

Результаты показали, что при увеличении класса бетона увеличивается прочность сцепления на отрыв. Наименьшую прочность показал Isomat Megacret 40, наибольшую - Будмайстер ТИНК-93 и Ceresit CD22.

Выводы.

1. Разработана методика экспериментальных исследований строительно-технических свойств системы «ремонтная смесь – бетон» для ремонта железобетонных конструкций.

2. Проведены экспериментальные исследования физико-механических характеристик и совместной работы с бетонами различных классов по прочности на сжатие ремонтных сухих смесей трёх производителей - фирм Henkel (Ceresit CD-22 - высокопрочный цементный ремонтный раствор), Будмайстер (ТИНК-93 - высокопрочный цементный ремонтный раствор) и Isomat (Megacret-40 - высокопрочный цементный ремонтный раствор, модифицированный полимерами с дисперсным армированием полипропиленовой фиброй).

3. Сухая смесь Ceresit CD22 при сравнении заявленных производителем и фактических характеристик прочности показала наиболее точное совпадение результатов. Также сухая смесь Ceresit CD22 показала лучшие результаты практически по всему комплексу испытаний.

УДК 697.7:551.521.3

### **КОНЦЕПЦИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ**

*к.т.н., доц. Рабич Е.В., к.т.н., доц. Чумак Л.А.,  
к.т.н., доц. Магала В.С., Рабич В.А.  
ГВУЗ «Приднепровская государственная академия  
строительства и архитектуры»*

**Актуальность.** В последнее десятилетие большое внимание уделяется повышению эффективности использования природных энергетических ресурсов. Особо актуально это для Украины. Потребление энергии на единицу ВВП в Украине остается чрезвычайно высоким — в 8 раз больше, чем в США. В то же время производство энергии на душу населения в Украине на 30-35% ниже, чем в Российской Федерации, и на 65-70% меньше, чем в США и Канаде. Импорт топлива усложняет выживание страны в период кризиса. В 2010 г. капитальные инвестиции в предприятия украинской энергетики выросли на 3% и достигли 9.8 млрд грн, или 0.9% ВВП. Вложения в энергетический сектор уменьшились на 17%, до 4.9 млрд грн, в то же время финансирование НАК «Нафтогаз Украины» увеличилось на 35%, до 4.9 млрд грн. По оценкам Мирового Банка, минимальные инвестиции в энергетику должны составлять 3% ВВП страны ежегодно. Для Украины — это около 28-30 млрд грн. В частности, по 8-9 млрд грн необходимо вкладывать в газотранспортную систему, в модернизацию существующих активов и

энергоэффективность, около 3-4 млрд грн — в реконструкцию энергосистемы.

Структура потребления топливно-энергетических ресурсов в Украине в последнее десятилетие также не претерпевает никаких изменений. Согласно Государственной целевой программе повышения энергоэффективности на 2010-2015 гг., потребление природного газа к 2014 г. должно быть снижено на 6%, до 29% от общего потребления топливно-энергетических ресурсов. Вместе с тем, потребление угля, которое было традиционно большим, вырастет к 2014 г. всего лишь на 1%, а новые альтернативные источники энергии все еще будут занимать совершенно незначительную долю в общей структуре потребления энергоресурсов — 6%. В развитии этого направления особый интерес вызывает экономическая целесообразность использования солнечной энергии не только для освещения помещений. В значительной мере привлекательными являются и энергетические показатели солнечной облученности.

**Целью работы** является анализ факторов, определяющих энергоэффективность зданий и определение количественных показателей поступления солнечной облученности на основе имеющейся модели поступления наружной освещенности [1].

**Анализ факторов, определяющих энергоэффективность зданий.**

Энергетическая эффективность здания — это свойство здания и его инженерных систем обеспечивать заданный уровень расхода тепловой энергии для поддержания отопительных параметров микроклимата помещений. Под тепловой защитой подразумеваются теплозащитные свойства совокупности его наружных и внутренних ограждающих конструкций, обеспечивающих заданный уровень тепловой энергии здания с учетом воздухообмена помещений не выше допустимых пределов.

