

УДК 697.14

В. И. АБЕЛЕШЕВ, канд. техн. наук, доцент

Харьковская национальная академия городского хозяйства, г. Харьков

## ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ЭФФЕКТИВНОГО УСТРОЙСТВА МАНСАРД

*Работа посвящена исследованию некоторых теплотехнических аспектов эффективного устройства мансард путём анализа основных проблем, тенденций и направлений развития кровельных систем зданий на современном этапе.*

*Робота присвячена дослідженню деяких теплотехнічних аспектів ефективного улаштування мансард шляхом аналізу основних проблем, тенденцій і напрямів розвитку покрівельних систем будівель на сучасному етапі.*

### Постановка проблемы в общем виде

В современных условиях одним из приоритетных направлений решения проблем жилищно-коммунального хозяйства является использование эффективных энергосберегающих технологий. Проблема связана с важными научными и практическими задачами по эффективному использованию топливно-энергетических ресурсов, что в значительной степени относится к повышению теплозащитных характеристик зданий.

Одним из способов решения данной проблемы является устройство мансард вместо холодных чердачных помещений одновременно с дополнительной теплоизоляцией наружных ограждающих конструкций зданий в соответствии с [3], что позволяет существенно снизить потери теплоты через конструкцию кровли здания, следовательно, и затраты на отопление.

Кровля является одной из главных конструкций здания, комплексной системой, состоящей из отдельных элементов, от эффективного подбора которых зависят теплотехнические и эксплуатационные характеристики здания в целом. Выбор и совмещение элементов кровли является сложной задачей, решение которой требует наличия определённой информации о характеристиках теплоизоляционных материалов, их совместимости с другими функциональными элементами кровельной системы. Все элементы кровли в своей взаимосвязи должны составлять надёжный инженерный комплекс, устойчивый к неблагоприятным воздействиям атмосферы и обеспечивающий необходимые эксплуатационные параметры микроклимата в помещениях. Теплотехнические характеристики кровли зависят от теплопроводности, воздухопроницаемости, паропроницаемости, устойчивости к деформациям, взаимного расположения и сочетаемости конструктивных элементов, а также качества монтажных работ.

### Анализ последних исследований и публикаций

Аналитический обзор специальной литературы [5, 6] по данной проблеме предоставляет возможность сделать некоторые выводы о состоянии, тенденциях и направлениях развития технологий устройства мансард на современном этапе науки и техники. В настоящее время разработаны схемы эффективного устройства чердачных (проходных, полупроходных или технических) крыш в зависимости от их типа, утверждены соответствующие рекомендации и нормы [4].

Мансарда представляет собой достаточно сложную инженерную конструкцию, непростой теплотехнической и аэродинамической задачей является устройство её эффективной скатной кровли. Конструкция кровли холодных чердачных помещений имеет эффективную естественную вентиляцию, что позволяет поддерживать необходимые параметры микроклимата в нижележащих помещениях. В случае устройства мансард вместо холодных чердачных помещений теплотехнический и аэродинамический расчёты кровли существенно усложняются.

Нерешённой ранее частью общей проблемы эффективного устройства мансард является исследование влияния применения комплекса современных материалов на экономию энергии.

### Формулировка целей статьи

Целью данной статьи является исследование проблем устройства мансард вместо холодных чердачных помещений на современном этапе развития науки и техники.

### Изложение основного материала исследования

Выделяют чердачные помещения 2 типов: тёплые (например, мансарды) и холодные (неотапливаемые). Всё более популярными становятся здания с мансардами - жилыми помещениями, расположенными непосредственно под кровлей (жилой чердак).

Преимуществами зданий с мансардами являются максимальное использование площади застройки и повышение архитектурной выразительности. Необходимость создания дополнительной жилой площади в существующих зданиях и ограниченная площадь застройки для новых жилых зданий делает проблему устройства мансард весьма актуальной.

В мансардах значительная часть наружных ограждающих конструкций интегрирована в кровельную систему, которая должна не только защищать внутреннее пространство здания от атмосферных воздействий, но и обеспечивать необходимые санитарно-гигиенические параметры помещений собственно мансарды.

Рекомендованные значения параметров микроклимата в помещениях мансард приведены в таблице.

