

УДК 692.421.1

к.т.н. Николаева Е. К.,

к.т.н. Усенко В. Н.

(ДонГТИ, г. Алчевск, ЛНР, ledilenanik@gmail.com)

## ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ НЕОБХОДИМОСТЬ УСТРОЙСТВА СКАТНЫХ КРЫШ В МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМАХ С СОВМЕЩЕННЫМ ПОКРЫТИЕМ

*Предложен вариант модернизации совмещённого покрытия пятиэтажного жилого здания путем его замены на скатную крышу. Приведены результаты теоретического исследования, в ходе которого получены фактическое значение сопротивления теплопередаче существующего совмещенного покрытия и значение сопротивления теплопередаче предлагаемого утепленного чердачного перекрытия скатной крыши.*

**Ключевые слова:** совмещенное покрытие, скатная крыша, сопротивление теплопередаче, теплотехнический расчет.

Применение совмещенных покрытий в жилых зданиях было обусловлено наличием программы по строительству и развитию полносборного жилищного строительства, стартовавшей в СССР в конце 60-х гг. XX в. Основным видом крыш полносборных зданий на тот момент были именно совмещенные покрытия. Это объясняется тем, что в бесчердачных покрытиях крыша совмещена с конструкцией чердачного перекрытия и нижняя поверхность является потолком помещения верхнего этажа, поэтому стоимость совмещенных покрытий на 10...15 % ниже чердачных крыш, а стоимость эксплуатации ниже в 1,5 раза. При этом значительно сокращаются трудозатраты на строительной площадке при устройстве покрытий [1].

Но совмещенные покрытия являются мало приспособленными для разнообразных погодных условий. Во-первых, в слое теплоизоляции в условиях перепада температур наружного воздуха в течение всего года происходит естественная конденсация влаги. Из-за замкнутой конструкции покрытия (утеплитель находится между пароизоляцией и кровельным ковром) происходит накопление влаги в утеплителе. При этом количество влаги напрямую зависит от продолжительности периода с отрицательными температурами. Во время потепления, испаряясь, влага не может найти вы-

ход и, воздействуя под давлением на кровельный ковер, отрывает его от основания. При периодическом наступлении отрицательных температур излишки не вышедшей наружу влаги замерзают между слоями рубероида и расслаивают многослойный ковер. Расслоенный раздувшийся кровельный ковер меняет уклоны для водостока, что способствует образованию стоящих луж, которые приводят к проникновению дождевых вод в утеплитель. По этим причинам потолок в квартирах верхнего этажа от низкой температуры и высокой влажности покрывается плесенью, а потери тепла через покрытие возрастают [2, 3].

Во-вторых, в жилых зданиях пароизоляция в местах прилегания к канализационным трубам из-за невозможности осуществления полной герметичности стыков не защищает конструкцию полностью, и часть паров воды попадает в утеплитель. При этом отсутствие чердака не позволяет объединить группы стояков в шахту, и каждая труба из каждого санузла будет выходить на кровлю самостоятельно, делая из кровельного ковра «решето» [2].

Как следствие, эксплуатационные затраты на обогрев и вентиляцию жилых помещений верхних этажей, устранение последствий протечек кровли переводят совмещенные покрытия в разряд неблагонадежных. Поэтому в настоящее время они при-

меняются на ограниченных по площади участках покрытий многоэтажных жилых зданий: над машинными отделениями лифтов, над лоджиями, эркерами, тамбурами [4]. Но в зоне микроклиматического дискомфорта всё еще остаются жители верхних этажей пятиэтажек с совмещенными покрытиями, построенными в 60–70 гг. XX в.

Для улучшения микроклиматических показателей жилых помещений верхних этажей таких зданий могут быть применены следующие варианты их модернизации:

- 1) капитальный ремонт совмещенного невентилируемого покрытия с заменой кровельного пирога в соответствии с результатом теплотехнического расчета;
- 2) реконструкция здания с заменой плоского покрытия на скатную чердачную крышу;
- 3) реконструкция с заменой плоского совмещенного покрытия на скатную чердачную крышу.

