

УДК:621.4:62.9

Л.В.Накашидзе, канд.техн.наук, **А.В.Трофименко**, канд.техн.наук (Днепропетровский национальный университет им. О.Гончара, Днепропетровск), **В.А.Габринец**, докт.техн.наук (Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. академика В.Лазаряна, Днепропетровск)

Факторы, влияющие на тепловой баланс сооружения при использовании энергии альтернативных источников

В статье определены факторы, влияющие на перераспределение тепловых потоков в здании при использовании энергоактивных ограждений. Энергоактивные ограждения преобразуют поступающую энергию солнечного излучения, тепловую энергию окружающей среды, тепловую энергию вентиляционных сбросов и перераспределяют тепловые потоки. Учет обозначенных факторов при составлении теплового баланса здания способствует оптимизации системы энергообеспечения выбранного здания, что способствует снижению энергопотребления в 2-3 раза.

Ключевые слова: энергообеспечение, тепловой баланс, энергоактивные ограждения, тепловые потоки, возобновляемые источники энергии.

У статті визначено фактори, що впливають на перерозподіл теплових потоків у будівлі при використанні енергоактивних огорожень. Енергоактивні огороження перетворюють енергію сонячного випромінювання, теплову енергію довкілля та вентиляційних скидів і перерозподіляють теплові потоки. Врахування зазначених факторів при складанні теплового балансу будівлі сприяє оптимізації системи енергозабезпечення обраної будівлі, що сприяє зниженню енергоспоживання в 2-3 рази.

Ключові слова: енергозабезпечення, тепловий баланс, енергоактивні огороження, теплові потоки, відновлювані джерела енергії.

Введение. При проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений жилищного, рекреационного, промышленного и др. назначения необходимо предусмотреть экономичное использование тепловой и электрической энергии. Для решения данного вопроса используется ряд мероприятий, среди которых следующие:

- применение архитектурных решений, которые предусматривают уменьшение наружной поверхности стен; правильная ориентация здания по сторонам света и т.д.;
- улучшение теплозащитных качеств ограждений, которое может быть достигнуто за счет уменьшения площади светопрозрачных элементов, увеличения их термического сопротивления, уменьшения воздухопроницаемости, исключения неконтролируемых потерь воздуха из помещений и т.д.;
- контроль и регулирование теплового потока, необходимого для создания заданных температурно-влажностных условий; утилизация теплоты вентиляционного воздуха и отработанной горячей воды; использование нетрадиционных альтернативных источников энергии и т.д.;

- совершенствование инженерных систем (отопления, вентиляции, кондиционирования, горячего водоснабжения и освещения) предоставляет широкие возможности для экономии энергии в зданиях [1].

Однако планирование и реализация мероприятий по созданию энергосберегающих систем энергообеспечения невозможна без предварительного математического описания энергетических процессов в зданиях. Оптимизация систем энергообеспечения (отопление, горячее водоснабжение и др.) возможна на основании расчетов теплового, воздушного и светового режимов здания [2]. Результатом неполного рассмотрения всех факторов, влияющих на микроклимат помещения, является неэффективное использование энергоносителей и высокая энергозатратность производимой энергии. Поэтому описание теплового баланса здания необходимо еще на этапе проектирования систем энергообеспечения здания. При этом в тепловом балансе здания необходимо предусмотреть комплексное рассмотрение [3] климатических, физиологических, технических, технологических и эксплуатационных факторов.

Постановка задачі. Все елементи системи енергообеспечення здания взаимосвязаны. Поэтому при создании сооружения, на энергообеспечение которого затрачивается минимальное количество энергоносителей (уголь, газ и т.п.), необходимо комплексно рассматривать строительные конструкции и инженерные системы. Т.е. целесообразно рассматривать здание как единую энергетическую систему [2], учитывая одновременно конструктивные особенности систем отопления, вентиляции и теплотехнических свойств ограждающих конструкций.

Чтобы оградить здание от неблагоприятных внешних климатических воздействий, применяются наружные ограждающие конструкции, которые являются пассивным элементом в системе энергообеспечения, т.е. позволяют поддерживать [4] определенный тепловой режим сооружения и при этом являются только теплоизолирующей конструкцией.

Для эффективного снижения энергозатрат предлагается использовать ограждающие конструкции, которые не только предотвращают теплопотери здания, но и являются активным элементом системы энергообеспечения. Предложенные в [5–9] энергоактивные ограждения многофункциональны, т.е. преобразуют энергию альтернативных источников (энергия солнечного излучения, тепло окружающей среды и вентиляционных сбросов), способствуют регулированию и перераспределению тепловых потоков. Наличие энергоактивного ограждения необходимо учитывать при составлении теплового баланса здания.

Для того чтобы в тепловом балансе здания максимально отражались возникающие тепловые и энергетические потоки, необходимо установить, какие физико-технические факторы являются определяющими при использовании энергоактивных ограждений. При составлении теплового баланса здания необходимо учитывать все особенности протекания процессов, при которых происходит выделение, перенос и поглощение теплоты.