Таблица

Рекомендованные значения параметров микроклимата в помещениях мансард  
[1,2]

Параметры микроклимата	Допустимые	Оптимальные
Температура воздуха	+17 °С (холодный период); +28 °С (тёплый период)	+20 °С
Градиент температуры по горизонтали	+3 °С	+2 °С
Градиент температуры по вертикали		+1 °С
Градиент температуры воздуха по поверхности наружных ограждений	+4 – +6 °С	+0,5 – +1 °С
Температура внутренней поверхности стекла	+ 10 – +12 °С	+20 °С
Относительная влажность воздуха	45–80 %	35 – 45 %
Скорость движения воздуха	0,05–0,2 м/с (холодный период); 0,15–0,5 м/с (тёплый период)	0,05 м/с (холодный период); 0,15 м/с (тёплый период)

Для обеспечения необходимой инсоляции мансарды в кровельную конструкцию монтируются специальные мансардные окна, суммарная площадь которых должна составлять около 10 % общей площади помещения.

Диапазон конструктивных решений с использованием теплоизоляции кровель весьма широк и позволяет учитывать практически любые требования по проектированию, строительству и эксплуатации зданий [4]. Применение теплоизоляционных материалов позволяет обеспечить оптимальную конструкцию кровли любого типа (плоской и скатной, совмещённой и несомещённой, классической и инверсионной, эксплуатируемой и неэксплуатируемой), а также мансард.

При теплоизоляции мансарды необходимо учитывать, что потери теплоты происходят не только через кровлю, но и через торцевые фронтоны здания, поэтому их теплоизоляционные

характеристики следует повысить в соответствии с современными требованиями [3].

При выборе теплоизоляционных материалов для скатных кровель мансард необходимо учитывать следующие факторы: ветровые и снеговые нагрузки; устойчивость к вертикальным нагрузкам (материал с течением времени не должен уменьшаться в размерах и осыпаться); высокие теплотехнические и звукоизоляционные характеристики при минимальной плотности; необходимые противопожарные качества. Оценка звукоизоляции ограждающих конструкций здания производится по индексу изоляции воздушного шума и индексу приведенного уровня ударного шума под перекрытием. Совокупность этих факторов предполагает использование тщательно выбранной системы теплоизоляции.

Важным фактором качественного устройства мансарды является выбор эффективного материала кровельного покрытия. Лучшим кровельным материалом для устройства мансарды является керамическая черепица, изготавливаемая из специально обработанной глины путём прессования в формах с последующим обжигом в печи; в процессе производства материал может окрашиваться в любой цвет или покрываться глазурью. Различают следующие виды черепицы: пазовая штампованная, пазовая ленточная, плоская ленточная, волнистая ленточная, 8-образная ленточная, коньковая желобковая. В качестве отдельных элементов имеются концевые коньковые элементы, насадки, вытяжные трубы, антенны. Преимуществами кровли из керамической черепицы являются огнестойкость и долговечность, аккумулирование теплоты в холодный период года, способность не выгорать и не повышать свою температуру на Солнце в тёплый период года, не шуметь во время дождя, отсутствие затрат на ремонт в течение всего срока эксплуатации здания.

Влажность тёплого внутреннего воздуха выше, чем холодного наружного, поэтому диффузия водяных паров направлена из внутренних помещений через ограждающие конструкции мансарды во внешнюю среду. Внешний элемент кровельной системы имеет гидроизоляцию, которая не только препятствует диффузии водяного пара наружу, но и способствует выпадению конденсата с внутренней стороны кровли. Это приводит к тому, что влажный воздух, соприкасаясь с холодными поверхностями конструкции кровли (например, металлочерепицей, температура которой близка к температуре наружного воздуха), не способен удержать влагу в виде пара, и она выпадает в виде конденсата. Затем влага стекает или выпадает в виде капель, происходит увлажнение внутренних элементов кровельной конструкции, в том числе теплоизоляции. Для защиты элементов кровли, особенно теплоизоляции, следует применять антиконденсатную плёнку, верхняя часть которой имеет гидроизоляционное покрытие, а нижняя часть – сорбирующее влагу.

