**Конструктивно-технологические решения энергоэффективных зданий**

**Парута В.А.**

Одесская Государственная Академия Строительства и Архитектуры

Для отопления и горячего водоснабжения жилого фонда, затрачивают до 40% производимой в стране тепловой энергии, 70% из которой теряется. Поэтому необходимо внедрение ресурсосберегающих технологий при строительстве и эксплуатации зданий. Эффективным решением проблемы является использование технологий тепловой санации для существующих зданий и строительство новых зданий в соответствии с концепцией “пассивный дом”.

Среди технологий тепловой санации существующих зданий, наиболее целесообразными, на данный момент, являются применение систем утепления типа «навесной вентилируемый фасад» (Рис.1) и «скрепленной теплоизоляции» (Рис.2).



Особенно актуально их применение для панельных домов, термическое сопротивление стен которых, составляет лишь 25-30% от нормативных. Применение этих систем не только позволит уменьшить теплопотери и расход энергоресурсов на 40%, обеспечит комфортные условия проживания, но и приведет к увеличению срока эксплуатации здания, межремонтного периода и снижению эксплуатационных затрат. Эти технологии уже достаточно хорошо знакомы и требуют лишь точного соблюдения рекомендаций специалистов при выборе материалов и выполнении работ.



Технология «пассивного дома» менее знакома специалистам и потребителям. Ее концепция:

1.Величина теплопотерь, за отопительный сезон, должна равняться мощности внутренних и бытовых тепловыделений.

2.Стоимость строительства не должна существенно отличаться от обычного.

3. Должны использоваться уже известные и освоенные технологии и технологические приемы [1].

«Пассивный дом» обеспечивает комфортные санитарно-гигиенические условия в помещениях при энергопотреблении 15-30 кВт•ч/м2 энергии в год.

«Пассивный дом» - это сочетание конструктивных и технологических решений позволяющих реализовать вышеизложенную концепцию. К ним относят: ориентацию жилых помещений на юг, с северной стороны отсутствует остекление и устраивают буферные зоны (кладовки, пристенные холодные шкафы и др.); применение автоматических систем вентиляции; толщину теплоизоляции увеличивают до 240-400 мм, что обеспечивает величину термического сопротивления ограждающих конструкций R ≈ 6 - 10 м2∙ К/Вт; использование тепла солнечного света, обитателей и бытовых приборов; применение теплового насоса; обеспечение энергоснабженияза счет возобновляемых источников энергии (Рис.3).

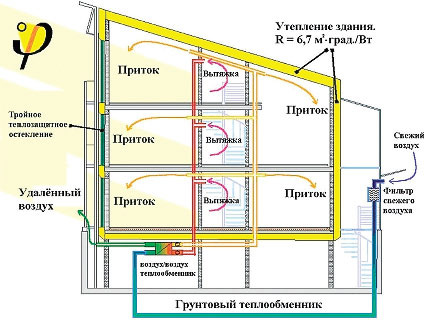
 

Рис.3 Конструктивные узлы здания возведенного в соответствии с концепцией «пассивный дом»

В качестве конструктивных узлов таких зданий используют:**термические емкости** - нагреваемые солнцем и медленно отдающие тепло естественные аккумуляторы (массивные конструкции зданий: каменные и водонаполненные стены, перекрытия; внутренние и наружные водоемы, каменные и глинистые массивы грунта; **энергоактивные буферные пространства -** (*теплицы, оранжереи, веранды*), что позволяют обеспечить до 25% энергопотребления); **стена-витраж -** обеспечивающая нагрев внутренних ограждений помещения, выполненных в виде термических емкостей (позволяет получить до 17% требующейся энергии); **стена Тромбэ** - создающая "парниковый эффект" в неширокой (до 16 см) воздушной прослойке между светопрозрачной наружной поверхностью и высокотеплоемкой стеной (при использовании в целях воздушного отопления и проветривания позволяет экономить около 55% энергии) и др.

Примером пассивного дома из традиционных стеновых материалов является 4-х квартирный жилой дом в Дармштадте (Германия). Он возведен из силикатного кирпича с наружным утеплением пенополистиролом толщиной 400 мм и удовлетворяет требованиям предьявляемым к таким домам, за исключением системы отопления, оставшейся традиционно водяной.

