

Уравнения (14), (15) получены соответственно при среднегодовой температуре  $t = 65^{\circ}\text{C}$  и  $\tau = 90^{\circ}\text{C}$ .

Для сравнения результатов вычислений с помощью уравнений (13), (14) и (15) были выполнены расчеты, которые показали, что максимальная погрешность их составляет 2,9%.

Таким образом, в результате проведенных теоретических исследований получены уравнения, которые позволяют определить оптимальную толщину теплоизоляции при бесканальной прокладке тепловой сети, причем гораздо быстрее и проще, чем это делалось до сих пор методом вариантных расчетов.

1.Строй А.Ф., Скальский В.Л. Расчет и проектирование тепловых сетей. – К.: Будівельник, 1981. – 144 с.

2.Винарский М.С., Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях. – К.: Техніка, 1975. – 135 с.

Получено 08.04.2001

УДК 711.01

О.Н.СИНЧУК, д-р техн. наук

Харьковский электромеханический завод

А.В.БАЗУТКИН, канд. техн. наук

Государственная металлургическая академия Украины (Криворожский филиал)

### **РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРОИЗВОДСТВА ОКОН С УЛУЧШЕННЫМИ ТЕПЛОЗАЩИТНЫМИ СВОЙСТВАМИ**

Приведена методика контроля эффективности энергоиспользования с помощью интеллектуальных систем, позволяющая предотвратить внедрение неэффективных технологий с точки зрения теплотеря изготавляемых строительных конструкций и сформулировать требования к методам испытаний для выдачи сертификата соответствия ограждающих конструкций нормативам.

Конкуренция на рынке производства окон заставляет производителей все больше внимания уделять вопросам снижения себестоимости этой продукции. Независимо от масштабов предприятия добиться уменьшения расходов на изготовление изделий можно путем последовательной рационализации производства и автоматизации технологических операций. Стремление к производству оптимальной по цене и привлекательной по оформлению внешнего вида оконной продукции вынуждает производителей, связанных с изготовлением окон из ПВХ и алюминия, решать, с одной стороны, вопросы модернизации всего оборудования от отдельных станков до полностью автоматизированных линий, а с другой – заниматься рационализацией всего технологического процесса. Как отмечено в [1], автоматизация производства

позволила сократить затраты времени за последние 10 лет практически вдвое на изготовление одной оконной единицы. Сейчас на передовых предприятиях продолжительность полного рабочего цикла составляет менее 20 минут. По мнению экспертов, не только крупные оконные производства, но и дееспособные и, что особенно важно, гибко ориентирующиеся на региональные условия малые и средние предприятия могут рассчитывать на хорошие, экономически обоснованные перспективы на рынке производства оконной продукции, удовлетворяющей современным требованиям. Приведем конкретный пример. После распада СССР многие государства, в том числе Украина, вступили в энергетический кризис. Это происходило на фоне общего спада промышленного производства, а следовательно, снижения энергозатрат в промышленности, сельском хозяйстве и на транспорте. Доля энергопотребления в строительстве и при эксплуатации зданий в общих энергозатратах начала повышаться и на сегодняшний день составляет более 40%. Значительная доля энергозатрат (в некоторых объектах – более 50%) приходится на окна. Это привело к тому, что Госстроем Украины были разработаны новые нормативы сопротивления теплопередаче наружных ограждений жилых и общественных зданий. Впервые было введено понятие градусо-суток отопительного периода [2], что позволило при нормировании теплозащиты зданий учитывать не только температуру зимой в данном районе, но и продолжительность холодного периода. По этому критерию Украина разделена на зоны и для каждой зоны определены значения сопротивлений теплопередачи ограждений разного вида: от стен из различных материалов и чердачных перекрытий до перекрытий подвалов, окон и др. При этом конкретные значения теплопередачи выбраны по двум основным критериям:

- по минимуму приведенных энергозатрат на производство и эксплуатацию ограждения на весь срок службы;
- по ограничениям возможностей теплопередачи, обеспечиваемых строительной индустрией на момент введения нормативов.

