

УДК 691.542

Камалова З.А. – кандидат технических наук, профессор

Смирнов Д.С. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: Denis27111974@yandex.ru

Рахимов Р.З. – доктор технических наук, профессор

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Сопротивление теплопередаче стен с сыпучим теплоизоляционным материалом на основе древесных опилок

Аннотация

В статье рассмотрен опыт решения проблем по энергосбережению зданий и сооружений за счет использования эффективных теплоизоляционных материалов в стране и за рубежом. Приводится теплотехнический расчет ограждающих конструкций жилых зданий эконом-класса. В расчетах использованы разработанные авторами статьи составы сыпучих теплоизоляционных материалов на основе древесных опилок. Произведен расчет стационарного температурного поля в ограждении. Установлено ограничение температуры и конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающей конструкции. Рассчитан влажностный режим ограждающих конструкций. Проведена проверка ограждающей конструкции на воздухопроницаемость.

Ключевые слова: сыпучая теплоизоляция, древесные опилки, теплопроводность, ограждающие конструкции, теплотехнический расчет.

Анализ опыта различных стран в решении проблемы энергосбережения показывает, что одним из наиболее эффективных путей ее решения является сокращение потерь тепла через ограждающие конструкции зданий, сооружений, промышленного оборудования, тепловых сетей. В этой связи обращает на себя внимание интенсивное развитие во многих странах промышленности теплоизоляционных материалов. В некоторых странах, таких, например, как Швеция, Финляндия, Германия, США и других, объем выпуска теплоизоляционных материалов на душу населения в 5-7 раз превышает этот показатель для холодной России [1, 2, 3].

Расчеты показывают, что потребность только жилищного сектора строительства в эффективных утеплителях в 2011 году может составить 25-30 млн. м³ и должна быть удовлетворена, в основном, за счет отечественных материалов. Вместе с тем, установленные (проектные) мощности страны по всем видам теплоизоляционных материалов оцениваются в 17-18 млн. м³ в год [1, 2].

В связи с широким развитием индивидуального строительства жилых домов эконом-класса в нашей стране расширилась потребность в доступных и дешевых теплоизоляционных материалах. Одной из широко применяемых разновидностей теплоизоляционных материалов с давних времен являются древесные опилки. Неоспоримое достоинство опилок – низкая цена, экологичность и технологичность в использовании. Недостатком является способность уплотняться со временем, в результате чего теплоизоляция на их основе утрачивает свои первоначальные характеристики. Кроме того, опилки подвержены гниению.

Авторами статьи разработаны составы сыпучих материалов на основе опилок с добавками гипса, извести и антисептических компонентов. Полученный теплоизоляционный материал лишен ранее перечисленных недостатков. Основной областью его возможного применения являются малоэтажные здания каркасного типа, в качестве конструктивных элементов каркаса в которых используется древесина.

В данной работе приводится теплотехнический расчет ограждающих конструкций с использованием разработанного материала оптимального состава. Техническое решение конструкции наружных стен представлено на рисунке. Для полученных составов проведен теплотехнический расчет ограждающих конструкций. Теплотехнический расчет [4] включает определение толщины теплоизоляционного слоя. В данной статье приводятся результаты для

сыпучего теплоизоляционного материала. Проектирование наружных ограждений построено на принципах ограничения количества тепла, теряемого ограждением в отопительный период, и поддержания на внутренней поверхности наружного ограждения температуры, при которой на внутренней поверхности не образуется конденсат.

Теплотехнический расчет начинаем с определения расчетного сопротивления теплопередаче R_0 основной части конструкции ограждения. Необходимым условием является $R_0 \geq R_{reg}$, где R_{reg} – минимально допустимое по санитарно-гигиеническим соображениям сопротивление теплопередаче, принимаемое по табл. 4 [5].

Это условие является необходимым, но недостаточным, т.к. при определении R_0 следует учитывать технико-экономические показатели. Если приведенное сопротивление теплопередаче из условий энергосбережения $R_{np}^{эп} \geq R_{reg}$, то расчетное сопротивление следует определять по условию $R_0 \approx R_{np}^{эп}$. В этом случае R_0 больше минимально допустимого R_{reg} и целесообразно в экономическом отношении. Зная R_0 ограждения, необходимо проверить теплозащитные свойства отдельных элементов ограждающих конструкций (стыков, наружных углов, теплопроводных включений и др.). Необходимым и достаточным условием данного расчета является отсутствие конденсата на внутренней поверхности рассматриваемого элемента конструкции.

