

**ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Баженов Ю. М., Комар А. Г. Технология бетонных и железобетонных изделий. – М.: Стройиздат, 1984. – 672 с.
2. Конопленко А. И. Технология бетона. Расчеты и задачи. – К.: Вища школа, 1975. – 246 с.
3. Сторожук Н. А. Вакуумирование бетонных смесей и свойства вакуумбетона: Днепропетровск: Пороги, 2008. – 251 с.
4. Сорокер В. И., Довжик В. Г. Жесткие бетонные смеси в производстве сборного железобетона. – М.: Стройиздат, 1964. – 307 с.

УДК 625:311

**ТИПОВЫЕ МЕРЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ  
ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА  
И ОЦЕНКИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ЭФФЕКТОВ**

к.т.н. Сухонос М.К.

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

**Постановка проблемы.** Высокий уровень потребления топливно-энергетических ресурсов, постоянный рост цен на энергоносители, большой износ энергетических объектов ставят сложную задачу: в условиях дефицита средств обеспечить надежную работу промышленных и коммунальных предприятий городов Украины и повысить эффективность использования энергии. Одной из типовых, как для промышленных предприятий, так и для объектов жилищно-коммунальной сферы, является система отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, функциональное назначение которой состоит в обеспечении заданных параметров микроклимата в зданиях и сооружениях разного назначения. Здание как энергетическая система представляет собой совокупность помещений, каждое из которых характеризуется индивидуальными особенностями.

Энергосбережение как комплекс мер, направленных на сокращение расхода энергии от внешних источников, подразумевает в первую очередь использование таких систем, которые заведомо экономичнее других. Объем энергопотребления определяется совокупностью большого числа факторов и перемененно во времени суток и года.

Суммарный расход энергии системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха складывается из двух частей. Первая составляющая направлена на нейтрализацию возмущающих тепловых воздействий для стабилизации температурных условий (отопление-охлаждение здания). Влияние наружной и внутренней сред на эту долю расходования энергии – косвенное и проявляется посредством теплового и воздушного режима здания. Вторая составляющая связана с тепловой обработкой и перемещением воздуха в системах вентиляции и кондиционирования воздуха и представляет собой расход энергии на вентиляцию. Зависимость второй части расхода энергии от параметров наружной среды – прямая. Имея в виду неоднозначную взаимосвязь двух

составляющих энергопотребления, для объективной оценки следует оперировать суммарной величиной расхода.

Сокращение энергопотребления системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха не может осуществляться в ущерб качеству микроклимата. Кроме того, снижение энергопотребления должно быть оправдано экономически, то есть должны использоваться решения, не требующие дополнительных инвестиций. Существующий в настоящее время арсенал средств позволяет существенно понизить потребление энергии. Однако во многих случаях реализация всего комплекса мер сопряжена со значительными капиталовложениями и в конечном итоге может оказаться нерентабельной.

Говоря о приоритетах энергосбережения, следует иметь в виду, что, прежде всего, должны осуществляться меры по снижению тепловой годовой нагрузки на системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Это требует реализации при проектировании комплекса архитектурно-планировочных мер и усиления теплозащиты здания. При проектировании систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха следует отдавать предпочтение рациональным видам систем. Одновременно следует закладывать меры по снижению энергопотребления в эксплуатационных условиях. Такие мероприятия связаны с регулированием мощности систем.

Передовой опыт показывает, что с помощью перечисленных средств, которые являются традиционными, удастся снизить удельное энергопотребление систем на 70%.

Лишь во вторую очередь подлежат реализации меры по вовлечению в оборот вторичных энергоресурсов. Наибольшее распространение в данной области техники получили активные способы утилизации ВЭР с помощью теплообменных аппаратов. Наряду с активным, эффективным представляется пассивный способ утилизации – за счет совмещения функций ограждения и системы обеспечения микроклимата. Использование возобновляемых источников энергии для обеспечения микроклимата не является первоочередной задачей, однако, это один из способов снижения удельного энергопотребления и может рассматриваться в качестве перспективного.