Таким образом были разработаны нормативы сопротивления теплопередаче, которые были введены в 1996г. в СНиП 11-3-79 "Строительная теплотехника", а затем в перечень позиций, проверяемых при обязательной сертификации строительных конструкций. До этого в Украине использовались в основном деревянные окна с двойным остеклением в спаренных или раздельных переплетах. С введением новых нормативов для большей части территории Украины потребовалось внедрение новых сберегающих тепло окон. Как показывает практика, уменьшение колебания температуры в помещении за счет воз-

действия внешних и внутренних охлаждающих факторов можно достигнуть различными путями:

- изменением температуры теплоносителей (например, воды);
- повышением калорийности или увеличением объема сжигаемого агента (газа);
- уменьшением поступления холодного воздуха в помещение сквозь неплотности уплотнений окон, дверей и т.д.

Известно, что наиболее простой способ снижения тепловых потерь через окна можно реализовать путем изменения конструкции окон, например, увеличение числа стекол. При этом возможны следующие варианты конструкций:

- а) трехстекольные окна в раздельно-спаренном переплете;
- б) конструкции "стекло плюс стеклопакет", причем стеклопакет устанавливается вместо внутреннего стекла;
- в) двухкамерные стеклопакеты.

Конструкция окон с двухкамерным стеклопакетом (вариант в) предусматривает деревянную створку, что, как свидетельствует практика, на 30-35% снижает затраты материала на изготовление и на 10-15% трудоемкость изготовления по сравнению с вариантами а, б. Кроме того такие конструкции позволяют достичь наивысшей степени пропускания света, что может обеспечить дополнительную экономию электроэнергии на освещение. Таким образом, вопрос о повышении эффективности энергоиспользования в строительной индустрии связан с разработкой специальных конструкций и методов контроля сбережения тепла при создании ограждающих конструкций жилых зданий. А поскольку на потери тепла через окна приходится до 80% общих теплотерь через ограждающие конструкции [1,2], то отсюда вытекают требования к контролю формируемого сертификата качества по всем параметрам и, в частности к уровню теплотерь с учетом температурной зоны, для которой спроектирована данная строительная конструкция.

Приведенный выше пример показывает, что снижение теплотерь за счет коррекции теплопередачи можно обеспечить различными мероприятиями, если осуществлять постоянный учет параметров процесса теплопередачи при изготовлении строительных конструкций, в частности окон и дверей, с помощью специальных информационных систем. Разработка систем контроля эффективности энергоиспользования в строительстве требует интеграции знаний специалистов по теплотехнике, теплофизике, производству специальных ограждающих конструкций жилых зданий и т.д. со специалистами по информатике и вычислительной технике. Только при этом условии можно реально

рассчитывать на включение технических средств информатики и вычислительной техники в работу организаций, борющихся за улучшение энергоиспользования в строительной индустрии. Однако интеграция и взаимодействие вышеуказанных специалистов и областей знаний невозможны без специфической основы, на которой достигаются конструктивные решения. В качестве такой основы могут выступать интеллектуальные информационные системы. Практическое использование средств информатики, осуществляемое на основе "встраивания" их в интеллектуальные системы, составляет основу процесса информатизации общества. Очевидно, что развитие такого процесса и понимание поставленных целей невозможны без фундаментальной проработки вопросов о структуре интеллектуальных систем, анализа их особенностей как класса информационных систем. В качестве интеллектуальных информационно-поисковых систем контроля нормативных параметров, обеспечивающих эффективное использование энергоресурсов при проектировании, строительстве и вводе в эксплуатацию объектов, могут применяться интеллектуальные пакеты прикладных программ (ИППП), состоящие из набора программ, позволяющих решать задачи проектирования ограждающих конструкций с оптимизацией режимов энергосбережения, и экспертные системы (ЭС). Главной задачей последних является помощь специалистам по производству строительных ограждающих конструкций, в том числе окон за счет использования знаний о проблемной области для решения задач оптимизации режимов энергосбережения [3,4].

Интеллектуальные пакеты прикладных программ обеспечивают конструктора ограждающих конструкций зданий информацией по словесному описанию и исходным данным разрабатываемого объекта для решения задачи без программирования этого процесса. В общем случае по словесному описанию образа конструкции строится математическая модель, формируется задача оптимизации энергозатрат и составляется рабочая программа для решения задачи в целом. Знания о проблемной области (характеристиках, параметрах, размерах, особенностях реализации конструкции с точки зрения потерь тепла и т.д.) хранятся в специальной базе данных, которая используется в диалоговом режиме. Для практически интересных по дизайну ограждающих конструкций (дверей, окон, стеклянных ограждений и т.д.) база данных должна иметь большой объем памяти, специализированные программы должны обеспечивать быстрый поиск необходимой информации. Одной из главных задач ИППП является превращение описания желаемой конструкции в рабочую программу, характеризующую образ конструкции. Комплекс средств для этого называют планирующей

