

УДК 697.352

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ ЗДАНИЙ

**Вагин Глеб Александрович**, магистрант, направление подготовки 08.04.01 Строительство, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: gl.vagin@ya.ru

Научный руководитель: **Закируллин Рустам Сабирович**, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения, вентиляции и гидромеханики, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: rustam.zakirullin@gmail.com

**Аннотация.** Данная статья рассматривает тему уменьшения затрат ресурсов в системах отопления. Основная цель данной статьи – предложить систему управления на основе BMS, которая оптимизирует потребление энергии для обеспечения среднесрочной и долгосрочной поставки электроэнергии и тепловой энергии по сниженной цене. Используемый подход – теоретический. В данной статье предложено решение для интеллектуальной системы на основе BMS для оптимизации потребления тепловой энергии. Актуальность исследования заключается в том, что большое количество тепловой энергии расходуется неэффективно и задачей данной системы является достижение оптимизации энергопотребления с точки зрения энергии, используемой для обогрева здания в холодное время года. Это решение включает в себя когенерационную установку, которая производит электрическую и тепловую энергию. В дальнейших исследованиях планируется провести анализ эффективности системы BMS в системах вентиляции и кондиционирования.

**Ключевые слова:** умное здание, энергоэффективность, система управления зданием.

**Для цитирования:** Вагин Г. А. Оптимизация теплопотребления зданий // Шаг в науку. – 2023. – № 1. – С. 21–25.

## OPTIMIZATION OF HEAT CONSUMPTION OF BUILDINGS

**Vagin Gleb Alexandrovich**, postgraduate student, training program 08.04.01 Construction, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: gl.vagin@ya.ru

Research advisor: **Zakirullin Rustam Sabirovich**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Heat and Gas Supply, Ventilation and Hydromechanics, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: rustam.zakirullin@gmail.com

**Abstract.** This article deals with the topic of reducing the cost of resources in heating systems. The main goal of this article is to propose a BMS-based control system that optimizes energy consumption to ensure medium and long-term supply of electricity and heat at a reduced cost. The approach used is theoretical. This article proposes a solution for an intelligent system based on BMS to optimize the consumption of thermal energy. The relevance of the study lies in the fact that a large amount of thermal energy is spent inefficiently and the task of this system is to achieve energy consumption optimization in terms of the energy used to heat the building during the cold season. This solution includes a cogeneration plant that produces electricity and heat. In further studies, it is planned to analyze the effectiveness of the BMS system in ventilation and air conditioning systems.

**Key words:** smart building, energy efficiency, building management system.

**Cite as:** Vagin, G. A. (2023) [Optimization of heat consumption of buildings]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 1, pp. 21–25.

BMS – это система автоматизации и управления [5], используемая в крупных зданиях. Они могут контролировать системы освещения, электропитания, безопасности, отопления/холода и вентиляции [2]. С развитием концепции IoT (Интернета вещей) в эту концепцию стали интегрироваться BMS [3, 4].

Используя BMS, можно получить множество преимуществ, от самых простых до самых сложных,

без модификации исходных систем производства тепла/холода. Эти преимущества включают в себя:

- Управление потреблением тепловой энергии путем регистрации и корректировки средней температуры здания; мы даже можем определить и избежать потенциальных системных аномалий.

- Управление минимальными и максимальными температурными порогами для каждой ком-

наты. Это предотвратит любые ошибки ручной настройки или злонамеренное вмешательство пользователей. Например, если минимально-максимальный порог установлен системой дистанционно от 10 °С до 23 °С, никто не может включить или забыть выключить радиатор, чтобы температура в помещении не превышала 23 °С. Система BMS отключит его автоматически, независимо от решения пользователя.

– Управление температурой в каждой комнате в зависимости от обстоятельств, таких как лето, зима, день, ночь и т. д.

– Управление событиями в каждой комнате, автоматическая регулировка температуры при открытии двери или окна.

