

Ф.С. Телгожаева<sup>1</sup>, А.А.Голегенова<sup>2</sup>, Р.Т. Нургалиева<sup>2</sup>,  
А.Д. Бердыгулова<sup>3</sup>, А.М.Тұрсынхан<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

<sup>2</sup>Международный инженерно-технологический университет, Алматы, Казахстан,

<sup>3</sup>Казахский университет международных отношений и мировых  
языков имени Абылай хана, Алматы, Казахстан

E-mail: faridats@mail.ru

## СОВРЕМЕННЫЕ СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ В ЗДАНИЯХ

**Аннотация.** На сегодняшний день системы управления в зданиях стали неотъемлемой частью концепции Smart city. Повышение энергоэффективности зданий вносит огромный вклад в экономику городов. Эффективное использование ресурсов, подводимых к зданиям, позволяет перераспределять ресурсы и повысить эффективность городских сооружений. Более того системы управления энергией в современных зданиях должны учитывать возможность генерации энергии зданиями с использованием возобновляемых источников энергии. В данной работе рассмотрены современные методы управления и повышения эффективности зданий с использованием различных методов, используемых в системах автоматического управления, такие как мониторинг, прогнозирование, оптимизация, сокращение энергопотребления. На основе проведенного анализа приведены основные направления будущих исследований в этой области.

**Ключевые слова.** Системы управления энергопотреблением здания (BEMS), ОВиК (HVAC), мониторинг энергопотребления зданий, оптимизация энергопотребления, прогнозирование энергопотребления.

### Введение.

Современные здания представляют собой сложные инженерные системы, определяемые их структурой, функциями и необходимым оборудованием. Для обеспечения комфорта жильцов и конечных пользователей в здании, а также для управления энергопотреблением используются системы управления энергопотребления зданий (BEMS - Building Energy Management System). Термин BEMS используется как для нежилых зданий, так и для жилых домов. Поскольку здание состоит из большого количества компонентов, различающихся по характеристикам и времени эксплуатации, BEMS обычно требует, чтобы это пространство было разделено на несколько зон, например, офисные помещения, зоны общего пользования, холлы и т.д., с набором параметров энергопотребления и контроля. Поэтому для каждой зоны здания необходима адекватная и надежная модель [1].

Управление тепловым комфортом осуществляется с помощью HVAC. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха составляют значительную часть энергопотребления в зданиях. Эффективное управление энергопотреблением в жилых домах также сокращает счета за электроэнергию и улучшает качество жизни. В системе HVAC установки отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха обеспечивают надлежащий тепловой комфорт и благоприятное качество воздуха в помещении для жителей.

Существует два типа обеспечения внутреннего комфорта, которыми можно управлять с помощью системы HVAC: тепловой комфорт и комфорт качества воздуха в

помещении. Температура воздуха в помещении обычно служит индикатором теплового комфорта. В холодное время года только отопительные приборы могут поддерживать комфортную температуру в помещении обеспечивая необходимую скорость нагревания помещения [2].

Точно так же в жаркую погоду тепло должно быть удалено со скоростью, с которой помещение получает тепло из пространства. Скорость получения или потери тепла зависит от разницы между температурой воздуха в помещении и температурой воздуха снаружи. Поэтому для поддержания стабильного теплового комфорта необходимо правильно управлять тепловым балансом, определяющим температуру в помещении, с помощью нагревательных и охлаждающих устройств. Оборудование HVAC должно быть тщательно отобрано и спроектировано для удовлетворения потребностей здания, исходя из различных строительных характеристик и различных климатических условий, без злоупотребления оборудованием.

### Материалы и методы.

Структура управления энергопотреблением в современных зданиях.