системой или просто планировщиком. При проектировании планировщик должен постоянно обмениваться с базой данных информацией, из которой планировщик получает сведения не только об особенностях проектируемого объекта и способах решения оптимизационных задач энергосбережения, но и сведения автоматического синтеза программ из набора базовых, имеющихся в математическом обеспечении системы. Основной частью планирующей системы ИППП, осуществляющей все функции по переходу от словесной формулировки проблемы пользователя к рабочей программе, является модель проблемной области, т.е. образа конструируемого объекта. В пакетах ИППП эта модель может быть реализована в виде семантической сети специального вида, называемой "функциональной семантической сетью" (ФСС).

ФСС реализуется в виде графа с вершинами двух типов:

- графа, вершинам которого соответствуют различные параметры проектируемого объекта (окна, двери). Эти параметры обычно задаются или вычисляются в ходе решения задачи;
- графа, вершинам которого соответствуют функциональные отношения, связывающие между собой конструктивные параметры объекта, причем отношения понимаются в известном смысле.

Пусть имеем множество отрезков, отражающих значения конструктивных параметров, отложенных по осям  $D_1, \dots, D_n$ , где

$$D_j = \{x_j, x_j^0 \leq x_j \leq x_j'\} \quad j = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (1)$$

Отношение  $R(x_1, x_2, \dots, x_n)$  с атрибутами  $x_j$  ( $j = 1, 2, 3, \dots, n$ )

определяем как подмножество декартова произведения отрезков  $D_j$ , т.е.

$$R(x_1, x_2, \dots, x_n) \subseteq D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n. \quad (2)$$

Это выражение указывает на существование зависимостей между атрибутами в пространстве, определенном декартовым произведением. Любая последовательность, удовлетворяющая (2), будет его элементом, т.е.

$$(x_1, x_2, \dots, x_n) \in R. \quad (3)$$

Выделим в последовательности какой-либо атрибут  $x_j$ , обозначив его как  $y$ . Тогда отношение будет функциональным, если для всех последовательностей  $(x_1, x_2, \dots, x_n) \in R$  выделяемые последовательности  $(x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_n)$  будут различными. В таком случае по-

следовательности  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  соответствует не более одного значения  $x_j = y$  такого, что  $(x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_n) \in R$ . Другими словами, значения  $x_j = y$  однозначно определяют значения последовательности  $(x_1, x_2, \dots, x_{j-1}, x_{j+1}, \dots, x_n)$  и мы имеем функцию

$$y = f_{(j)}(x_1, x_2, \dots, x_{j-1}, x_{j+1}, \dots, x_n). \quad (4)$$

Эту функцию обычно называют разрешением функционального отношения для атрибута  $x_j = y$ . При одном выделенном атрибуте, (т.е. при одном выходе и  $(n-1)$  входах) ранг отношения считается равным 1. Если взять отношение ранга  $m$ , то будет определено  $m$  функций от  $(n-m)$  переменных, т.е.  $y_k = f_k(x_1, x_2, \dots, x_{n-m})$ ,  $k = 1, 2, \dots, m$  или вектор-функция  $Y = F(x)$ , которая может применяться в качестве характеристики проектируемого объекта. Используя полученную информацию, ИППП формирует по новым значениям атрибута  $x_{j=1} = y_1$  новую область допустимых решений, вычисляет соответствующие новым данным решения  $y_1$  вместе с характеризующим его вектором. При этом вырабатывается вспомогательная информация, способствующая более точному описанию образа проектируемого объекта. На этапе анализа вариантов решений ИППП оценивает полученное решение и определяет, насколько последнее является приемлемым. Если решение приемлемо, то процедура математического описания объекта и сравнение с возможными вариантами заканчивается. В противном случае, анализируя вспомогательную информацию, ИППП вырабатывает дополнительные сведения о проектируемом объекте, с помощью которых можно вычислить новые решения, дающие оценку объекту проектирования. В дальнейшем процедура автоматического поиска объекта с заданными параметрами сводится к оценке полезности альтернативных вариантов решений, предъявляемых ИППП в виде векторов в пространстве некоторых заданных критериев. В конечном счете определяется соответствующее собранной информации о параметрах объекта "наилучшее" направление в пространстве решений, характеризуемое некоторым результирующим вектором, движение вдоль которого приводит к максимальному возрастанию функции полезности и, как следствие, к формированию окончательного математического образа объекта.