Все эти функции приведут к следующему:

- удобная управляемая среда;
- энергосбережение;
- интеллектуальный контроль энергопотребления;
- интеллектуальный контроль использования системы.

Дополнительные опции можно добавить в любой момент после установки и настройки системы:

– Управление обогревом/охлаждением зависит от количества людей в помещении. Это можно определить с помощью дверных контакторов и/или ИК-детекторов или датчиков любого другого типа.

– Управление и контроль системы отопления/охлаждения путем добавления альтернативных источников энергии, таких как солнечная энергия, энергия когенерации и т. д., и оптимизации их использования.

В этой статье представлена общая архитектура и работа системы управления отоплением студенческих комнат или общежития. В рамках этой системы в каждой комнате будет датчик температуры и электроклапан для управления системой отопления. Они связаны между собой полевой шиной (MODBUS TCP/IP), что позволяет осуществлять удаленную связь с ними. Решение также включает когенерационную установку, размещенную на территории кампуса для производства тепла; имеет подключение к городской системе центрального отопления, которую можно использовать, если когенерационная установка не справляется или работает не в оптимальных параметрах (отказоустойчивая).

Система будет работать по следующему принципу: каждый электроклапан и датчик температуры будут подключены к ПК в общей диспетчерской через полевую шину (MODBUS TCP/IP). Они будут эксплуатироваться и управляться компьютером, который будет интегрировать эти данные вместе с данными от теплообменников и группы когенерации, получая асинхронные операции в соответствии с погодными условиями и ограничениями, налагаемыми пользователями и администраторами,

конечной целью является для максимального КПД установки или, другими словами, для экономии тепловой энергии [7].

Что касается базовой структуры системы, а также ее работы, мы будем следовать рисунку 1. В здании находится диспетчерская, где на промышленном компьютере выполняется BMS, который будет отправлять команды как в сеть передачи, так и в систему производства теплоносителя, чтобы обеспечить оптимальную работу системы и предотвратить проблемы с давлением и температурой в системе. Кроме того, существует центральная система, которая примет на себя и централизует данные из системы. SCADA-система [5], которая управляет когенерационной установкой, также будет установлена в этой центральной системе. С центрального компьютера можно установить время подписки для каждой комнаты. Если в комнате никого нет, температура окружающей среды будет установлена на минимально возможное значение. Если датчики в помещении обнаружат, что окно или дверь оставлены открытыми, система отопления отключится.

Данные, которые централизованы в системе, поступают как из внешней транспортной сети, расположенной за пределами студенческих общежитий, так и, особенно, из внутренней распределительной сети, расположенной внутри здания.

С другой стороны, передаваемые команды будут поступать как на когенерационную группу, так и на теплообменники в месте слияния внешней и внутренней сетей внутри каждого дома. Все клапаны и электрические насосы в каждой колонне с тепловым агентом также будут управляться электронным способом (см. рисунок 2).

Когда датчики температуры показывают, что желаемые параметры достигнуты, электромагнитные клапаны рециркулируют теплоноситель на уровень здания. Если большая часть электромагнитных клапанов закрыта, то будет подана команда на отключение теплообменника, тем самым прекратив поступление теплоносителя в здание [1]. В зависимости от этого условия, команда производства тепловой энергии будет передана когенерационной группе, таким образом выбирая координацию между производством тепловой энергии и существующей потребностью в системе. Это приведет к достижению цели по оптимизации потребления и рационализации производства и использования теплоносителя.

На основе анализа полученная информация привела к следующим концепциям, а именно:

Тепловая энергия обеспечивается через тепловую сеть кампуса, в которой в качестве теплоносителя используется нагретая вода, распределяемая по сети металлических или шестигранных труб, а в качестве источника отопления в помещениях используются радиаторы.