Для расчета теплопотерь и тепловых условий в помещении следует рассчитывать и приведенное сопротивление теплопередаче R_0^{np} ограждения, которое учитывает двухмерность температурного поля.

Для этого предварительно рассчитываем градусо-сутки отопительного периода (D_d) [5] по формуле:

$$D_d = (t_{int} - t_{ht})Z_{ht},$$

где $t_{int} = +22^\circ\text{C}$ – расчетная температура воздуха внутри помещения, принимается по СНиП 23-01-99 [6]; $t_{ht} = -32^\circ\text{C}$ – расчетная зимняя температура наружного воздуха для Казани, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки с коэффициентом обеспеченности 0,92 [3]; $Z_{ht} = 215$ сут/год – продолжительность отопительного периода [6]. Таким образом $D_d = 5848$.

Далее определяем минимально приведенное сопротивление теплопередаче R_{reg} $\text{m}^2\text{C}/\text{Вт}$ ограждающих конструкций здания, исходя из условий энергосбережений [5]:

$$R_{reg} = 3,5 \text{ m}^2\text{C}/\text{Вт}$$

Рассчитываем толщину теплоизоляционного слоя в конструкции ограждения $\delta_{из}$, используя выражение:

$$d_{из} = I_{из} \left(R_0 - \frac{1}{\alpha_{int}} - \sum_{i=1}^k R_i - \frac{1}{\alpha_{ext}} \right)$$

где $\sum_{i=1}^k R_i$ – сумма сопротивлений теплопроводности конструктивных слоев ограждения:

- для сосновой доски принимаем $R_1 = 0,13 \text{ m}^2\text{C}/\text{Вт}$ (при теплопроводности $0,18 \text{ Вт}/\text{м}^\circ\text{C}$);
- для ориентировано стружечной плиты (ОСП) принимаем $R_2 = 0,045 \text{ m}^2\text{C}/\text{Вт}$ (при теплопроводности $0,2 \text{ Вт}/\text{м}^\circ\text{C}$);
- для гипсокартона $R_3 = 0,05 \text{ m}^2\text{C}/\text{Вт}$ (при теплопроводности $0,18 \text{ Вт}/\text{м}^\circ\text{C}$);
- $\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{C}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения [5];
- $\alpha_{ext} = 23 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{C}$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения [5].

Теплопроводность материала определяли с учетом фактической влажности, которая на момент испытаний составила 28 %, а в сухом состоянии после предварительной сушки в первом случае коэффициент теплопроводности составил $\lambda_{из} = 0,2 \text{ Вт}/\text{м}^\circ\text{C}$, во втором $\lambda_{из} = 0,08 \text{ Вт}/\text{м}^\circ\text{C}$.

Подставляя значения в формулу, получаем необходимую толщину теплоизоляционного слоя – $\delta_{из} = 25$ см для сухого материала. Термическое сопротивление изоляционного слоя $R_4 = 3,125 \text{ m}^2\text{C}/\text{Вт}$.

Действительное термическое сопротивление ограждающей конструкции составило $R_0 = 3,51 \text{ m}^2\text{C}/\text{Вт}$. Таким образом, $R_0 > R_{reg}$, что отвечает требованиям.

При стационарном режиме теплопередачи через ограждение температура в любой плоскости определяется по формуле:

$$t_x = t_{\text{int}} - \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}}{R_0} R_{\text{int-x}}, \text{ } ^\circ\text{C}$$

где $R_{\text{int-x}}$ – сумма термических сопротивлений части конструкций от внутренней поверхности ограждения до рассматриваемой плоскости, $\text{м}^2\text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$; $R_0 = 3,51 \text{ м}^2\text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ термическое сопротивление ограждающей конструкции. Тогда:

$$t_{x1} = 22 - \frac{22 + 32}{3,51} \cdot 0,115 = 22 - 15,38 \cdot 0,115 = 20,23 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{x2} = 22 - 15,38 \cdot (0,115 + 0,05) = 19,46 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{x3} = 22 - 15,38 \cdot (0,115 + 0,05 + 0,045) = 18,77 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{x4} = 22 - 15,38 \cdot (0,115 + 0,05 + 0,045 + 3,125) = -29,3 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{x5} = 22 - 15,38 \cdot (0,115 + 0,05 + 0,045 + 3,125 + 0,13) = -31,3 \text{ }^\circ\text{C}$$

График распределения температур представлен на рисунке.

