

М. Е. САПАРЁВ
Ю. С. ВЫТЧИКОВ
А. А. ЧУЛКОВ
А. А. ДЯДИН

ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРОИТЕЛЬНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЯ САМАРСКОГО АКАДЕМИЧЕСКОГО ТЕАТРА ДРАМЫ

IMPROVING THE THERMAL PROTECTION CHARACTERISTICS OF BUILDING ENCLOSING STRUCTURES OF THE SAMARA ACADEMIC DRAMA THEATER BUILDING

Сохранение архитектурного облика зданий исторического и культурного наследия является обязательным условием их энергетической модернизации при выполнении работ по капитальному ремонту или реконструкции. В связи с этим для уменьшения тепловых потерь наружными стенами использовать фасадные системы не представляется возможным. Применение внутреннего утепления, как показала практика строительства, довольно часто приводила к нарушению влажностного режима ограждающих конструкций и, как следствие, к образованию темных пятен и плесневых грибов на внутренних поверхностях. Для предотвращения влагонакопления в ограждающих конструкциях при внутреннем утеплении следует использовать лишь теплоизоляционные материалы, обладающие низким коэффициентом паропроницаемости. В статье представлены результаты тепловизионного обследования фасадов здания Самарского академического театра драмы, которые свидетельствуют о повышенных теплопотерях в цокольной части здания и наружных стенах, выполненных из силикатного кирпича, после реконструкции в 1967 г. Для выполнения современных нормативных требований по теплозащите зданий исторического и культурного наследия было предложено дополнительно утеплить изнутри наружные стены выше нулевой отметки пеностеклом, а также теплой штукатуркой – в цокольной части здания и подвале. Предложены решения по замене оконных конструкций, входных дверей, покрытий и перекрытий для повышения энергетической эффективности эксплуатируемого здания. При выполнении теплофизического расчета перечисленных выше ограждающих конструкций была применена авторская методика по оценке плоскости возможной конденсации, позволяющая с более высокой вероятностью произвести оценку влагонакопления в них.

Ключевые слова: теплозащита, историческое здание, влажностный режим, внутреннее утепление, тепловизионное обследование

Preservation of the architectural appearance of buildings of historical and cultural heritage is a prerequisite for their energy modernization when performing major repairs or reconstruction. In this regard, it is not possible to use facade systems to reduce heat losses by external walls. The use of internal insulation, as construction practice has shown, quite often led to a violation of the humidity regime of enclosing structures and, as a result, to the formation of dark spots and mold fungi on the internal surfaces. To prevent moisture accumulation in enclosing structures, with internal insulation, only thermal insulation materials with a low coefficient of vapor permeability should be used. The article presents the results of a thermal imaging survey of the facades of the Samara Academic Drama Theater building, which indicate increased heat loss in the basement of the building and the exterior walls made of silicate bricks after reconstruction in 1967. In order to meet modern regulatory requirements for the thermal protection of buildings of historical and cultural heritage, it was proposed to additionally insulate the exterior walls from the inside above the zero mark with foam glass, as well as warm plaster – in the basement and basement of the building. Solutions are proposed for the replacement of window structures, entrance doors, coverings and ceilings to increase the energy efficiency of the operated building. When performing the thermophysical calculation of the above-listed enclosing structures, the author's methodology for estimating the plane of possible condensation was applied, which allows for a higher probability of assessing moisture accumulation in them.

Keywords: thermal protection, historical building, humidity regime, internal insulation, thermal imaging examination

В связи с реализацией в РФ программы энергосбережения в строительстве вопросы повышения энергетической эффективности эксплуатируемых зданий и сооружений в настоящее время весьма актуальны и носят приоритетное значение. Особое место при выполнении работ по капитальному ремонту и реконструкции отведено зданиям исторического и культурного наследия. Согласно СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», нормируемые значения приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен зданий исторического и культурного наследия допускается определять исходя из обеспечения современных санитарно-гигиенических и комфортных условий. Условие энергосбережения на них не распространяется. Поэтому для указанных выше зданий с учетом сохранения внешнего архитектурного вида логично использовать лишь внутреннее утепление. Применение внутреннего утепления, как показала практика строительства, приводит к захламлению наружных стен и способствует образованию темных сырых пятен и плесневых грибов на их внутренних поверхностях.