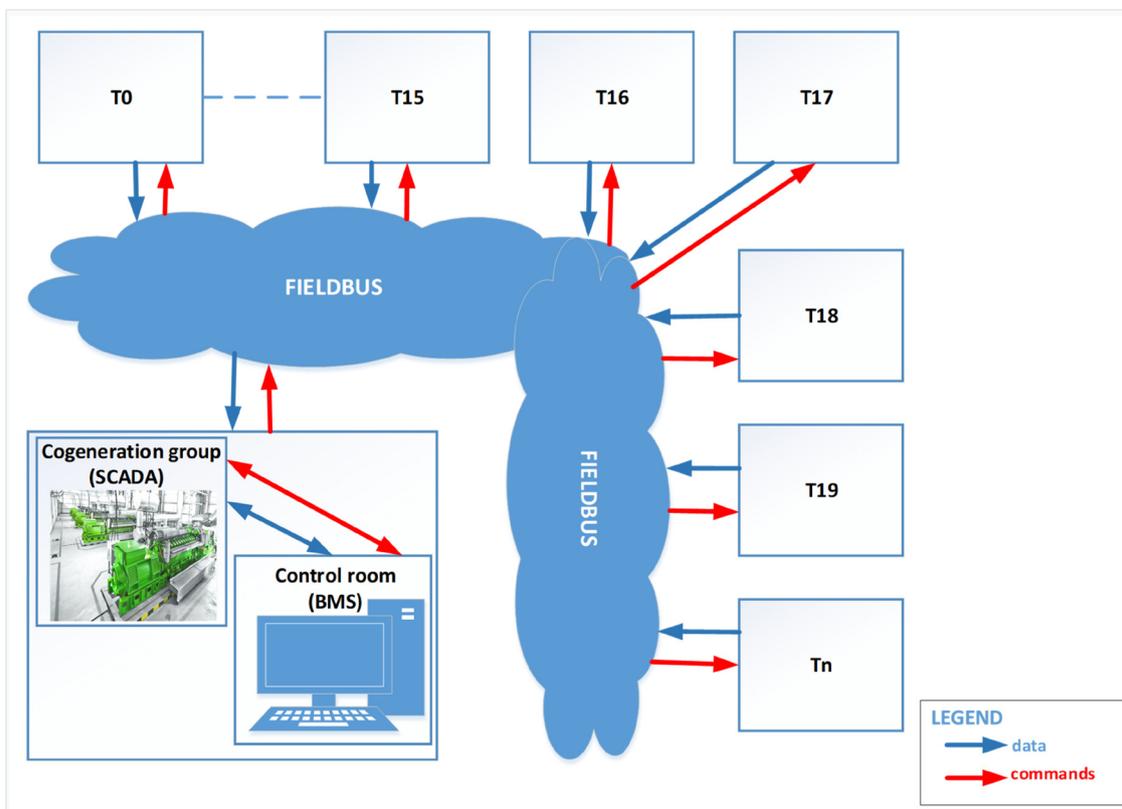


Рисунок 1. Архитектура передачи данных из команд  
 Источник: заимствовано из [6]

