

## **ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

В.Я. Федянин, Н.Б. Шарипов

*На основании опыта разработки и эксплуатации систем энергоснабжения двух экспериментальных зданий приведены оценки эффективности пассивных и активных систем теплоснабжения с использованием возобновляемых топливно-энергетических ресурсов в природно-климатических условиях юга Западной Сибири.*

*Пассивные системы солнечного теплоснабжения, тепловой баланс здания, солнечные коллекторы, тепловой насос.*

Основные причины кризисного состояния систем теплоснабжения в Алтайском крае – это практически полное покрытие потребности за счет привозного угля и низкая эффективность использования топлива и тепла. Экономически обоснованное частичное замещение привозного топлива на возобновляемые экологически безопасные топливно-энергетические ресурсы, использование современных энергосберегающих систем позволит снизить своеобразный «энергетический налог», который вынужден платить край в связи с большой длительностью отопительного периода. Кроме того, комплексная модернизация систем теплоснабжения позволит направить часть финансовых потоков, идущих в настоящее время на заготовку привозного угля, на создание новых рабочих мест на территории края. Эти факторы наряду со снижением техногенных загрязнений, связанных со сжиганием каменного угля, приведут к положительным изменениям в социально-экономической ситуации в регионе [1].

### **Пассивные системы солнечного теплоснабжения**

Опыт зарубежных стран показывает, что существенное улучшение качества теплоснабжения может быть достигнуто за счет использования пассивных систем солнечного отопления. Такие системы экологически безопасны и могут существенно снизить затраты тепловой энергии, требуемой для отопления здания.

Под пассивными системами солнечного отопления понимают такие системы, в которых поглощение и аккумулирование тепла осуществляются самими строительными элементами здания, а распределение тепла в

отапливаемом объекте происходит естественным путем. Этим они отличаются от так называемых активных систем, использующих специальное гелиотехническое и инженерное оборудование (солнечные коллекторы, аккумулирующие емкости и т. п.). В зданиях с пассивными системами с минимальными капитальными затратами можно экономить значительную часть энергии, затрачиваемой на отопление. Пассивные системы условно можно разделить на открытые и закрытые [2].

Необходимо отметить ряд существенных недостатков, свойственных открытым системам. Это – неустойчивость теплового режима, связанная с изменением интенсивности потока солнечного излучения, негативное влияние интенсивной инсоляции на состояние людей. Для устранения этих недостатков солнечные лучи с помощью специальных жалюзи направляют в потолок, выносят нагреваемые помещения за жилую зону здания.

Пример такого решения – устройство на южном фасаде дома пристройки-солария (оранжереи) со сплошным остеклением. Благодаря «парниковому эффекту» температура за остеклением резко повышается. Избыточное тепло поглощается массивными ограждающими конструкциями, постепенно передается в отапливаемые помещения здания и в ночное время. В закрытых системах поток солнечной радиации поглощается наружной массивной стеной, окрашенной в черный цвет и покрытой слоем прозрачной тепловой изоляции (например, стена Тромба, комплексные системы с прозрачной изоляцией и др.) [3].

В ближайшее время можно ожидать появление на российском рынке различных ти-

## ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

пов прозрачной теплоизоляции, управляемой теплоизоляции и регулирующих устройств (ставни, специальные занавеси или селективные пленки). Стены, сочетающие хорошие теплоизоляционные свойства с функциями солнечных коллекторов, могут существенно снизить тепловую нагрузку здания.

Новые технологии предполагают применение прозрачных систем теплоизоляции (ПТИ) для фасадов, ориентированных на юг. В климатических условиях юга Западной Сибири при оптимальных условиях использования можно достичь с помощью прозрачной теплоизоляции дополнительного поступления тепла  $700 \div 800 \text{ МДж с м}^2$  площади.

Наряду с ориентацией фасада на юг необходимо использовать массивную кирпичную стену с плотностью  $1500 \text{ кг/м}^3$ . Этот вариант изоляции может реализовываться совместно с обычной изоляцией здания. В этом случае также имеются различные конструкции систем: системы прозрачной теплоизоляции (СПТИ) и навесные фасады различной конструкции, изготовленные в виде модулей.