Полимерные теплоизоляционные материалы, к которым относятся пеноплекс, вспененный полиэтилен и напыляемый пенополиуретан, обладают низким коэффициентом паропроницаемости. Поэтому они создают значительное сопротивление паропроницанию и повышают возможность влагонакопления в наружных стенах. Однако ввиду их горючести применение указанных выше теплоизоляционных материалов запрещено в общественных зданиях. На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что

для повышения теплозащитных характеристик зданий исторического и культурного наследия следует применять теплоизоляционные материалы на минеральной основе – пеностекло, теплые штукатурки на гипсовой или перлитовой основе, беспесчаный керамзитобетон и др.

Вопросы применения пеностекла в строительстве подробно изложены в работах [1, 2], беспесчаного керамзитобетона – в [3]. Оценка влажностного режима многослойных ограждающих конструкций подробно рассмотрена в работах [4–9].

Рассматриваемое в статье здание Самарского государственного академического театра драмы было построено в XIX столетии. Общий вид здания драмтеатра представлен на рис. 1.

В настоящее время проектным институтом «Волготранстрой-проект» разрабатывается проект реставрации здания драмтеатра.

Для выполнения раздела проекта, связанного с оценкой энергетической эффективности здания драмтеатра, были привлечены сотрудники Центра энергосбережения в строительстве СамГТУ.

Перед выполнением проектных работ было произведено тепловизионное обследование ограждающих конструкций эксплуатируемого здания с целью определения фактических значений сопротивления теплопередаче. Тепловизионное обследование проводилось в декабре 2020 г. с помощью тепловизионной камеры THERMA CAM B2 при температуре наружного воздуха $t_n = -10$ °С. При проведении обследования руководствовались методикой, изложенной в ГОСТ Р.54852-2011, ГОСТ 31937-2011, и работой [10].



Рис. 1. Здание драматического театра

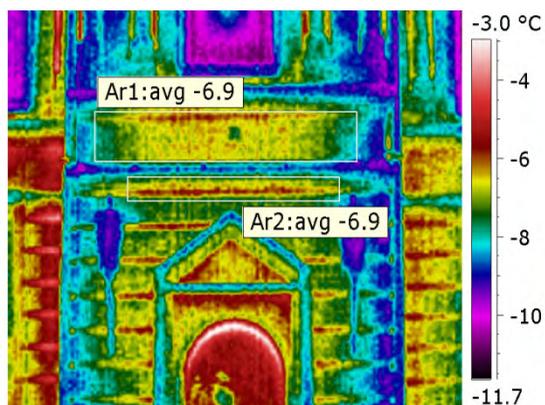
Согласно документации, представленной заказчиком, наружные стены первого этажа части здания 1888 г. постройки выполнены в виде кладки из глиняного кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной 850 мм, оштукатуренной изнутри известково-песчаным раствором толщиной 20 мм. Стены бельэтажа исторической части здания выполнены в виде кладки из глиняного кирпича толщиной 810 мм, оштукатуренные известково-песчаным раствором толщиной 20 мм. Отдельные наружные стены входной части здания 1888 г. постройки выполнены в виде кладки из глиняного кирпича толщиной 1760 мм.

Наружные стены первого, второго этажей и части постройки 1967 г. выполнены в виде кладки из силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной 510 мм. Изнутри они оштукатурены известково-песчаным раствором толщиной 20 мм.

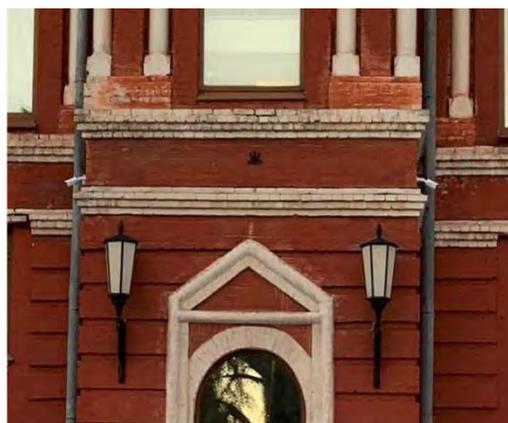
Заполнение оконных проемов осуществлено оконными блоками в отдельных деревянных переплетах. Чердачное перекрытие здания 1888 г. постройки выполнено в виде настила из досок по деревянным балкам, а 1967 г. постройки – в виде пустотных железобетонных плит.