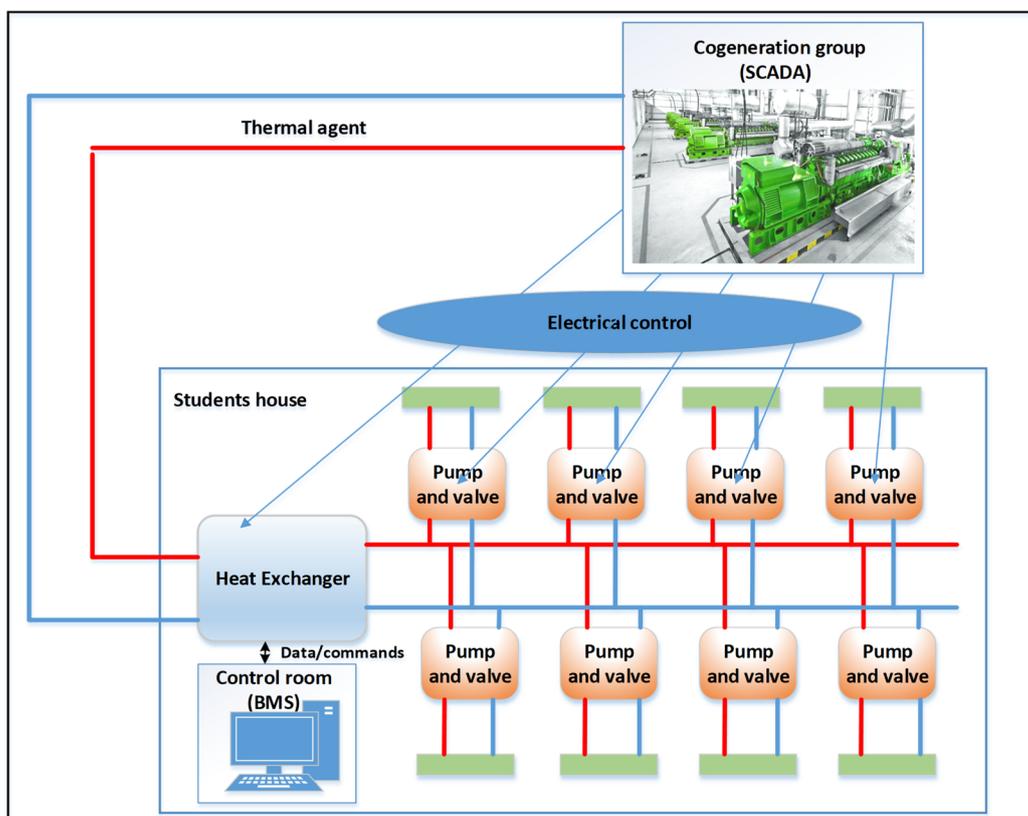


Рисунок 2. Теплоноситель из здания  
 Источник: заимствовано из [6]

Управление теплом осуществляется как на уровне здания, так и на уровне помещения. Теплоноситель передается на уровень каждой комнаты с помощью колонны, которая подключена к системе центрального отопления, расположенной в подвале зданий, которая подает нагретую воду в 1 или 2 конца на каждом этаже (см. рисунок 3).

В каждой комнате будет установлен датчик температуры, используемый для оценки температуры окружающей среды и для использования в качестве ориентира.

Программная система будет координировать процесс производства, транспортировки и распределения теплоносителя внутри системы.