Водопоглощение (способность материала впитывать и удерживать в порах влагу при непосредственном контакте с водой) теплоизоляции характеризуется количеством воды, которое впитывает сухой материал при выдерживании в воде, отнесённым к массе или объёму сухого материала. Во избежание негативного влияния влаги на теплоизоляционные характеристики материалов, их необходимо защищать не только от диффузии водяных паров, но и от влаги, которая может попасть через воздушные зазоры и протеканий. Для этого необходимо расположить с внутренней стороны теплоизоляции слой пароизоляционного материала (для мансард является обязательным условием). Диффузия водяного пара характеризуется сопротивлением паропроницаемости материалов,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{Па})$ , которая во многом определяет перенос влаги через ограждающие конструкции. Перенос влаги является одним из наиболее существенных факторов, влияющих на термическое сопротивление ограждающих конструкций здания.

Пароизоляционный слой – это выполненная из плёнки преграда, которая ограничивает попадание влаги в материал при высоких значениях влажности воздуха в помещении. Слой располагается с «тёплой» стороны конструкции между теплоизоляцией и отделочным слоем; он защищает теплоизоляцию и обеспечивает её эффективность, он не позволяет водяным парам в поднимающемся тёплом воздухе конденсироваться на поверхности гидроизоляционного слоя.

Соединения всех элементов конструкции покрытия должны быть герметичными.

Пароизоляционный слой должна иметь внахлест не менее 200 мм.

Для удаления влаги, попавшей по разным причинам в массив теплоизоляции, между ним и наружным гидроизоляционным слоем кровли необходимо создавать вентилируемую воздушную прослойку. Атмосферная влага отводится гидроизоляционным слоем, расположенным на стропилах или обрешётке. Влага, которая может попасть снаружи с влажным воздухом, влага конденсации водяных паров и диффундирующая влага отводятся с помощью 2 уровней внутренней вентиляции. Первый уровень располагается между покрытием кровли и гидроизоляционным слоем, второй уровень – между гидроизоляцией и теплоизоляцией. Эта вентиляция требует наличия отверстий для ввода и вывода воздуха. Опыт эксплуатации мансард показал, что полная изоляция стропильных конструкций кровли без наличия второго уровня вентиляции недопустима. При принятии решения по способу вентиляции кровли необходимо учитывать, что наиболее эффективными являются проветриваемые через конёк кровли с разделением полости скатов доской. Теория и практика эксплуатации кровельных систем показывает, что они должны быть устроены таким образом, чтобы каждая вентиляционная полость функционировала самостоятельно и отводила избыточную влагу в отдельный канал.

Следует отметить, что под воздействием восходящих потоков воздуха в воздушной прослойке может возникать негативное явление его чрезмерной фильтрации, что сопровождается увеличением тепловых потерь. Для сохранения теплозащитных качеств теплоизоляции на её поверхность, граничащую с вентилируемой прослойкой, обязательно укладывается слой ветрозащитного паропроницаемого материала, который предназначен для защиты волокнистой теплоизоляции при её неплотной укладке и внутренних элементов покрытия здания от фильтрации воздуха и потерь теплоты. Сопротивление воздухопроницаемости ветрозащитной плёнки  $K$  при внешней теплоизоляции ограждающих конструкций здания должен составлять  $100 \text{ кПа} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с} / \text{м}^3$  ( $K = d/L$ , где  $d$  – толщина материала, мм;  $L$  – воздухопроницаемость материала,  $\text{м}^3 / (\text{Па} \cdot \text{м} \cdot \text{с})$ ). Монтаж плёнки можно производить непосредственно на теплоизоляционный слой.

Гидроизоляция – это защита строительных конструкций зданий от проникновения и постоянного вредного воздействия влажной среды, как правило, под действием воды, а также водных растворов агрессивных веществ с целью обеспечения эффективной эксплуатации, надёжности и долговечности зданий. Гидроизоляционные материалы должны отличаться водонепроницаемостью, водостойкостью, механической и химической стойкостью, долговечностью. Искусственные нефтебитумные, природные битумные, материалы с их использованием являются наиболее распространёнными гидроизоляционными материалами. Существуют специальные гидроизолирующие составы: обмазочного типа; добавки – модификаторы в растворы; гидрофобные, антисолевые, антигрибковые пропитки; выводящие влагу штукатурки; герметики. Эффективными гидроизоляционными материалами являются синтетические полимерные смолы и материалы на их основе.