Фотоснимки и термограммы фасадов здания показаны на рис. 2, 3.

Наряду с фактическими значениями сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций определены нормативные значения исходя из санитарно-гигиенических условий для общественных зданий. Согласно Федеральному закону № 261 – ФЗ, требования энергетической эффективности не распространяются на здания, строения, сооружения, которые в соответствии с законодательством Российской Федерации отнесены к объектам культурного наследия.

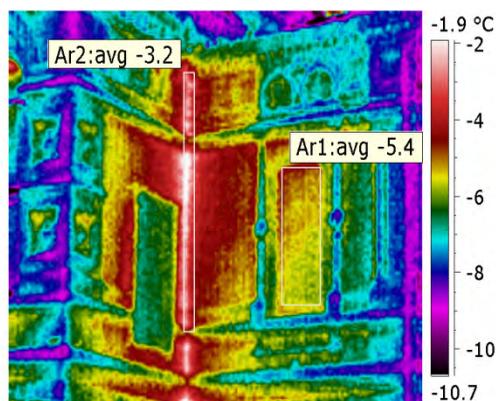


Ar1 Средняя температура -6,9 °C
Ar2 Средняя температура -6,9 °C



Вид на фасад в осях А, 20-21

Рис. 2. Фрагмент ограждения в инфракрасном и видимом спектрах



Ar1 Средняя температура -5,4 °C
Ar2 Средняя температура -3,2 °C



Вид на фасад в осях Д, 1-2

Рис. 3. Фрагмент ограждения в инфракрасном и видимом спектрах

На основе проведенного теплотехнического обследования строительных ограждающих конструкций здания драмтеатра можно констатировать следующее:

1. Температура и относительная влажность в помещениях здания драмтеатра соответствуют нормативным требованиям ГОСТ 30494, предъявляемым к общественным зданиям.

2. Наружные стены 1888 г. постройки по теплозащитным характеристикам соответствуют современным санитарно-гигиеническим и комфортным условиям, предъявляемым к общественным зданиям. Остальные ограждающие конструкции не соответствуют нормативным требованиям.

3. Зарегистрированы повышенные температуры на наружных поверхностях следующих ограждений: оконных блоках и входных дверей; в местах установки отопительных приборов; в цоколе исторической части здания, расположенной над подвалом; на чердаке, расположенном над сценой и зрительным залом.

По результатам проведенного тепловизионного обследования наружные стены первого и второго этажей части здания Самарского театра драмы 1967 г. постройки имеют значение приведенного сопротивления теплопередаче, равное 0,95 м²·°С/Вт, бельэтажной части – 0,82 м²·°С/Вт, что существенно ниже нормативного значения для общественных зданий – R_{о^{норм}} = 1,28 м²·°С/Вт.

Для повышения теплозащитных характеристик указанных выше стен рекомендуется их утеплить плитами из пеностекла толщиной 0,05 м, защищенными со стороны утепления цементно-песчаной штукатуркой толщиной 0,02 м. На рис. 4 представлен фрагмент утепленной наружной стены. Состав наружной стены показан в таблице.

В качестве примера приведем теплофизический расчет наружной стены бельэтажа, выполненной толщиной 510 мм в виде кладки из силикатного кирпича.