**Связь с научными и практическими заданиями и анализ последних исследований и публикаций.** За последние десять лет в Украине произошел перелом в строительном комплексе в направлении улучшения энергетической эффективности гражданских (жилых и общественных) зданий и использования новых энергоэффективных строительных материалов и технологий. Это произошло благодаря работе большого коллектива строителей на всех уровнях, и в первую очередь активной позиции ученых Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры, Киевского национального университета строительства и архитектуры, Харьковского государственного технического университета строительства и архитектуры, Харьковской национальной академии городского хозяйства, Одесской государственной академии строительства и архитектуры и др.

Передовым в повышении энергетической эффективности строительной отрасли является опыт российских коллег. За последние годы рядом

исследовательских организаций (НИИСФ, РААСН, ЦНИИЭПжилища, ЦЭНЭФ, Общества по защите природных ресурсов и др.) был разработан, утвержден и внедрен целый комплекс нормативно-технической документации на федеральном и региональном уровнях, создана новая система контроля качеством строительной продукции, что в результате за 10 последних лет позволило снизить энергопотребление на отопление вновь построенных зданий от 35 до 45%.

Исходя из вышеизложенного, целью данного исследования является разработка и систематизация типовых мер энергосбережения в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

**Основной материал исследования.** Мероприятия по энергосбережению в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха условно можно разделить на четыре группы [3]:

1. Организация учета и контроля за использованием энергоносителей;
2. Объемно-планировочные, строительно-конструктивные меры по энергосбережению;
3. Технические меры энергосбережения: совершенствование систем и их элементов;
4. Энергосбережение путем утилизации природных теплоты и холода, использования вторичных энергоресурсов, уменьшения тепловых потерь.

Организация приборного учета тепловой энергии и расхода теплоносителя относится к организационным мерам и позволяет выявить фактическое потребление тепловой энергии, которое в общем случае может отличаться от проектной тепловой нагрузки зданий и сооружений. Это отличие по данным, полученным в результате эксплуатации систем теплоснабжения, оборудованных узлами учета теплопотребления, может составлять до 30% от плановых (проектных) показателей. Превышение планового теплопотребления, как правило, связано с ухудшенными характеристиками ограждающих конструкций. Организация учета и контроля должна стимулировать внедрение энергосберегающих проектов, объединенных в группы 3-4.

Объемно-планировочные, строительно-конструктивные меры по энергосбережению связаны с уменьшением тепловых потерь и теплопоступлений. Конкретная их реализация может быть связана: с выбором ориентации здания относительно сторон света; с выбором формы здания в плане и по вертикали, применением солнцезащитных устройств; с уменьшением затрат энергии на искусственное освещение; с выбором степени и характера остекления.

Вторая составляющая мер по энергосбережению из этой группы связана с уменьшением расхода инфильтрующегося воздуха (герметизация проемов и стыков). В целом эти мероприятия предусматриваются на стадии проектирования зданий.

К группе мероприятий по энергосбережению посредством совершенствования систем и их элементов можно отнести, например:

- уточнение расчетных условий (выбор расчетных температур наружного и внутреннего воздуха, правильный выбор необходимого количества свежего воздуха);
- уменьшение инфильтрации (создание подпора, воздушных завес и т.д.);

- снижение потерь (изоляция трубопроводов и воздуховодов, уменьшение коэффициентов гидравлических и аэродинамических потерь, исключение утечек теплоносителя, повышение КПД оборудования);

- использование предварительного нагрева и охлаждения теплоносителей;
- комбинирование систем между собой (например, центральная и автономная системы кондиционирования воздуха) и с другими системами (например, комбинирование СКВ и системы отопления);
- автоматизацию процессов теплоснабжения и подготовки воздуха;
- качественное и количественное регулирование.

Меры энергосбережения по утилизации природных теплоты и холода, за счет использования вторичных энергоресурсов включают в себя: пассивное и активное использование солнечной энергии; использование природной теплоты и холода (воды, наружного воздуха, грунта); использование внутренних источников теплоты и холода (теплоты и холода удаляемого воздуха, теплоты источников освещения, теплоты нагревательных приборов, теплоты сточных вод и т.д.); использование теплонаносных установок с целью повышения потенциала природных источников теплоты.

Среди проектов по энергосбережению можно выделить:

- долгосрочные, требующие значительных капитальных вложений, со сроками окупаемости более 5 лет;
- среднесрочные проекты со сроками окупаемости от 2 до 5 лет;
- первоочередные проекты со сроками окупаемости до 2 лет.

Некоторые из типовых мер по энергосбережению в системах отопления с экспертными оценками потенциала энергосбережения приведены в таблице 1 [1,2,4].