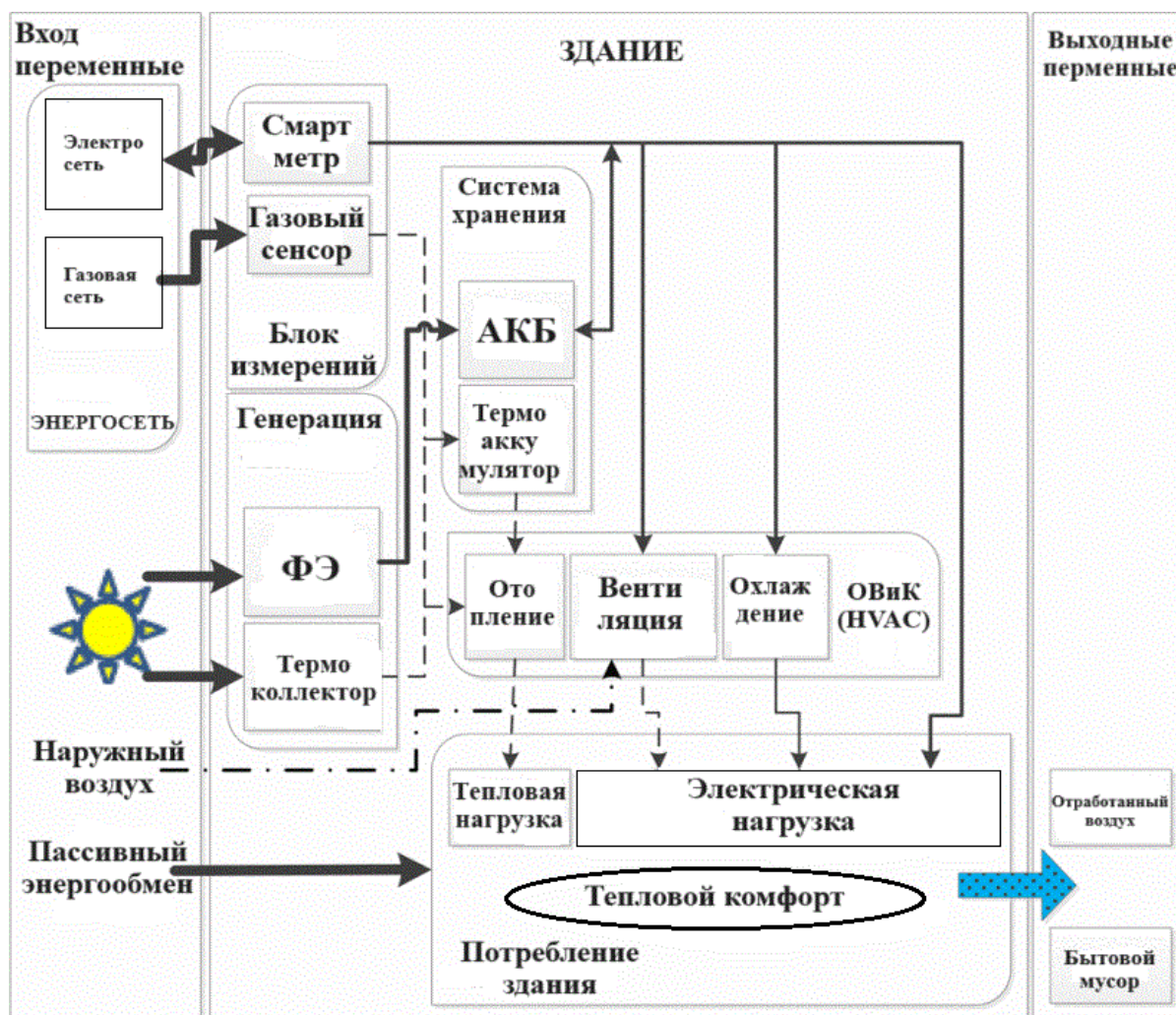


Рисунок 1 - Энергетическая диаграмма здания

На рисунке 1 показаны типичные подсистемы и функциональные блоки здания. Электрические и газовые сети соединены с системой энергосетей. Они отвечают за