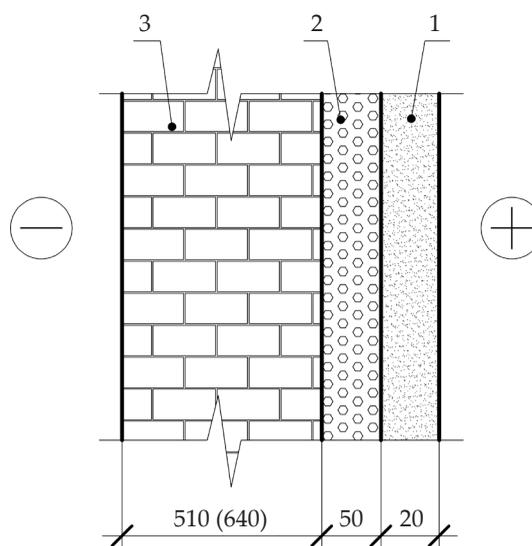


Рис. 4. Фрагмент утепленной наружной стены Самарского театра драмы

Расчет выполним в следующей последовательности, с использованием аналитического метода, подробно изложенного в статье [4].

1. Определяем приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены согласно СП 50.13330.2012.

$$R_o^{np.} = r \cdot R_o^{ycl.}, \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}, \quad (1)$$

где r – коэффициент теплотехнической однородности наружной стены, принимаемый равным 0,9 при внутреннем утеплении согласно СТО 00044807-001-2006; $R_o^{ycl.}$ – сопротивление теплопередаче глади наружной стены, м²·°С/Вт.

$$R_o^{ycl.} = \frac{1}{\alpha_o} + \sum_{i=1}^3 R_i + \frac{1}{\alpha_n}, \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}, \quad (2)$$

где α_o – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции

Состав наружной стены

Наименование	Толщина δ , м	Плотность γ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности $\lambda_{\lambda'}$, Вт/(м·°С)	Коэффициент паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)
Цементно-песчаный раствор	0,02	1800	0,76	0,09
Плиты теплоизоляционные из пеностекла	0,05	200	0,08	0,03
Силикатный кирпич на цементно-песчаном растворе	0,51 0,64	1800	0,76	0,11

Вт/(м²·°C); α_n – коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м²·°C).

$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ – термическое сопротивление i -го слоя наружной стены, м²·°C/Вт.

$$R_o^{ysl.} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,05}{0,08} + \frac{0,51}{0,76} + \frac{1}{23} = 1,48 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$$

$$R_o^{np.} = 0,9 \cdot 1,48 = 1,33 > 1,28 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}.$$

Утепленная наружная стена соответствует нормативным требованиям по теплозащите.

2. Определяем сопротивление паропрооницанию наружной стены.

$$R_{n.o.} \sum_{i=1}^3 \frac{\delta_i}{\mu_i} = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3} = \frac{0,02}{0,09} + \frac{0,05}{0,03} + \frac{0,51}{0,11} = 6,53 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}.$$

3. Находим значение упругости водяного пара внутреннего воздуха по формуле

$$e_e = E_e \cdot \frac{\varphi_e}{100} = 2338 \cdot \frac{50}{100} = 1169 \text{ Па}, \tag{3}$$

где E_e – значение упругости насыщенного влагой воздуха, Па; φ_e – относительная влажность внутреннего воздуха, %.

4. Определяем координату плоскости возможной конденсации в толще кладки из силикатного кирпича приближенным аналитическим методом [5] по формуле

$$X_3 = \lambda_3 \cdot \left[\frac{(t_e - 55,9 \left(\frac{e_e - e_{n.отр.}}{t_e - t_{n.отр.}} \cdot \frac{R_o^{ysl.}}{R_{n.o.}} \cdot \frac{\lambda_3}{\mu_3} \right)^{0,1515} + 100) \cdot R_o^{ysl.}}{t_e - t_{n.отр.}} - \frac{1}{\alpha_e} - R_1 - R_2 \right], \text{ м}, \tag{4}$$

где $e_{n.отр.}$, $t_{n.отр.}$ – среднее значение упругости наружного воздуха и его температуры за период месяцев с отрицательными температурами соответственно.

$$X_3 = 0,76 \cdot \left[\frac{(20 - 55,9 \left(\frac{1169 - 310}{20 + 7,18} \cdot \frac{1,48}{6,53} \cdot \frac{0,76}{0,11} \right)^{0,1515} + 100) \cdot 1,48}{20 + 7,18} - \frac{1}{8,7} - \frac{0,02}{0,76} - \frac{0,05}{0,08} \right] = 0,208 \text{ м}.$$

Расчет показал, что плоскость возможной конденсации находится внутри слоя кладки из силикатного кирпича.

