

**С.А. Баймуканов\***

Satbayev University, Алматы, Казахстан

\*e-mail: baimukanov.s@gmail.com

## **АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА**

**Аннотация.** В статье представлен обзор современных технологий и материалов, направленных на повышение энергосбережения зданий. В ходе работы изучена основная документация, регламентирующая рациональное потребление тепловых ресурсов в мире. Анализ причин потери тепловых ресурсов позволил выделить проблемные зоны строительных конструкций, требующих оптимизации. В данной работе выполнено сравнение эффективности инновационных способов со стандартными характеристиками существующих зданий. Проведено изучение инновационных решений, направленных на повышение энергетической эффективности зданий и сокращение пользования природными ресурсами. В статье рассмотрены основные направления энергосбережения: улучшение конструкций, мониторинг инженерных систем для анализа потребления тепловой энергии, оптимизированное теплоснабжение и применение новых материалов в ограждающих конструкциях. Приведены технические решения, которые позволяют обеспечить комфортную температуру в помещениях при минимальном использовании ресурсов.

**Ключевые слова:** энергоэффективность, энергосбережение, утепление, инновации, оптимизация, энергосберегающие технологии.

Появление энергоэффективных технологий в различных отраслях жизнедеятельности обусловлено тем фактом, что объемы природных ресурсов заметно сокращаются и необходимо искать более рациональные решения. В современном мире особую важность играют технологии, позволяющие свести тепловые потери в промышленности и жилищном секторе к минимуму. Значимость этих новшеств проявляется и для защиты окружающей среды, поскольку сокращается объем выбросов в атмосферу.

Первым шагом к развитию идеи эффективного применения энергии в строительстве можно считать Директиву Евросоюза 93/76 о сокращении выбросов углекислого газа, изданную в 1993 году. Основными аспектами документа являлись сертификация зданий, частные инвестиции в энергосбережение государственного сектора, новые стандарты теплоизоляции и проведение энергоаудитов [1].

Политика по уменьшению затрат на электроэнергию является приоритетной во всех сферах деятельности в нашем государстве. В Программе “Казахстан 2025” отмечено, что снижение энергопотребления – это одна из целей для перехода к зеленым технологиям. К 2025 году планируется снижение энергоемкости ВВП на 20%, а к 2050 году – на 50% [2, 3]. Кроме того, нормативно-техническая будет постоянно обновляться с учетом мирового опыта, что позволит оптимизировать энергозатраты в том числе.

Для оценивания и классификации зданий по тепловой эффективности создана стандартизованная маркировка, где буквой “Е” обозначается низкий класс энергосбережения и знаком “А++” – крайне высокий уровень экономии (таблица 1).

Таблица 1. Классы энергетической эффективности зданий [4]

Класс	Наименование класса энергетической эффективности	Величина отклонения расчетного (фактического) значения удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормативного значения, %	Рекомендуемые мероприятия
<b>Для новых и реконструируемых зданий</b>			
A++ A+ A	Очень высокий	Менее – 60 От -50 до – 60 От -40 до – 50	Экономическое стимулирование
B+ B	Высокий	От -30 до – 40 От -15 до -30	Экономическое стимулирование
C+ C C-	Нормальный	От - 5 до – 15 От + 5 до – 5 От + 15 до +5	
D	Пониженный	От + 15.1 до + 50	Реконструкция здания
E	Очень низкий	Более 50	Энергосберегающие мероприятия

Анализируя опыт различных стран, можно выделить следующие технологии в сфере энергосбережения:

1. Аэрогель – инновационный пористый материал, отличающийся уникальными свойствами: высокая прочность, низкая теплопроводность, устойчивость к высоким температурам и небольшая плотность. Структура материала включает в себя 80-99% воздуха, поэтому использование его в составе теплоизоляции дает значительную выгоду. В данный момент появились эластичные холсты с использованием данного геля в виде рулонов (рисунок 1), которые можно установить в качестве утепления стен, плит перекрытия и кровли [5].



Рисунок 1. Теплоизоляционные холсты из аэрогеля

Применять его можно и как составную часть оконной системы, заполняя аэрогелем пространство между стеклами (рисунок 2). Путем проведения экспериментов выявлено, что эта прослойка способна пропускать видимый свет, но при этом останавливать тепловую энергию. По сравнению с двойными низкоэмиссионными стеклами, новая технология сокращает теплотери до 55% при монолитном заполнении аэрогелем и до 25% - при использовании гранул [6].