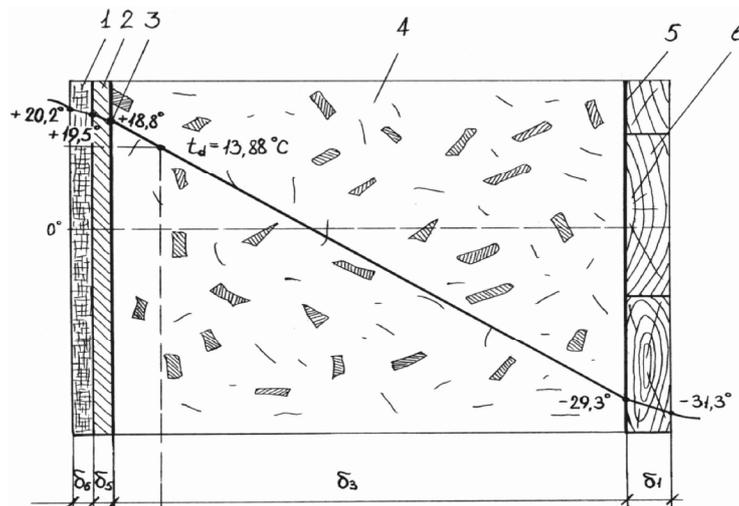


Рисунок. Конструкция наружной стены. График распределения температур.

1. гипскартон; 2. ОСП; 3. пароизоляция (полиэтилен); 4. теплоизоляция (опилки);
5. ветроизоляция (изоспан А); 6. доска сосновая

Расчетный температурный перепад Δt_0 между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции не должен превышать нормируемых величин Δt_n , установленных в табл. 5 [5], и определяется по формуле:

$$\Delta t_n = 4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_0 = \frac{n \cdot (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})}{R_0 \cdot a_{\text{int}}}$$

где $n = 1$ – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху [2]. Подставляя значения в формулу, получим:

$$\Delta t_0 = \frac{1 \cdot (22 + 32)}{3,51 \cdot 8,7} = 1,79 \text{ }^\circ\text{C}$$

$\Delta t_0 < \Delta t_n$ условие выполнено.

Температура точки росы t_d при значении расчетной температуры внутреннего воздуха $t_{\text{int}} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$ и расчетной относительной влажности воздуха в помещении $j_{\text{int}} = 60 \%$ [5] составляет $t_d = 13,88 \text{ }^\circ\text{C}$.

Температура внутренней поверхности стены $t_{x1} = 20,23$ °С. Таким образом, $t_d < t_{x1}$. Следовательно, конденсации влаги на внутренней поверхности стены не будет.

Сопrotивление паропрооницанию ограждающей конструкции R_{vp} ($m^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$) в пределах от внутренней поверхности и до плоскости возможной конденсации (слой утеплителя) определяют как сумму сопротивлений паропрооницанию отдельных материальных слоев ограждения по формуле:

$$R_{vp} = \sum \frac{d_i}{m_i}$$

где d_i – толщина i -го слоя, м; m_i – расчетный коэффициент паропрооницаемости материала i -го слоя, $\text{мг} / \text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$.

Определяем сопротивление паропрооницанию для различных слоев ограждения:

- доска сосновая: $\mu = 0,06 \text{ мг} / \text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$, $\delta_1 = 0,024 \text{ м}$, $R_{vp1} = 0,4 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$;
 - ветроизоляция (изоспан А): $R_{vp2} = 7 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$;
 - теплоизоляция (опилки): $\mu = 0,45 \text{ мг} / \text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$, $\delta_3 = 0,25 \text{ м}$, $R_{vp3} = 0,55 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$;
 - пароизоляция (полиэтилен): $R_{vp4} = 7,3 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$;
 - ОСП: $\mu = 0,12 \text{ мг} / \text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$, $\delta_5 = 0,009 \text{ м}$, $R_{vp5} = 0,075 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$;
 - гипсокартон: $\mu = 0,075 \text{ мг} / \text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$, $\delta_6 = 0,009 \text{ м}$, $R_{vp6} = 0,12 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$;
- Тогда, $R_{vp} = 0,12 + 0,075 + 7,3 + 0,55 = 8,045 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$.

Согласно [2] найденное значение сопротивления паропрооницанию R_{xp} должно быть не менее наибольшего из двух нормируемых сопротивлений паропрооницанию – R_{up1}^{reg} и R_{up2}^{reg} .

