

Construction of Unique Buildings and Structures



journal homepage: www.unistroy.spb.ru



Влажностный режим ограждающей конструкции с облицовкой силикатным кирпичом

А.И. Копылова¹, А.К. Богомолова², Д.В. Немова³

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 195251,
Россия, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.

Информация о статье

УДК 692.2

Научная статья

История

Подана в редакцию 14 апреля 2015
Принята 30 июня 2015

Ключевые слова

тепловлажностный расчет,
воздушный зазор,
конденсация влаги,
паропроницаемость,
ограждающие конструкции,
конструкции из силикатного кирпича,
комбинированные стеновые
конструкции,
воздухообмен в воздушных
прослойках

АННОТАЦИЯ

В настоящее время используют такие типы конструкций, как стены с облицовкой из кирпичной кладки, теплоизоляционные навесные фасадные системы с тонким штукатурным слоем и фасадные системы с вентилируемой воздушной прослойкой, а также без нее. Ввиду большого распространения в строительстве стеновых конструкций из силикатного кирпича без вентилируемого зазора, в статье определяется возможность применения данных фасадных систем на территории двух самых крупных застраиваемых городов России – Санкт-Петербурга и Москвы, представлены результаты тепловлажностного расчета для соответствующих ограждающих конструкций. Приведены технические рекомендации по нормализации влажностного режима для данных конструкций, которые в силу особенностей их эксплуатации, характеризуются влагонакоплением. По результатам проведенного расчета делаются выводы о соответствии конструкции необходимым по энергоэффективности, санитарно-гигиеническим, комфортным нормам и о целесообразности применения полученных результатов для принятия правильных проектных решений.

Содержание

1. Введение	75
2. Литературный обзор	76
3. Цели и постановка задач	76
4. Тепловлажностный расчет	77
5. Заключение	81

1

Контактный автор:

+7 (921) 647 0854, nastya01021@mail.ru (Копылова Анастасия Игоревна, студент)

2

+7 (981) 971 2570, blum841233@yandex.ru (Богомолова Арина Константиновна, студент)

3

+7 (921) 890 0267, darya.nemova@gmail.com (Немова Дарья Викторовна, инженер, ассистент)

1. Введение

В связи с негативным влиянием факторов окружающей среды (периодические увлажнения и высушивание конструкций, воздействия агрессивных сред окружающей среды, солнечной радиации, знакопеременные температурные воздействия) в современном строительстве представлены высокие требования к теплозащите ограждающих конструкций, что приводит к снижению строительства зданий со стенами традиционного типа [1-3]. Поэтому сегодня помимо однослойных широко распространены многослойные ограждающие конструкции с использованием эффективных теплоизоляционных материалов, что позволяет контролировать температурно-влажностное состояние стенового ограждения [4-7]. К таким конструкциям относятся стены с вентилируемым воздушным зазором.

Воздушная вентилируемая прослойка влияет на теплофизические характеристики фасада, а ее применение приводит к:

- нормализации влажностного режима ограждающих конструкций;
- предотвращению перегрева конструкций солнечной радиацией;
- защите конструкций от увлажнения атмосферной влагой [8].