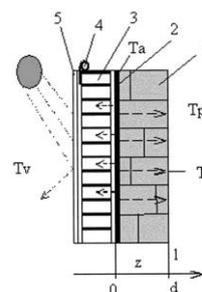
В большинстве случаев во избежание летних перегревов необходимо затенение систем. На рисунке 1 изображена одна из схем установки прозрачной теплоизоляции на фасад здания. На стену здания монтируется изготовленный модуль остекленной прозрачной теплоизоляции сотового типа ( $T_v$  – температура наружного воздуха,  $T_p$  – температура воздуха внутри здания,  $T_a$  – температура абсорбера,  $T_1$  – температура внутренней поверхности стены).

Основной интегральной характеристикой пассивных систем является коэффициент замещения нагрузки  $F$  (доля солнечной энергии в покрытии отопительной нагрузки за отопительный сезон). Этот параметр определяет значимость пассивной составляющей отопительной системы для потребителя. Его величина зависит от двух групп факторов:

- количества полезно используемой энергии солнечного излучения;
- уровня теплотребления, необходимого для создания комфортных условий.

Каждый из этих факторов определяется соответствующими климатическими характеристиками места расположения объекта, техническими параметрами пассивной системы отопления и уровнем тепловой защиты здания. Расчетная зависимость доли замещения отопительной нагрузки представлены на рисунке 2. График, представленный на рисунке 2, показывает, что существенное замещение

сторонних источников тепловой энергии пассивным солнечным отоплением возможно



1 – наружная стена здания; 2 – поглощающий слой; 3 – прозрачная тепловая изоляция; 4 – регулирующий элемент (жалюзи); 5 – стекло

Рисунок 1 – Схема модуля прозрачной теплоизоляции, установленного на наружной стене здания

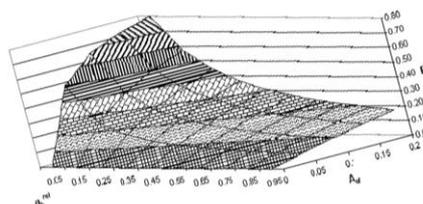


Рисунок 2 – Зависимость доли замещения отопительной нагрузки от относительного удельного расхода тепла и эффективной площади пассивных элементов

лишь в тех зданиях, где наряду с устройством специальных элементов, способствующих эффективному поглощению солнечной радиации, выполнены мероприятия по энергосбережению (т.е. значительно снижен показатель  $q_h$ ). Этот результат иллюстрирует общую закономерность: здания, эффективно использующие солнечную энергию, должны иметь минимальные тепловые потери в окружающую среду.

### Опыт создания эксплуатации энергоавтономного здания в г. Барнауле

Изучение вопросов, связанных с использованием систем эффективного энергоснабжения, проводилось на специально созданном объекте – энергоавтономном здании, построенном в районе малоэтажной застройки города Барнаула. Внутри четырехэтажного здания находятся офисные и жилые помещения, отапливаемая площадь –  $1594,2 \text{ м}^2$ .

При проектировании здания была поставлена цель – уменьшить удельный расход тепловой энергии на отопление на  $35 \div 40\%$  по сравнению с требуемым расходом в соответствии с территориальными строительными нормами Алтайского края [4].