Определяющие факторы влияния энергоактивного ограждения на тепловой баланс здания. Тепловой режим здания можно характеризовать при рассмотрении следующих факторов:

- теплового баланса здания;

- воздушного баланса здания;
- влажностного баланса здания;
- теплового баланса на поверхности пола;
- теплового баланса на внутренней поверхности стен;
- теплового баланса на внутренней поверхности покрытия;
- теплового баланса на наружной поверхности стен;
- теплового баланса на наружной поверхности покрытия.

Такой системный подход позволит наиболее объективно отобразить тепломассообменные процессы, включая тепловые и материальные балансы для всех объемов и поверхностей здания:

- тепловую мощность системы отопления;
- теплопотери через ограждающие конструкции;
- потери теплоты на инфильтрацию воздуха;
- потери теплоты на вентиляцию помещения;
- тепловую мощность осветительных приборов;
- характеристику теплопоступления в помещения здания;
- составляющую, характеризующую теплопоступления от человека, находящегося в здании.

Для этого целесообразным является проведение многоуровневой детализации расчетных схем энергетического режима здания. Степень детализации определяется особенностями тепло- и массообменных процессов, которые возникают при эксплуатации рассматриваемого сооружения.

Основным требованием, которое приведет к существенному снижению энергопотребления при эксплуатации, является улучшение теплофизических свойств конструктивных элементов здания. Они должны приближаться к нормам, предусмотренным в документах [10, 11]. Именно энергоактивные ограждения являются элементами, способствующими изменению теплофизических свойств ограждений здания. Инновационным в данном подходе является то, что в рекон-

струированных инновационных зданиях предлагается не просто термомодернизация ограждающих конструкций, т.е. утепление стен, крыш и т.п. Энергоактивные ограждения – это не только ограждающие конструктивные элементы. Они преобразуют энергию солнечного излучения, тепло окружающей среды, рекуперированное тепловентиляционных сбросов и т.п. Конструктивные особенности энергоактивных ограждений приводят к изменению физико-технических особенностей ограждающих конструкций сооружений. Поэтому при составлении теплового баланса модернизированного здания необходимо учитывать ряд особенностей. В качестве базовой целесообразно использовать методику, предложенную в [4]. Количественные и качественные характеристики тепловых потоков в сооружении определяются теплотехническими расчетами, в которых отражаются особенности инженерного обеспечения сооружения, т.е. применение энергоактивных ограждений и скоммутированных инновационных систем энергообеспечения. Ниже приведены основные факторы, влияющие на тепловой баланс здания при использовании энергоактивных ограждений.

1) После модернизации энергоактивными ограждениями сооружений промышленного, рекреационного или жилого предназначения тепловые потери через ограждающие конструкции минимизируются. Этому способствуют конструктивные особенности энергоактивных ограждений. В основу конструкции энергоактивных ограждений, представленных в [5–9], заложена возможность преобразования потока солнечного излучения в тепловую энергию. Эта энергия предназначена для использования в системах энергообеспечения. Одновременно с этим энергоактивные ограждения выполняют функцию теплоизоляции. В сооружении, в котором не используются энергоактивные ограждения, потери тепла через ограждающие конструкции здания выглядят так:

- оконные и дверные проемы – до 40-50% (с учетом инфильтрации);
- чердачные и подвальные покрытия – 20%;
- наружные стены здания – 30-40%.

При использовании энергоактивных ограждений они сокращаются на 80%, так как поток приходящей энергии преобразуется с максимальной эффективностью.

2) Наличие энергоактивных ограждений обуславливает тепловой поток, который направлен из помещения на внешний слой конструкции, что существенно влияет на тепловой баланс сооружения. Термоизолирующие функции энергоактивного ограждения позволяют снизить тепловые потери через ограждающие конструкции до величины, которая обусловлена стандартами [10, 11]. Таким образом, наличие энергоактивного ограждения позволяет существенно снизить коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций (до 1-1,3 Вт/м²·К). С помощью энергоактивных ограждений, интегрированных в фасады, можно снизить влияние теплоступлений от солнечной радиации в 5 раз. Это значительно повышает теплотехнику сооружений и снижает влияние наружного климата на микроклимат помещений. Однако минимизация тепловых потерь может привести к появлению излишков тепловой энергии. Особенно это актуально в теплое время года, когда поток энергии солнечного излучения превышает 500 Вт/м². В этом случае появляется необходимость отвода излишнего тепла от ограждающих конструкций. Для этого в системе энергообеспечения предусмотрена система теплового аккумулирования.

3) В тепловом балансе здания необходимо учитывать, что потери теплоты на инфильтрацию воздуха в модернизированном здании сокращаются на 20% в результате установки современных окон, создания тепловых завес около дверей.

4) Альтернативным источником энергии также является сбросное тепло вентилируемого воздуха. В инновационной системе энергообеспечения с энергоактивными ограждениями оно не сбрасывается в окружающую среду.

5) Наличие энергоактивных ограждений позволяет создать системы активного аккумулирования тепла и холода, в том числе и в перекрытиях.