5. Определяем значение температуры в плоскости возможной конденсации для трех периодов года:

а) зимний период: ($t_n < -5$ °C)

$$\tau_3 = t_e - \frac{t_e - t_{n.1}}{R_o^{ysl.}} \left(\frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{X_3}{\lambda_3} \right) = 20 - \frac{20 + 10,03}{1,48} \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,05}{0,08} + \frac{0,208}{0,76} \right) = -1,1 \text{ °C};$$

$$E_1 = 4,688 \cdot \left(1,486 - \frac{1,1}{100} \right)^{12,3} = 559 \text{ Па};$$

б) переходный период: $(-5 \text{ }^\circ\text{C} \leq t_{\text{н}} \leq +5 \text{ }^\circ\text{C})$

$$\tau_3 = 20 - \frac{20 + 2,9}{1,48} \cdot 1,04 = 2,91 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$E_2 = 288 \cdot \left(1,098 - \frac{3,91}{100}\right)^{8,02} = 807 \text{ Па};$$

в) переходный период: $(t_{\text{н}} > +5 \text{ }^\circ\text{C})$

$$\tau_3 = 20 - \frac{20 - 14,4}{1,48} \cdot 1,04 = 16,1 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$E_3 = 288 \cdot \left(1,098 - \frac{16,1}{100}\right)^{8,02} = 1826 \text{ Па}.$$

6. Находим среднее значение упругости водяного пара в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации здания по формуле

$$E = \frac{1}{12}(E_1 \cdot Z_1 + E_2 \cdot Z_2 + E_3 \cdot Z_3), \text{ Па}, \quad (5)$$

где Z_1, Z_2, Z_3 – количество месяцев зимнего, переходного и летнего периодов года.

$$E = \frac{1}{12}(559 \cdot 3 + 807 \cdot 2 + 1826 \cdot 7) = 1339 \text{ Па}.$$

7. Определяем сопротивление паропроницанию части наружной стены, расположенной между ее наружной поверхностью и плоскостью возможной конденсации.

$$R_{\text{нн}} = \frac{\delta_3 - X_3}{\mu_3} = \frac{0,51 - 0,208}{0,11} = 2,75 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}.$$

8. Вычисляем сопротивление паропроницанию части наружной стены в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации:

$$R_{\text{нн}} = \frac{\delta_3 - X_3}{\mu_3} = \frac{0,51 - 0,208}{0,11} = 2,75 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}.$$

9. Определяем величину требуемого сопротивления паропроницанию из условия недопустимости накопления влаги в наружной стене за годовой период эксплуатации здания:

$$R_{\text{н},1}^{\text{мп}} = \frac{(e_o - E) \cdot R_{\text{нн}}}{E - e_n} = \frac{(1169 - 1339) \cdot 2,75}{1339 - 720} = -0,76 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}.$$

$$R_n > R_{\text{н},1}^{\text{мп}}; 3,78 > -0,76 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}.$$

Накопление влаги в наружной стене за годовой период эксплуатации здания маловероятно.

10. Находим значение упругости водяного пара в плоскости возможной конденсации за

период месяцев с отрицательными температурами:

$$\tau_3 = 20 - \frac{20 + 7,18}{1,48} \cdot 1,04 = 0,9 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$E_3 = 288 \cdot \left(1,098 + \frac{0,9}{100}\right)^{8,02} = 651 \text{ Па}.$$

11. Требуемое сопротивление паропроницанию из условия ограничения накопления влаги в холодный период года определяем по формуле

$$R_{\text{н}2}^{\text{мп}} = \frac{0,0024 \cdot Z_o \cdot (e_s - E_o)}{\rho_w \cdot \delta_w \cdot \Delta w + \eta}, \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}, \quad (6)$$