Расчеты показывают, что удельный расход тепловой энергии на отопление составляет 56 кДж/(м<sup>2</sup>°С сут.), что на 44% ниже нормативного для этого типа зданий. В качестве источника тепла используется котел VISSMANN Vitotronic 100, работающий на дизельном топливе. Кроме того, в системе отопления используется тепло из системы водяного охлаждения дизель-генератора и теплообменника, установленного в его выхлопном коллекторе. Электроснабжение объекта осуществляется гибридной системой, использующей в качестве источников электроэнергии ветроэлектрический агрегат (ВЭА), фотоэлектрическую установку (ФЭУ) и две дизель-электрические установки (ДЭУ). Из-за недостатка места на прилегающем к зданию земельном участке для размещения фундамента мачты и элементов крепления тросов-растяжек ВЭА был смонтирован на крыше. При этом ось гондолы ветроагрегата располагалась на высоте 33 м над поверхностью прилегающего земельного участка (рисунок 3). Натурные испытания и исследования режимов работы энергосистем проводились с сентября 2006 года по май 2008 года. Здание успешно эксплуатируется и в настоящее время. Система в автономном режиме (без подключения к электрическим и тепловым сетям общего пользования) обеспечивала работу осветительных и электробытовых приборов, а также работу циркуляционных насосов системы отопления здания. Получены данные по показателям надежности и качества энергоснабжения, определены фактические финансовые и материальные затраты на создание и обслуживание этих систем.

Тепловой баланс здания за отопительный период представлен на рисунке 4. Графики на рисунке 4 показывают, что при повышенном тепловом сопротивлении ограждающих конструкций здания вентиляционным



Рисунок 3 – Энергоавтономное здание на ул. Садогородская, 14 в г. Барнауле

тепловым потерям принадлежит ведущая роль. Дальнейшее снижение теплопотребления целесообразно производить за счет совершенствования вентиляционной системы, например, с применением рекуперации тепла отходящего воздуха. Четырехслойное остекление (два однокамерных стеклопакета в отдельных переплетах) не только снижает тепловые потери, но и функционирует как элементы пассивной системы солнечного отопления, вносящие заметный вклад в тепловой баланс здания.

Годовое потребление электроэнергии всеми потребителями (освещение, электроприборы, циркуляционные насосы системы отопления, водоподогреватели системы ГВС) составляет около 44,5 тыс. кВтч. Помесячное распределение выработки электроэнергии энергетическими агрегатами, входящими в систему электроснабжения здания, представлено графиками рисунка 5.

Основным показателем, определяющим суммарный эффект от комплекса технических решений, принятых при проектировании и строительстве энергоавтономного здания, является уровень потребления дизельного топлива всей системой энергоснабжения. На эту величину влияет как энергетическая эффективность используемых технических решений, так и «энергетическое поведение» людей, живущих и работающих в здании. Замечено, что снижение уровня энергопотребления во второй год эксплуатации здания (пересчитанное с учетом изменения среднемесячного уровня температур окружающего воздуха) составило 15%. Месячное потребление дизельного топлива ДЭУ и котлом представлены на рисунке 6.

#### **Создание энергоэффективного жилого дома в г. Барнауле**

С целью практической реализации закона №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности ...» администрация Алтайского края и государственная корпорация «Фонд содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства» (г. Москва) профинансировали разработку рабочего проекта и строительство энергоэффективного жилого дома в г. Барнауле (рисунок 7).

Жилое здание по ул. Смирнова, 67 – трехэтажное крупнопанельное, имеет одну блок-секцию, в основу планировки которой положено конструктивно-планировочное решение крупнопанельных жилых домов серии КПД-330 с учетом оснастки комбината железобетонных изделий ЗАО «БЖБИ-2».

# ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

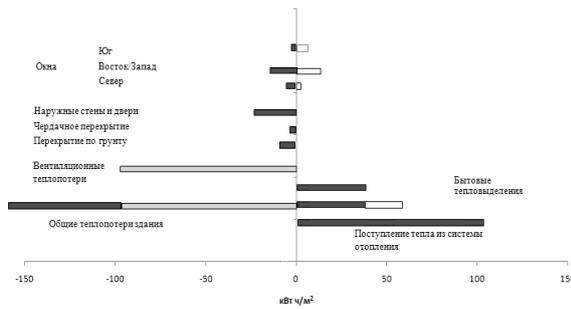


Рисунок 4 – Тепловой баланс здания в расчете на кв. метр отапливаемой площади

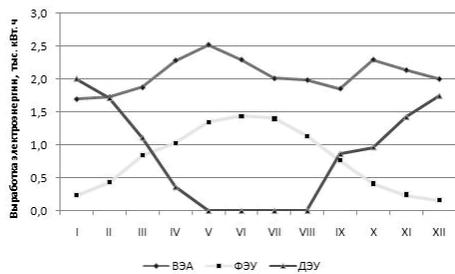


Рисунок 5 – Выработка электроэнергии ВЭУ, ФЭУ и ДЭУ

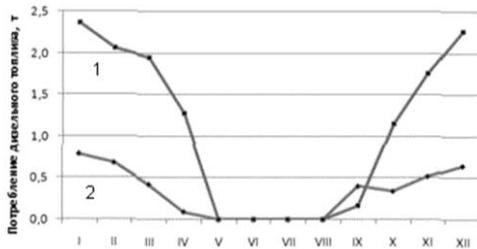


Рисунок 6 – Потребление дизельного топлива: 1 – котел; 2 – ДЭУ



Рисунок 7 – Энергоэффективный жилой дом по ул. Смирнова, 67 в г. Барнауле

Таблица 1

Месяц	I	II	III	IV	V
$Q_s, \text{Мкал/м}^2$	17,1	14,6	16,2	7,3	0,3
Месяц	IX	X	XI	XII	
$Q_s, \text{Мкал/м}^2$	0,6	5,7	22,0	19,8	

Таблица 2

Месяц	I	II	III	IV	V	VI
$Q_s, \text{Гкал}$	0,3	1,1	2,4	3,5	3,4	4,1

Общее количество квартир – 19. Здание имеет подвал и холодный чердак (технический этаж). Водоотвод с покрытия – внутренний. С торцевой стороны жилой части здания расположена одноэтажная пристройка – автономные источники теплоснабжения. По продольным фасадам запроектированы выносные прямоугольные и полукруглые застекленные лоджии. С торцевой стены на каждом этаже имеются лоджии с размещенными на них солнечными модулями. Солнечная батарея обеспечивает освещение общедомовых помещений и прилегающей территории. Теплоснабжение здания осуществляется с помощью следующего оборудования: двух газовых котлов; солнечной водогрейной установки (солнечные коллекторы установлены на крыше здания); теплонасосной системы, использующей низкопотенциальное тепло поверхностных слоев Земли, состоящей из компрессионного теплового насоса и системы вертикальных теплообменников, расположенных в грунте.

Система вентиляции дома – механическая приточно-вытяжная с рекуперацией тепла выходящего воздуха, регулируемым притоком и вытяжкой в каждой квартире.

Используется поквартирный учет всех энергоносителей, поступающих потребителям. Здание сдано в эксплуатацию в ноябре 2010 г. Помесячный удельный расход тепловой энергии на отопление ( $Q_s$ ) при эксплуатации здания в период январь ÷ декабрь 2011 г. представлен в таблице 1. Общее количество отопительного тепла, потребленное за 2011 г. – 143,3 Гкал. С учетом распределения температуры окружающего воздуха фактическое число градусосуток за отопительный период 2011 года – 6637. Таким образом, фактический удельный расход тепловой энергии на отопление здания составляет  $64,7 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{C} \cdot \text{сут})$ . Согласно СНиП 23-02-2003 требуемый удельный расход тепловой энергии на отопление многоквартирных жилых домов для 3-х этажных зданий составляет  $75 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{C} \cdot \text{сут})$ .

Снижение фактического удельного расхода тепловой энергии на отопление здания по сравнению с нормативным составляет 13,7%. В соответствии с таблицей 3 СНиП 23-02-2003 здание относится к классу В (высо-

кий) энергетической эффективности. Солнечная водогрейная установка изготовлена на основе 22 вакуумных коллекторов для использования солнечной энергии Vitosol 300T (площадь абсорбера – 2 м<sup>2</sup>). Помесячная выработка тепловой энергии ( $Q_{sol}$ ) установкой приведена в таблице 2. Годовая выработка тепла в 2011 году составила 25,1 Гкал. Среднегодовой КПД  $\cong$  53%.

