

УДК 69

**Стрелков Антон Игоревич**, магистрант кафедры «Проектирование, строительство и технологии», Северо-Восточный федеральный университет им.

М.К. Аммосова, г. Якутск

## **АНАЛИЗ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ КРОВЛИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ С НАДСТРОЙКОЙ МАНСАРДЫ В Г. ЯКУТСКЕ**

**Аннотация.** В статье представлены результаты теплотехнического и паропроницаемого анализа ограждающей конструкции кровли при реконструкции жилого здания с надстройкой мансарды в условиях Крайнего Севера. Проведен расчёт сопротивления теплопередаче, анализ вероятности конденсации влаги и оценка соответствия конструкции действующим нормативным требованиям. Полученные результаты позволили установить несоответствие существующей конструкции нормативным значениям по теплопередаче и паропроницаемости, что требует корректировки проектных решений.

Теплотехнический расчет существующей конструкции кровли, расчет на паропроницаемость.

По результатам проведённого обследования, изложенного в предыдущем разделе, первоочередной задачей стало выполнение теплотехнического расчёта, позволяющего определить степень соответствия принятых конструктивных решений нормативным требованиям в части теплоизоляции элементов кровельного пирога. Расчёт выполнен в соответствии с положениями действующих нормативных документов.

**Ключевые слова:** энергоэффективность, реконструкция жилых зданий, паропроницаемость.

**Annotation.** The article presents the results of heat engineering and vapor permeability analysis of the enclosing structure of the roof during the reconstruction of a residential building with an attic extension in the conditions of the Far North. The calculation

of heat transfer resistance, analysis of the probability of moisture condensation and assessment of the structure's compliance with current regulatory requirements were carried out. The obtained results made it possible to establish the discrepancy between the existing structure and the regulatory values for heat transfer and vapor permeability, which requires adjustment of design solutions.

Heat engineering calculation of the existing roof structure, vapor permeability calculation.

Based on the results of the survey, described in the previous section, the primary task was to perform a heat engineering calculation, which allows determining the degree of compliance of the adopted design solutions with regulatory requirements in terms of thermal insulation of roofing pie elements. The calculation was performed in accordance with the provisions of current regulatory documents.

Key words: energy efficiency, reconstruction of residential buildings, vapor permeability.

### **Исходные данные**

Район строительства: г. Якутск;

Относительная влажность воздуха:  $\varphi_{в} = 72 \%$ ;

Тип здания: Жилой;

Расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания:  $t_{в} = 23^{\circ} \text{C}$ ;

В соответствии с таблицей 1 при температуре внутреннего воздуха здания  $t_{int} = 23^{\circ} \text{C}$  и относительной влажности воздуха  $\varphi_{int} = 50\%$  влажностный режим помещения устанавливается, как нормальный.

Определим базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче

$R_{тр}$ , исходя из нормативных требований к приведенному сопротивлению теплопередаче п. 5.2 согласно формуле 1:

$$R_{тр} = a * ГСОП + b \quad (1)$$

где  $a$  и  $b$ - коэффициенты, значения которых следует приниматься по данным таблицы 3 для соответствующих групп зданий. Так для данной ограждающей конструкции,  $a=0.00045$ ,  $b=1.9$ .

Определим градусо-сутки отопительного периода ГСОП,  $^{\circ}\text{C} * \text{сут.}$  по формуле 2

в соответствии с пунктом 5.2:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) * Z_{\text{от}} \quad (2)$$

где  $t_{\text{в}} = 23^{\circ}\text{C}$  – расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания;

$t_{\text{от}} = -20.6^{\circ}\text{C}$  – средняя температура наружного воздуха, принимаемая по таблице 1 для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более  $8^{\circ}\text{C}$  для данного типа здания – жилые;

$Z_{\text{от}} = 252$  сут. – продолжительность в сутках отопительного периода, принимаемые по таблице 1 для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более  $8^{\circ}\text{C}$  для типа здания – жилые. Тогда

$$\text{ГСОП} = (23 - (-20.6)) * 252 = 10\,987.2^{\circ}\text{C} * \text{сут.}$$

На основании формулы (1) и в соответствии с данными, приведёнными в таблице 3, определяется базовое значение нормативного (требуемого) сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции.  $R_{\text{тр}}$  ( $\text{м}^2 * ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ ):

$$R_{\text{тр}} = 0.00045 * 10\,987.2 + 1.9 = 6.84 \text{ м}^2\text{C}/\text{Вт}.$$

Поскольку населенный пункт Якутск относится к сухой зоне влажности, при этом влажностный режим помещения - нормальный, то в соответствии с таблицей 2 теплотехнические характеристики материалов ограждающих конструкций принимаются для условий эксплуатации типа А.