энергоснабжение здания. Энергетическая сеть подключена к зданию через измерительную подсистему, которая отслеживает и собирает данные о чистом потоке энергии. На рисунке 1 также представлена локальная система генерации электроэнергии с помощью фотоэлектрических систем. Из-за возможного несоответствия между локальной генерацией электроэнергии и спросом на энергию и их непостоянного характера необходима подсистема хранения. Эти две подсистемы также подключены к зданию через измерительную подсистему. Тепловая подсистема отвечает за преобразование энергии из электрической в тепловую. Система отопления, вентиляции и охлаждения обеспечиваются системой ОВиК (HVAC). Потребительская нагрузка, нагрузка на охлаждение и отопление образуют электрическую и тепловую нагрузку.

В целом, мониторинг системы HVAC преследует две основные цели: энергосбережение и поддержание комфорта в помещении (включая тепловой комфорт и комфорт качества воздуха). Энергосбережение может быть достигнуто с помощью системы переменного объема воздуха (VAV - variable air volume), в которой поток объема подаваемого воздуха изменяется в соответствии с уменьшением пространственной нагрузки. Изменение скорости потока вентиляции влияет как на внутреннюю температуру, так и на концентрацию CO<sub>2</sub> в помещении. Было показано, что система VAV может снизить энергопотребление по сравнению с другими типами систем HVAC, такими как система постоянного объема воздуха (CAV - constant air volume), температура воздуха подачи которой изменяется в соответствии с изменением степени солнечного излучения. В работе [3] показана система контроля HVAC для обеспечения комфорта и повышения энергоэффективности.

Системы управления энергопотреблением (EMS - energy management system) позволяют поставщикам коммунальных услуг достигать своих целей на основе моделей прогнозирования возобновляемой генерации и спроса на нагрузку у потребителей. Эти системы могут контролировать и управлять потреблением энергии оборудованием в промышленности и строительстве в соответствии с различными разработанными функциями или логикой управления [4].

Таким образом обеспечение комфорта температуры и оптимизации энергопотребления с помощью систем HVAC является одной из задач BEMS (BEMS - building energy management system). Существует два типа методов BEMS: активные и пассивные. Пассивные методы основаны на разработке стратегий эффективного энергопотребления, методов сокращения косвенного использования энергии в зданиях и повышении осведомленности пользователя об энергетических ресурсах и затратах. Активные методы основаны на сочетании инфраструктуры исполнителей и датчиков в здании. На основе активных подходов для BEMS можно произвести классификацию методов по четырем стратегиям управления: мониторинг прогноза модели, управление спросом, оптимизация и обнаружение, и диагностика неисправностей [5].

Степень эффективности системы управления энергией в здании  $\eta$  определяется с помощью следующего уравнения:

$$\eta = \left(1 - \frac{E_{BEMS}}{E}\right) \times 100\%$$

где  $E_{BEMS}$  – суммарное энергопотребление здания с использованием BEMS,  $E$  – энергопотребление здания без использования BEMS [6].

Основные области интересов BEMS можно разделить на три области:

- 1) Энергоэффективность.
- 2) Интеграция BEMS с коммунальными услугами и интеллектуальными сетевыми технологиями и
- 3) устойчивость и безопасность. Задачи данных областей невозможно

решить с помощью типичных систем управления, которые не имеют необходимых систем обработки, мониторинга и оценки данных [7].

Таким образом, энергоэффективность зданий является важным вопросом мирового масштаба. Однако было показано, что только за счет реализации простых и дешевых стратегий по строительству и управлению энергоэффективность современных систем HVAC может быть увеличена более чем на 5% [8]. Кроме того, было показано, что энергоэффективность систем BEMS может быть увеличена до 40% за счет тщательного и расширенного мониторинга [9]. Однако сочетание факторов с большим количеством переменными, таких как возобновляемые источники энергии, требует адаптивных и динамических методов управления. Необходимы новые стандарты, позволяющие домам и зданиям взаимодействовать с электросетью, при этом здания становятся возобновляемыми генераторами и потребителями энергии.