По мнению авторов, сохранение плоской формы покрытия наиболее соответствует облику общественных зданий, где они могут быть реорганизованы в эксплуатируемые покрытия различного назначения [5]. Тогда как скатные крыши с дымоходом над печными трубами являются символом домашнего очага.

В РФ возможность модернизации конструкции покрытий жилых зданий регла-

ментируется документами [6, 7], разрешающими устройство в 5-этажных зданиях наружного водоотвода, выполненного по организованной схеме отвода воды.

Учитывая вышеизложенный материал, авторами поставлена **цель**: рассмотреть функциональную целесообразность замены совмещенных покрытий жилых зданий в г. Алчевске на примере конкретной градостроительной ситуации.

В качестве объекта исследований выбран типовой панельный пятиэтажный жилой дом с совмещенным покрытием по адресу: ул. Ленина, 15 (рис. 1).

Немаловажную роль в выборе объекта исследования сыграл его непрезентабельный внешний вид.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

- проанализировать существующее конструктивное решение совмещенного покрытия объекта исследований;
- выбрать оптимальный материал для утепления чердачного перекрытия скатной крыши с холодным чердаком;
- выполнить расчёты по определению фактического значения сопротивления теплопередаче существующего совмещенного покрытия и теоретического значения приведенного сопротивления теплопередаче утепленного чердачного перекрытия.



Рисунок 1 Жилой дом по ул. Ленина, 15

В соответствии с общепринятой классификацией исследуемое бесчердачное покрытие можно охарактеризовать следующим образом:

– по конструктивному решению относится к типу Л — совмещенная многослойная крыша построечного изготовления;

– по схеме организации водоотвода — с наружным неорганизованным водоотводом, предусматривающим свободный сброс воды со свеса карниза (рис. 2);

– по характеру поверхности потолка — с гладким потолком помещений верхнего этажа;

– по величине уклона — малоуклонная.

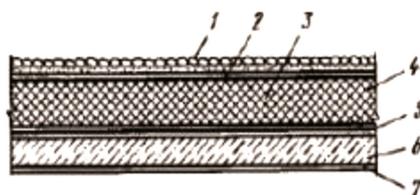
Формирование уклона обеспечено переменной толщиной утеплителя.

По составу кровельного пирога применено традиционное решение с расположением слоя гидроизоляции по верху утеплителя (рис. 3, 4).

Для выявления функциональной целесообразности замены совмещенных покрытий авторами произведён теплотехнический расчёт покрытий двух видов: существующего совмещенного покрытия конца 60-х гг. прошлого века с традиционным решением кровли и предлагаемого решения с устройством скатной крыши и утепленным чердачным перекрытием.

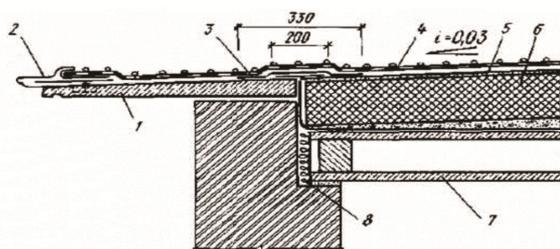


Рисунок 2 Схема совмещенного неветилируемого покрытия с гладким потолком и наружным водоотводом



1 — защитный слой; 2 — рулонный ковер; 3 — стяжка (из раствора); 4 — утеплитель, 5 — пароизоляция; 6 — несущая конструкция; 7 — отделочный слой

Рисунок 3 Состав кровельного пирога



1 — карнизная плита; 2 — металлический слив; 3 — две дополнительные полосы рубероида; 4 — многослойный рулонный ковер; 5 — цементно-песчаная стяжка; 6 — утеплитель; 7 — плита покрытия; 8 — минераловатный войлок

Рисунок 4 Карниз здания с совмещенным покрытием и наружным неорганизованным водоотводом с крыши

Базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче наружной ограждающей конструкции покрытия определялось в зависимости от градусо-суток отопительного периода района строительства (ГСОП) и назначения здания. Величина градусо-суток отопительного периода для г. Алчевска составляет:

$$ГОСП = (t_g - t_{om}) \cdot z_{om}, \quad (1)$$

где  $t_{om}$ ,  $z_{om}$  — средняя температура наружного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) и продолжительность (сут/год) отопительного периода для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более  $8^{\circ}\text{C}$ ;

$t_g$  — расчётная температура внутреннего воздуха здания ( $^{\circ}\text{C}$ ), принятая как минимальное значение оптимальной температуры для жилых помещений категории 1 [7].

$$ГОСП = (20 - (-0,8)) \cdot 172 = 3578.$$

Тогда базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче покрытий составит

$$R_o^{mp} = ГОСП \cdot a + b. \quad (2)$$

Для совмещённых покрытий жилых зданий переводные коэффициенты  $a$ ,  $b$  соответственно равны 0,0005 и 2,2 [7].

$$R_{o1}^{mp} = 3578 \cdot 0,0005 + 2,2 = 3,989 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

Переводные коэффициенты для чердачных перекрытий:  $a = 0,00045$ ,  $b = 1,9$  [7].

$$R_{o2}^{mp} = 3578 \cdot 0,00045 + 1,9 = 3,51 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

Расчётные теплотехнические показатели строительных материалов существующего совмещённого покрытия приняты в зависимости от условий эксплуатации по приложению Т [7]:

1) железобетонная многпустотная плита толщиной 220 мм: плотность  $2500 \text{ кг/м}^3$ , приведенное сопротивление теплопередаче по предварительному расчёту составляет  $0,162 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ ;

2) утеплитель — граншлак: толщина слоя 150 мм, плотность  $800 \text{ кг/м}^3$ , коэффициент теплопроводности  $0,21 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ ;

3) выравнивающая стяжка — цементно-песчаный раствор: толщина слоя 20 мм, плотность  $1800 \text{ кг/м}^3$ , коэффициент теплопроводности  $0,76 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ ;

4) гидроизоляционный слой — трехслойный рубероидный ковер: толщина слоя 12 мм, плотность  $600 \text{ кг/м}^3$ , коэффициент теплопроводности  $0,17 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ .

Тогда термическое сопротивление конструкции совмещённого покрытия с последовательно расположенными слоями

$$R_k = R_{nl} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4}, \quad (3)$$

где  $R_{nl}$  — приведенное сопротивление теплопередаче многпустотной железобетонной плиты покрытия,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ ;

$\delta_i$  — толщина слоя, м;

$\lambda_i$  — коэффициент теплопроводности материала слоя,  $\text{Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ ;

$$\begin{aligned} R_k &= 0,162 + \frac{0,15}{0,21} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,012}{0,17} = \\ &= 0,973 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}. \end{aligned}$$

Приведенное сопротивление теплопередаче совмещённого покрытия  $R_o$  с учётом коэффициентов теплоотдачи наружной и внутренней поверхностей составит

$$R_{o1} = \frac{1}{\alpha_g} + R_k + \frac{1}{\alpha_n}, \quad (4)$$

где  $\alpha_g$ ,  $\alpha_n$  — коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхности покрытий зданий [7].

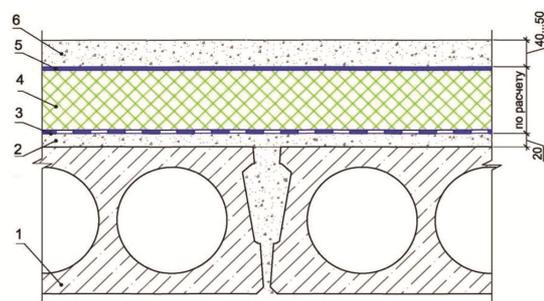
$$R_{o1} = \frac{1}{8,7} + 0,973 + \frac{1}{23} = 1,131 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}},$$

$$R_{o1} = 1,131 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} < R_{o1}^{mp} = 3,989 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

Таким образом, существующее конструктивное решение совмещённого покрытия жилого здания категорически не удовлетворяет требованиям энергосбережения, т. к.  $R_{o1} < R_{o1}^{mp}$  более чем в 3,5 раза.