Схема ограждающей конструкции представлена на.

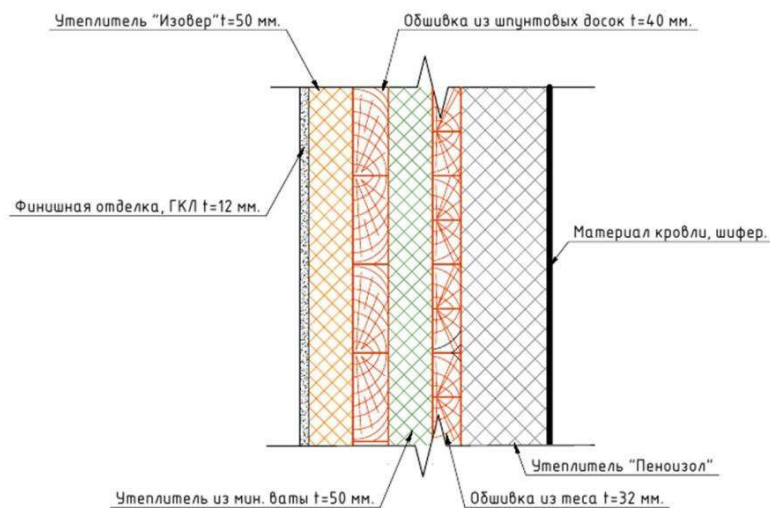


Рисунок 10 – Состав многослойной конструкции.

Конструктивные элементы ограждающей конструкции перечислены в порядке их расположения от наружной поверхности к внутренней:

**Листы волнистые асбестоцементные:** толщина  $\delta_1 = 0,01$  м; плотность  $\rho = 1800$  кг/м<sup>3</sup>; коэффициент теплопроводности  $\lambda_{A1} = 0,47$  Вт/(м·°С); коэффициент паропроницаемости  $\mu_1 = 0,03$  мг/(м·ч·Па);

**Слой теплоизоляции из пеноизола:** не учитывается в расчёте ввиду наличия усадочных трещин с шириной раскрытия до 20 мм, нарушающих его теплоизоляционные свойства;

**Подшивной слой из досок:** толщина  $\delta_2 = 0,032$  м; коэффициент теплопроводности  $\lambda_{A2} = 0,14$  Вт/(м·°С); коэффициент паропроницаемости  $\mu_2 = 0,06$  мг/(м·ч·Па);

**Минераловатные маты (бывшие в эксплуатации):** плотность  $\rho = 75$  кг/м<sup>3</sup>; толщина  $\delta_3 = 0,05$  м; коэффициент теплопроводности  $\lambda_{A3} = 0,058$  Вт/(м·°С); коэффициент паропроницаемости  $\mu_3 = 0,53$  мг/(м·ч·Па);

**Шпунтованные доски (внутренний подшивной слой):** толщина  $\delta_4 = 0,04$  м; коэффициент теплопроводности  $\lambda_{A4} = 0,14$  Вт/(м·°С); коэффициент паропроницаемости  $\mu_4 = 0,06$  мг/(м·ч·Па);

**Утеплитель «ISOVER Стандарт»:** толщина  $\delta_5 = 0,05$  м; коэффициент теплопроводности  $\lambda_{A5} = 0,038$  Вт/(м·°С); коэффициент паропроницаемости  $\mu_5 = 0,3$  мг/(м·ч·Па);

**Финишная внутренняя отделка** — гипсоволокнистый лист: толщина  $\delta_6 = 0,012$  м; плотность  $\rho = 800$  кг/м<sup>3</sup>; коэффициент теплопроводности  $\lambda_{A6} = 0,19$  Вт/(м·°С); коэффициент паропроницаемости  $\mu_6 = 0,075$  мг/(м·ч·Па).