Новые требования Европейского Союза обязывают использовать общие принципы методологии расчета энергоэффективности зданий, которые учитывают следующие факторы [2]: климатические условия; параметры микроклимата в помещениях; теплотехнические характеристики здания; ориентация здания, в т.ч. ориентация световых проемов по сторонам горизонта; солнцезащита в летний период; осветительные установки естественного и искусственного освещения; пассивные системы использования солнечной радиации; системы отопления и горячего водоснабжения; вентиляция и кондиционирование воздуха в помещениях.

Рассмотрим взаимосвязь вышеперечисленных факторов с поступлением солнечного облучения в Украине.

**1. Климатические условия** характеризуются солнечной радиацией, циркуляцией атмосферы, подстилающей земной поверхностью. Суммарная солнечная радиация в Украине увеличивается с севера (4190 МДж/м<sup>2</sup>) на юг (5200 МДж/м<sup>2</sup>) и основную её часть поверхность страны получает с мая по сентябрь. Около 99% всей энергии солнечной радиации составляют лучи с длиной волны  $\lambda = 170 \dots 4000$  нм, в том числе 48% приходится на видимую часть спектра ( $X = 390 \dots 760$  нм), 45% — на близкую инфракрасную ( $\lambda = 760 \dots 4000$  нм) и около 7% — на ультрафиолетовую ( $\lambda < 400$  нм).

Преимущественное значение для фотосинтеза имеют лучи с  $\lambda = 380 \dots 710$  нм. При прохождении через атмосферный воздух солнечный свет отражается, рассеивается и поглощается. Чистый снег отражает примерно 80—95% солнечного света, загрязненный — 40—50%, черноземная почва — до 5%, сухая светлая почва — 35—45%, хвойные леса — 10—15%. Однако, освещенность земной поверхности существенно колеблется в зависимости от времени года и суток, географической широты, экспозиции склона, состояния атмосферы и т. п. На микроклимат территории оказывают влияние речная сеть, почвенно-растительный покров, застройка и т.д. Тепло, создаваемое в большом городе, существенно влияет на минимальную зимнюю температуру. Крупные промышленные предприятия постоянно отдают значительное количество тепла, что искусственно повышает температуру окружающей среды. Однако атмосфера в таких районах часто загрязнена промышленными выбросами, и количество падающего на землю солнечного света снижается.

Украина почти вся расположена в пределах умеренно континентального пояса. Широтное расположение Украины от 33°11' до 52°22' с.ш. Основными показателями климата являются: температура воздуха, атмосферное давление, атмосферные осадки, направление и сила ветра. Характерны сезонные различия, зимы умеренно холодные, лето продолжительное, теплое или жаркое, средняя температура июля 18-24°C, января от -8°C до 2-4° С (на южном берегу Крыма). Максимальная температура воздуха летом достигает +39°C, зимой до -25,-35°C [3].

Данные климатических условий и величин солнечной радиации позволяют сделать вывод о преимуществе использования солнечного облучения для экономии невозобновляемых источников энергии, особенно в летний период.

## ***2. Параметры микроклимата, вентиляция и кондиционирования воздуха в помещениях.***

Параметры микроклимата характеризуются тепловлажностным режимом и скоростью движения воздуха. Обеспечиваются отоплением в холодный период, вентиляцией и кондиционированием в теплый. Значения этих параметров определяются назначением помещений — для жилых и общественных зданий, а для производственных — категорией выполняемых работ по энергозатратам. При расчетах используются данные климатических условий (расчетные параметры наружного воздуха) [4], что определяет целесообразность использования энергии солнечного облучения.