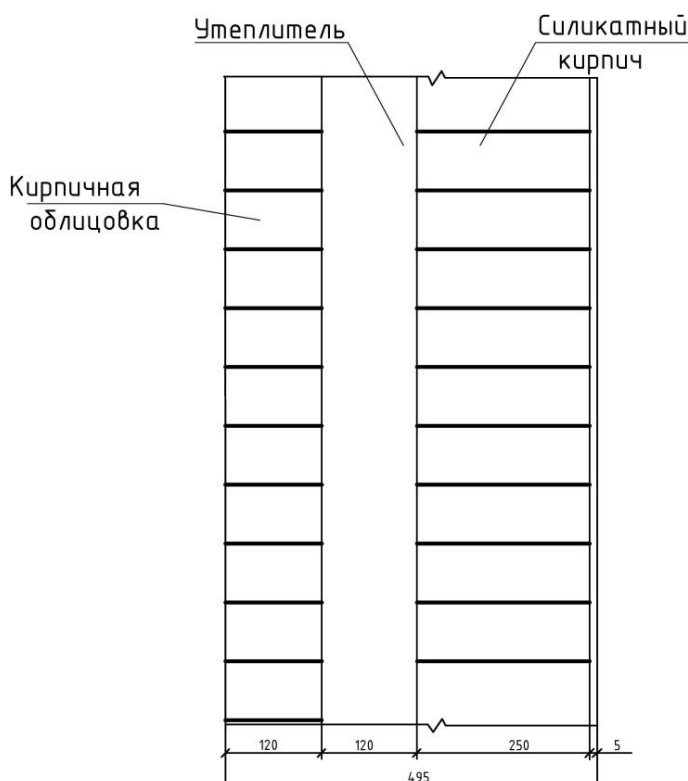


Рисунок 1. Схематическое изображение исследуемой конструкции

Объектом исследования является конструкция, представляющая собой стену из силикатного кирпича, утеплителя расчетной толщины и наружной облицовки, выполненной также из силикатного кирпича, т.е. фасадная система без воздушного вентилируемого зазора. Комбинированная стеновая конструкция находится под климатическими воздействиями с внешней стороны и под воздействием пара, возникающего в помещении и движущегося наружу [9-11].

В новых постройках расчетные и проектные данные не всегда соответствуют экономическим и теплотехническим требованиям. Ограждающие конструкции часто проектируют без учета нормативных условий. Нередко при строительстве произвольно устанавливаются параметры воздушного зазора, что приводит к появлению невентилируемой прослойки. Стремление уменьшить стоимость строительства без учета требований долговечности приводит к снижению эксплуатационных характеристик ограждающих конструкций [12, 13]. В свою очередь, долговечность стеновых конструкций является критерием их энергоэффективности [14-16]. Таким образом, существует перспектива снижения

расходов на строительство и повышения экономической эффективности за счет ликвидации вентилируемого зазора.

Методика теплотехнического расчета базируется на требованиях [17]. Тепловлажностный расчет наружных стен включает в себя:

- выбор материала теплоизоляционного слоя;
- расчет и подбор слоя утеплителя;
- определение параметров воздухообмена в прослойке.

2. Литературный обзор

Основные исследования, посвященные влажностному режиму ограждающей конструкции с облицовкой силикатным кирпичом, проводились с учетом присутствия вентилируемого зазора. Известные специалисты, получившие основные результаты по данному научному направлению, – это В.Г. Гагарин, В.А. Войтович, В.В. Козлов, Г.И. Гринфельд, С.И. Тулько, О.Н. Окладникова, И.С. Голуб, Н.Ю. Нечаева, Е.Ю. Цыкановский, П.П. Рымкевич, А.С. Горшков, М.В. Кнатько, А.Н. Машенков, Н.И. Ватин и др.

М.В. Кнатько, А.С. Горшков, П.П. Рымкевич совместно провели экспериментальную работу по определению долговечности стеновой конструкции из газобетона, облицованной силикатным кирпичом. Для получения более точных результатов испытания проводились как в лабораторных, так и в натуральных условиях. По результатам исследования облицованная кирпичом газобетонная стена под воздействием климатических факторов разрушается неравномерно. Предполагаемый срок службы исследованной стеновой конструкции без воздушной прослойки до первого капитального ремонта составляет 60 лет [2].

В публикации И.С. Голуб., Н.Ю. Нечаевой, Н.И. Ватина «Силикатный кирпич в фасадных системах с воздушным зазором» представлена разработка математической модели ограждающей конструкции, состоящей из кирпичной стены в полкирпича, утеплителя, подконструкции вентфасада из стальных профилей и облицовки вентфасадными панелями, работающими совместно [9]. За основу было взято многоэтажное жилое здание в г. Санкт-Петербург.

В статье [10] рассматривается ограждающая конструкция из газобетона с облицовкой силикатным кирпичом с воздушной прослойкой для жилого здания на территории Северо-Запада с нормальным влажностным режимом помещения. Воздушный зазор применяют для предотвращения переувлажнения газобетонного слоя. Производится расчет основных характеристик теплозащиты: сопротивление теплопередачи, сопротивление паропроницаемости, сопротивление воздухопроницаемости соответствующей конструкции, на основе которого сравнивают расчетные значения с требуемыми. В результате конструкция стенового ограждения удовлетворяет условиям строительства в Санкт-Петербурге и в районе Северо-Запада.

Работа В.Г. Гагарина, В.В. Козлова и Е.Ю. Цыкановского [1] посвящена расчету параметров теплозащиты, связанных с конструктивными характеристиками фасадов с вентилируемым воздушным зазором. Приведенный способ расчета температуры, скорости движения воздуха и других параметров в воздушном зазоре дает возможность рассмотреть эффективность конструктивного мероприятия с целью повысить эксплуатационные свойства фасада.

В методических указаниях А.Н. Машенкова, Е.В. Чебуркановой, В.А. Ершова, А.В. Щедрова [18] представлены особенности фасадных систем с воздушным зазором. Предложена методика и рассчитывается тепловлажностный режим ограждающей конструкции на примере жилого здания на территории Нижнего Новгорода. В итоге влажностный режим системы отвечает нормам строительной теплотехники при расчете по [19] для кирпичной стены.