Так как возведение «пассивного дома» представляет собой комплекс мероприятий, в качестве иллюстрации приведем несколько примеров. **Лыжная станция -** Steiermark (Австрия). Характеристика местности: суровый альпийский климат, высокая солнечная активность, отсутствия инфраструктуры. Реализованные идеи проекта: Трехэтажное, простой компактной формы здание. Использование солнечной энергии и дождевой воды. Очистка сточных вод и утилизация отходов. Помещения ориентированы только на юг, чтобы абсорбировать солнечную энергию. Южный фасад станции защищен от ветра и открыт солнцу солнечными панелями больших площадей и энергоэффективных окон (R до 1,6 м2. К/Вт). Солнечные коллекторы и панели фотогальваники, а при необходимости теплоэлектроцентраль на растительном топливе, через бак-накопитель используются для горячего водоснабжения и нагревания приточного воздуха. Вентиляция – с теплообменником. Система фотогальваники обеспечивает примерно 65% потребности в электроэнергии. Термически изолированы и закрыты северный, западный и восточный фасады. Сопротивление теплопередаче покрытия и стен R = 10 м2∙К/Вт, утеплитель – минераловатные плиты общей толщиной 360 мм.

**Жилой дом для пожилых людей** - Domat, (Швейцария). Четырехэтажный. На южный фасад, полностью остекленный, выходят гостиная и спальные комнаты. Используются полупрозрачные трехкамерные стеклопакеты с R = 2 м2∙ К/Вт. Наружный слой призматические стеклянные элементы рефлектируют лучи высоко стоящего летнего солнца но пропускают низкие лучи зимнего солнца. Второй слой заполнен – накопителями тепла (гидратом соли с фазовым преобразованием). Внутренний слой – безопасное стекло с керамической трафаретной печатью. Общая толщина – 78 мм. Вдоль северной стороны жилище разграничено и защищено зоной общественного пользования, приватных кладовых, лестниц и т.д. Наружная теплоизоляция толщиной 200 мм. Термическое сопротивление крыши – 4,5 м2∙ К/Вт, утеплитель – полистирольный пенопласт толщиной 180 мм.

Как видим даже в очень жестких природных условиях эксплуатации здания, построенные в соответствии с концепцией «пассивный дом», оказываются энергетически эффективными. Широкое применение технологий тепловой санации существующих зданий и возведение новых, в соответствии с концепцией «пассивный дом» позволит уменьшить затраты энергоресурсов, обеспечить комфортные условия для работы и проживания.

При возведении энергоэффективных зданий целесообразно использование, в качестве стенового материала, автоклавного газобетона, выпуск которого успешно освоен в Украине. Долговечность и теплоизоляционные параметры газобетонной стеновой конструкции зависит от вида фасадного декоративно-защитного покрытия. Наиболее целесообразным является оштукатуривание газобетона с последующей отделкой декоративными штукатурками или фасадными красками. Однако, неумелое применение данной технологии, приводит к снижению долговечности ограждающей конструкции. Причина в том, что недостаточно изучены и учтены процессы, протекающие при нанесении и эксплуатации штукатурных покрытий. Наружное покрытие следует рассматривать не как самостоятельный элемент, а во взаимосвязи с элементами, составляющими конструкцию наружной стены. Кладка и покрытие должны «работать» совместно, а их материалы должны иметь сопоставимые свойств.

Растворная смесь должна иметь водоудерживающую способность не менее 98%. Для обеспечения такого показателя необходима оптимизация гранулометрического состава заполнителя и наполнителя, использование эфиров целлюлозы и редиспергируемых полимерных порошков. Повышение водоудерживающей способности растворной смеси обеспечит оптимальные условия для твердения раствора, увеличение степени гидратации цемента, уменьшение усадочных деформаций. А это в свою очередь предопределит высокую адгезию затвердевшего раствора к кладке, которая должна составлять не менее 0,5 МПа.

Так как одним из деструктивных факторов являются влажностные деформации раствора, то необходимо, чтобы его водопоглощение не превышало 5% по обьему, а поверхность имела гидрофобный характер. Возникновение деформаций набухания и усадки надежно предупреждается с помощью гидрофобизации штукатурки. Уменьшения водопоглощения можно добиться введением в сухие смеси порошкообразных гидрофобизаторов (стеаратов металлов) и редиспергируемых полимерных порошков. Уменьшение водопоглощения приведет к повышению стойкости к переменному увлажнению и высушиванию. Раствор, соответствующий требованиям по этому показателю, должен иметь адгезию к основанию 0,38-0,45 МПа после 250 циклов. Уменьшение водопоглощения штукатурного раствора обеспечит его морозостойкость, которая должна составлять не менее 35-50 циклов.

