

УДК (UDC): 628.9

Malyuk K. I. (St. Petersburg State University of Architecture and Civil
Engineering, Russia)

**Малюк К. И. (Санкт-Петербургский государственный архитектурно-
строительный университет, Россия)**

**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ СЦЕНАРИЕВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
ОСВЕЩЕНИЕМ**

Аннотация: В данном исследовании рассматриваются сценарии использования автоматизированных систем управления освещением в рамках Building Management System. Исследованы предпосылки к интеграции систем освещения в Building Management System. Изучено влияние такой интеграции на энергоэффективность здания, комфорт и здоровье пользователей, а также их безопасность. Рассмотрена возможность сбора различного рода информации с помощью датчиков системы освещения и варианты ее использования.

Ключевые слова: Building Management System, Автоматизированные системы управления, энергоэффективность, система освещения, датчики.

Abstract: This guide presents scenarios for using automated lighting control systems within a building management system. It explores preferences for climate-controlled lighting systems within a building management system. The impact of this approach on building energy efficiency, consumer comfort, health, and safety is examined. The possibility of incorporating information using lighting system sensors and its use cases is discussed.

Keywords: Building management system, Automated control systems, energy efficiency, lighting systems, sensors.

Автоматизированное управление зданием (Building management system) представляет собой систему контроля инженерных сетей (тепло- и водоснабжения, вентиляции и кондиционирования, электроэнергии и освещения). В данном исследовании сделан акцент на изучение сценариев использования освещения в рамках Building management system (BMS).

В настоящее время сфера строительства претерпевает значительные изменения ввиду повышения требований к экологичности зданий и стоимости энергоресурсов. На здания приходится почти 30% мирового конечного потребления энергии и 26% мировых выбросов углекислого газа [1]. Это заставляет застройщиков проектировать более энергоэффективные здания, в том числе за счет внедрения автоматизированных систем управления инженерными сетями. Значительную часть профиля энергопотребления здания формирует освещение. BMS дает гибкие инструменты для управления этими системами, позволяя заменить статический контроль по расписанию динамическими алгоритмами, использующими данные от различных датчиков, и принимая оптимизационные решения на основе их показателей.

Создание оптимизационных сценариев для использования в коммерческих зданиях способно значительно сократить траты на электроэнергию. Например, в США освещение обладает наибольшим оценочным техническим потенциалом для экономии энергии среди всех видов конечного использования зданий [2].

Одним из возможных сценариев является стратегия компенсации искусственного освещения естественным (Daylight Harvesting). Исследования показывают, что использование естественного дневного света может снизить потребление энергии на освещение в коммерческих зданиях до 40% [3]. В рамках стратегии существует два различных подхода, подразумевающих собой так называемый «открытый контур», где датчик измеряет интенсивность света, проходящего через окно, и «замкнутый контур», где датчик измеряет интенсивность света, попадающего на рабочую поверхность.

Замкнутый контур обеспечивает более высокую точность, но для его устройства требуется больше датчиков, что, соответственно, увеличивает стоимость установки и поддержания работы подобной системы. BMS реализует плавное изменение яркости искусственного освещения в зависимости от изменения инсоляции во времени. Подход с интегрированным замкнутым контуром освещения в BMS имеет не только большую стоимость, но и весомое преимущество над открытым контуром. При наличии жалюзи, подключенных к BMS и управляемых ею, возможна координация положения солнцезащитных устройств и внесение соответствующих корректировок в освещение. Такой подход позволяет предотвращать перегрев внутренних поверхностей помещений в жаркие солнечные дни, избегая при этом провала освещенности. Без интеграции данные системы будут вступать в конфликт, что неизбежно приведет к дискомфорту пользователей и их вмешательству в работу автоматики, сводя всю экономию на нет.

Также можно выделить две стратегии, базирующиеся на работе датчиков присутствия, однако различных по уровню автоматизации. Стратегия «Occupancy» подразумевает собой и включение, и выключение светильников автоматикой, тогда как стратегия «Vacancy» — ручное включение и автоматическое выключение. Несмотря на кажущийся недостаток автоматизации во второй стратегии, исследования показывают, что такой подход может быть более энергоэффективным, в виду того, что исключает ложные включения, возникающие, когда человек заходит в помещение на короткое время или, когда естественного света достаточно [4]. Однако такой подход не рекомендуется применять в зонах, где отсутствует выключатели рядом с каждым входом, такие как лестничные клетки, коридоры и т.п. Также стратегия «Vacancy» не пригодна для использования в помещениях, где уровень освещенности строго регламентируется строительными нормами и правилами.

Внедрение светильников с изменяемой цветовой температурой способно обеспечить поддержку циркадных ритмов человека. Безусловно, смещение холодного и теплового каналов для получения определенных оттенков повышает потребляемую светильником мощность, что в свою очередь негативно сказывается на энергоэффективности здания, но значительно повышает комфорт пользователей. BMS определяет нужную цветовую температуру через астрономические таймеры и расписания. Сценарии использования предполагают подачу холодного интенсивного света в утренние часы, и переход в теплый спектр и диммирование во второй половине дня и вечером. Необходимость внедрения сложных алгоритмов управления освещением в BMS подтверждается современными биофизическими исследованиями. В частности, математическое моделирование показывает, что форма суточного светового профиля напрямую влияет на качество сна и гормональный фон. Статические системы управления или чрезмерная яркость в вечерние часы приводят к рассинхронизации циркадных ритмов [5]. Такой подход не только полезен для здоровья, но и снижает пиковое потребление энергии в вечернее время.

