

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ И СЦЕНАРИЕВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЗДАНИЕМ ДЛЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

Аннотация: В исследовании рассмотрено применение систем автоматизированного управления зданием как инструмента для повышения показателей энергоэффективности, экологичности. Рассматривается актуальность перехода на подобные системы в условиях роста стоимости энергоресурсов, ужесточения экологических норм. Проанализированы ключевые алгоритмы и сценарии управления системами вентиляции, кондиционирования и теплоснабжения. Проведена оценка влияния систем автоматизированного управления зданием на комфорт пользователей.

Ключевые слова: система автоматизированного управления зданием, Building management system, энергоэффективность, экологичность, вентиляция, кондиционирование, отопление

Abstract: This paper examines the use of building management systems as a tool for improving energy efficiency and environmental performance. The relevance of transitioning to similar systems is discussed in the context of rising energy costs and stricter environmental regulations. Key algorithms and scenarios for managing ventilation, air conditioning, and heating systems are analyzed. An automated building management system for comfortable use is developed.

Keywords: building management system, building management system, energy efficiency, environmental performance, ventilation, air conditioning, heating.

Термин автоматизированное управление зданием или BMS (Building management system) обозначает систему, состоящую из различного рода датчиков, регуляторов, а также элементов контроля и управления, что позволяет адаптировать работу различных систем здания, таких как система водо- и теплоснабжения, освещения, вентиляции и кондиционирования, сеть электроэнергии. Такая гибкость систем здания позволяет своевременно реагировать на внутренние и внешние изменения, например, изменения погодных условиях, увеличение или уменьшение количества человек здании и т.п. В свою очередь своевременное реагирование на изменения позволяет

добиться значительной экономии на электроэнергии и прочих дорогих ресурсах [1]. Этот факт придает исследованию алгоритмов работы и возможных сценариев использования BMS особую актуальность в современном мире, где энергия становится все дороже [2]. Не стоит забывать и о экологической стороне вопроса, так как BMS позволяет экономить электроэнергию, за выработку которой в большинстве стран мира отвечают теплоэлектростанции, работающие на невозобновляемых источниках энергии.

Особенно эффективно система автоматизированного управления зданием способна показать себя в условиях промышленной и коммерческой недвижимости, поэтому в качестве рассматриваемого примера было выбрано офисное здание, находящееся в умеренном климатическом поясе.

Внедрение BMS в управление системами вентиляции, кондиционирования и теплоснабжения возможна различными способами. Одним из самых простых для внедрения элементов системы является алгоритм оптимального старта/стопа (OSS). Для его работы необходимы датчики температуры внутреннего и внешнего воздуха. Определяется разница показаний этих датчиков и рассчитывается время, требуемое на нагрев/охлаждение здания. Например, по формуле 1.

$$Time = k_1 \cdot (T_{target} - T_{indoor}) + k_2 \cdot (T_{indoor} - T_{outdoor}) \quad (1)$$

k_1 – коэффициент, зависящий от скорости нагревания помещения. Скорость нагревания можно регулировать, изменяя температуру теплоносителя или мощность вентиляторов, в зависимости от типа отопительной системы, используемой в здании;

k_2 – коэффициент, зависящий от скорости теплопотерь здания. Скорость остывания зависит от коэффициента теплопередачи внешних конструкций здания;

T_{target} – целевая температура внутри помещений;

T_{indoor} – текущая температура внутри помещений;

$T_{outdoor}$ – температура снаружи здания;

Зная время нагрева/остывания, требующееся для достижения целевой температуры внутри помещений здания, можно определить оптимальное время включения/выключения и мощность отопительной системы. Здание не обладающее такой системой, будет либо работать в одинаковом режиме все время, что приведет к лишним тратам на энергию в нерабочее время, и, вероятно, недостаточной для комфорта людей температурой внутри помещений, либо перевод системы в дневной/ночной режим производится по графику, без учета температуры внутри и снаружи, что неминуемо приводит к

пере- или недогреву внутренних помещений. Также исследования показывают, что простого отслеживания температуры недостаточно, так как весной удельное теплотребление выше, чем осенью [3]. По этой причине необходимо внедрение нелинейных алгоритмов управления, учитывающих солнечную инсоляцию и тепловую инерцию конструкций.