Таблица 1

**Типовые мероприятия по энергосбережению в системах отопления с экспертными оценками потенциала энергосбережения**

№	Содержание мероприятия (проекта)	Оценка потенциала энергосбережения
1	Наличие учета расхода тепловой энергии. Установка квартирных теплосчетчиков	До 10-40% тепловой энергии при установке квартирных теплосчетчиков. До 10% ГВС в ЖКХ
2	Наличие систем автоматического регулирования температуры теплоносителя в зависимости от наружной температуры	Увеличение температуры воздуха в помещении сверх нормы увеличивает расход тепла на 4-6%
3	Устранение капли с запорной арматуры, воды	Утечки за год составляют 10-35 м <sup>3</sup> /год
4	Перевод системы отопления на дежурный режим в нерабочее время, праздничные и выходные дни	Позволяет сэкономить 10-15% от теплопотребления здания

№	Содержание мероприятия (проекта)	Оценка потенциала энергосбережения
5	Снижение температуры в жилых домах в ночное время	Позволяет сэкономить 2-3% от теплопотребления здания
6	Наличие тройного остекления окон	Дает экономию 3-4%
7	Наличие тамбуров и их секционирование во входах в помещение и пружин на дверях	Дает экономию 3-4%
8	Правильный выбор окраски отопительных приборов	Окраска отопительного прибора цинковыми белилами увеличивает теплоотдачу на 15%; - окраска масляной краской снижает теплоотдачу на 8,5% (для чугунного радиатора – уменьшает еще больше, до 13%); - укрытие отопительного прибора декоративными плитами, шторами снижает теплоотдачу на 10-12%
9	Установка радиаторных термостатов	Дает экономию тепла 6-7%
10	Установка регуляторов температуры теплоносителя на отопление	Предполагаемая экономия составит около 15%
11	Наличие блочного индивидуального автоматизированного теплового пункта	Уменьшает потребление на 37% в производственных и административных зданиях и на 12% - в жилых зданиях
12	Наладка систем отопления и опломбирование элеваторов и регуляторов в положении согласно наладочных карт	Экономический эффект составляет 15-35%, а срок окупаемости – 1-2 года
13	Создание систем лучистого отопления	Применение лучистого (инфракрасного) отопления в производственных зданиях (например, инфракрасного газового) дает экономию до 25%
14	Установка конвекторов с механическим побудителем теплосъема	Дает экономию до 7%
15	Установка воздушных систем отопления	Дает экономию до 10-15%
16	Применение застекленных лоджий	Дает экономию до 7-40%
17	Ликвидация мостов холода в	Дает экономию 2%

№	Содержание мероприятия (проекта)	Оценка потенциала энергосбережения
	местах сопряжения оконных переплетов со стеной	
18	Уплотнение щелей и неплотностей оконных и дверных проемов	Расход тепла после уплотнения щелей и неплотностей сокращается на 10-20%. 1 п.м. неуплотненного притвора окна равняется потере 50 кВт·ч за 228 суток
19	Установка окон с повышенными теплозащитными характеристиками. Наилучшее: 1) тройное остекление; 2) двухкамерный стеклопакет; 3) комбинация стекла + однокамерный стеклопакет	Экономия тепла 35-45% по сравнению с обычным двойным остеклением
20	Установка в окнах теплового зеркала или «комфорт-экрана» (низкоэмиссионная теплоотражающая светопрозрачная пленка, натянутая на профильную раму, установленная между стеклами)	Использование теплового экрана позволяет уменьшить теплопотери через окна от 40-45%
21	Дополнительная теплоизоляция наружных стен, перекрытий верхнего этажа и пола первого этажа. Потери общественных зданий через ограждения: - наружные стены – 30-50%; - перекрытие верхнего этажа – 15-40%; - пол первого этажа – 3-10%	Реализация мероприятий обеспечит снижение общих тепловых потерь на 5-15%
22	Замена трубчатых теплообменников на пластинчатые и использование энергоэффективных радиаторов	Позволяет экономить 5-10% тепла
23	Установка теплоотражателя, представляющего собой теплоизоляционную прокладку с отражающим слоем между отопительным прибором и стенкой	Позволяет экономить 2-3% от общего энергопотребления
24	Восстановление теплоизоляции	Позволяет снизить тепловые