К гидроизоляционным материалам плёночного типа относятся: полиэтиленовые перфорированные и не перфорированные; полипропиленовые; поливинилхлоридные мембраны.

Полиэтиленовые перфорированные плёнки имеют высокую паропроницаемость, а неперфорированные – низкую. Полипропиленовые плёнки имеют высокую прочность и стойкость к ультрафиолетовому излучению. Поливинилхлоридные мембраны обеспечивают защиту от атмосферной влаги и обладают высокой паропроницаемостью.

Для эффективного устройства гидроизоляции кровель зданий используют несколько типов современных подкровельных полимерных плёнок.

Диффузионная с микроперфорацией плёнка применяется в качестве паропроницаемой подкровельной гидроизоляции для защиты внутреннего пространства и теплоизоляции чердачных помещений от повышенной влажности, остаточной дождевой и талой воды, проникновения пыли, копоти, неблагоприятных воздействий ветра, создания вентиляции подкровельного пространства для обеспечения эффективной теплоизоляции кровли. Благодаря



микроперфорации материал не препятствует удалению водяных паров из теплоизоляции и внутреннего пространства здания в окружающую среду (паропроницаемость 20 г/м<sup>2</sup>/сутки). Плёнка предназначена только для вентилируемых наклонных крыш всех типов, а также в качестве гидроизоляции стеновых конструкций при устройстве её между основной несущей стеной и сайдингом. Плёнка состоит из 3 слоев: арматурной сетки из полиэтиленовых полос, обеспечивающей прочность; полиэтиленовой плёнки с обеих сторон, обеспечивающей гидроизоляцию. Материал обладает пониженной воспламеняемостью (содержит самозатухающий реактив), при пожаре не поддерживает огонь. Плёнка укладывается непосредственно на балки (контрбруски) вместо полной подбивки; минимальный натяг должен перекрывать маркировочную ленту на краю плёнки. Крепление плёнки в нижней части крыши в области коньков должно обеспечивать необходимую циркуляцию воздуха. Под плёнкой необходим минимальный зазор 20–40 мм (как и в случае применения теплоизоляции). В зависимости от угла наклона крыши горизонтальный внахлест плёнки составляет 100–200 мм, а вертикальный – 100 мм.

Диффузионная мембрана предназначена для защиты теплоизоляции от проникновения атмосферной влаги; Мембрана представляет паропроницаемую, ветрозащитную и гидроизоляционную плёнку, как правило, на основе нетканого полиэтилена низкого давления.

Супердиффузионная мембрана применяется в качестве паропроницаемой подкровельной гидроизоляции для защиты внутреннего пространства и теплоизоляции чердачных помещений от повышенной влажности, остаточной дождевой и талой воды, проникновения пыли, копоти, неблагоприятных воздействий ветра, создания вентиляции подкровельного пространства для обеспечения эффективной теплоизоляции кровли. Материал применяется при устройстве мансард под все виды жёстких кровельных покрытий. Благодаря высокой паропроницаемости (1000 г/м<sup>2</sup>/сутки) материал значительно увеличивает удаление водяных паров из внутреннего пространства здания; его можно использовать любыми типами теплоизоляционных материалов всех видов кровельных и стеновых конструкций, в том числе при наружной теплоизоляции вертикальных стен здания. Мембрана представляет собой трёхслойный полипропиленовый материал, состоящий из 2 внешних слоев, обеспечивающих прочность, и 1 внутреннего слоя, обеспечивающего гидроизоляцию. Свойства материала позволяют осуществлять монтаж без вентиляционного зазора между плёнкой и теплоизоляцией или другим основанием, закрывающим несущую конструкцию крыши, а также в области конька.