С помощью предусмотренных в системе энергообеспечения рекуператоров и специальных каналов в энергоактивных ограждениях и ограждающих конструкциях тепло перенаправляется в

систему енергообеспечения. При этом приточный воздух может подогреваться за счет тепла удаляемого из помещения воздуха. Тепловой баланс должен отражать особенность обоих потоков и интенсивность их циркуляции. В соответствии с данными в [12], расход тепловой энергии на нагрев поступающего воздуха составляет от 40 до 80%. При этом выбор теплообменника-утилизатора происходит в зависимости от расчетных параметров удаляемого и приходящего воздуха и уровня влажности в помещении [13, 14]. Таким образом, можно до 30% снизить потребление энергоресурсов.

Выводы. При составлении теплового баланса сооружения необходимо учесть, что при использовании энергоактивных ограждений можно организовать удельное нормативное теплоснабжение до 45 Вт/м^2 . Это позволяет рассчитывать систему энергообеспечения исходя из того, что отопительный период не будет определяющим и расчет должен вестись на холодильную нагрузку от 40 до 60 Вт/м^2 .

При составлении теплового баланса сооружения можно предусмотреть различные режимы работы системы энергообеспечения, такие как постоянные, периодические, а также принципиально новые режимы работы, когда в течение суток, например, холодильные машины используются для других целей, а в ночное время – для зарядки холодом тепловых аккумуляторов, в том числе и таких, как бетонные перекрытия сооружения.

Таким образом, детализация всех факторов, которые возникают при использовании энергоактивных ограждений еще при составлении теплового баланса сооружения, т.е. учет возможных теплотерь и теплоступлений, приводит к экономии используемого органического топлива (угля, газа).

1. *Методы моделирования теплоэнергетических процессов* методические указания к лабораторным работам по дисциплине: "Методы моделирования теплоэнергетических процессов" для студентов дневной формы обучения специальности 14010465 "Промышленная теплоэнергетика" / сост. А.С. Ртищева. – Ульяновск, УлГТУ, 2007. – 53 с.

2. *Богословский В.Н.* Тепловой режим здания. – М.: Высшая школа, 1979. – 246 с.

3. *Методика проведения энергетических обследований* (энергоаудита) бюджетных учреждений / сост. Г.Я.Вагин, Л.В. Дудникова, Е.А. Зенютич и др. – Н.Новгород: НГТУ; НИЦЭ, 2003. – 228 с.

4. *Ртищева А.С.* Методы моделирования теплоэнергетических процессов: Методические материалы – Ульяновск: Типография УлГТ, 2007. – 328 с.

5. *Накашидзе Л.В., Габрицев В.О., Марков В.Л., Заривняк Г.І., Митрохов С.О.* Дослідження особливостей побудови енергоактивних огорожень як елементів систем енергозабезпечення // Проблеми високотемпературної техніки: зб. наук. праць. – Дніпропетровськ: ДНУ, 2011. – С. 7–14.

6. *Накашидзе Л.В., Габрицев В.А.* Основные элементы инновационной комплексной системы климатизации, с использованием энергии альтернативных источников // Строительство, материаловедение, машиностроение. Серия: Создание высокотехнологических экокомплексов в Украине на основе концепции сбалансированного (устойчивого) развития: Сб. научн. трудов. – Вып. 68. – Дн-ск: ГВУЗПГАСА, 2013. – С. 240–243.

7. *Накашидзе Л.В.* Энергоэффективные комплексные системы климатизации с использованием энергии альтернативных источников // Международная конференция "Украина-Россия-Сколково: единое инновационное пространство" – Киев, 2013. – С. 144–145.

8. *Накашидзе Л.В.* Некоторые особенности теплообмена в энергоактивных ограждающих конструкциях // Строительство, материаловедение, машиностроение. Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения: Сб. научн. трудов. – Вып. 69. – Дн-ск: ГВУЗПГАСА, 2013. – С. 352–356.

9. *Енергоактивне огороження.* Патент на корисну модель № 61489, МПК F24J2/50, E04B1/76, № 2010 14333, від 25.07.2011, бюл. №14. Л.В. Накашидзе, В.А. Габрицев, Г.І. Заривняк, С.А. Митрохов.

10. *ДБН В.2.6.-31:2006* Теплова ізоляція будівель / Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України. – Київ, 2006. – 63 с.

11. *ДСТУ 4035-2001* Енергозбереження. Будівлі та споруди. Методи вимірювання поверхневої густини теплових потоків та визначення коефіцієнтів теплообміну між огорожувальними конструкціями та доквіллям. – Київ: Держстандарт України, 2001. – 43 с.

12. *Беляев В.С., Хохлова Л.П.* Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий – М.: Высшая школа. – 255 с.

13. *Тепловой баланс помещения* [Электрон. ресурс] // http://www.know-house.ru/info_new.php?r=heating_system&uid=1

14. *Фокин В.М., Бойков Г.П., Видин Ю.В.* Основы энергосбережения в вопросах теплообмена. – М.: Издательство "Машиностроение-1", 2005. – 192 с.