## ***3. Теплотехнические характеристики здания.***

Определяются температурной зоной Украины, тепловыми затратами по назначению зданий, тепловлажностным режимом (микроклимат помещений), коэффициентом теплопередачи, теплофизическими характеристиками строительных материалов, показателями компактности зданий [5]. При проектировании используются расчетные значения коэффициента теплопроводности материалов ограждающих конструкций. Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций определяется исходя из необходимости соблюдения санитарно-гигиенических требований, условий комфортности и требований энергосбережения, что также связано с

использованием солнечной энергии. Расчетные температуры наружного воздуха для оценки температурного режима теплопроводных участков ограждающих конструкций, воздухопроницаемости и теплопроводности и для расчета отопления и вентиляции [4, 5] несколько отличаются от данных климатических условий, что необходимо учитывать при проектировании объекта (табл.1).

Таблица 1.

*Сравнение значений температур наружного воздуха по [3-5]°С*

Температурная зона	I	II	III	IV
	Значения наружного воздуха, °С			
Данные климатических условий [3]:				
максимальное (зимний период)	-35	-25	-20	-11
среднезимнее	-6-8	-6-5	-2	+1
максимальное (летний период)	+39	+35	+31	+32
среднелетнее	+20	+20,5	+22	+24
Расчетные параметры наружного воздуха [4]:				
холодный период	-21	-22,5	-11	-4,5
теплый период	+27,6	+31	+31,3	+31,2
Расчетная температура наружного воздуха [5]				
	-22	-20	-18	-12
Результат несовпадения по [4]и[5] для холодного периода	1	2,5	7	7,5

Наибольшее несовпадение значений наружного воздуха в отопительный период выявлено для III и IV температурных зон. Целесообразно учитывать значения температур наружного воздуха конкретного места строительства по широтному расположению, что более точно отображает температурный режим не только для холодного, но для теплого периодов года, а также поступление солнечной радиации.

Значения теплотехнических характеристик строительных теплоизоляционных материалов в конструкциях под воздействием эксплуатационных факторов, в том числе и солнечной радиации, изменяются во времени и могут существенно отличаться от значений, получаемых при лабораторных испытаниях и указанных в технических условиях.

**4. Пассивные системы использования солнечной радиации, системы отопления и горячего водоснабжения.** Широко используются солнечные коллекторы и тепловые насосы, эффективность работы которых зависит от количества поступления солнечной энергии. По предложенной уточненной методике расчета энергоэффективных систем отопления [6], определены показатели системы отопления в г. Днепропетровске, в т.ч. степень замещения топлива солнечной энергией. Величины поступления солнечной облученности позволяют прогнозировать окупаемость оборудования, работающего от энергии Солнца.

**5. Ориентация здания, в т.ч. ориентация световых проемов по сторонам горизонта; солнцезащита; осветительные установки естественного и искусственного освещения.**

В [5] расчетные потери тепла  $Q_{\text{год}}$  определяются за вычетом тепловых поступлений от солнечной радиации через световые проемы в течение отопительного сезона в зависимости от ориентации по сторонам горизонта. В той же зависимости меняется поступление естественного света продолжительность использования естественного освещения и инсоляция, что свидетельствует о прямой зависимости ориентации здания от поступления солнечной радиации через световые проемы.

Как показано в [7] между значениями наружной среднемесячной освещенности  $E$  и солнечной облученности  $Q$  наблюдается существенная корреляция. В качестве уравнения регрессии с достаточной степенью достоверности может быть использована следующая зависимость:

$$Q = k \cdot E^{1,1}$$

где  $E$  – среднемесячная освещенность, клк,

$Q$  – среднемесячная облученность, Вт/м<sup>2</sup>,

$k$  – коэффициент, учитывающий положение Солнца на небосводе, клк/Вт.