#### *Стратегии управления в BEMS.*

Стратегиям управления и планирования BEMS уделяется большое внимание вследствие важности их роли в принятии решений, касающихся здания. Одной из важнейших проблем является принятие решений относительно модернизации систем зданий с целью повышения энергоэффективности, снижения энергопотребления и улучшения качества окружающей среды в помещениях [10].

#### *BEMS ориентированные на мониторинг.*

Мониторинг показателей энергопотребления внутри зданий является очень важным процессом для эффективной системы BEMS. Как правило, процесс мониторинга энергопотребления играет важную роль для большинства систем BEMS, поскольку он влияет на другие связанные процессы и функции, например, на задачи анализа, оценки, прогнозирования и оптимизации с точки зрения эффективности. Таким образом, это также повлияет на эффективность энергопотребления зданий. Рассмотренные научные исследования включали широкий спектр систем BEMS, применяемых в различных типах зданий для целей мониторинга. Мониторинг энергопотребления в зданиях осуществляется с использованием имитационной модели энергопотребления [11], диаграммы контроля качества [12], применяется в приложениях Интернета вещей [13]. Также ориентированная на мониторинг система BEMS иногда может быть использована для принятия решения о сокращении энергопотребления [14]. Сбор данных в ориентированных на мониторинг BEMS осуществляется с использованием энергетического аудита [13]. Эта концепция может быть использована в интеллектуальных зданиях с использованием датчиков. Энергетический аудит был использован до проведения процедуры анализа для реализации процедуры обследования энергетического менеджмента с использованием энергетического аудита. Иногда необходимо выполнить проверку и валидацию данных, связанных с потреблением энергии [11]. Эта процедура может быть очень полезна для целей прогнозирования [15]. В работе [11] предложенная модель осуществила проверку данных, полученных в результате мониторинга энергопотребления больничного здания за определенный период времени. Эта модель полезна для проверки собранных и измеренных данных по различным показателям, например, по ограждающим конструкциям зданий, системе кондиционирования, освещению и профилям жильцов, для прогнозирования энергопотребления. Эта модель также может использоваться для анализа данных на ежемесячной или годовой основе.

#### *BEMS, ориентированные на прогнозирование.*

В работах [16-18] BEMS направлены на минимизацию энергопотребления, обеспечение эффективного использования энергии в здании [17] и/или разработку эффективного метода управления энергопотреблением [19]. В [16] рассмотрен подход к управлению с помощью нелинейного динамического программирования для анализа минимизации энергопотребления с учетом тепловых характеристик. Полезно

прогнозировать потребность в энергии для трех типов зданий: с преобладанием отопления, кондиционирования и с термическим балансом. Авторы в работе [17] предложили модель, использующую параметры контроллера, которые влияют на поведение показателей. Через каждые 24 часа предлагается процесс прогнозирования того, каким будет потребление энергии на следующий день. В исследовании [18] прогнозирование применяется к микросети университетского городка для выполнения плана энергосбережения. После завершения процесса мониторинга выполняется процедура анализа, позволяющая составить прогноз для обеспечения энергосбережения. Сбора данных с интеллектуальных счетчиков и датчиков с двумя временными интервалами, которые составляют 15 минут и 24 часа. Что касается прогнозирования энергопотребления при оперативном управлении энергопотреблением, система BEMS была рассмотрена в [20]. В предлагаемой системе для прогнозирования энергопотребления используется базовая температура в градусах в сутки. BEMS может использовать этот метод для контроля эксплуатационных характеристик здания путем разделения энергопотребления между занятыми и незанятыми периодами. Адаптивное прогнозирование энергопотребления, применяемое к зданию, использующему несколько источников энергии, рассмотрено в работе [19]. Предложенная в [20] система BEMS отличается от предложенной в [19] тем, что используется один источник энергии. В статье [19] предлагается система, которая отслеживает потребление энергии, получаемой из различных источников, например, из возобновляемых источников энергии и электросетей. Затем он прогнозирует потребление энергии с использованием адаптивного алгоритма для проверки энергоэффективности. В работе [21] показано, что система, основанная на прогнозировании, улучшает работу системы и управление энергопотреблением. Кроме того, в [22] показано, что точность прогнозирования системы достигла 88% при использовании алгоритма, основанного на искусственном интеллекте.