Нормируемое сопротивление паропрооницанию R_{up1}^{reg} из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации определяется по формуле:

$$R_{up1}^{reg} = \frac{(e_{int} - E) \cdot R_{up}^B}{(E - e_{ext})}$$

где e_{int} – парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха, Па;

$$e_{int} = \frac{j_{int}}{100} \cdot E_{int}$$

$E_{int} = 2644$ Па – парциальное давление насыщенного водяного пара воздуха помещения при расчетной температуре $t_{int} = +22$ °С внутреннего воздуха [7];

$e_{ext} = 450$ Па – среднее парциальное давление водяного пара за годовой период [5];

R_{up}^B – сопротивление паропрооницанию части ограждающей конструкции, расположенной между наружной поверхностью и плоскостью возможной конденсации (для сосны поперек волокон $\mu = 0,06 \text{ мг} / \text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$).

$$R_{up}^B = \frac{d}{m} = \frac{0,024}{0,06} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$$

$j_{int} = 60$ % – относительная влажность воздуха в помещении [5].

$$e_{int} = \frac{60}{100} \cdot 2664 = 1586 \text{ МПа}$$

Находим продолжительность зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов года (z), а также соответствующие им средние температуры (t_{ext}) [3]:

- Зимний период $z_1 = 4$ месяца $t_{ext}^1 = -10,9$ °С;
- Весенне-осенний период $z_2 = 3$ месяца $t_{ext}^2 = +3,3$ °С;
- Летний период $z_3 = 5$ месяца $t_{ext}^3 = +15,4$ °С.

Температуру в плоскости возможной конденсации вычисляем по формуле:

$$t_{n-x} = t_{int} - \frac{t_{int} - t_{ext}}{R_k} \cdot \Sigma R_{int-x}, \text{ °С}$$

$$\Sigma R_{int-x} = 0,115 + 0,05 + 0,045 + 3,125 = 3,335 \text{ м}^2 \cdot \text{°С} / \text{Вт}$$

где R_k – термическое сопротивление ограждающей конструкции с последовательно расположенными однородными слоями, $\text{м}^2 \cdot \text{°С} / \text{Вт}$.

$$R_k = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 0,05 + 0,045 + 3,125 + 0,13 = 3,35 \text{ м}^2\text{°C/Вт}.$$

Тогда, для зимнего периода:

$$t_{n-x} = 22 - \frac{22 + 10,9}{3,35} \cdot 3,335 = -10,75 \text{ °C}$$

в соответствии с приложением С [4] определяем упругость насыщенного водяного пара:

$$E_1 = 240 \text{ МПа}$$

для весенне-осеннего периода:

$$t_{n-x} = 22 - \frac{22 - 3,3}{3,35} \cdot 3,335 = +3,39 \text{ °C}$$

$$E_2 = 780 \text{ МПа}$$

для летнего периода:

$$t_{n-x} = 22 - \frac{22 - 15,4}{3,35} \cdot 3,335 = +15,43 \text{ °C}$$

$$E_3 = 1750 \text{ МПа}$$

Определяем парциальное давление насыщенного водяного пара в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации:

$$E = \frac{(E_1 z_1 + E_2 z_2 + E_3 z_3)}{12} = \frac{240 \cdot 4 + 780 \cdot 3 + 1750 \cdot 5}{12} = 1004 \text{ МПа}$$

Подставляя полученные значения в исходную формулу, определяем R_{up1}^{reg} :

$$R_{up1}^{reg} = \frac{(1586 - 1004) \cdot 4}{(1004 - 450)} = 4,2 \text{ м}^2\text{чПа/мг}$$

Нормируемое сопротивление паропроонианию R_{up2}^{reg} определяем из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными месячными температурами наружного воздуха и рассчитываем по формуле:

$$R_{up2}^{reg} = \frac{0,0024 \cdot z_0 \cdot (e_{int} - E_0)}{r_w \cdot d_w \cdot \Delta W_{aJ} + h},$$

где $z_0 = 156 \text{ сут.}$ – продолжительность периода влагонакопления, принимается равной периоду с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха [6].

Средняя температура наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами составляет $t_0^{ext} = -8,7 \text{ °C}$, которой соответствует среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами $e_0^{ext} = 291 \text{ МПа}$.