Также использования системы освещения в BMS дает ряд преимуществ, не связанных напрямую с управлением светом. Светильники, оснащенные радио модулями (BLE, Zigbee) позволяют собирать подробные данные, которые могут использоваться для бизнес-аналитики [6]. Например, продвинутые сенсоры присутствия могут собирать информацию не только о факте присутствия людей в помещении, но и об их количестве. Все те же сенсоры позволяют генерировать тепловые карты, наглядно показывающие потоки движения людей и время их пребывания. В области розничной торговли такие карты помогают анализировать, какие зоны привлекают наибольший трафик, где покупатели задерживаются, а где наоборот, проходят мимо. В корпоративной среде тепловые карты могут помочь в выявление малоиспользуемых зон. Например, редко используемые переговорные или постоянно пустые места в open space. Такие данные позволяют управляющим

компаниям грамотно перепрофилировать пространство, а также корректировать график уборки. В качестве примера применения таких карт можно привести кейс распределительного центра Acuity Brands. Там с помощью системы освещения и датчиков на погрузчиках отслеживалось движение последних. Полученные данные отслеживание подтвердили, что в течение рабочей смены одновременно использовалось лишь 75% парка погрузчиков [7]. Тестовый вывод из эксплуатации недозапряженной техники подтвердил возможность оптимизации бюджета без снижения производственных показателей. По итогам проверки компания отказалась от аренды погрузчиков и пересмотрела график обслуживания собственного парка.

С помощью технологии коммуникации видимым светом и Bluetooth-маячков можно превратить систему освещения в навигационную. Например, в гипермаркетах такую систему можно использовать для навигации к конкретному товару. Взаимодействие с камерой смартфона и Bluetooth-приемником позволяет провести пользователя, обеспечивая точность позиционирования до 30 см.

Освещение также может быть интегрировано в систему сигнализации здания. Например, если в определенной зоне срабатывает охранная сигнализация, BMS включает светильники со 100% яркостью. Такая манипуляция способна дезориентировать нарушителей и улучшить качество изображения на камерах. Или, используя все те же датчики движения, система может обнаружить несанкционированное движение и инициировать сообщение о вторжении для службы безопасности.

Немаловажную роль освещение может сыграть и при должном задании сценариев работы в чрезвычайных ситуациях. Датчики освещения могут предоставлять данные для спасательных служб о том, сколько людей осталось в здании и в каких именно зонах они находятся. Использование световых указателей позволяет превратить статическую систему эвакуации в

динамическую, используя данные от датчиков дыма и тепла. BMS передает команду аварийному освещению указывать не просто кратчайший путь, а наиболее безопасный.

Проведенный анализ возможных сценариев использования автоматизированных систем управления освещением позволяет сделать заключение о том, что внедрение системы освещения в Building Management System превращает ее в интеллектуальный инструмент, способный решать комплексные задачи: повышение энергоэффективности, комфорта пользователей, сбор бизнес-аналитики и обеспечение безопасности. Применение стратегий компенсации искусственного освещения естественным способно существенно снизить потребление электроэнергии. Переход к динамическому освещению, соответствующему циркадным ритмам, повышает комфорт и, соответственно, продуктивность пользователей. Сбор данных с помощью систем освещения позволяет открыть новые возможности для бизнеса, а интеграции с системами пожарной безопасности может сыграть ключевую роль в чрезвычайных ситуациях. Гибкость алгоритмов BMS позволяет создавать различные сценарии, где освещение играет основную роль и позволяет добиться положительных результатов как для бизнеса, так и для обычных пользователей.

Библиографический список

1. Breakthrough Agenda Report 2023 // IEA. URL: <https://www.iea.org/reports/breakthrough-agenda-report-2023> (дата обращения: 08.01.2026).
2. Page E. Quantifying National Energy Savings Potential of Lighting Controls in Commercial Buildings rcial Buildings // ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings. — 2012.

3. Page E. A Meta-Analysis of Energy Savings from Lighting Controls in Commercial Buildings // Lawrence Berkeley National Laboratory. — 2011.
4. PNNL. Wireless Occupancy Sensors for Lighting Controls: An Applications Guide for Federal Facility Managers // Lawrence Berkeley National Laboratory. — 2016.
5. Меркулова Ксения Олеговна, Литвиненко Елена Сергеевна, Постнов Дмитрий Энгелевич Влияние светового профиля на циркадные и гомеостатические маркеры в модели переключения «сон-бодрствование» // Изв. Саратов. ун-та Нов. сер. Сер. Физика. 2023. №4.
6. Страшун Ю. П. Анализ применения технологических/ референтных архитектур индустриального интернета вещей IIoT в САУ // ГИАБ. 2019.
7. Optimizing Acuity Brands Warehouse Operations Using Real-Time Location Services: Fork Trucks : case study [Электронный ресурс] // Atrius. 2022. URL: <https://atrius.com/energy-savings-atrius-location-services-case-study/> (дата обращения: 11.01.2026)