*BEMS, ориентированные на оптимизацию.*

Оптимизация работы BEMS осуществляется для обеспечения оптимального планирования использования энергии и управления ею внутри здания. Функция оптимизации, связанная с таким BEMS, важна, поскольку она обеспечивает более высокую производительность с точки зрения энергоэффективности и снижения энергопотребления [23]. Кроме того, BEMS, ориентированная на оптимизацию, также важна для интеллектуальных зданий, как это показано в работах [24-25]. Существуют различные типы оптимизации BEMS, которые направлены на решение различных задач, например, оптимальное планирование работы компонентов местной энергетической системы [26] или для различных типов зданий, например, для умного дома [27]. В BEMS, предложенной в [26], применен двухэтапный метод оптимизации, который определяет наилучшее планирование ряда компонентов энергетической системы в рамках локальной системы управления энергопотреблением, что может способствовать повышению энергоэффективности. Другим способом оптимизации энергопотребления в зданиях является использование программируемого инструмента, основанного на планировании [27], который позволяет пользователю или жильцам устанавливать свои потребности в энергии на основе предварительно планируемой схемы. Он использует оптимизацию роя частиц для получения полуоптимальных значений, которые помогают достичь оптимизированной системы BEMS для умного дома. Иногда ориентированный на оптимизацию BEMS использует многоцелевой алгоритм [23], а некоторые другие BEMS используют одноцелевой алгоритм оптимизации, представленный в [28]. Многоцелевой алгоритм был применен к реальному сценарию общественных зданий в Италии, в то время как алгоритм, описанный в [23], содержащий одноцелевой проект, был применен к умному дому (отдельному жилому зданию). Многоцелевое исследование BEMS [23] было сосредоточено на определении оптимального плана модернизации, чтобы принять

решение о наиболее оптимальном с точки зрения эффективности и комфорта плане энергетической модернизации для группы зданий. Как показали полученные результаты, такое исследование помогло городскому руководству принять решение об улучшении работы энергетических систем зданий.

*BEMS, ориентированные на сокращение энергопотребления.*

В системах BEMS этого типа основной целью является снижение энергопотребления [29] при одновременном обеспечении комфорта пользователей. Некоторые предлагаемые системы BEMS позволяют управлять состоянием воздуха [30], а другие рассматривают системы управления HVAC [31]. Системы управления энергопотреблением, учитывающие большие нагрузки, такие как HVAC, влияют на потребление энергии [32]. Такая эффективная система BEMS может улучшить энергетические показатели. В [30] предлагаемая система касается управления энергопотреблением с точки зрения реагирования на спрос. В работе был предложен многоцелевой алгоритм, который количественно оценивает потребность в энергии и в то же время обеспечивает комфорт жильцов или потребителей. Для этого в данном исследовании были использованы 8 кондиционеров, работающих в зависимом и независимом сценариях. Было проведено сравнение между этими двумя сценариями. Это касается жилых зданий с точки зрения эксплуатации, например, систем кондиционирования воздуха. В то время как в [31] работа посвящена системам кондиционирования воздуха, которые были размещены в университетских библиотеках. Было проанализировано потребление энергии и был сделан вывод о том, что морозильная камера является одним из наиболее энергоемких компонентов в системах кондиционирования воздуха. Таким образом, авторы разработали электронную логическую схему для системы водяного охлаждения, чтобы контролировать и снижать потребление энергии, вызванное системой кондиционирования воздуха внутри библиотечного комплекса. Такая система BEMS может быть оптимизирована для обеспечения баланса между снижением энергопотребления и комфортом жильцов или пользователей с использованием системы нечеткой логики. В [33] ее целью является снижение энергопотребления в зданиях аэровокзалов. В ней использовались стратегии нечеткого управления. Им удалось выполнять оперативные функции, например, регулировать освещенность и внешнюю температуру в терминалах, основываясь на отслеживаемом расписании рейсов, чтобы выполнять функцию подсчета пассажиров по прибытии и отправлению. В этой работе основное внимание уделялось оптимизации управления энергопотреблением в здании терминала. Система оптимизирована с учетом температуры, потоков воздуха и освещения для пассажиров.

