

терь на основании данных тепловых испытаний.

1. Методические указания по определению тепловых потерь в водных тепловых сетях: РД 34.09.255-97. Служба передового опыта ОРГРЭС. Департамент науки и техники. - М., 1998. - 27 с.

2. Осипова В.А. Экспериментальное исследование процессов теплообмена. - М.: Энергия, 1969. - 392 с.

Получено 02.07.2001

УДК 697

В.А.МАЛЯРЕНКО, д-р техн. наук, **Ю.И.ЧАЙКА**, канд. техн. наук
Харьковская государственная академия городского хозяйства

ТЕПЛОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Рассматривается взаимосвязь теплового состояния ограждающих конструкций зданий и сооружений, их оптимального проектирования и эксплуатации с вопросами ресурсо- и энергосбережения. Сформулированы требования и даны рекомендации по проектированию зданий с возможно более низким уровнем энергопотребления.

Задачи теплового проектирования. К основным эксплуатационным характеристикам гражданских и промышленных зданий относятся долговечность, надежность и экономичность, которые во многом обусловлены особенностями тепловлажностного состояния их конструктивных элементов. Необходимость исследования тепловлажностного состояния возникает при проектировании, в процессе эксплуатации, при модернизации и переводе зданий в другие режимы эксплуатации, интенсификации технологических процессов и т.д. На каждом этапе ставятся конкретные задачи, выбираются объекты исследования и сам процесс приобретает специфичность. Так, если на стадии проектирования нужно проводить многофакторный эксперимент по отработке оптимальной с точки зрения тепловлажностного состояния конструкции стен, перекрытий, покрытий, окон и т.д., то при отладке и эксплуатации требуется определить тепловлажностное состояние конструкции в различных режимах работы, а также оптимизировать эксплуатационные характеристики с учетом ограничений, являющихся следствием геометрических особенностей, теплофизических и прочностных характеристик данной конструкции. Однако независимо от того, на какой стадии изучается тепловлажностное состояние объекта, исследование охватывает широкий круг задач, основные из которых – тепловой расчет, в результате которого находят температурные поля и сопротивление теплопередаче, и влажностный расчет, по которому оценивают влажностное состояние ограждающих конструкций, а так-

же делают расчет воздухопроницания и теплоусвоения [1]. Указанные задачи тесно связаны между собой; каждая из последующих решается, исходя из результатов решения предыдущей, а любая из предыдущих задач зависит от решения последующих. Все это свидетельствует о сложности процедуры исследования тепловлажностного состояния конструктивных элементов зданий и сооружений, которая в конечном счете сводится к задаче оптимизации и управления системами с распределенными параметрами. Она включает следующие основные этапы: выявление основных физических особенностей процесса теплопереноса; составление и обоснование математической модели исследуемого явления; разработка и выбор соответствующих методов и средств для решения и реализации сформулированных задач; исследование математической модели, проверка состоятельности (адекватности) более простой математической модели по отношению к более сложной и полной, расчет тепловлажностного состояния реального объекта; оценка получаемых решений по совокупности требований к исследуемым процессам, состояниям и методам управления ими; выбор рациональных конструктивных решений и режимов эксплуатации, а также определение оптимальных параметров исследуемой системы.

Эти этапы составляют сущность теплового проектирования, под которым будем понимать исследование процессов теплопереноса в ограждающих конструкциях зданий, выбор конструктивных решений и режимов эксплуатации с учетом тепловлажностного состояния. При этом широко используются результаты теоретических, расчетно-теоретических и экспериментальных исследований, т.е. вся гамма методов и средств моделирования, как физического – изучение теплопереноса на экспериментальных моделях, стендах и натуральных объектах, так и математического – составление математической модели, ее исследование и получение результатов определения тепловлажностного состояния объекта.

Теплоизоляция зданий – главный резерв энергосбережения. К сожалению, большинство эксплуатируемых зданий требуют огромного количества тепла на отопление, поскольку они строились в период, когда необоснованно низкие цены на энергоносители и заниженные нормативы термического сопротивления ограждающих конструкций сочетались с требованиями ускорения сроков, снижения материалоемкости строительства и повышения производительности труда.

В настоящее время, в условиях необходимости жесткой экономии энергоресурсов, невозможно простое увеличение тепловой и электрической мощности на отопление зданий. Единственным выходом из сложившейся ситуации является уменьшение энергоемкости систем

инженерного оборудования зданий и, как следствие, утепление зданий, снижение транспортных потерь теплоты, повышение коэффициента полезного действия теплогенерирующих установок, в том числе исходя из общей концепции развития муниципальной энергетики Украины [2].

На рис.1 представлено распределение потребляемой энергии в экономике Украины. Как видно из диаграммы, потребление энергии в строительной отрасли (строительные организации, предприятия стройматериалов, энергоснабжение зданий) составляет 2,6 млрд. ГДж/год, что составляет почти 30% всей потребляемой энергии в Украине. Структура потребления энергии в строительной отрасли такая: строительные организации – 2%, предприятия стройматериалов – 11%, энергоснабжение зданий – 87%. Как видим, доля потребления энергии зданиями преобладает, поэтому именно здесь находится основной резерв энергосбережения. Структура потребления тепловой энергии инженерными системами здания – системами отопления, вентиляции и горячего водоснабжения показана на рис.2.

