



КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

зеленый стандарт, сертификация промышленного объекта, повышение энергоэффективности, цифровое моделирование, оптимизация энергопотребления

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСХОДОВ НА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Илья Завалеев, директор компании HPBS
 Анна Завалева, директор по коммуникациям HPBS

У владельцев предприятий и промышленных производств, стремящихся снизить энергоемкость и повысить экологичность своих активов, есть реальная возможность сертифицировать объект в соответствии с требованиями какого-либо зеленого стандарта. В пример можно привести завод компании L'Oréal, расположенный в Калуге, который первым в мире прошел сертификацию на уровень Platinum по самой жесткой системе сертификации экологического и энергоэффективного строительства LEED четвертого поколения¹. Рассмотрим, какие энергосберегающие решения были реализованы в рамках цифрового моделирования.

¹ Данный проект подготовила и реализовала компания HPBS.

На момент оценки проекта для завода компании L'Oréal действовали две системы сертификации, LEED 2009 и LEED V4 (LEED 2015 – четвертого поколения). Была выбрана система LEED V4, имеющая более жесткие и современные требования и включающая большое количество дополнительных критериев, например анализ жизненного цикла здания. Кроме того, в системе LEED V4 значительно расширены требования по энергоэффективности.

Завод L'Oréal условно можно разделить на две части: производственные цеха, существующие с 2008 года, и помещения новой постройки (цех упаковки и склад). Было решено сертифицировать только новую его часть, поскольку для существующей части завода требования LEED V4 без серьезной реконструкции были невыполнимы.

В процессе реализации проекта особое внимание уделялось современным эффективным решениям и подходам к строительству. Внедрению инноваций способствовала

корпоративная культура и стремление сотрудников сделать свое рабочее место более экологичным, энергоэффективным и комфортным.

Технологии, которые внедрялись, можно условно разделить на четыре типа, по управлению четырьмя природными стихиями:

- **земля** (затрагиваются вопросы благоустройства территории, переработки отходов, выбора строительных материалов и конструкций);
- **воздух** (оптимизируются системы, управляющие качеством микроклимата, вентиляцией, тепловым комфортом, освещением, и рассматриваются вопросы акустики);
- **вода** (управление водными ресурсами и их экономия за счет высокоэффективной сантехники, в результате которой водопотребление сократилось примерно на 83 %);
- **огонь** (решаются вопросы энергосбережения и энергоэффективности).

Остановимся на задачах повышения энергоэффективности завода. В этом направлении были выполнены беспрецедентные энергосберегающие мероприятия.

Цифровое моделирование энергетических систем

Для оптимизации энергопотребления использовался метод цифрового моделирования, построена виртуальная модель здания, на которой проводилась компьютерная симуляция эксплуатации энергетических систем. В рамках данного процесса тестировались разные проектные решения. В результате приняты следующие решения:

- повысить сопротивление теплопередачи для стен и кровли;
- установить белую кровлю для отражения излишнего тепла и снижения нагрузки на систему кондиционирования;
- использовать в системе освещения только светодиодные лампы;



L'ORÉAL В РОССИИ

L'Oréal присутствует в России с 1990-х годов. Сегодня L'Oréal представлена 27 международными брендами во всех каналах дистрибуции: масс-маркет, салоны красоты, селективные каналы дистрибуции и аптеки. В 2010 году был открыт первый завод L'Oréal в России, в Калужской области, который производит шампуни, ополаскиватели и краски для волос для брендов L'Oréal Paris и Garnier.

- установить датчики присутствия (коридоры, офисы);
- обеспечить в офисах автоматическое выключение розеток в часы отсутствия персонала;
- смоделировать совместную работу систем естественного и искусственного освещения, подключить датчики освещенности, которые при достаточном естественном освещении автоматически отключают искусственные источники света (и наоборот).

Системы отопления

В существующей с 2008 года части завода есть цех, в котором при выполнении технологических процессов образуется много тепла: температура воздуха здесь даже зимой достигает 27 °С. Изначально это тепло сбрасывалось наружу. Было предложено использовать его для отопления новой части завода. Для этого была выполнена система вентиляционных каналов, по которым теплый воздух подается в другие помещения.

Сначала с помощью специальных вентиляторов и проемов в стенах теплый воздух из помещения с избытком тепла попадает в помещение упаковки, где температурный режим 24 °С. Затем через проемы в стенах теплый воздух с помощью вентиляторов подается на склад, где температура должна быть не ниже 16 °С. Данное решение позволяет отапливать практически всю новую часть завода и значительно экономить тепловую энергию.



Использование функции экономайзера

Система вентиляции с переменным расходом поддерживает нужный расход воздуха в помещении. Она имеет функции экономайзера и рекуператора. Экономайзер (air side economizer) – это такая функция вентустановки, которая учитывает температуру наружного и внутреннего воздуха и подает воздух в помещение с более низкой или высокой температурой в зависимости, соответственно, от того, что требуется: кондиционирование или отопление помещения. При этом используется тепло или холод наружного воздуха. Например, если помещение перегрето, а на улице прохладно, то наружный, более прохладный, воздух подается в помещение для естественного охлаждения, и наоборот.