*Будущие стратегии управления в BEMS.*

Существует несколько вопросов, касающихся будущих направлений развития систем управления энергопотреблением в зданиях, которые можно охарактеризовать следующим образом:

- 1) Внедрение и интеграция BEMS и Интернета вещей с последующим созданием мультиагентных систем.
- 2) Использование BEMS, ориентированных на прогнозирование в режиме реального времени для реагирования на изменения погоды.
- 3) Использование нелинейных систем автоматического управления для создания BEMS.
- 4) Широкое использование искусственного интеллекта для принятия решений в управлении энергопотреблением в зданиях.
- 5) Необходимо найти компромисс между сложностью оборудования и количеством необходимого оборудования для мониторинга при проектировании систем управления энергопотреблением в зданиях.

### **Заклучение.**

В данной работе представлены результаты исследований в области систем управления энергопотреблением в зданиях. Результаты последних исследований показывают, что управление энергопотреблением в зданиях является актуальной задачей автоматизации и управления. Важную роль в энергопотреблении зданий играют ОВиК системы, обеспечивающие комфорт жильцов и резидентов зданий. В данной работе приведена классификация современных систем управления энергопотреблением в зданиях BEMS и показаны направления будущих исследований и перспективы развития данного направления.

### **ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Hurtado L. A. et al. Building energy management systems—Optimization of comfort and energy use //2013 48th International Universities' Power Engineering Conference (UPEC). – IEEE, 2013. – С. 1-6.
- [2] Mathews E. H. et al. HVAC control strategies to enhance comfort and minimise energy usage //Energy and buildings. – 2001. – Т. 33. – №. 8. – С. 853-863.
- [3] Yang R., Wang L. Optimal control strategy for HVAC system in building energy management //PES T&D 2012. – IEEE, 2012. – С. 1-8.
- [4] Lee D., Cheng C. C. Energy savings by energy management systems: A review //Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2016. – Т. 56. – С. 760-777.
- [5] Mariano-Hernández D. et al. A review of strategies for building energy management system: Model predictive control, demand side management, optimization, and fault detect & diagnosis //Journal of Building Engineering. – 2021. – Т. 33. – С. 101692.
- [6] Lee D., Cheng C. C. Energy savings by energy management systems: A review //Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2016. – Т. 56. – С. 760-777.
- [7] Manic M. et al. Building energy management systems: The age of intelligent and adaptive buildings //IEEE Industrial Electronics Magazine. – 2016. – Т. 10. – №. 1. – С. 25-39.
- [8] Costa A. et al. Building operation and energy performance: Monitoring, analysis and optimisation toolkit //Applied energy. – 2013. – Т. 101. – С. 310-316.
- [9] Whitehouse K. et al. Towards occupancy-driven heating and cooling //IEEE Design & Test of Computers. – 2012. – Т. 29. – №. 4. – С. 17-25.
- [10] Ruggeri A. G. et al. Planning energy retrofit on historic building stocks: A score-driven decision support system //Energy and Buildings. – 2020. – Т. 224. – С. 110066.
- [11] Kalogeras G. et al. Verification and validation of a simulation model for energy use in buildings //2018 14th IEEE International Workshop on Factory Communication Systems (WFCS). – IEEE, 2018. – С. 1-4.
- [12] Puranik V. S. CUSUM quality control chart for monitoring energy use performance //2007 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management. – IEEE, 2007. – С. 1231-1235.
- [13] Sulistyanto M. P. T. et al. Preliminary study of utilizing Internet of Things for monitoring energy use in building to support energy audit process //2017 4th international conference on computer applications and information processing technology (CAIPT). – IEEE, 2017. – С. 1-7.
- [14] Azar E., Menassa C. C. A decision framework for energy use reduction initiatives in commercial buildings //Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference (WSC). – IEEE, 2011. – С. 816-827.
- [15] Zhou R. et al. Building energy use prediction using time series analysis //2013 IEEE 6th International Conference on Service-Oriented Computing and Applications. – IEEE, 2013. – С. 309-313.