Экспертные системы (ЭС) при разработке ограждающих строительных конструкций могут служить в качестве средств совершенст-

ования профессионального уровня знаний специалиста, использующего методы принятия решений в оценках ситуаций при проектировании строительных конструкций, т.е. в области, где уровень формализации накопленных знаний по вопросам энергосбережения в настоящий момент невысокий. Именно в вопросах проектирования оконных конструкций опыт специалистов по внедрению информатики и вычислительной техники в практику проектирования строительных конструкций с повышенными теплозащитными свойствами обычно состоит из знаний, почерпнутых из учебников, личного опыта и общения со специалистами-строителями и являющихся единственным источником успешности их профессионального роста. Поэтому овеществление знаний ведущих специалистов по информатике и строительной индустрии с целью оптимизации потребления энергоресурсов в действующих и вновь вводимых строительных объектах определяет путь повышения профессионализма и качества деятельности молодого специалиста. Как показывает практика создания экспертных систем, позволяющих в строительстве способствовать решению задач экономии энергозатрат, для их внедрения необходимо реализовать следующие мероприятия [4,5]:

- определение круга специалистов-экспертов из интересующей проектировщика проблемной области экономии энергоресурсов в строительной индустрии;
- осуществление опроса выбранных экспертов с целью анализа эффективности энергоиспользования и путей экономии;
- оценка получаемой информации на полноту и непротиворечивость;
- создание базы знаний экспертной системы по формализации данных, способствующих решению вопросов экономии энергоресурсов в строительстве;
- создание словарей системы общения пользователя с ЭС за счет лексики, характерной для проблемной области экономии энергоресурсов;
- введение в память ЭС, используемой для выполнения расчетов оптимизации режимов энергоиспользования, прикладных программ минимизации величин затрат энергоресурсов в строительстве, для создания банка методов расчета типовых конструкций с улучшенными энергосберегающими характеристиками;
- осуществление настройки подсистем ЭС согласования решений с заказчиком при наличии особых индивидуальных требований к объекту.

Функционирование ЭС на этих этапах требует применения специальных технических средств, позволяющих проектировщику осуществлять анализ эффективности энергоиспользования в строительстве в автоматизированном режиме. Совокупность технических средств, позволяющих осуществлять контроль энергозатрат и тем самым способствовать решению вопросов экономии энергоресурсов при строительстве и эксплуатации новых зданий, составляют техническое обеспечение автоматизированной системы контроля энергоиспользования.

Проектирование ЭС, специализированной на фиксированную проблемную область, например, оконные пакеты, балконные двери и т.д., практически нецелесообразно. Близкие между собой строительные конструкции предъявляют приблизительно одинаковые требования к техническим и программным средствам ЭС. Поэтому выгодно проектировать экспертные системы, которые рассчитаны на класс близких между собой предметных областей, а при необходимости производить настройку таких систем на конкретную область.

1. Удовиков В.И. Практические проблемы энергосбережения с учетом теплопотерь через светопрозрачные ограждающие конструкции // Оконные технологии. – 2000. – №3. – С.36-38.

2. Айзен М.А. Окна Украины – каким им быть // Оконные технологии. – 2000. – №4. – С.36-38.

3. Фаренюк Г.Г., Фаренюк Е.Г. Тепловые и экономические аспекты энергосбережения в зданиях // Оконные технологии. – 2000. – №3. – С.32-35.

4. Поспелов Г.С., Поспелов Д.А. Искусственный интеллект – прикладные системы. – М.: Знание, 1995. – 48 с.

5. Емельянов С.В., Ларичев О.И. Многокритериальные методы принятия решений. – М.: Знание, 1996. – 38 с.

6. Титаренко Г.А., Черняк Н.Г. и др. Экономическая информатика и вычислительная техника. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 335 с.

*Получено 18.04.2001*

УДК 628.9

**В.Ф.РОЙ**, д-р физ.-матем. наук, **А.И.ТОКМАНЬ**,

**В.А.САЛТЫКОВ**, канд. техн. наук,

*Харьковская государственная академия городского хозяйства*

### **МЕТОДИКА РАСЧЕТА АЭРОДРОМНЫХ ПРОЖЕКТОРНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ**

Разработана методика расчета кривых сил света аэродромных прожекторных огней с лампами ПЖ 6,6, учитывающая неравнояркость геометрического заместителя светящегося тела.

Аэродромные прожекторные огни являются одним из наиболее