#### *Оценка энергетической эффективности теплонасосной установки*

В котельной смонтирована отопительная система на базе компрессионного теплового насоса Viessman Vitocal 3000 тепловой мощностью 52 кВт (электрическая мощность компрессора 9 кВт). Источник низкопотенциального тепла – специальный грунтовый теплообменник из двух десятков вертикальных труб длиной около 18 м. Теплообменник смонтирован во дворе здания. Теплонасосная установка за 2011 г. находилась в работе около 2 месяцев. По данным, представленным МУП «Энергетик», в июле ТН-установка выработала 0,989 Гкал тепла, затратив 407 кВтч электроэнергии, в августе, соответственно, 1,138 Гкал и 474 кВтч. При таких показателях средний отопительный коэффициент составляет 2,8. Соответственно, себестоимость тепла (при тарифе 2,82 руб./кВтч) составит 1168 руб./Гкал. В то время как тепло, полученное с помощью газового котла, установленного в той же общедомовой котельной, имеет себестоимость 770 руб./Гкал (при тарифе на природный газ – 3737 руб./т.м<sup>3</sup>).

#### **Выводы**

1. Совместное использование суммарного эффекта от энергосберегающих архитектурно-планировочных решений и применения возобновляемых топливно-энергетических ресурсов для систем жизнеобеспечения зданий позволяет выйти на более низкий уровень энергопотребления при сохранении комфортного внутреннего микроклимата.

2. Результаты сравнительного анализа суммарных затрат на создание и эксплуатацию новой технологии электроснабжения и существующей централизованной системы свидетельствуют о том, что подобные гибридные системы способны решить проблемы электроснабжения объектов в сельской местности, находящихся на расстоянии нескольких десятков километров от центров электрической нагрузки. С помощью подобных гибридных систем можно осуществлять электроснабжение, как отдельных зданий, так и небольших сельских поселений даже на

территориях с умеренными запасами ветровой энергии, характерными для юга Западной Сибири. При современной экономической ситуации такие системы экономически выгодны и экологически более безопасны.

3. Повышение эффективности системы энергообеспечения какого-либо объекта может быть осуществлено за счет комплекса мероприятий, учитывающих все факторы, оказывающие значимое влияние на энергопотребление. Эффективность использования энергии заключается в уменьшении количества потребления энергии без снижения комфорта. Эффективность также связана с минимизацией энергопотребления приборами нагрева воды, освещения и электрооборудованием, наилучшим использованием поступающего от внешних и внутренних источников тепла. На эффективность использования энергии оказывает существенное влияние форма здания, его функциональное назначение. Важными факторами являются контроль и управление климатом внутри помещений.

4. Комплексная модернизация систем энергоснабжения на основе возобновляемых источников позволит направить часть финансовых потоков, идущих в настоящее время на заготовку привозного угля, на создание новых рабочих мест на территории региона. Эти факторы наряду со снижением техногенных загрязнений, связанных со сжиганием каменного угля, будут способствовать положительным изменениям социально-экономической ситуации в регионе.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Федянин В.Я. Инновационные технологии для повышения эффективности алтайской энергетики: монография/В.Я. Федянин, В.А. Мещеряков. – Барнаул: Изд-во ААЭП, 2010. – 192 с.
2. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения/под ред. Э.В. Сарнацкого, С.А. Чистовича. – М.: Стройиздат, 1990. – 325 с.
3. Chiras, Laniel D. The Solar House: passive solar heating and cooling. – White River Junction, Vermont: Chelsea Green Publishing Company, 2002. – 274 с.
4. ТСН23-ЗХХ-2001 АлтК. Энергетическая эффективность жилых и общественных зданий: Нормы проектирования / администрация Алтайского края. – Барнаул, 2001. – 45 с.

**Федянин В.Я.** – д.т.н., профессор, E-mail: fedyanin054@mail.ru; **Шарипов Н.Б.** – аспирант, Алтайский государственный технический университет.