№	Содержание мероприятия (проекта)	Оценка потенциала энергосбережения
	на трубопроводах систем отопления и ГВС	потери на 7-9% от общего объема потребления
25	Перевод системы отопления с теплоносителя «пар» на теплоноситель «горячая вода»	Экономия 20-30% тепла
26	Наличие инфильтрации холодного воздуха в отапливаемых помещениях	Дополнительный расход 10-15 ккал на каждый кубометр холодного воздуха
27	Внедрение энергосберегающего режима отпуска тепла на отопление из котельных или ЦТП с учетом бытовых тепловыделений	Годовая экономия тепла составляет 4-17%
28	Внедрение пофасадного регулирования отпуска тепла с учетом метеофакторов (скорости ветра и солнечного излучения)	Перерасход тепловой энергии за год без учета метеофакторов (без пофасадного регулирования) в диапазоне измерения скорости ветра от 0 до расчетной составляет 6-12%. При учете совместного влияния скорости ветра и солнечного излучения при фасадном регулировании годовая экономия может составить 9-18%
29	Внедрение экономичного графика подачи теплоносителя с учетом типа системы отопления и типа отопительных приборов	Экономия составляет от 5% (в зависимости от типа отопления и отопительных приборов) тепловой нагрузки при регулировании отпуска тепла в соответствии с действующими графиками
30	Изоляция неизолированных трубопроводов систем теплоснабжения, расположенных в подвалах и неотапливаемых помещениях	Годовая экономия тепла при изоляции 1 п.м оголого трубопровода среднего диаметра 25мм составляет 0,22 Гкал/п.м

Некоторые из типовых мер по энергосбережению в системах вентиляции и кондиционирования воздуха приводятся в таблице 2. Список этих мер существенно меньше, чем перечень мер по энергосбережению в системах отопления. Здесь следует учесть, что некоторые из них, в частности, в части уменьшения тепловых потерь, уже представлены в таблице 1. Энергосбережение в системах вентиляции и кондиционирования воздуха представлено двумя частями: экономией тепловой и электрической энергии.

Потребление тепловой энергии указанными системами почти на порядок превышает потребление энергии электрической. Для промышленных предприятий часто теплоснабжение и электроснабжение соотносятся как 10:1. Тем не менее, учитывая большие затраты по перемещению воздуха системами вентиляции и кондиционирования воздуха, говоря об энергосбережении в указанных системах, нельзя пренебрегать затратами электроэнергии на создание потоков воздуха. Также следует иметь в виду, что экономия тепловой энергии от внедрения некоторых из представленных в таблицах проектов может быть получена расчетным путем.

Таблица 2

**Типовые мероприятия (проекты) по энергосбережению в системах вентиляции и кондиционирования воздуха с экспертными оценками потенциала энергосбережения**

№	Содержание мероприятия (проекта)	Оценка потенциала энергосбережения
1	Применение рециркуляции в системах вентиляции и кондиционирования воздуха	Экономия зависит от степени рециркуляции вытяжного воздуха [6]
2	Применение рекуперации воздуха на вытяжных системах вентиляции и кондиционирования воздуха	Дает экономию 20-70%. Экономия зависит от эффективности рекуперативного теплообменника-утилизатора теплоты вытяжного воздуха
3	Применение регенерации воздуха на вытяжных системах вентиляции и кондиционирования воздуха	Экономия зависит от эффективности регенеративного теплообменника-утилизатора теплоты вытяжного воздуха
4	Применение двух рекуперативных теплообменников воздуха на приточных и вытяжных системах вентиляции и кондиционирования воздуха	Экономия зависит от эффективности системы из двух теплообменников утилизаторов теплоты вытяжного воздуха
5	Наличие автоматических регуляторов на приточных системах вентиляции	Дает до 10% экономии тепла и 25-30% электроэнергии
6	Тепловая изоляция воздуховодов в местах прокладки с пониженной температурой воздуха	Возможная экономия теплоты и холода при качественном выполнении теплоизоляции достигает 10-15%
7	Применение	Новые оптимальные способы