Подкровельные антиконденсатные плёнки предназначены для защиты внутреннего пространства здания от проникновения влаги извне и недопущения стекания конденсирующегося водяного пара на слой теплоизоляции. Плёнку можно применять для всех вентилируемых наклонных крыш, но особенно рекомендуется использовать для профилированных покрытий (например, металлочерепицы). Поглощающий влагу нетканый материал (вискоза) впитывает в себя весь конденсат, который образуется при достижении воздухом определённой температуры, при этом образование капель воды отсутствует. После прекращения условий конденсации влага из материала быстро испаряется в воздушном потоке через подкровельные вентиляционные зазоры. Материал состоит из 4 слоев: полипропиленовой ткани, обеспечивающей высокую прочность и устойчивость к ультрафиолетовому излучению; полипропиленовой плёнки с обеих сторон, обеспечивающей гидроизоляцию и паронепроницаемость; внешний нетканый материал, который поглощает водяной пар, образующийся во внутреннем пространстве здания. Паропроницаемость подкровельных антиконденсатных плёнок составляет 0,4 г/м<sup>2</sup>/сутки.

Пароизоляционные плёнки предназначены для защиты от проникновения водяных паров из внутреннего пространства здания в слой теплоизоляции, снижения конденсации водяных паров в слое и на внутренней поверхности теплоизоляции наклонных и плоских крыш (вентилируемых и невентилируемых), наружных стен здания. Плёнки обеспечивают сохранение эксплуатационных качеств теплоизоляции, их можно комбинировать с теплоизоляцией из минеральной ваты и полистирола, они бывают горючие и негорючие. Применение пароизоляционных плёнок также обеспечивает герметичность здания, защиту

элементов кровель от потерь теплоты и неблагоприятного воздействия ветра, предотвращает гниение и коррозию стропил конструкции. Выделяют паронепроницаемые барьеры (паропроницаемость 0,6–1,2 г/м<sup>2</sup>/сутки) и паронепроницаемые барьеры с алюминиевой фольгой (паронепроницаемость 0,2 г/м<sup>2</sup>/сутки). Пароизоляционные плёнки состоят их 3 слоев: арматурной сетки из полиэтиленовых полос для придания прочности и 2 внешних из полиэтиленовой плёнки, обеспечивающих гидроизоляцию и паронепроницаемость. Материал обладает пониженной воспламеняемостью (содержит самозатухающий реактив), при пожаре не поддерживает огонь. Пароизоляционные плёнки следует размещать между теплоизоляцией и потолком горизонтально или вертикально на внутренней стороне стропил или другой несущей конструкции кровли вплотную к теплоизоляции. Крепятся плёнки оцинкованными или алюминиевыми гвоздями, скобами, клейкой лентой; герметично соединяются двусторонней самоклеящейся лентой из бутилкаучука или односторонним самоклеящимся скотчем. Лента размером 1×15 мм обеспечивает прочность, воздухо- и паронепроницаемость соединения плёнок при вертикальном и горизонтальном перекрытии, служит для присоединения к прилегающим строительным конструкциям, выступающим элементам в случае гладкой поверхности. Ленту можно использовать для соединения полиэтиленовых и полипропиленовых материалов, их с другими материалами (металлом, стеклом, деревом) при соблюдении чистоты и обезжиривания поверхностей. Односторонняя самоклеящаяся утеплительная соединительная лента из мягкой полиэтиленовой пены размером 4×15 мм обеспечивает прочность, воздухо- и паронепроницаемость присоединения плёнок на прилегающие строительные конструкции.

Барьеры с алюминиевой фольгой отражают часть инфракрасного (теплого) излучения обратно во внутреннее пространство здания, что приводит к повышению температуры внутри помещения на 3 °С и снижению затрат на отопление. При использовании плёнки с алюминиевой фольгой между потолком и плёнкой необходимо оставлять зазор 40–60 мм.

### Выводы исследования

Повышение уровня теплоизоляции кровли здания при устройстве мансард вместо холодных чердачных помещений приводит к экономии теплоты в размере 56 %.

При коэффициенте теплопроводности конструкции кровли жилого здания 0,5 Вт/(м·К), температуре наружного воздуха -10 °С, общей площади квартиры 100 м<sup>2</sup> потери теплоты составляют 1,5 кВт·час, а при снижении коэффициента теплопроводности конструкции кровли до европейского нормативного уровня 0,22 Вт/(м·К) и тех же условиях – 0,66 кВт·час (расход мазута для отопления квартиры сокращается с 3200 до 2000 литров в год).