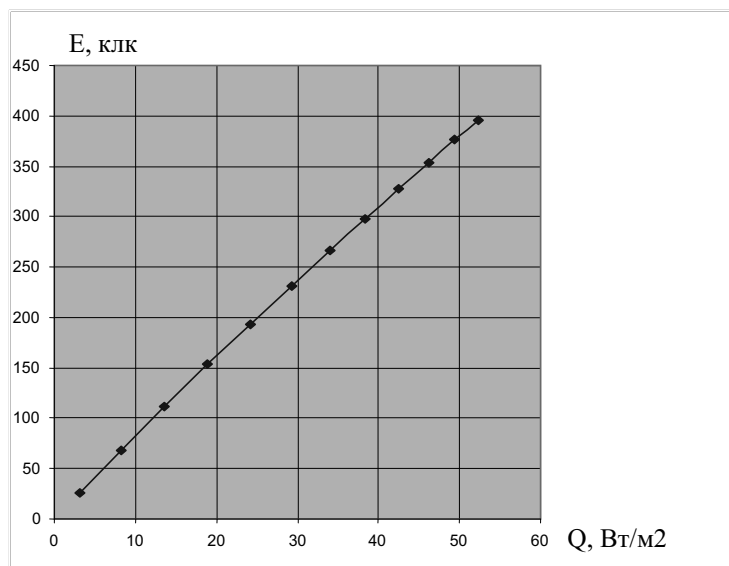


Рис.1. Расчетные данные среднемесячной облученности в зависимости от освещенности.

Формула для расчета суммарной среднемесячной освещенности для Днепропетровского региона была предложена нами в [1]:

$$E = -20,535h^5 + 76,954h^4 - 118,33h^3 + 68,849h^2 + 45,065h - 1,154$$

где  $h$  – высота Солнца над горизонтом, рад.

Уравнение для коэффициента  $k$  получено на основе зависимостей между  $E$  и  $Q$  в исследованиях [7]:

$$k = -1,856h^3 + 5,382h^2 - 5,912h + 7,515$$

Ниже приведены расчетные данные среднемесячной облученности в зависимости от освещенности.

**Выводы.** Общий анализ факторов, определяющих энергоэффективность зданий и сооружений, показывает необходимость более тщательного исследования энергетических параметров солнечного излучения в Днепропетровском регионе, так как другие источники альтернативной энергии в силу географического расположения области являются менее значимыми. Особый интерес представляет создание модели энергоэффективности зданий с учетом использования солнечной энергии.

По имеющимся ранее значениям среднемесячной наружной освещенности получена зависимость солнечной облученности от высоты солнца, что позволяет прогнозировать поступление величины солнечной энергии как возобновляемого источника альтернативной энергии.

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Рабич Е.В., Линник Р.Я., Чумак Л.А., Лаухина Л.Н., Магала В.С. Математическая модель поступления естественного освещения в помещения // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. научн. трудов. Вып №.58. – Дн-вск, ПГАСА, 2011. – С. 589-595.
2. Коваль О.О., Лантух О.В., Юрченко С.Л., Коваль А.С. Стандартизація будівельних нормативів по підвищенню енергоефективності на Європейському рівні // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. научн. трудов. Вып №.56. – Дн-вск, ПГАСА, 2010. – С. 204-207.
3. Ukrainian.su/obshaya-informatsiya/klimat-ukrainyi.html.
4. СНиП 2.04.05-91\*У. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – К.: КиевЗНИИЭП, 1996. – 89с.
5. ДБН В.2.6-3162006. Теплова ізоляція будівель. – К., 2006. – 71с.
6. Савицкий Н.В., Данишевский В.В., Калга И.П. Энергоэффективные системы отопления жилого дома на основе солнечных коллекторов и тепловых насосов // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. научн. трудов. Вып №.58. – Дн-вск, ПГАСА, 2011. – С. 596-603.
7. Игава Н., Накамура Х. Простая модель световой эффективности естественного освещения // Светотехника. – 2002. - №4. – С. 12-17.