Рисунок 2. Использование монолитного аэрогеля в остеклении

2. Для сохранения оптимальной температуры в здании используются материалы с изменяющимся фазовым состоянием (МИФС), способные поглощать и выделять тепло в зависимости от внешней температуры. В основе работы данной технологии лежат особенности фазовой структуры веществ, которые являются накопителем излишней теплоты в твердом состоянии и наоборот – в жидком виде. Фазопереходные материалы классифицируются по происхождению: к органическим относятся парафины и алканы, а к искусственным – гидраты солей [7].

В основном они применяются комбинативно со стандартными строительными материалами, позволяя улучшить тепловые показатели ограждающих конструкций. Используют комбинирование материалов путем добавления МИФС в растворы в полимерных капсулах или металлических контейнерах и способом пропитки пористых изделий (рисунок 3). В настоящее время фазопереходные добавки применяются при изготовлении растворов, гипсокартона, сэндвич-панелей и сборных плит перекрытия.

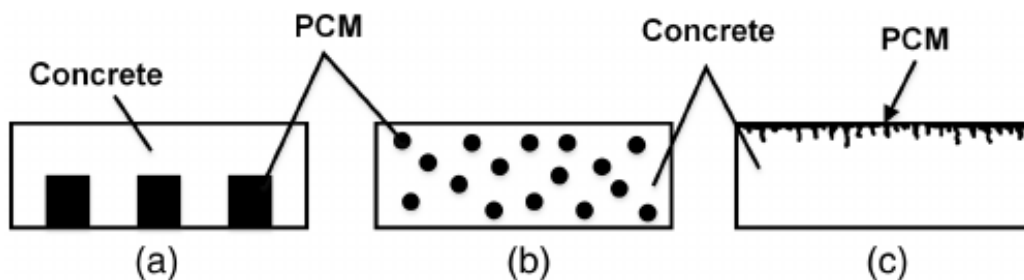
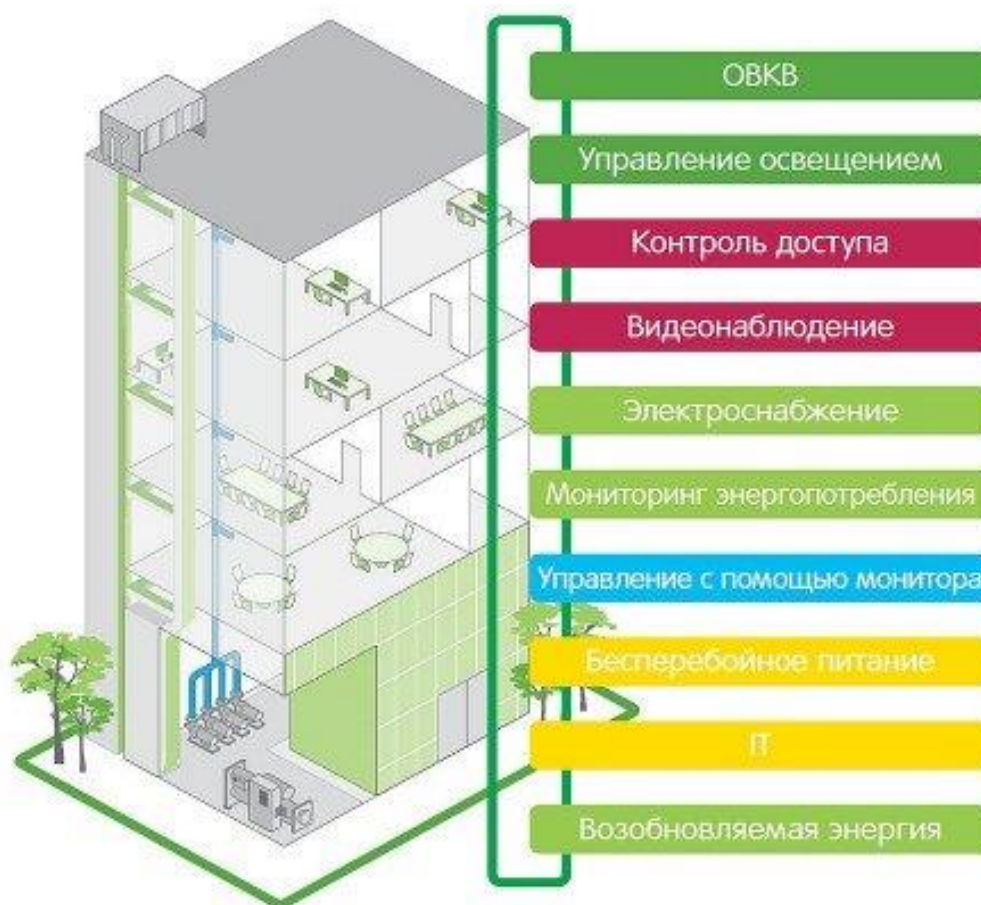