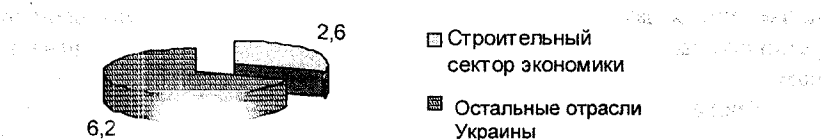


Рис.1 – Распределение потребляемой энергии в экономике Украины, млрд. ГДж/год



Рис.2 – Структура потребления тепловой энергии инженерными системами здания

Вся теплота, которую отдала система отопления, рано или поздно уйдет через ограждающие конструкции зданий. При этом структура теплотеря такая, что через стены теряется около 40% теплоты, через окна – 35% и прочие – 25%. При существующих технологиях строительства зданий, производства ограждающих конструкций и инженерных систем потери теплоты через стены можно снизить в 2,5 раза, через окна – в 1,5 раза, прочие – в 2 раза, что даст снижение потребления энергии строительным сектором на 22% [1].

Экономически целесообразный уровень теплозащиты наружных ограждающих конструкций. В последние годы в строительстве, как и во всей индустрии, сохраняется тенденция к снижению количества потребляемой энергии зданиями и сооружениями. При этом нужно решать вопрос о экономически целесообразной величине теплозащиты и необходимой мощности системы отопления. Чем выше уровень теплозащиты здания, тем ниже требуемая мощность системы отопления и тем меньше тепловой энергии будет потреблять здание.

Определение экономически целесообразного уровня теплозащиты здания является сложной задачей. Для ее решения существуют различные методики, основанные на определении величины приведенных затрат. В общем случае методика выбора оптимального решения заключается в следующем. Для рассматриваемой установки или системы задаются основные параметры ее работы. Далее в соответствии с принятыми параметрами подбирают элементы системы и определяют величины приведенных затрат. После этого задаются новыми параметрами, снова подбирают элементы системы и определяют величину приведенных затрат. После выполнения расчетов выбирают вариант установки или системы, для которого приведенные затраты минимальные.

Таким образом, главной характеристикой, определяющей эффективность конструктивного или технического решения с экономической точки зрения, является величина приведенных затрат. При этом могут выбираться различные по своей форме приведенные затраты: экономические, энергетические, эксергетические. В настоящее время наибольшее распространение получает методика определения эксергетических приведенных затрат.

В 60-х годах XX в. М.Штрабус разработал новое направление в моделировании сложных энергетических систем, которое учитывает термодинамические и экономические факторы – термозкономику. Возможности термозкономического метода значительно шире, чем технико-экономического. Введение новой обобщенной характеристики (затрат эксергии) позволяет обеспечить аддитивность всех параметров работы термодинамической системы, проанализировать величины потерь эксергии за счет несовершенства оборудования и найти optimum между затратами на оборудование и потерями эксергии в системе.

Задачей термозкономической оптимизации является определение сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций с теплопроводными включениями, при котором затраты на получение полезного эффекта (в данном случае комфортной обстановки в помещении) были бы минимальными. Для проведения термозкономической

оптимизации нужно рассматриваемую систему окружить контрольной поверхностью. Рассматриваемая система представляет собой часть наружной ограждающей конструкции здания, например, глухую трехслойную стеновую панель, систему поддержания микроклимата в помещении – нагревательный прибор системы отопления и систему естественной вытяжной вентиляции. Далее следует составить материальный и энергетический балансы системы. После этого составляют диаграмму распределения потоков эксергии в системе. Примеры построения схем материального, энергетического и эксергетического балансов приведены в [1].

Теплоизоляция наружных ограждающих конструкций. Жилищное, промышленное и гражданское строительство в Украине велось в основном с применением бетонных панелей и кирпичных конструкций. Эти конструкции имеют недостаточные теплозащитные свойства, поэтому в настоящее время при реконструкции зданий массовой застройки необходимо применять высокоэффективные теплоизоляционные материалы. Основные требования к ним следующие: низкая теплопроводность и гигроскопичность, долговечность, однородность свойств и оптимальная плотность, низкий уровень воспламеняемости и горючести, транспортабельность, высокая влагостойкость, биологическая и химическая стойкость, безопасность для человека и окружающей среды.

Применение утепленных ограждающих конструкций и утепление холодных деталей рассмотрено в [1]. Существует мнение, что в целях экономии целесообразно изолировать в первую очередь только ограждающие конструкции зданий, имеющие наибольшие теплопотери. Однако такое локальное утепление может даже увеличить теплопотери, так как неоднородность конструкций ведет к их деформации с образованием трещин, через которые в слой утеплителя будут попадать воздух и влага. Кроме этого, в местах сопряжения утепленных и неутепленных ограждающих конструкций будут образовываться мостики холода и конденсироваться влага. Поэтому комплексное наружное утепление всего здания всегда предпочтительнее с теплотехнической и экономической точек зрения.