где Z_o – продолжительность периода влагонакопления, сут; ρ_w – плотность материала увлажняющего слоя, кг/м³; δ_w – толщина увлажняющего слоя, м; Δw – предельно допустимое приращение влажности в материале увлажняющего слоя, %; η – коэффициент, определяемый по формуле

$$\eta = \frac{0,0024 \cdot (E_o - e_{\text{н.опр.}})}{R_{\text{нн}}}, \quad (7)$$

$$\eta = \frac{0,0024 \cdot (1169 - 651) \cdot 151}{2,75} = 44,9;$$

$$R_{\text{н}2}^{\text{мп}} = \frac{0,0024 \cdot 151 \cdot (1169 - 651)}{1800 \cdot 0,208 \cdot 1,5 + 44,9} = 0,31 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг};$$

$$R_n > R_{\text{н}2}^{\text{мп}}; 3,78 > 0,31 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}.$$

Расчет показал, что влагонакопление в кладке из силикатного кирпича в холодный период года не выходит за пределы сорбционного допустимого увлажнения.

По приведенной выше методике был выполнен теплофизический расчет строительных несветопрозрачных ограждающих конструкций как для существующей части здания Самарского театра драмы, так и для вновь возводимых строений.

Выводы. 1. Представлены результаты тепловизионного обследования строительных ограждающих конструкций здания Самарского академического театра драмы, которые выявили места повышенных тепловых потерь.

2. В целях снижения тепловых потерь наружными стенами, возведенными из силикатного кирпича в 1967 г., было предложено утеплить их изнутри теплоизоляционными плитами из пеностикла толщиной 50 мм.

3. Представлена методика теплофизического расчета ограждающих конструкций, ба-

зирующаяся на использовании аналитического метода, разработанного авторами статьи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мизюряев С.А., Жигулина А.Ю., Ганечкина К.В. О потребности создания эффективного теплоизоляционного материала для жилищного строительства на основе пеностекольной композиции // Градостроительство и архитектура. 2016. № 2 (23). С. 10–13. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.02.2.

2. Мизюряев С.А., Жигулина А.Ю., Ганечкина К.В. Перспективные теплоизоляционные материалы для повышения эффективности изоляции ограждающих конструкций // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии: сб. статей. Самара: СамГТУ, 2017. С. 111–114.

3. Вытчиков Ю.С., Беяков И.Г., Беякова Е.А. Повышение энергоэффективности реконструируемых жилых зданий // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2008. № 1. С. 62–63.

4. Вытчиков Ю.С., Сапарёв М.Е., Дядин А.А. Приближенный аналитический метод расчета влажностного режима многослойных строительных ограждающих конструкций // Инженерный вестник Дона. 2020. № 3(63). http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_14_2_vytchikov_saparev_dyadin.pdf_02a57a3357.pdf

5. Корниенко С.В. Метод инженерной оценки влажностного режима ограждающих конструкций на основе потенциала влажности // Промышленное и гражданское строительство. 2008. № 2. С. 46–48.

6. Гагарин В.Г., Зубарев К.П. Применение теории потенциала влажности к моделированию нестационарного влажностного режима ограждений // Вестник МГСУ. 2019. № 4. С. 485–495.

7. Корниенко С.В. Натурные исследования температурно-влажностного режима жилого здания при верификации метода расчета влаготеплопереноса в ограждающих конструкциях // Вестник Волгогр. гос. арх.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 28 (47). С. 19–26.

8. Корниенко С.В. Экспериментальное исследование переноса влаги в материалах ограждающих конструкций зданий // Строительные материалы. 2007. № 1. С. 42–44.

9. Корниенко С.В. Экспериментальная проверка состояния системы «внутренняя среда–ограждение–наружная среда» на основе потенциала влажности // Жилищное строительство. 2007. № 2. С. 5–7.

10. Вытчиков Ю.С., Беяков И.Г., Чулков А.А., Шайхутдинова И.В. Тепловизионный контроль качества тепловой защиты зданий и сооружений, утепленных с помощью вентилируемых фасадов // Научное обозрение. 2015. № 23. С. 54–58.

