплоснабжения является экономически выгодной при многоэтажном строительстве. При строительстве малоэтажных зданий, удаленных от централизованных систем теплоснабжения, экономически выгодно использование децентрализованной системы теплоснабжения.

По результатам произведенных расчетов стоимость отопления 1 м<sup>2</sup> общей площади при использовании тепловых насосных установок в сравнении с централизованной системой теплоснабжения сократится в 8,3 раза.

Экономия от использования децентрализованной системы теплоснабжения и горячего водоснабжения составит 409,9 руб. на 1 м<sup>2</sup> в год.

Экономия от использования экономичных вентиляционных систем на аналогичный показатель составит 4570 руб. и позволит в 2,4 раза сократить коммунальные расходы в год.

Использование экологически чистого источника отопления и современных источников вентиляции позволит:

- снизить общий удельный расход тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение по отношению к показателю годового расхода тепловой энергии на те же цели соответствующего базового уровня требований энергоэффективности;

- сократить уровень выбросов грязных веществ в атмосферу и улучшить экологическую ситуацию в регионе;

- значительно сократить коммунальные платежи и сделать их автономными, не зависящими от роста цен на энергоносители;
- создать комфортные микроклиматические условия для проживающих с одновременным снижением затрат на эти цели.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Филушина К.Э., Гусакова Н.В., Гусakov А.М., Минаев Н.Н., Добрынина О.И., Ярлакабов А.А. Разработка теоретической модели развития малоэтажного жилищного строительства в России // Экономика и предпринимательство. 2017. № 5-1 (82). С. 792–796.
2. Васильев Г.П., Шилкин Н.В. Использование низкопотенциальной тепловой энергии земли в теплонасосных системах // АВОК. 2003. № 2. С. 52–60.
3. Ливчак В.И. Стандарт СТО НОП 2.1–2014 как практическая реализация повышения энергоэффективности зданий // Энергосбережение. 2015. № 2. С. 30–34.
4. Постановление Правительства РФ № 275 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам установления первоочередных требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений». Условия доступа: <http://government.ru/docs/26778/>
5. Башмаков И.А. Повышение энергоэффективности в системах теплоснабжения // Энергосбережение. 2010. № 2. С. 46–51.
6. Шилкин Н.В. Опыт реализации системы отопления на базе теплонасосных установок в коттеджном поселке // АВОК. 2010. № 2. С. 22–31.
7. Guskova N., Minaev N., Filushina K., Guskov A. Approaches to Optimum Selection of Space-Planning and Structural Solutions of Low-Rise Buildings // AIP Conference Proceedings. 2017. V. 1800.

#### REFERENCES

1. Filyushina K.E., Guskova N.V., Guskov A.M., Minayev N.N., Dobrynina O.I., Yarlakabov A.A. Razrabotka teoreticheskoy modeli razvitiya maloetazhnogo zhilishchnogo stroitel'stva v Rossii [Theoretical model of low-rise construction in Russia]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo*. 2017. No. 5-1 (82). Pp. 792–796. (rus)
2. Vasil'yev G.P., Shilkin N.V. Ispol'zovaniye nizkopotentsial'noy teplovoy energii zemli v teplonasosnykh sistemakh [Use of low potential thermal energy of the earth in heat pump systems]. *AVOK*. 2003. No. 2. Pp. 52–60. (rus)
3. Livchak V.I. Standart STO NOP 2.1-2014 kak prakticheskaya realizatsiya povysheniya energoeffektivnosti zdaniy [STO NOP Standard 2.1–2014 as a practical implementation of energy efficiency improvement of buildings]. *Energoberezhenie*. 2015. No. 2. Pp. 30–34. (rus)
4. Postanovleniye Pravitel'stva RF N 275 O vnesenii izmeneniy v nekotoryye akty Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii po voprosam ustanovleniya pervoocherednykh trebovaniy energeticheskoy effektivnosti dlya zdaniy, stroyeniy, sooruzheniy [Government Decree on Amendments to Certain Acts of the Government of the Russian Federation on the Establishment of Priority Energy Efficiency Requirements for Buildings]. Available: <http://government.ru/docs/26778/> (rus)
5. Bashmakov I.A. Povysheniye energoeffektivnosti v sistemakh teplosnabzheniya [Improving energy efficiency in heating systems]. *Energoberezhenie*. 2010. No. 2. Pp. 46–51. (rus)
6. Shilkin N.V. Opyt realizatsii sistemy otopeniya na baze teplonasosnykh ustanovok v kottedzhnom poselke [Experience in heating system implementation based on heat pump installations in cottage settlement]. *AVOK*. 2010. No. 2. Pp. 22–31. (rus)
7. Guskova N., Minaev N., Filushina K., Guskov A. Approaches to optimum selection of space-planning and structural solutions of low-rise buildings. *AIP Conference Proceedings*. 2017. V. 1800.

**Сведения об авторах**

*Гусакова Наталья Васильевна*, ст. преподаватель, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, gusakovanata@mail.ru

*Филюшина Кристина Эдуардовна*, канд. экон. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, kri1617@yandex.ru

*Ярлакабов Аброрбек Абдукарович*, студент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, Ibm-1@mail.ru

**Authors Details**

*Natalia V. Gusakova*, Senior Lecturer, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, gusakovanata@mail.ru

*Kristina E. Filushina*, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, kri1617@yandex.ru

*Abrorbek A. Yarlakabov*, Student, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, Ibm-1@mail.ru