Данная система в нашем случае имеет 6 режимов (летний, зимний и межсезонные режимы) и автоматически переключается с одного режима на другой в зависимости от наружной и внутренней температуры воздуха, регулируя объем подачи воздуха. Уровень расхода воздуха соответствует требованиям LEED. Зимой работают рекуператоры, которые согревают воздух примерно до 10–15 °С. Это позволяет экономить более 50 % тепловой энергии.

Другие энергосберегающие решения

С помощью следующих решений сокращены расходы на электричество и тепло.

- В фасадах установлены стекла с атермальным покрытием, которое пропускает только 20 % теплового излучения солнечной радиации. Такие стекла зимой не выпускают тепло из здания, а летом препятствуют проникновению солнечного тепла внутрь.

- Установленные зенитные фонари оснащены солнцезащитной системой и системой рассеивания света, чтобы не слепило людей в цеху.

- Используемые чиллеры оснащены функцией free cooling. Зимой чиллеры отключают, а требуемое охлаждение осуществляют с помощью сухой градирни. В холодильном центре были использованы экологичные хладагенты и подобраны высокоэффективные чиллеры.

Возобновляемые источники энергии

Солнечная электростанция

Для сокращения выбросов парниковых газов принято решение построить солнечную электростанцию (СЭС). Это самая крупная в России СЭС, предназначенная для энергоснабжения предприятия, установленной мощностью 500 кВт. СЭС генерирует примерно 500 000 кВт•ч электроэнергии в год, что составляет почти 10 % от годового энергопотребления завода.

Для оптимизации угла наклона фотоэлектрических панелей и выбора технических характеристик было выполнено математическое моделирование данной СЭС с учетом климатических особенностей региона.

На СЭС нет аккумуляторов: ток подается сразу на распределительный щит.

Поскольку завод одновременно потребляет электроэнергию и от внешней сети, и от СЭС, установлены специальные инверторы, гармонизирующие частоту электрического тока от внешней сети с частотой СЭС и передающие электроэнергию в единую сеть завода. Если день пасмурный, то электроснабжение 100-процентно обеспечивается внешней



сеть, если солнечный, то подача электроэнергии из внешней сети, которая всегда задействована, снижается. Срок окупаемости СЭС для Калуги составляет примерно 10 лет.

Котельная на пеллетах

В настоящее время котельная завода работает на природном газе. Однако для снижения выбросов парниковых газов сейчас разрабатывается проект котельной на биомассе – топливных пеллетах, получаемых из отходов мебельного производства.

В перспективе завод планирует работать только на энергии, генерируемой возобновляемыми источниками (солнечные, ветро- и гидроэлектростанции). Однако в России вся энергия поступает в общий «котел» российских электрических сетей и невозможно отделить экологически чистую энергию от полученной при сжигании традиционных видов топлива. Поэтому идет работа по созданию прямых контактов с поставщиками сертифицированной зеленой энергии.

Анализ динамики фактического энергопотребления

Обязательным требованием системы LEED является проведение расширенной приемки оборудования, в рамках которой на основе фактического графика энергопотребления был проведен анализ динамики расходов энергии (Monitoring based commissioning).

Анализ динамики фактического энергопотребления инженерных систем здания включает снятие данных с системы BMS за несколько месяцев работы (3 месяца) и сравнение их с результатами, полученными во время отработки цифровой модели. Цифровые модели были созданы для оценки работы вентиляционной установки, котельной и чиллеров. Плюс потребление тепловой энергии, электрической энергии, освещения на работу инженерных систем. В результате были выявлены некоторые несоответствия:

- в светлое время суток искусственное освещение не должно работать, а система BMS показала, что работает (причина: сбой работы датчика);
- циркуляционные насосы работали постоянно и не выключались автоматически, когда надо;
- вентиляторная установка не включилась в режим экономайзера: подавала полный объем холодного воздуха и нагревала его, что увеличило расходы на отопление.

Все найденные ошибки работы инженерных систем были исправлены.

Система интеллектуального энергопотребления здания

Новая функция LEED V4 – это система интеллектуального энергопотребления здания (Demand Response). Если цена на электричество колеблется в течение дня, то можно настроить систему автоматического управления зданием таким образом, чтобы при высокой стоимости электроэнергии здание снижало ее потребление и, наоборот, дешевую энергию использовало максимально.



Был разработан специальный алгоритм, позволяющий экономить за счет использования энергии по низкому тарифу. Для этого энергозависимое технологическое оборудование разбили на несколько категорий:

1. Оборудование, которое нельзя отключать или снижать нагрузку (то, что влияет на безопасность).

2. Агрегаты, которые не зависят от времени подачи электроэнергии. (Например, зарядку погрузчиков можно проводить в любое время суток.)

3. Системы, медленно реагирующие на изменение условий: например, изменение уставки на охлаждение воздуха чиллером. Если летом температура в помещении 22–24 °С и цена электричества повысилась согласно дневному тарифу, то достаточно поменять уставку с 22 на 24 °С. Система охлаждения достаточно инерционна: прежде чем персонал почувствует изменения, пройдет 1–2 часа, в течение которых будет пройден пик стоимости электричества. Когда электричество опять будет поставляться по низкому тарифу, зададим уставку 20 °С, и помещения получат дополнительный холод. И здание, и системы кондиционирования имеют большую тепловую инерцию.

Это основные моменты по системе Demand Response, которые были реализованы с точки зрения энергоэффективности.

В результате выполненных работ впервые в мире для промышленного предприятия был получен сертификат LEED V4 Platinum. ■