[16] Atam E. et al. Optimal control approaches for analysis of energy use minimization of hybrid ground-coupled heat pump systems //IEEE Transactions on Control Systems Technology. – 2015. – Т. 24. – №. 2. – С. 525-540.

[17] Giannakis G. I. et al. A model-assisted adaptive controller fine-tuning methodology for efficient energy use in buildings //2011 19th Mediterranean Conference on Control & Automation (MED). – IEEE, 2011. – С. 49-54.

[18] Aman S., Simmhan Y., Prasanna V. K. Improving energy use forecast for campus micro-grids using indirect indicators //2011 IEEE 11th International Conference on Data Mining Workshops. – IEEE, 2011. – С. 389-397.

[19] Yoon S. H. et al. Multiple power-based building energy management system for efficient management of building energy //Sustainable Cities and Society. – 2018. – Т. 42. – С. 462-470.

[20] Meng Q., Mourshed M., Wei S. Going beyond the mean: Distributional degree-day base temperatures for building energy analytics using change point quantile regression //IEEE Access. – 2018. – Т. 6. – С. 39532-39540.

[21] Zhang Y. et al. Planning and operation of an integrated energy system in a Swedish building //Energy conversion and management. – 2019. – Т. 199. – С. 111920.

[22] Ali U. et al. A data-driven approach for multi-scale GIS-based building energy modeling for analysis, planning and support decision making //Applied Energy. – 2020. – Т. 279. – С. 115834.

[23] Carli R. et al. A decision-making technique to optimize a buildings' stock energy efficiency //IEEE transactions on systems, man, and cybernetics: systems. – 2016. – Т. 47. – №. 5. – С. 794-807.

[24] Han J. et al. Smart home energy management system including renewable energy based on ZigBee and PLC //IEEE Transactions on Consumer Electronics. – 2014. – Т. 60. – №. 2. – С. 198-202.

[25] Collotta M., Pau G. A novel energy management approach for smart homes using bluetooth low energy //IEEE Journal on selected areas in communications. – 2015. – Т. 33. – №. 12. – С. 2988-2996.

[26] Gruber J. K., Prodanovic M. Two-stage optimization for building energy management //Smart Energy Control Systems for Sustainable Buildings. – Springer International Publishing, 2017. – С. 225-243.

[27] Pedrasa M. A. A., Spooner T. D., MacGill I. F. Coordinated scheduling of residential distributed energy resources to optimize smart home energy services //IEEE transactions on smart grid. – 2010. – Т. 1. – №. 2. – С. 134-143.

[28] Waibel C. et al. Building energy optimization: An extensive benchmark of global search algorithms //Energy and Buildings. – 2019. – Т. 187. – С. 218-240.

[29] Jones S. R. et al. A control methodology for building energy management systems (BEMS) in heat networks with distributed generation //Energy Procedia. – 2018. – Т. 153. – С. 295-302.

[30] Perfumo C., Ward J. K., Braslavsky J. H. Reducing energy use and operational cost of air conditioning systems with multi-objective evolutionary algorithms //IEEE Congress on Evolutionary Computation. – IEEE, 2010. – С. 1-8.

[31] Jiang Q. et al. Research on building energy management in HVAC control system for university library //Energy Procedia. – 2018. – Т. 152. – С. 1164-1169.

[32] Sadat-Mohammadi M. et al. Robust scheduling of multi-chiller system with chilled-water storage under hourly electricity pricing //Energy and Buildings. – 2020. – Т. 218. – С. 110058.