Условное сопротивление теплопередаче  $R_{усл}$ , м<sup>2</sup>°С/Вт. определим по формуле 3, в соответствии с приложением Е.6:

$$R_0^{усл} = \frac{1}{a_{int} + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{a_{ext}}} \quad (3)$$

где  $a_{int} = 8,7$  Вт/(м<sup>2</sup>°С) – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, Вт/(м<sup>2</sup>°С), принимаемый по таблице 4.

$a_{ext} = 12$  Вт/(м<sup>2</sup>°С – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкций для условий холодного периода, принимаемый по таблице 6 согласно пункта 3.

$$R_0^{усл} = \frac{1}{8,7 + \frac{0,01}{0,47} + \frac{0,032}{0,14} + \frac{0,05}{0,058} + \frac{0,04}{0,14} + \frac{0,05}{0,38} + \frac{0,12}{0,19} + \frac{1}{12}} = 2,97 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$$

Отсюда:

Приведенное сопротивление теплопередаче  $R_{пр}$  (м<sup>2</sup>°С/Вт.) определим по формуле 4 в соответствии с:

$$R_0^{пр} = R_0^{усл} * r \quad (4)$$

где  $r = 0,97$  – Коэффициент теплотехнической однородности конструкции, учитывающий влияние стыков, откосов проёмов, обрамляющих рёбер, гибких связей и других теплопроводных включений, обозначается как  $r$  и принимается в расчёте с учётом конструктивных особенностей ограждающего элемента. Для несущих ограждающих конструкций с переменной толщиной теплоизоляционного слоя, а также при наличии элементов, нарушающих теплотехническую однородность

(например, шпунтованных досок, перемычек и пр.), значение  $\eta_0$  принимается согласно в пределах 0,75–0,97.

$$R_0^{\text{пр}} = 2,97 * 0,97 = 2,88 \text{ м}^2\text{°C/Вт.}$$

Сравнив полученное значение по формуле 1, с результатом по формуле 4

$R_0^{\text{пр}} = 2.88 \leq R_0^{\text{тп}} = 6.84 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$  можно сделать вывод, что представленная ограждающая конструкция не соответствует требованиям по теплопередаче.

Ранее было установлено, что в пределах мансардного этажа наблюдается значительное повышение парциального давления водяного пара в направлении к кровельной конструкции. Это обусловлено тем, что к паровому давлению добавляется избыточное давление теплого воздуха, поднимающегося в верхнюю зону помещения вследствие естественной конвекции в обогреваемом объеме. Учитывая это, становится очевидной необходимость проведения расчёта паропроницаемости каждого слоя ограждающей конструкции кровли.

Ключевым требованием при этом является соблюдение принципа нарастающей паропроницаемости по направлению от внутренних к наружным слоям. В случае нарушения данного условия и расположения менее паропроницаемого материала ближе к наружной стороне, в слоистой системе возможно накапливание влаги, которая не будет успевать выводиться наружу. Следствием становится резкое снижение теплоизоляционных характеристик материала, особенно критичное при эксплуатации утеплённых кровель.

Расчёт паропроницаемости ограждающей конструкции выполнен на основании требований актуальных нормативных документов. Для оценки риска возможной внутренней конденсации влаги рассчитывается значение паропроницаемого комплекса  $f_i(\text{тм.у.})$  для каждого слоя в соответствии с формулой (5), приводимой в пункте 8.7.

$$f_i(\text{тм.у.}) = 5330 * \frac{R_{\text{о.п.}} * (t_{\text{в}} - t_{\text{н.отп}})}{R_0^{\text{усл}} * (e_{\text{в}} - e_{\text{н.отп}})} * \frac{\mu_i}{\lambda_i} \quad (5)$$

Где  $R_{o.п.}$  – общее сопротивление паропроницаемости ограждающей конструкции  $m^2 \cdot ч \cdot Па/мг$  определяемое согласно 8.7;

$$R_{o.п.} = \frac{0.01}{0.03} + \frac{0.032}{0.06} + \frac{0.05}{0.53} + \frac{0.04}{0.06} + \frac{0.05}{0.3} + \frac{0.012}{0.075} = 1.95 m^2 \cdot ч \cdot Па/мг.$$