Рисунок 3. Методы использования МИФС в бетонных конструкциях: а – установка металлических контейнеров, б – добавление микрокапсул в состав, с – пропитка жидким раствором

Применение фазопереходных материалов сокращают пиковые значения температур, тем самым обеспечивая оптимальный режим и исключая резкие перепады температуры. Данное технологическое новшество позволяет сократить энергозатраты до 23% [8].

3. Сокращение энергопотерь может быть достигнуто путем анализа и выявления излишнего использования ресурсов. Для оптимального контроля внутреннего инженерного оборудования разработаны системы автоматизации (Building Management Systems), которые объединяют в себе широкий функционал управления зданиями (рисунок 4). Централизованное

управление для всех систем здания: отопления, кондиционирования, освещения и электричества здания позволяет рационально регулировать расход ресурсов, своевременно определять возникшие неполадки и вскоре устранять их.



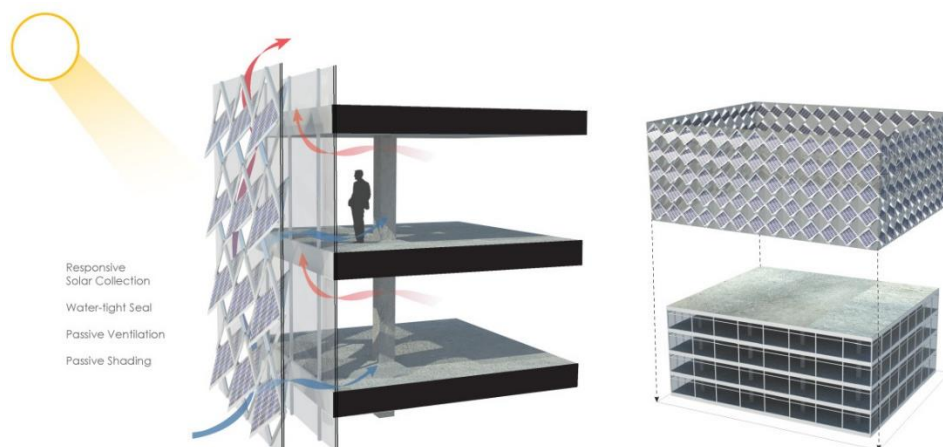
**Рисунок 4.** Системы, регулируемые BMS

Выгода применения системы BMS заключается в ее универсальности, которая позволяет контролировать основные инженерные сети здания. Также возможна установка автоматического изменения параметров системы в зависимости от времени, то есть снизить потребление в момент неиспользования помещений. Внедрение универсального управления зданиями позволит сократить расход энергоресурсов до 20 %. Помимо этого, безусловными достоинствами системы BMS являются интеграция пожарной безопасности, пожаротушения и охранной сигнализации [9, 10].

4. Устройство солнечных панелей в виде навесного фасада является одной из современных технологий по повышению эффективности существующих зданий. Особенностью данной системы считается адаптация к углу падения солнечных лучей, которая позволяет аккумулировать энергию на 40 % больше по сравнению со статическими панелями. Накопительные элементы фасада способны изменять положение в зависимости от времени суток, параллельно создавая пассивное затенение внутреннего пространства здания (рисунок 5). Система приводится в действие регуляторами поворота, которые работают совместно с датчиком расположения солнца.

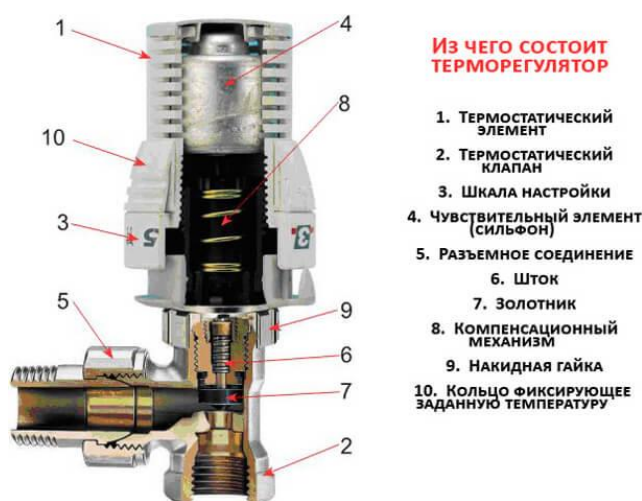
Кроме того, внешние панели создают дополнительную вентиляцию здания, что позволяет сократить расход энергии на кондиционирование помещений в жаркое время года. В итоге, использование адаптивных солнечных фасадов приводит к общему сокращению расхода ресурсов на 25% [11].