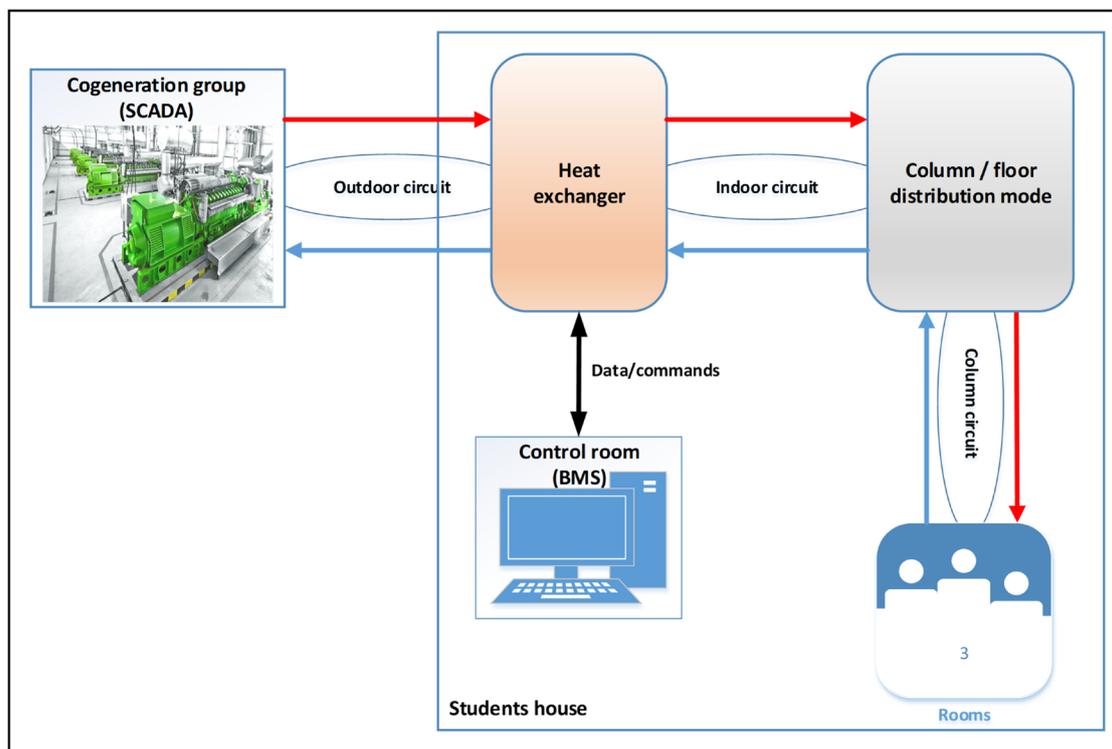


Рисунок 3. Принципиальная схема существующей системы теплоснабжения

Источник: заимствовано из [6]

Автоматизация и управление когенерационной группой осуществляется с помощью программного обеспечения SCADA, которому, в свою очередь, необходимо передавать данные и получать команды от BMS.

Энергоэффективность зданий становится все более важной проблемой. Эффективное управление энергопотреблением может привести к значительной экономии с точки зрения финансовых затрат и энергопотребления (что особенно важно в нынешних условиях глобального потепления). В данной статье представлено решение, принятое для энергетической реабилитации студенческого общежития в университетском городке. Решение включает в себя установку датчика температуры

и электроклапана в каждой комнате для контроля температуры в помещении в зависимости от активности в помещении, ожидаемых погодных условий и желаемой температуры в помещении.

В заключение можно сказать, что первоначальная цель (снижение потребления тепловой энергии и электроэнергии) может быть достигнута с помощью данной системы. Для дальнейшего снижения потребления электроэнергии из основной сети система может быть расширена за счёт использования возобновляемых источников энергии, таких как солнечные батареи. Эти возобновляемые источники энергии могут привести к снижению потребления электроэнергии в централизованной системе, особенно в жаркое время года.

#### Литература

1. Лапин Ю. Н. Автономные экологические дома. – М. : Алгоритм, 2005. – 415 с.
2. Minoli D., Sohrawy K., Occhiogrosso B. IoT Considerations, Requirements, and Architectures for Smart Buildings—Energy Optimization and Next-Generation Building Management Systems. IEEE Internet Things J. 2017, – № 4, – pp. 269–283.

3. Tu W.-F., Wang Y.-S., Chen T.-S. Analysis on Predictive Water Temperature with PID Controller and SCADA System. In Proceedings of the 2021 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS), Hualien City, Taiwan, 16–19 November 2021. – pp. 1–2.
4. Ungurean I., Gaitan N. C. A Software Architecture for the Industrial Internet of Things – A Conceptual Model. *Sensors* 2020. – № 20. – pp. 5603.
5. Ungurean I., Gaitan N. C. Monitoring and control system for smart buildings based on OPC UA specifications. In Proceedings of the 2016 International Conference on Development and Application Systems (DAS), Suceava, Romania, 19–21 May 2016. – pp. 82–85.
6. Ungurean I., Gaitan N. C., Gaitan V. G. Transparent interaction of SCADA systems developed over different technologies. In Proceedings of the 2014 18th International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC), Sinaia, Romania, 17–19 October 2014. – pp. 476–481.
7. Wang F., Yang W.-J., Sun W.-F. Heat Transfer and Energy Consumption of Passive House in a Severely Cold Area: Simulation Analyses. *Energies* 2020. – № 13. – pp. 626.

Статья поступила в редакцию: 20.12.2022; принята в печать: 03.03.2023.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.