Среднюю температуру наружного воздуха в плоскости возможной конденсации вычисляем по ранее приведенной формуле:

$$t_{n-x} = 22 - \frac{22 + 8,7}{3,35} \cdot 3,335 = -8,56 \text{ °C}$$

$E_0 = 295 \text{ Па}$ – парциальное давление водяного пара в плоскости возможной конденсации [4]; η – коэффициент, определяемый по формуле:

$$h = \frac{0,0024 \cdot (E_0 - e_0^{ext}) \cdot z_0}{R_{up}^B} = \frac{0,0024 \cdot (295 - 291) \cdot 156}{4} = 0,374,$$

где $r_w = 300 \text{ кг/м}^3$ – плотность материала увлажняемого слоя; $d_w = 0,25 \text{ м}$ – толщина увлажняемого слоя (слоя утеплителя); $\Delta W_{a\theta} = 3 \%$ – предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в материале увлажняемого слоя, за период влагонакопления $z_0 = 156 \text{ сут.}$ [5].

Подставляя значения в формулу, получим:

$$R_{up2}^{reg} = \frac{0,0024 \cdot 156 \cdot (1586 - 295)}{300 \cdot 0,25 \cdot 3 + 0,374} = 2,14 \text{ м}^2\text{чПа/мг}$$

Наибольшее из двух нормируемых сопротивлений паропроонианию меньше сопротивления паропроонианию ограждающей конструкции, что отвечает требованиям.

$$R_{up1}^{reg} = 4,2 \text{ м}^2\text{чПа/мг} < R_{vp} = 8,045 \text{ м}^2\text{чПа/мг}.$$

При проверке ограждения на воздухопроницание сравниваются величины нормируемого R_{inf}^{reg} ($м^2 \cdot ч \cdot Па/кг$) и фактического R_{inf}^{des} , ($м^2 \cdot ч \cdot Па/кг$) сопротивления воздухопроницанию.

Определяем нормируемое сопротивление воздухопроницанию R_{inf}^{des} :

$$R_{inf}^{des} = \frac{\Delta P}{G_n},$$

где $G_n = 0,5 \text{ кг}/м^2 \cdot ч$ – нормативная проницаемость ограждающей конструкции [2]; ΔP – разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций определяем по формуле:

$$\Delta P = 0,55 \cdot H \cdot (\gamma_{ext} - \gamma_{int}) + 0,03 \cdot \gamma_{ext} \cdot v^2,$$

где $H = 10 \text{ м}$ – высота здания (от уровня пола первого этажа до верха вытяжной шахты), $v = 7,5 \text{ м}/с$ – максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16 % и более [3]; γ_{ext} , γ_{int} – плотность $Н/м^3$, соответственно, наружного и внутреннего воздуха, определяемая по значению их температуры по формуле:

$$g = \frac{3463}{273 + t}$$

Тогда

$$g_{ext} = \frac{3463}{273 - 32} = 14,37 \text{ Н}/м^3, \quad g_{int} = \frac{3463}{273 + 22} = 11,74 \text{ Н}/м^3$$

$$\Delta P = 0,55 \cdot 10 \cdot (14,37 - 11,74) + 0,03 \cdot 14,37 \cdot 7,5^2 = 14,465 + 24,25 = 38,715 \text{ Па}$$

$$R_{inf}^{reg} = \frac{38,715}{0,5} = 77,43 \text{ м}^2 \cdot ч \cdot Па/кг$$

Фактическое сопротивление воздухопроницанию конструкции R_{inf}^{des} находим по формуле:

$$R_{inf}^{des} = \sum Ru_i$$

Сопротивление воздухопроницанию для различных слоев ограждения Ru_i , $м^2 \cdot ч \cdot Па/кг$ определяем по СНиП II-3-79*:

доска сосновая	$Ru_1 = 1,5 \text{ м}^2 \cdot ч \cdot Па/кг$;
ветроизоляция (изоспан А)	$Ru_2 > 2000 \text{ м}^2 \cdot ч \cdot Па/кг$;
теплоизоляция (опилки)	$Ru_3 = 0$;
пароизоляция (полиэтилен)	$Ru_4 > 2000 \text{ м}^2 \cdot ч \cdot Па/кг$;
ОСП	$Ru_5 = 3,3 \text{ м}^2 \cdot ч \cdot Па/кг$;
гипсокартон	$Ru_6 = 20 \text{ м}^2 \cdot ч \cdot Па/кг$;
обои	$Ru_7 = 20 \text{ м}^2 \cdot ч \cdot Па/кг$;

$$R_{inf}^{des} > 4000 \text{ м}^2 \cdot ч \cdot Па/кг$$

Сравнивая полученные значения $R_{inf}^{des} > R_{inf}^{reg}$, делаем вывод о том, что ограждающая конструкция отвечает требованиям по воздухопроницанию.