$R_{усл} = 2.97 m^2 \cdot °C/Вт.$  – условное сопротивление теплопередаче однородной многослойной ограждающей конструкции, определяемое по формулам Е.6, Е.7;

$t_{н.отр} = -20,6°C$  – средняя температура наружного воздуха для периода с отрицательными среднемесячными температурами, согласно таблице 1;

$t_{в} = 23°C$  – расчетная температура внутреннего воздуха здания;

$e_{в}$  – парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха,

Па, определяется по формуле 6:

$$e_{в} = (\varphi_{в}/100)E \quad (6)$$

где,  $E$  – парциальное давление насыщенного водяного пара, Па, при температуре  $t_{в} = 23°C$ , принимается по формуле пункта 8.10, отсюда

$$E = 1.84 \cdot 10^{11} \exp\left(-\frac{5330}{273 + 25}\right) = 3141 \text{ Па}$$

$$e_{в} = \left(\frac{50}{100}\right) \cdot 3141 = 1571 \text{ Па.}$$

$e_{н.отр}$  – среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами, Па.

$$e_{н.отр} = 1,84 \cdot 10^{11} \exp(-5330/(273 + (-20,6))) = 121 \text{ Па,}$$

для температуры  $t_{н.отр} = -20,6°C$  согласно пункта 8.10 ;

$\lambda_i, \mu_i$  – расчетные коэффициенты теплопроводности,  $Вт/(м \cdot °C)$ , и паропроницаемости,  $мг/(м \cdot ч \cdot Па)$ , материала соответствующего слоя.

Для каждого значения  $f_i(t_{м.у.})$  необходимо определить по таблице 11

$t_{м.у.}$  и температуру на границе слоев  $t_n$  и  $t_k$  определенную по формуле 8.10.

Для удобства значения каждого слоя сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Характеристики слоев ограждающей конструкции.

№ слоя	Наименование материала	$f_i(t_{м.у.})$	$t_{м.у.}$	$t_n$	$t_k$
1	Асбестоцементные листы ( $\rho=1800\text{кг/м}^3$ )	6.7	2.4	-14.8	-14.6
2	Сосна/ель поперёк волокон (Настил из теса)	45.1	14,6	-14.6	-11.4
3	Минераловатные маты ( $\rho=75\text{ кг/м}^3$ )	943.2	-19,5	-11.4	0.5
4	Сосна/ель поперёк волокон (Настил из шпунтовых досок)	45.1	14,6	0.5	4.4
5	Утеплитель ISOVER Стандарт	831.2	-17,9	4.4	22.6
6	Листы гипсовые обшивочные ( $\rho=800\text{ кг/м}^3$ )	41.5	15,46	22.6	23.5

Согласно требованиям пункта 8.5.5 нормативного документа, наибольшая вероятность образования влаги в ограждающей конструкции наблюдается на границе между вторым и третьим слоями, то есть в зоне контакта настила из древесины (сосна/ель поперёк волокон) и минераловатных матов ( $\rho = 75\text{ кг/м}^3$ ).

Определим паропроницаемость  $R_n$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг.}$ , ограждающей конструкции (в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации):

$$R_n = \frac{0.12}{0.075} + \frac{0.05}{0.3} + \frac{0.04}{0.06} + \frac{0.05}{0.53} = 1.09 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг.}$$

Сопротивление паропроницанию  $R_n$ , выражаемое в  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$ , должно быть не ниже нормативных значений, устанавливаемых на основании расчётов по формулам (7) и (8), в соответствии с требованиями действующих нормативов.

$$R_{n1}^{\text{тр}} = \frac{(e_b - E) \cdot R_{п.н.}}{(E - e_n)} \quad (7)$$

$$R_{n2}^{\text{тр}} = 0,0024 \cdot z_0 \cdot (e_b - E_0) / (p_w \cdot b_w \cdot \Delta w_{av} + \eta) \quad (8)$$

где  $e_b$  – Парциальное давление водяного пара во внутреннем воздухе, выражаемое в паскалях, рассчитывается с учётом расчетной температуры и

соответствующего ей значения относительной влажности, и определяется по формуле (6).