Устройство утепленного чердачного перекрытия скатной крыши может стать одним из путей решения этой проблемы.

Для конструктивного решения утепленного чердачного перекрытия крыши предлагаются следующие слои (в порядке их укладки): существующая железобетонная плита, стяжка, пароизоляция, утеплитель, полиэтиленовая пленка, армированная цементно-песчаная стяжка (рис. 5).



1 — многпустотная плита чердачного перекрытия; 2 — цементно-песчаная стяжка; 3 — пароизоляция; 4 — утеплитель, экструзивный пенополистирол; 5 — полиэтиленовая пленка; 6 — защитный слой из цементно-песчаного раствора по стальной сетке

Рисунок 5 Чердачное перекрытие

Расчётные теплотехнические показатели строительных материалов чердачного перекрытия приняты в соответствии с нормативными документами [9] и с учётом характеристик материалов, заявленных производителем [9]:

1) железобетонная многпустотная плита толщиной 220 мм, плотность 2500 кг/м<sup>3</sup>, приведенное термическое сопротивление 0,162 м<sup>2</sup>·°C/Вт;

2) цементно-песчаная стяжка: толщина слоя 20 мм, плотность 1800 кг/м<sup>3</sup>, коэффициент теплопроводности 0,76 Вт/(м·°C);

3) утеплитель — экструзивный пенополистирол XPS CARBON 35-300 Стандарт: толщина слоя определяется теплотехническим расчётом, плотность 25–33 кг/м<sup>3</sup>, коэффициент теплопроводности 0,031 Вт/(м·°C);

4) цементно-песчаная стяжка: толщина слоя 50 мм, плотность 1800 кг/м<sup>3</sup>, коэффициент теплопроводности 0,76 Вт/(м·°C).

Для определения требуемой толщины слоя утеплителя из экструзивного пенополистирола находим требуемое термическое сопротивление утеплителя в составе утепленного чердачного перекрытия:

$$\begin{aligned} R_{ym}^{mp} &= R_{o2}^{mp} - (R_g + R_n + R_{k\delta y}) = \\ &= R_{o2}^{mp} - \left( \frac{1}{\alpha_g} + \frac{1}{\alpha_n} + R_{k\delta y} \right), \end{aligned} \quad (5)$$

где  $R_g$  — сопротивление теплообмену на внутренней поверхности;

$R_n$  — сопротивление теплообмену на наружной поверхности;

$R_{k\delta y}$  — сумма термических сопротивлений всех слоёв эксплуатируемой кровли без слоя утеплителя;

$$\begin{aligned} R_{ym}^{mp} &= 3,51 - \left( \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 0,162 + \right. \\ &\left. + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,05}{0,76} \right) = 3,098 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}. \end{aligned}$$

Тогда необходимая расчётная толщина экструзивного пенополистирола составит:

$$\delta_{ym}^{mp} = \lambda_{ym} \cdot R_{ym}^{mp}, \quad (6)$$

$$\delta_{ym}^{mp} = 0,031 \cdot 3,578 = 0,096 \text{ м.}$$

С учётом промышленных размеров экструзивного пенополистирола принимаем общую толщину утеплителя 100 мм, а с учётом требуемой технологии укладки утеплителя — два слоя по 50 мм.

Тогда приведенное сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия

$$R_{o2} = R_g + R_n + R_k, \quad (7)$$

$$\begin{aligned} R_{o2} &= \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 0,162 + \frac{0,02}{0,76} + \\ &+ \frac{0,10}{0,031} + \frac{0,05}{0,76} = 3,638 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}. \end{aligned}$$

$$R_{o2} = 3,638 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} > R_{o2}^{mp} = 3,51 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

Таким образом, при устройстве утепленного чердачного перекрытия под скатной крышей достаточно двух слоёв экструзивного пенополистирола по 50 мм. Общая толщина чердачного перекрытия составит 290 мм.