При устройстве мансард необходимо применять различные виды защитных подкровельных плёнок.

Даже при незначительном увлажнении кровельных волокнистых теплоизоляционных материалов значительно снижаются их теплозащитные показатели. Зависимость повышения коэффициента теплопроводности кровельных волокнистых теплоизоляционных материалов от их увлажнения: 1 % увлажнения – 33 %; 2,5 %–55 %; 5 %–100 %. При среднем 3 % увлажнении теплоизоляционных материалов необходимо применение пароизоляционной плёнки.

Ветрозащитный и пароизоляционный слои должны плотно прилегать к теплоизоляционной плите.

Если пароизоляционный слой устанавливается в основной теплоизоляционный слой, то сопротивление теплопередачи наружного слоя теплоизоляции должно быть, по меньшей мере, в 3 раза больше сопротивления теплопередачи её внутреннего слоя, если границей слоев считать пароизоляционный слой.

Значительная разница температур наружного и внутреннего воздуха при отсутствии пароизоляционной плёнки и вентиляционных отверстий в кровле может привести к образованию сырости в кровельном ковре, загниванию несущей конструкции, выпадению конденсата в слое теплоизоляции, к преждевременному износу здания.

Недостатки использования рубероида вместо подкровельных плёнок: материал является

паронепроницаемым и удерживает влагу внутри чердака, не удерживает конденсат до его полного выветривания и поэтому капли воды, стекая на стропила и конструкцию кровли, вызывают их гниение; под действием солнечных лучей материал размягчается, появляется запах битума, выделяются летучие вещества; материал необходимо укладывать на более дорогостоящую и трудоёмкую обрешётку, иначе он провисает, образуются микротрещины.

Правильный выбор элементов кровли не является достаточным условием эффективного функционирования системы в целом, необходимо уделять внимание и качеству монтажных работ.

Практическая ценность результатов исследования состоит в возможности их применения при проектировании, строительстве, комплексном капитальном ремонте и реконструкции зданий. Для возможности определения конкретной теплотехнической эффективности устройства мансард вместо холодных чердачных помещений необходимо обладать достаточной информацией о характеристиках теплоизоляционных оболочек существующих жилых зданий.

### Список литературы

1. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2-1 5-2005: затв. Держбуд України 28.09.2005: на заміну СНиП 2.08.01-89 та ДБН 79-92: чинні від 01.01.2006. – К. : Державний комітет України з будівництва та архітектури, 2005. – 36 с.
2. Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення: ДБН В.2.2-9-99: затв. Держбуд України 04.08.1999: на заміну СНиП 2.08.02-89: чинні від 01.01.2000. – К. : Держбуд України, 1999. – 59с.
3. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В .2.6-3 1-2006: затв. Міністерством будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства 09.09.2006: на заміну СНиП П-3-79: чинні від 01.01.2007. –К. : Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства, 2006. – 70 с.
4. Конструкции зданий й сооружений. Покрытия зданий й сооружений: ДБН В.2. 6-14-97 (том 1, 2 й 3): утв. Государственным комитетом Украины по делам градостроительства й архитектуры 07.05.1997: взамен СНиП П-26-76, СНиП 3.04.01-87 (раздел «Кровли»): введены в действие 01.1998. – К. : Госкомградостроительства Украины, 1998. –109 с.
5. Маляренко В. А. Енергетика і навколишнє середовище: монографія / В. А. Маляренко. – Х.: «Видавництво САГА», 2008. – 364 с.
6. Маляренко В. А. Основи теплофізики будівель та енергозбереження: підручник / В. А. Маляренко. – Х.: «Видавництво САГА», 2006. – 484 с.

## RESEARCH OF SOME HEATING ENGINEERING ASPECTS OF EFFECTIVE DEVICE OF MANSARDS

V. I. ABELESHEV, Cand. Tech. Sci.

*Work is devoted to research of some heating engineering aspects of effective device of mansards by the analysis of basic problems, tendencies and directions of development of the roofing systems of buildings on a modern stage.*

Поступила в редакцию 07.09 2012 г.