$E$  – Парциальное давление водяного пара, выражаемое в паскалях, в зоне потенциального конденсационного образования в течение года эксплуатации рассчитывается согласно формуле (9).

$$E = (E_1 z_1 + E_2 z_2 + E_3 z_3) / 12 \quad (9)$$

где  $E_1, E_2, E_3$  — парциальные давления водяного пара, выраженные в паскалях, принимаемые по температуре  $t_i$  в плоскости возможного конденсационного образования, определяемой при средней температуре наружного воздуха для зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов соответственно;

$z_1, z_2, z_3$  — продолжительность каждого периода в месяцах, соответствующих зимнему, весенне-осеннему и летнему сезонам, определяемая с учётом следующих условий:

- а) зимний период включает месяцы со средними температурами наружного воздуха ниже  $-10$  °С;
- б) весенне-осенний период охватывает месяцы со средними температурами от  $-10$  до  $+5$  °С;
- в) летний период характеризуется месяцами с температурами выше  $+5$  °С.

Для определения  $t_i$  определим  $\sum R$  – термическое сопротивление слоя ограждения в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации:

$$\sum R = \frac{0.05}{0.058} + \frac{0.04}{0.14} + \frac{0.05}{0.038} + \frac{0.012}{0.19} + \frac{1}{8.7} = 2.64 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}.$$

Для каждого периода определим продолжительность  $z_i$ , в сутках, а также среднюю температуру  $t_i$ , в градусах Цельсия согласно нормам. На основе этих данных рассчитаем температуру в плоскости возможной конденсации  $t_i$ , °С, по формуле пункта 8.10, используя формулу из пункта 8.10, с учётом климатических условий населённого пункта города Якутск.

Зима (январь, февраль, март, ноябрь, декабрь):

$z_1 = 5$  месяцев;

$$t_1 = \frac{[(-39.6) + (-35) + (-20.8) + (-28.2) + (-38.1)]}{5} = -32,34$$

$$t_1 = 23 - (23 - (-32,34)) * 2,64/2,97 = -26,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Весна-осень (апрель, октябрь):

$z_2 = 2$  месяца;

$$t_2 = \frac{[(-5.2) + (-8)]}{2} = -6.6$$

$$t_2 = 23 - (23 - (-6.6)) * 2,64/2,97 = -3,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Лето (май, июнь, июль, август, сентябрь):

$z_3 = 5$  месяцев;

$$t_3 = \frac{[(7.3) + (16.1) + (19.1) + (15.1) + (5.9)]}{5} = 12.7$$

$$t_3 = 23 - (23 - (12.7)) * 2,64/2,97 = 13,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

По температурам ( $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ) для соответствующих периодов года определим по формуле 9 парциальные давления ( $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$ ) водяного пара:

$$E_1 = 76.91 \text{ Па. } E_2 = 480,8 \text{ Па. } E_3 = 1562,2 \text{ Па.}$$

Рассчитаем парциальное давление водяного пара  $E$ , Па, в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации ограждающей конструкции с учётом длительности каждого климатического периода  $z_1$ ,  $z_2$ ,  $z_3$ :

$$E = \frac{76.91 * 5 + 480.8 * 2 + 1562.2 * 5}{12} = 763.1 \text{ Па.}$$

Сопротивление паропрооницанию  $R_{к.н.}$  м<sup>2</sup> \* ч \* Па/мг., части ограждающей конструкции, расположенной между наружной поверхностью и плоскостью возможной конденсации, рассчитывается по формуле 8.9:

$$R_{к.н.} = \frac{0.01}{0.03} + \frac{0.032}{0.6} = 0.87 \text{ м}^2 * \text{ч} * \text{Па/мг}$$

Среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха  $e_n$ , Па, за годовой период определяется по таблице 7.1, отсюда:

$$e_n = \frac{22 + 35 + 122 + 418 + 1015 + 1811 + 2188 + 1698 + 923 + 338 + 64 + 25}{12} = 722 \text{ Па.}$$

По формуле 7 определим нормируемое сопротивление паропрооницанию из условия недопустимости накопления влаги за годовой период эксплуатации:

$$R_{n1}^{TP} = (1571 - 763,1) * \frac{0,87}{763,1 - 722} = 17,1 \text{ м}^2 * \text{ч} * \text{Па/мг.}$$