**Рисунок 5.** Система адаптивного солнечного фасада

5. Оптимизация тепловых ресурсов является одним из способов экономии электроэнергии. Установка радиаторных термостатов позволяет поддерживать оптимальную температуру в здании постоянно. Принцип работы данной технологии заключается в том, что прибор анализирует окружающую температуру и ограничивает доступ теплоносителя при необходимости. Схема механизма настраиваемого терморегулятора представлена на рисунке 6, что позволяет увидеть действие ручного контроллера на работу радиатора. Автоматические термостаты позволяют экономить до 20% расходов на отопление за счет исключения чрезмерного обогрева здания [12].



**Рисунок 6.** Устройство радиаторного терморегулятора

Каждая из вышеперечисленных технологий – результат исследований в области рационального потребления ресурсов, которые с каждым годом приносят новые варианты энергосбережения. Проанализировав мировой опыт, можно перенять наиболее целесообразные способы достижения эффективных показателей в различных сферах. Получение рационального результата по сохранению ресурсов возможно при комбинировании нескольких методов.

Подводя итоги, в современном мире повышение энергосбережения становится важной темой в строительной отрасли. Сокращение энергозатрат приносит выгоду как экономический инструмент, дающий возможность получать максимальную пользу от ресурсов и как вклад в защиту окружающей среды, сокращая количество вредных выбросов в атмосферу планеты.

**ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Council Directive 93/76/EEC of 13 September 1993 to limit carbon dioxide emissions by improving energy efficiency (SAVE)
- [2] Стратегический план развития Республики Казахстан до 2025 года
- [3] Концепция по переходу Республики Казахстан к “зеленой экономике”
- [4] СП РК 3.02-138-2013 «Энергосберегающие здания»
- [5] И.Л. Васильева, Д.В. Немова. Перспективы применения аэрогелей в строительстве // *Alfabuild* – 2018, Санкт-Петербург – 4(6) – С. 135-145
- [6] Cinzia Buratti, Elisa Moretti, Elisa Belloni and Michele Zinzi. Experimental and Numerical Energy Assessment of a Monolithic Aerogel Glazing Unit for Building Applications // *Applied Sciences* – 2019 – 9(24) , 5473
- [7] Р.А. Назиров, А.В. Тахтобин. Материалы с изменяющимся фазовым состоянием в ограждающих конструкциях // *Строительные материалы и технологии* – 2019, Красноярск – 6(86) – С. 66-85
- [8] Morshed Alam, Hasnat Jamil, Jay Sanjayan, John Wilson. Energy saving potential of phase change materials in major Australian cities // *Energy and Buildings* – 2014– 78 – С. 192-201
- [9] Существующие уровни BMS (системы управления зданием) [Электронный ресурс]. URL: <http://asupro.com/building/smart/existing-levels-bldg-management-system.html>
- [10] Building Management System services [Электронный ресурс]. URL: <https://www.greenconsultancy.com/discover-total-energy-management/identifying-energy-efficiency-opportunities/building-management-system-services>
- [11] Zoltan Nagy, Bratislav Svetozarevic, Prageeth Jayathissa, Moritz Begle, Johannes Hofer, Gearoid Lydon, Anja Willmann, Arno Schlueter. The Adaptive Solar Facade: From concept to prototypes // *Frontiers of Architectural Research* – 2016 – 5 – С. 143-156
- [12] Алоян Р.М., Федосов С.В., Опарина Л.А. Энергоэффективные здания – состояние, проблемы и пути решения – Иваново: ПресСто, 2016. – 276 с.