[33] Mambo A. D., Eftekhari M., Thomas S. Fuzzy supervisory control strategies to minimise energy use of airport terminal buildings //18th International Conference on Automation and Computing (ICAC). – IEEE, 2012. – С. 1-6.

**Фарида Телгожаева**, докторант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан, faridats@mail.ru

**Акмарал Толегенова**, PhD, Халықаралық инженерлік-технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, akmaral.tolegenova90@gmail.com

**Рахилия Нургалиева**, магистр, Халықаралық инженерлік-технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, rakhilya.nurgaliyeva@gmail.com

**Айнагуль Бердыгулова**, магистр, Абылай хан атындағы Қазақ халықаралық қатынастар және әлем тілдері университеті, Алматы, Қазақстан, aina\_01@bk.ru

**Айнұр Тұрсынхан**, магистр, Халықаралық инженерлік-технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, tursynhan.aynur@mail.ru

## ҒИМАРАТТАРДАҒЫ ЭНЕРГИЯНЫ БАСҚАРУДЫҢ ЗАМАНАУИ СТРАТЕГИЯЛАРЫ

**Аңдатпа.** Бүгінгі таңда ғимараттардағы басқару жүйелері Smart City тұжырымдамасының ажырамас бөлігіне айналды. Ғимараттардың энергия тиімділігін арттыру қала экономикасына үлкен үлес қосады. Ғимараттарға жеткізілетін ресурстарды тиімді пайдалану ресурстарды қайта бөлуге және қалалық құрылыстардың тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, қазіргі заманғы ғимараттардағы энергияны басқару жүйелері жаңартылатын энергия көздерін қолдана отырып, ғимараттардың энергия алу мүмкіндігін ескеруі керек. Бұл жұмыс мониторинг, болжау, оңтайландыру, энергия тұтынуды азайту сияқты автоматты басқару жүйелерінде қолданылатын әртүрлі әдістерді қолдана отырып, ғимараттарды басқарудың және тиімділікті арттырудың заманауи әдістерін қарастырады. Жүргізілген талдау негізінде осы саладағы болашақ зерттеулердің негізгі бағыттары келтірілген.

**Түйінді сөздер.** Ғимараттың энергияны басқару жүйелері (BEMS), ОВиК (HVAC), ғимараттың энергия тұтынуын бақылау, энергияны тұтынуды оңтайландыру, энергия тұтынуды болжау.

**Farida Telgozhayeva**, doctoral student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, faridats@mail.ru

**Akmaral Tolegenova**, PhD, International Engineering Technological University, Almaty, Kazakhstan, akmaral.tolegenova90@gmail.com

**Rakhilya Nurgaliyeva**, master, International Engineering Technological University, Almaty, Kazakhstan, rakhilya.nurgaliyeva@gmail.com

**Ainagul Berdygulova**, master, Kazakh Abylai Khan University of International Relations and World Languages, Almaty, Kazakhstan, aina\_01@bk.ru

**Ainur Tursynkhan**, master, International Engineering Technological University, Almaty, Kazakhstan, tursynhan.aynur@mail.ru

## MODERN STRATEGIES FOR ENERGY MANAGEMENT IN BUILDINGS

**Abstract.** Today, building management systems have become an integral part of the Smart City concept. Improving the energy efficiency of buildings makes a huge contribution to

the economy of cities. Efficient use of the resources supplied to buildings allows you to redistribute resources and increase the efficiency of urban structures. Moreover, energy management systems in modern buildings must take into account the possibility of energy generation by buildings using renewable energy sources. In this paper, modern methods of managing and improving the efficiency of buildings using various methods used in automatic control systems, such as monitoring, forecasting, optimization, and reduction of energy consumption, are considered. Based on the analysis, the main directions of future research in this area are presented.

**Keywords.** Building Energy Management Systems (BEMS), HVAC (HVAC), building energy consumption monitoring, energy consumption optimization, energy consumption forecasting.

\*\*\*\*\*