№	Содержание мероприятия (проекта)	Оценка потенциала энергосбережения
	автоматизированной системы управления серии «UniDrive-Fan» для механизмов с переменным от скорости вращения моментом на валу электродвигателя с целью регулирования расхода воздуха	количественного регулирования позволяют снизить расход электроэнергии на перемещение воздуха у вытяжных систем на 60% и у приточных систем на 30% от величины потребления вентилятором в расчетном режиме
8	Совместное применение общеобменной и местной вентиляции в виде местных отсосов, воздушных завес и т.д.	
9	Локализация притока и вытяжки (устройство воздушных оазисов, душирование, локализация притока)	Уменьшение воздухообмена при работе СКВ на 25-50%
10	Устранение подсосов и утечек воздуха через неплотности воздухопроводов	Снижение затрат на перемещение воздуха вентиляторами на 3-10% (электроэнергии)
11	Уменьшение аэродинамических потерь при движении воздуха в воздухопроводах	Повышение холодильной нагрузки СКВ примерно на 10-16% на каждые 1000 Па потерь на трение

**Выводы.** Разработанные типовые мероприятия по энергосбережению в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха позволят существенно повысить энергоэффективность как промышленных предприятий, так и объектов жилищно-коммунальной сферы.

#### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Волковский Е.Г., Шустер А.Г. Экономия топлива в котельных установках. – Энергия, 1973.
2. Вагин Г.Я., Лоскутов А.Б. Экономия энергии в промышленности: Учебное пособие. – Нижний Новгород, 1998.
3. Гаряев А.Б., Данилов О.Л. и др. Энергосбережение в энергетике и технологиях: Энергосбережение в низкотемпературных процессах и технологиях. М.: МЭИ, 2002. – 48 с.
4. Фаликов В.С. Энергосбережение в системах теплоснабжения зданий: Монография. – М.: ГУП «ВИМИ», 2001. – 164 с.

УДК 624.21

#### СПОСОБ ПОСТРОЕНИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ ЛИНИЙ ВЛИЯНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УСИЛИЙ В ШИРОКИХ АВТОДОРОЖНЫХ ПРОЛЁТНЫХ СТРОЕНИЯХ МОСТОВ ПО ОСЦИЛЛОГРАММАМ ИХ ИСПЫТАНИЙ МЕДЛЕННО ДВИЖУЩЕЙСЯ ДВУХОСНОЙ НАГРУЗКОЙ

с.н.с. Б.Д. Сухоруков

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна*

Пролёты большинства эксплуатируемых автодорожных и городских мостов и путепроводов со значительной шириной проезжей части перекрыты железобетонными пролётными строениями, поперечное сечение которых состоит из десятка и более объединённых между собой однотипных несущих элементов (балок или плит).

Очевидно, что под воздействием временной нагрузки контур поперечного сечения такого пролётного строения может не только перемещаться и поворачиваться в вертикальной плоскости, но и упруго деформироваться. Балки в одном и том же поперечном сечении пролётного строения прогибаются по разному, а значит и нагрузка на них передаётся разная – пропорциональная вертикальному перемещению балок.

Достоверная информация о фактическом характере распределения внешней нагрузки между балками, образующими поперечное сечение, конкретного пролётного строения может быть получена лишь при его натурных испытаниях и построенных на их основе поперечных линий влияния коэффициентов распределения нагрузки для каждой из балок.

Построение натуральных линий влияния по данным статических испытаний требует значительного числа различных установок испытательной нагрузки поперёк проезжей части моста и, тем более, если эта ширина большая. Затраты времени на проведение таких испытаний весьма велики, что для находящихся в эксплуатации сооружений не всегда приемлемо.

Существенно сократить время проведения натуральных испытаний и при этом получить достаточный объём информации о фактической работе конструкций под временными нагрузками является актуальной технической задачей, которую постоянно приходится решать мостоиспытателям в каждом конкретном случае. В их арсенале должны быть как традиционные способы и методы проведения статических и динамических испытаний сооружений, так и принципиально новые, ориентированные на тот или иной тип мостовой конструкции. А также на новое поколение измерительной и регистрирующей аппаратуры, компьютерных программ хранения и обработки данных испытаний, поступающих в последнее время на вооружение мостоиспытательных станций и научно-исследовательских лабораторий.

Для пролётных строений эксплуатируемых автодорожных мостов и путепроводов с однотипными несущими элементами (балками, плитами) в поперечном сечении существенное сокращение времени на проведение собственно натуральных статических испытаний (закрыва регулярного движения по сооружению) возможно за счёт сведения к минимуму