REFERENCES

1. Mizyuryaev S.A., Zhigulina A.Yu., Ganekhkina K.V. About the need of creating an effective heat insulation material for housing based on foam glass composition. *Gradostroitel'stvo i Arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2016, no. 2 (23), pp.10–13. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2016.02.2

2. Mizyuryaev S.A., Zhigulina A.Yu., Ganekhkina K.V. Promising thermal insulation materials for improving the insulation efficiency of enclosing structures. *Traditsii i innovatsii v stroitel'stve i arkhitekture. Stroitel'nye tekhnologii. Sbornik statey* [Traditions and innovations in construction and architecture. Construction technologies. Collection of articles], Samara State Technical University, Samara, 2017, pp.111–114. (in Russian)

3. Vytchikov Yu.S., Belyakov I.G., Belyakova E.A. Improving energy efficiency of reconstructed residential buildings. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka* [Construction Materials, Equipment, Technologies of the XXI Century], 2008, no. 1, pp. 62–63. (in Russian)

4. Vytchikov Yu.S., Saparev M.E., Dyadin A.A. Approximate analytical method for calculating the humidity regime of multilayer building enclosing structures. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don], 2010, no. 3 (63). (in Russian)

5. Kornienko S.V. Method of engineering assessment of the humidity regime of enclosing structures based on the humidity potential. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2008, no. 2, pp. 46–48. (in Russian)

6. Gagarin V.G., Zubarev K.P. Application of the theory of humidity potential to modeling of non-stationary humidity regime of fences. *Vestnik MGSU* [Bulletin of MGSU], 2019, no. 4, pp. 485–495. (in Russian)

7. Kornienko S.V. Field studies of the temperature and humidity regime of a residential building when verifying the method of calculating moisture heat transfer in enclosing structures. *Vestnik Volgogr. gos. arkh.-stroit. un-ta. Ser.: Str-vo i arkhitekt* [Bulletin of VSACE. Ser.: Construction and Architecture], 2012, no. 28 (47), pp. 19–26. (in Russian)

8. Kornienko S.V. Experimental study of moisture transfer in materials of building enclosing structures. *Stroitel'nye materialy* [Building Materials], 2007, no 1, pp. 42–44.

9. Kornienko S.V. Experimental verification of the state of the system “internal environment-fencing-external environment” based on the humidity potential. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction], 2007, no. 2, pp. 5–7. (in Russian)

10. Vytchikov Yu.S., Belyakov I.G., Chulkov A.A., Shaykhutdinova I.V. Thermal imaging quality control of thermal protection of buildings and structures insulated with ventilated facades. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific Review], 2015, no. 23, pp.54–58. (in Russian)

Об авторах:

САПАРЁВ Михаил Евгеньевич

кандидат технических наук, доцент кафедры
теплогазоснабжения
и вентиляции

Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: msx072007@yandex.ru

ВЫТЧИКОВ Юрий Серафимович

кандидат технических наук, профессор кафедры
теплогазоснабжения
и вентиляции

Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: git.2008@mail.ru

ЧУЛКОВ Александр Анатольевич

инженер Центра энергосбережения в строительстве
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: ch_aleks01@mail.ru

ДЯДИН Андрей Анатольевич

аспирант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: 89376616820@mail.ru

SAPAREV Mikhail Ye.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the
Heat and Gas Supply and Ventilation Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: msx072007@yandex.ru

YUTCHIKOV Yuri S.

PhD in Engineering Science, Professor of the Heat and
Gas Supply and Ventilation Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: git.2008@mail.ru

ChULKOV Aleksandr A.

Engineer of the Center Energy Saving in Construction
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: ch_aleks01@mail.ru

DYaDIN Andrey A.

Postgraduate Student of the Heat and Gas Supply and
Ventilation Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: 89376616820@mail.ru

Для цитирования: Сапарёв М.Е., Вытчиков Ю.С., Чулков А.А., Дядин А.А. Повышение теплозащитных характеристик строительных ограждающих конструкций здания Самарского академического театра драмы // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 74–81. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.10.
For citation: Saparev M.Ye., Vytchikov Yu.S., Chulkov A.A., Dyadin A.A. Improving the Thermal Protection Characteristics of Building Enclosing Structures of the Samara Academic Drama Theater Building. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 74–81. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.10.