Для определения нормируемого сопротивления паропрооницанию  $R_{tr}$  учитывающего ограничение влаги в период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха, принимаются данные из таблицы 5.1. Продолжительность такого периода составляет  $z_0 = 252$  сутки, а средняя температура за данный период равна  $t_{n.отр} = -20,6^\circ\text{C}$

Температуру  $t_0$ ,  $^\circ\text{C}$  в плоскости возможной конденсации для этого периода определяем по пункту 8.10:

$$t_0 = 23 - (23 - (-20,6)) * 2.64 / 2.97 = -31^\circ\text{C}$$

Парциальное давление водяного пара  $E_0$ , в плоскости возможной конденсации при  $t_0 = -31^\circ\text{C}$ , определяют в соответствии с формулой пункта 8.8, отсюда:

$$E_0 = 1.84 * 10^{11} \exp\left(-\frac{5330}{273 + (-31)}\right) = 50,1 \text{ Па.}$$

Согласно табл. 10, предельно допустимое приращение при расчете массового влагосодержания для применения в конструкциях материалов составляет: для минераловатных плит  $\rho = 75 \text{ кг/м}^3$ ,  $\Delta w_1 = 3\%$  и  $\Delta w_2 = 7.5\%$

В результате теплотехнического анализа установлено, что средняя упругость водяного пара с отрицательными средними месячными температурами составят  $e_{n.отр} = 121 \text{ Па}$

Коэффициент  $\eta$  определяется по формуле 10, в соответствии с пунктом 8.5 .

$$\eta = 0.0024 * \frac{(E_0 - e_{н.отр}) * z_0}{R_{к.н}} \quad (10)$$

Отсюда:

$$\eta = 0.0024 * (50,1 - 121) * \frac{252}{0.87} = 49,3$$

По формуле 8 определим  $R_{тр}$  :

$$R_{n2}^{тр} = \frac{0.0024 * 252 * (1571 - 260.8)}{75 * \left( \frac{0.05}{2} * 3 + \frac{0.032}{2} * 7.5 \right) + 49.3} = 12.4 \text{ м}^2 * \text{ч} * \text{Па/мг.}$$

Таким образом, требуемое условие паропроницаемости не выполняются:

$$R = 1.09 < R_{тр} = 17.1, R = 1.09 < R_{тр} = 12.4.$$

На основании приведенных расчетных данных можно заключить, что рассматриваемая ограждающая конструкция в современном виде не соответствует требованиям, установленным нормативными документами. Это указывает на образование зоны конденсации на верхних этажах.

Тем не менее, в процессе естественного исследования признаков содержания влаги в утеплителе не зафиксировано. Указанной причиной признаков увлажнения является сезонный фактор: последствия произошли в летний период, что, вероятно, привело к полному высыханию теплоизоляционного материала к моменту вскрытия конструкции.

Присутствие влаги в толстом теплоизоляционном слое категорически недопустимо, так как это снижает его эффективность и теплоэффективность. Для обеспечения стабильной работы утеплителя необходимо строго соблюдать технологические требования при закрытии конструкции кровельного пирога. Особой уязвимостью к увлажнению являются теплоизоляционные материалы волокнистой структуры: при насыщении влагой минеральная вата сохраняет форму, постоянное оседание, что не только снижает ее теплосберегающее действие.

Таким образом, для исключения теплопотерь и учета образования мостиков холода, волокнистый утеплитель должен быть надежно защищён с внешней стороны — гидроветрозащитной мембраной, и с внутренней — пароизоляционным слоем

### **Список литературы**

1. **СП 50.13330.2024.** Тепловая защита зданий (актуализ. ред. СНиП 23-02-2003). — М.: Минстрой РФ, 2021. — 124 с.
2. **СП 23-101-2004.** Проектирование тепловой защиты зданий. — М.: Госстрой России, 2004. — 68 с.
3. **СП 131.13330.2020.** Строительная климатология. — М.: Минстрой РФ, 2012. — 96 с.
4. **ГОСТ 31937-2024.** Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. — М.: Стандартиформ, 2011. — 32 с.
5. **СанПиН 2.1.2.2645-10.** Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях. — М.: Минздрав РФ, 2010. — 53 с.