#### Выводы:

1. Существующее конструктивное решение совмещённого покрытия жилого здания, расположенного по адресу ул. Ленина, 15, категорически не удовлетворяет требованиям энергосбережения, поскольку приведенное сопротивление теплопередаче  $R_{o1}$  меньше требуемого значения более чем в 3,5 раза:

$$R_{o1} = 1,131 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} < R_{o1}^{mp} = 3,989 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}},$$

что в совокупности с теплотехнически неэффективным наружным стеновым ограждением в холодное время года создает крайне негативную микроклиматическую ситуацию.

2. Исходя из результатов сравнительного теплотехнического расчёта совмещённого покрытия жилого здания (покрытие № 1) и чердачного перекрытия под скатной крышей

(покрытие № 2), видно, что приведенное сопротивление теплопередаче покрытия № 2 ( $3,638 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ) значительно больше, чем в покрытии № 1 ( $1,131 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ), т. е. увеличение приведенного сопротивления теплопередаче покрытия составляет  $2,507 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , что соответствует 222 % от первоначального значения. Это свидетельствует о высокой эффективности предлагаемого варианта устройства чердачной крыши жилого здания.

3. На основе полученных результатов исследования установлено, что устройство скатной крыши с холодным чердаком и утепленным чердачным перекрытием целесообразно и необходимо. В то же время имеется необходимость проведения дополнительных исследований по оценке несущей способности строительных конструкций для устройства скатной крыши.

### Библиографический список

1. Совмещенные покрытия [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://bstudy.net/656344/estestvoznanie/sovmeshennye\\_pokrytiya](https://bstudy.net/656344/estestvoznanie/sovmeshennye_pokrytiya) дата обращения 08.01.2023.
2. Старшов, А. П. Крыша поехала. Может ли энергоэффективный дом иметь крышу без чердака? [Текст] // А. П. Старшов // Энергоэффективность в строительстве. — 2013. — № 6 (31). — С. 49–52.
3. Волкова, О. В. Исследование развития и решения проблем совмещенных покрытий зданий [Текст] / О. В. Волкова // Архитектура и дизайн. — 2022. — № 1. — С. 49-60; То же [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=38124](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=38124).
4. Маклакова, Т. Г. Конструкции гражданских зданий [Текст] : учебник / Т. Г. Маклакова, С. М. Нанасова. — М. : АСВ, 2000. — 280 с.
5. Николаева, Е. К. Устройство площадки отдыха на крыше лабораторного корпуса ДонГТИ [Текст] / Е. К. Николаева, В. В. Псюк, О. А. Коняшкина // Сборник научных трудов ДонГТИ. — Алчевск : ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2022. — Вып. 26 (69). — С. 50–59.
6. СП 17.13330.2017. Кровли. Актуализированная редакция СНиП II-26-76 [Текст]. — Введ. 2017-12-01. — М. : Минстрой России, 2017. — 44 с.
7. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий [Текст]. — Введ. 2012-01-01. — М. : ОАО «Аналитик», 2012. — 96 с.
8. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях [Текст]. — Введ. 2013-01-01. — М. : Стандартинформ, 2013. — 11 с.
9. Каталог. Гидроизоляция. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.tn.ru/catalogue/gidroizolyatsionnye-materialy>.

© Николаева Е. К.

© Усенко В. Н.

*Рекомендована к печати к.т.н., доц. каф. СиА ЛГУ им. В. Даля Карапетян С. Х., к.т.н., доц., зав. каф. АД и СК ДонГТИ Бондарчуком В. В.*

Статья поступила в редакцию 27.02.2023.

PhD in Engineering Nikolaieva E. K., PhD in Engineering Usenko V. N. (DonSTI, Alchevsk, LPR, ledilenanik@gmail.com)

### THE FUNCTIONAL NECESSITY TO INSTALL SLOPED ROOFS IN RESIDENTIAL BUILDINGS WITH A COMBINED COVERING

*An alternative to modernizing the combined covering of a five-storied residential building by replacing it with a sloped roof is proposed. The results of a theoretical study are presented, during which the actual value of heat transfer resistance of the existing combined covering and the value of heat transfer resistance of the proposed heat-insulated garret floor of the sloped roof are obtained.*

**Key words:** combined covering, sloped roof, heat transfer resistance, thermotechnical calculation.