Таким образом, в результате проведенных расчетов установлено, что применение разработанного материала в качестве теплоизоляции в ограждающих конструкциях позволяет обеспечить все теплотехнические характеристики здания при толщине стены не более 26 см. Как было установлено ранее, минимально приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций здания, исходя из условий энергосбережений для нашего региона, составляет $R_{reg} = 3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$. Для обеспечения только этого показателя толщина наружной стены из древесины составляет уже не менее 63 см, а в случае применения керамического кирпича с теплопроводностью $0,52 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}$ – около 1,8 м. Это более чем в два раза превышает толщину стены с теплоизоляцией на основе разработанного материала в первом случае и почти в 7 раз – во втором.

Список литературы

1. Овчаренко Е.Г., Артемьев В.М. О приоритетных направлениях научно-технического развития в теплотехническом строительстве. // Монтажные и строительные работы в строительстве, 1998, № 10. – С. 11-12.
2. Овчаренко Е.Е., Артемьев В.И. и др. Тепловая изоляция и энергосбережение. // Энергосбережение, 1999, № 2.
3. Рахимов Р.З., Шелихов Н.С. Современные теплоизоляционные материалы. Учебное пособие. – Казань: КГАСУ, 2006. – 392 с.
4. Замалеев З.Х., Осипова Л.Э., Валиуллин М.А., Сафиуллин Р.Г. Примеры расчетов по отоплению и вентиляции жилых зданий: Учебное пособие. / Под общей редакцией Посохина В.Н. – Казань: КГАСУ, 2007. – 176 с.
5. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. – М.: Госстрой РФ, 2003.
6. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. – М.: Госстрой РФ, 2000.
7. СП 23-101-2004. Свод правил по проектированию и строительству.
8. Проектирование тепловой защиты зданий. – М.: ОАО ЦНИИпромзданий, ФГУП ЦНС, 2004.

Kamalova Z.A. – candidate of technical science, professor

Smirnov D.S. – candidate of technical science, associate professor

E-mail: Denis27111974@yandex.ru

Rachimov R.Z. – doctor of technical science, professor

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Thermal resistance of walls with insulation materials loose on the basis of sawdust**Resume**

The article describes the experience of the problems of energy saving buildings and structures through the use of effective thermal insulation materials in the country and abroad. The authors of the articles are designed compositions of bulk materials based on filings with the addition of gypsum, lime and antiseptic ingredients. The resulting heat-insulating material is rot and caking, inexpensive, easy to manufacture and environmentally safe. The main area of its possible applications are low-rise buildings frame type, as structural elements of the framework that use metal or wood. In this paper we present a calculation of the Thermal walling using material developed by the optimum composition. Thermal calculation includes the determination of thickness of the insulation layer. Design exterior fences built on the principles of limiting the amount of heat lost by the enclosure during the heating season and to maintain the inner surface of the outer enclosure temperature at which the inner surface of no condensation. This paper presents a technical solution design exterior walls. The calculation of steady-state temperature field in the enclosure. A limitation of temperature and moisture condensation on the inner surface of the cladding. Calculated moisture conditions walling. Checking the cladding on the air permeability showed that it meets the requirements. As a result of the calculations indicated that the application of the developed material as an insulator in protecting designs can provide all the thermal performance of the building with wall thickness not exceeding 26 cm.

Keywords: loose insulation, wood chips, thermal conductivity, building envelope, heat engineering calculations.

References

1. Ovcharenko E.G., Artemyev V.M. About priority directions of scientific and technological development in the thermo-building. // Installation and construction work in construction, 1998, number 10. – P. 11-12.
2. Ovcharenko E.E., Artemiev V.I. and other thermal insulation and energy conservation. // Energy savings, 1999, № 2.
3. Rakhimov R.Z., Shelikhov N.S. Modern insulation materials. Study Guide. – Kazan: KGASU, 2006. – 392 p.
4. Zamaleev Z.K., Osipova L.E., Valiullin M.A., Safiullin R.G. Examples of calculations for heating and ventilation of residential buildings: Tutorial. / Edited by Posokhin V.N. – Kazan: KGASU, 2007. – 176 p.
5. SNiP 23-02-2003. Thermal protection of buildings. – М.: Russian State Committee for Construction, 2003.
6. SNiP 23-01-99. Building climatology. – М.: Russian State Committee for Construction, 2000.
7. SP 23-101-2004. The Code of Practice for design and construction.
8. Design of thermal protection of buildings. – М.: ОАО ЦНИИпромзданий, FSUE CNS, 2004.