Покрытие должно иметь сопоставимые, с кладкой, температурные и влажностные деформации. Решить эту проблему можно, максимально приблизив их структуру и среднюю плотность. В этом случае можно прогнозировать их длительную совместную работу. Для этого штукатурный раствор должен иметь пористость сопоставимую с пористостью стенового материала, а средняя плотность должна быть в пределах 500 – 1200 кг/ м3. Для этого используют воздухововлекающие добавки, пенообразователи либо вводят мелкий пористый заполнитель.

Раствор должен иметь малую усадку при твердении во избежание образования усадочных трещин на этапе твердения. Он должен быть устойчив к разрыву по трещине в кладке, штукатурка должна сохранять целостность при образовании трещин в ячеистом бетоне шириной до 0,3мм. Отношение проч­ности при изгибе (Rизг) к прочности при сжатии (Rсж) должно быть Rизг/Rсж > 0,3. Этого можно добиться микродисперсным армированием, применением эфиров целлюлозы и редиспергируемых полимерных порошков.

Прочность раствора при сжатии должна быть сопоставима с прочностью материала кладки, а модуль упругости штукатурки должен быть ниже модуля упругости основания. Редиспергируемые порошки позволят снизить модуль упругости материала на 25-30%, что придаст штукатурке способность воспринимать возникающие напряжения без образования трещин.

Покрытие должно обладать паропроницаемостью сопоставимой с паропроницаемостью газобетона - 0,17 - 0,23мг/(м∙час∙Па). Это обеспечит высушивание стеновой конструкции до равновесной влажности, а при эксплуатации, транзит влаги из помещения.

На рынке строительных материалов Украины в последнее время появился целый ряд штукатурных смесей для отделки газобетона. Для некоторых из них характерна высокая средняя плотность и низкая паропроницаемость, для других ограничением является значительная стоимость.

Для реализации вышеприведенного алгоритма нами рассматривалась возможность получения экономичного полимецементного раствора с минимальным расходом добавок, но приближающегося по своим свойствам к требуемым параметрам. Для обеспечения высокой водоудерживающей способности растворной смеси и повышения трещиностойкости раствора, использовали карбоксиметиллцеллюлозу. Для уменьшения средней плотности и повышения паропроницаемости раствора, использовали воздухововлекающую добавку Ceresit CO 85. Оптимизация рецептурно-технологических факторов осуществлялась при помощи трехфакторного плана с варьированными факторами: Х1-расход цемента 16-28%; Х2-расход добавки Ceresit CO-85 1-3% от массы цемента; Х3-расход карбоксиметилцеллюлозы 0,3-0,9% от массы цемента.



Приведенные данные свидетельствуют о том, что используя эффект воздухововлечения, удалось снизить среднюю плотность цементно-песчаного раствора на плотном кварцевом песке, с 1800 кг/м3 до 1200 кг/м3 (Рис.4). Прочность при сжатии раствора сопоставима с прочностью газобетонных блоков D400 и составляет 20-30 кгс/см2 (Рис.5), что достаточно для обеспечения совместной работы «кладка-покрытие». Введение карбоксиметилцеллюлозы обеспечило оптимальные условия для твердения и формирование структуры с пониженным количеством трещин. Это позволило повысить прочность при изгибе раствора до 15-25 кгс/см2 (Рис.6), а коэффициент трещиностойкости до 0,8 – 1,2 (Рис.7).



Литература

1. Feist W. Das kostengünstige Passivhaus — Proektbeschreibung / Arbeitkreis kostengünstige Passivhäuser. Protokolband № 1. Darmstadt, 1996. S. 9–21.
2. Feist W. Gestaltungsgrundlagen Passivhдusern, Verlag Das Beispiel. 2001. S. 144.  
   3. Danilevski L. Perspectives of the passive house standard in Belarus. 8 Europeische Passivhaustagung, Krems, Цsterreich. 2004. S. 631–634.
3. März 2000. Kassel, 2000. S. 11–19.
4. Feist W., Peper S. Görg M.GEPHEUS — Proektinformation № 35 / Technische Endbereich. Hannover, 2001.
5. Spieler A. und a. Passiv-Verwaltungsgebäude: Erste Betriebserfahrungen mit dem Wagner-Passiv-Solarhaus. 4. Passivhaustagung 10–11. März 2000. Kassel, 2000. S. 435–441.
6. Internationale Passivhaustagung 19–21. Mai 2006. Hannover, 2006. 634 s.
7. Oehler S. Münsterländer Hof renoviert. 9 Internationale Passivhaustagung 2006. Hannover, 2006. S. 57–62.

Опубликовано: Всеукраинский научно-технический журнал «Энергосбережение», № 7 (141), июль, 2011, с.6-8, Донецк