**REFERENCES**

- [1] Council Directive 93/76/EEC of 13 September 1993 to limit carbon dioxide emissions by improving energy efficiency (SAVE)
- [2] Strategicheskij plan razvitija Respubliki Kazahstan do 2025 goda
- [3] Konceptcija po perehodu Respubliki Kazahstan k “zelenoj jekonomike”
- [4] SP RK 3.02-138-2013 «Jenergoberegajushhie zdanija»
- [5] I.L. Vasil'eva, D.V. Nemova. Perspektivy primenenija ajerogelej v stroitel'stve // *Alfabuild* – 2018, Sankt-Peterburg – 4(6) – S. 135-145
- [6] Cinzia Buratti, Elisa Moretti, Elisa Belloni and Michele Zinzi. Experimental and Numerical Energy Assessment of a Monolithic Aerogel Glazing Unit for Building Applications // *Applied Sciences* – 2019 – 9(24) , 5473
- [7] R.A. Nazirov, A.V. Tahtobin. Materialy s izmenjajushhimsja fazovym sostojaniem v ograzhdajushhhij konstrukcijah // *Stroitel'nye materialy i tehnologii* – 2019, Krasnojarsk – 6(86) – S. 66-85
- [8] Morshed Alam, Hasnat Jamil, Jay Sanjayan, John Wilson. Energy saving potential of phase change materials in major Australian cities // *Energy and Buildings* – 2014– 78 – С. 192-201
- [9] Sushhestvujushhie urovni BMS (sistemy upravlenija zdaniem) [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://asupro.com/building/smart/existing-levels-bldg-management-system.html>
- [10] Building Management System services [Jelektronnyj resurs]. URL: <https://www.greenconsultancy.com/discover-total-energy-management/identifying-energy-efficiency-opportunities/building-management-system-services>
- [11] Zoltan Nagy, Bratislav Svetozarevic, Prageeth Jayathissa, Moritz Begle, Johannes Hofer, Gearoid Lydon, Anja Willmann, Arno Schlueter. The Adaptive Solar Facade: From concept to prototypes // *Frontiers of Architectural Research* – 2016 – 5 – С. 143-156
- [12] Alojjan R.M., Fedosov S.V., Oparina L.A. Jenergojefektivnye zdanija – sostojanie, problemy i puti reshenija – Ivanovo: PresSto, 2016. – 276 s.

**С.А. Баймуканов\***

Satbayev University, Алматы, Қазақстан

\*e-mail: baimukanov.s@gmail.com

### **ҚҰРЫЛЫС САЛАСЫНДА ЭНЕРГИЯ ТИІМДІ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУДЫ ТАЛДАУ**

**Андатпа.** Мақалада ғимараттарды энергияны үнемдеуге бағытталған заманауи технологиялар мен материалдарға шолу жасалады. Жұмыс барысында әлемде жылу ресурстарын ұтымды пайдалануды реттейтін негізгі құжаттама зерделенді. Жылу ресурстарының жоғалу себептерін талдау оңтайландыруды қажет ететін құрылыс конструкцияларының проблемалық аймақтарын анықтауға мүмкіндік берді. Бұл жұмыс инновациялық әдістердің тиімділігін қолданыстағы ғимараттардың стандартты сипаттамасымен салыстырды. Ғимараттардың энергетикалық тиімділігін арттыруға және табиғи ресурстарды пайдалануды қысқартуға бағытталған инновациялық шешімдерді зерделеу жүргізілді. Мақалада энергияны үнемдеудің негізгі бағыттары қарастырылған: құрылымдарды жақсарту, жылу энергиясын тұтынуды талдау үшін инженерлік жүйелердің мониторингі, оңтайландырылған жылуды жабдықтау және қоршау құрылымдарында жаңа материалдарды қолдану. Ресурстарды минималды пайдалану кезінде бөлмелерде жайлы температураны қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін техникалық шешімдер келтірілген.

**Негізгі сөздер:** энергия тиімділігі, энергия үнемдеу, оқшаулау, инновация, оңтайландыру, энергия үнемдеу технологиялары.

**S.A. Baimukanov\***

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

\*e-mail: baimukanov.s@gmail.com

### **ANALYSIS OF THE USE OF ENERGY-EFFICIENT TECHNOLOGIES IN THE CONSTRUCTION SECTOR**

**Abstract.** The article presents an overview of modern technologies and materials aimed at improving the energy saving of buildings. In the course of the work, the main documentation regulating the rational consumption of thermal resources in the world was studied. The analysis of the causes of the loss of thermal resources allowed us to identify problem areas of building structures that require optimization. In this paper, the effectiveness of innovative methods is compared with the standard characteristics of existing buildings. The study of innovative solutions aimed at improving the energy efficiency of buildings and reducing the use of natural resources was carried out. The article considers the main directions of energy saving: improvement of structures, monitoring of engineering systems for the analysis of heat energy consumption, optimized heat supply and the use of new materials in enclosing structures. The technical solutions that allow to provide a comfortable temperature in the premises with minimal use of resources are given.

**Keywords:** energy efficiency, energy saving, insulation, innovation, optimization, energy-saving technologies.