Рекомендации к типовому проектированию ограждающих конструкций. Сформулируем рекомендации к проектированию зданий с возможно более низким уровнем потребления энергии:

1. Так как стеновые конструкции по сравнению с другими теряют наибольшее количество теплоты, необходимо стремиться к уменьшению площади стен. Этого можно добиться за счет увеличения ширины здания.

2. Многослойные наружные стены с использованием эффективного теплоизоляционного материала в большинстве случаев имеют преимущественно повышенные теплозащитные качества по сравнению с однослойными наружными стенами.

3. Теплопроводные включения внутри ограждения целесообразно располагать ближе к холодной стороне ограждения.

4. Для улучшения теплозащитных качеств ограждающих конструкций, по возможности, следует уменьшать площадь теплопроводных включений.

5. В многослойных ограждающих конструкциях перевязку слоев нужно делать из материалов с возможно меньшей плотностью (например, для устройства жестких связей вместо тяжелого бетона применять керамзитобетон), устраивать гибкие связи вместо жестких.

6. Утепление существующих зданий надо проводить с наружной стороны.

7. Если требуемое сопротивление теплопередаче R_0^{TP} ограждающих конструкций промышленных зданий с агрессивными средами (аэрозоли водорастворимых солей) не может быть обеспечено ограждающей конструкцией, необходимо применять конструкции, близкие к обычным условиям эксплуатации, обеспечив защиту ограждений лакокрасочными или другими защитными покрытиями от непосредственного воздействия агрессивного раствора.

8. Покрытия с вентилируемой воздушной прослойкой надо проектировать для районов с расчетной скоростью ветра в июле не менее 2 м/с. Оптимальная толщина вентилируемой воздушной прослойки в наружных стенах – в пределах 0,05-0,1 м, оптимальная высота – 5-6 м.

9. Высота невентилируемых воздушных прослоек должна быть не более высоты одного этажа (не более 6 м).

10. При проектировании ограждающих конструкций с воздушными прослойками надо учитывать, что величина лучистой составляющей теплового потока намного больше конвективной. Поэтому при увеличении сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции необходимо уменьшать лучистую составляющую теплового потока. Этого достигают путем покрытия алюминиевой фольгой одной из поверхностей воздушной прослойки.

11. Для избежания конденсации водяных паров рекомендуется укладывать фольгу на теплую поверхность воздушной прослойки. При этом лучистая составляющая теплового потока уменьшается примерно в 10 раз. Покрытие второй поверхности воздушной прослойки алюминиевой фольгой практически не влияет на величину лучистого тепло-

вого потока.

12. Хороших результатов можно достичь разделением широкой воздушной прослойки воздухонепроницаемыми экранами. При этом если конвекция в воздушной прослойке отсутствует, тепловой поток передается только теплопроводностью и излучением. Кроме того, один экран из того же материала, что и основная конструкция, вдвое уменьшает лучистую составляющую теплового потока.

13. Уменьшить лучистую составляющую теплового потока можно также путем расположения воздушной прослойки как можно ближе к наружной поверхности ограждающей конструкции. При этом снижаются абсолютные значения температуры поверхности прослойки.

14. Теплоустойчивость многослойной конструкции зависит от порядка расположения слоев материалов.

15. Чем меньше коэффициент теплоусвоения материала (чем легче материал), тем меньшей теплоустойчивостью обладает конструкция и наоборот.

16. Затухание амплитуды колебаний температуры наружного воздуха в двухслойной конструкции увеличивается, если более теплоустойчивый материал расположен у внутренней поверхности ограждающей конструкции.

17. Наличие в конструкции ограждения воздушной прослойки увеличивает теплоустойчивость конструкции. В замкнутой воздушной прослойке целесообразно устраивать отражательную теплоизоляцию.

18. Для снижения величины теплового потока, проходящего через поверхности кровель чердачных перекрытий и бесчердачных покрытий, в летний период рекомендуется окрашивать эти конструкции в светлые тона.

19. Так как влажностный режим ограждения зависит от порядка слоев ограждающей конструкции (в многослойных ограждающих конструкциях), малопаропроницаемые слои необходимо располагать ближе к внутренней поверхности ограждения, а более паропроницаемые слои – ближе к наружной.

20. Для увеличения срока службы многослойных ограждающих конструкций и предотвращения образования в них конденсата рекомендуется устраивать у наружной поверхности слоя утеплителя вентилируемые воздушные прослойки.

1. Маляренко В.А., Редько А.Ф., Чайка Ю.И., Поволочко В.Б. Техническая теплофизика ограждающих конструкций зданий и сооружений / под общей ред. проф. В.А.Маляренко. – Харьков: Рубикон, 2001. – 280 с.

2. Маляренко В.А. Концептуальные положения развития муниципальной энергетики Украины // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.25. – К.: Техніка, 2000. – С.208-216.

Получено 28.08.2001