Система активации по интервалам значений (demand control) позволяет не только определить время для оптимального старта/стопа, но и поддерживать температуру и влажность в требуемом интервале значений. Датчики температуры/влажности определяют значения внутри помещений. Далее определяется, попадает ли значение в требуемый интервал. Если значение не попадает, то, мощность отопительной системы/системы вентиляции и кондиционирование соответственно изменяется. Таким образом получается избежать пере- или недогрева помещений, добиваясь экономии энергоресурсов и сохраняя при этом комфортные условия.

Динамический изменение параметров системы с помощью стратегии «Срез и Реагирование» (Trim and Respond) для вентиляции и воздушного отопления с переменным расходом воздуха способна сделать энергоэффективность здания еще выше. Контроллер «опрашивает» положение заслонок всех систем переменного расхода воздуха. Если большинство заслонок находятся в прикрытом положении (то есть высокая мощность не требуется) давление воздуха в системе снижается. Если в какой-то из зон для поддержания температуры требуется полное открытие заслонки, система повышает давление путем увеличения частоты оборотов вентилятора. Таким образом удастся поддерживать постоянную температуру в помещении, затрачивая на это минимальное количество энергии. Аналогичная логика применяется в системах воздушного отопления. Повышение температуры холодной воды на 1°C может повысить эффективность чиллера на 2–3%. BMS находит баланс между эффективностью генерации холода и затратами на его транспортировку, так как более теплая вода требует большей скорости потока для уменьшения той же тепловой нагрузки.

Помимо оптимизации работы систем BMS позволяет дать подробную статистику по работе оборудования и проводить удаленную диагностику, что положительно сказывается на его ремонтпригодности [4]. Также интеграцию системы со зданием может значительно улучшить наличие цифрового двойника. Информационная модель (BIM) и автоматизированная система управления в комплексе обеспечивают контроль, диспетчеризацию и оптимизацию функционирования инженерных систем здания [5].

В результате проведенного анализа алгоритмов и сценариев использования автоматизированных систем управления (Building management system) можно сформулировать вывод о том, что внедрение и интеграция

рассмотренных алгоритмов позволяет добиться сразу нескольких положительных эффектов. Во-первых, снижение эксплуатационных расходов за счет оптимизации сценариев использования оборудования. Во-вторых, повышение экологичности здания за счет уменьшения потребления электроэнергии, вырабатываемой из невозобновляемых источников. В-третьих, обеспечение стабильно высокого уровня комфорта для людей, находящихся в здании. Таким образом, использования автоматизированных систем управления зданием является новым шагом в модернизации инженерных систем зданий, способным обеспечить баланс между энергосбережением и эксплуатационным качеством объекта. Проведенное исследование может послужить основанием для дальнейшего изучения BMS.

Библиографический список

1. Титов С.М. МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРО // Сборник статей по материалам ХС международной научно-практической конференции. — Москва : МЦНО, 2025. — С. 30-33.
2. Калашников, Д. А. Актуальность повышения эффективности потребления энергоресурсов в системах вентиляции и кондиционирования воздуха жилищных и общественных зданий за счет оптимизационных мероприятий / Д. А. Калашников, А. Д. Кузнецова // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова, Белгород, 16–17 мая 2023 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 58-66.
3. Колосов М.В., ЛиповкаЮ.Л., Шишкова Е.Е. АНАЛИЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЕМ ЗДАНИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРО // Строительство и техногенная безопасность. — 2023. — №. 29. — С. 97-106.
4. Wang S. Integrating Building Management System and facilities management on the Internet // Automation in Construction. — 2002. — Vol. 11, Is. 6
5. Дектерев П.Е. ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ ИНТЕГРАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЗДАНИЯМИ // ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ. — 2016. — С. 132-137.