Исследованием влажностного режима ограждающих конструкций за рубежом занимались следующие авторы: M.I. Nizovtsev, V.T. Belyib, A.N. Sterlygov [20], Jr. Thomas, G. Robert [21], T. Klintberg, F. Björk [22], J. Šadauskienė, V. Stankevičiūsa, R. Bliūdžiūsa, A. Gailius [23], T.M.I. Mahliaa, A. Iqbal [24].

В настоящее время существует большой объем публикаций, связанных с тепловлажностным расчетом ограждающих конструкций, значительная часть которых посвящена фасадным системам с вентилируемым зазором. На сегодняшний день не предложено рекомендаций проектных и методических решений по реализации таких конструкций. Поэтому это достаточно перспективное направление и многие компании хотели бы развить идею об использовании ограждающих фасадных систем без вентилируемого зазора.

3. Цели и постановка задач

Цель нашей работы – определение возможности применения исследуемой ограждающей конструкции жилого здания на территории Санкт-Петербурга и Москвы.

Основные задачи исследования формулируются следующим образом:

- произвести тепловлажностный расчет ограждающей конструкции;
- проанализировать возможность реализации данной конструкции в климатических условиях Санкт-Петербурга и Москвы.

4. Тепловлажностный расчет

В рамках данной работы приводится расчет сопротивления паропрооницанию наружной многослойной стены, состоящей из силикатного кирпича, утеплителя и кирпичной облицовки жилого здания в Москве и Санкт-Петербурге. Произведена проверка соответствия сопротивления паропрооницанию стены требованиям [19], рассчитано распределение парциального давления водяного пара по толщине стены и возможность образования конденсата в конструкции.

Наружная стена жилого дома состоит из следующих слоев, считая от внутренней поверхности: гипсовая штукатурка, силикатный кирпич, утеплитель Rockwool, кирпичная облицовка из силикатного кирпича.

Таблица 1. Теплотехнические характеристики отдельных слоев конструкции.

Номер слоя	Материал	Толщина слоя δ , м	Плотность материала ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ_B , Вт/(м·°С)	Коэффициент паропрооницаемости и μ , мг/(м·ч·Па)	Термическое сопротивление R , м ² ·°С/Вт
1	Гипсовая штукатурка	0,005	1000	0,35	0,11	0,014
2	Силикатный кирпич	0,25	1890	0,7	0,11	0,357
3	Утеплитель Rockwool	0,12	45	0,035	0,35	3,429
4	Кирпичная облицовка из силикатного кирпича	0,12	1500	0,64	0,12	0,197

Расчетная температура t_{int} [°С] и относительная влажность φ_{int} [%] внутреннего воздуха приняты в соответствии с требованиями [17, 19]: для жилых помещений $t_{int} = 20^\circ\text{C}$, $\varphi_{int} = 55\%$.

Расчетные параметры наружного воздуха (температура t_{ext} [°С] и относительная влажность φ_{ext} [%]) приняты согласно [25]:

- для климатических условий Санкт-Петербурга $t_{ext} = -7,8^\circ\text{C}$, $\varphi_{ext} = 86\%$;
- для климатических условий Москвы $t_{ext} = -10,2^\circ\text{C}$, $\varphi_{ext} = 84\%$.

Влажностный режим жилых помещений – нормальный; зона влажности для Санкт-Петербурга – влажная, для Москвы – нормальная, тогда условия эксплуатации определяются по параметру Б [17].

Расчет сопротивления паропрооницанию стеновой конструкции производится с учетом следующего требования – сопротивление паропрооницанию R_{vp} [м²·ч·Па/мг] ограждающей конструкции должно быть не менее нормируемых сопротивлений паропрооницанию:

$$R_{vp} \geq \max(R_{vp1}^{req}, R_{vp2}^{req}) \quad (1)$$

Приведем пример расчета для климатических условий Санкт-Петербурга.

Сопrotивление теплопередаче ограждающей конструкции равно:

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,35} + \frac{0,25}{0,7} + \frac{0,12}{0,035} + \frac{0,12}{0,64} + \frac{1}{23} = 4,146 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт.}$$

Нормируемое сопротивление паропроницанию:

$$R_{vp1}^{req} = \frac{(e_{int} - E) \cdot R_{vp}^e}{(E - e_{ext})}; \quad (2)$$

$$R_{vp2}^{req} = \frac{0,0024z_0(e_{int} - E_0)}{\rho_w \delta_w \Delta w_{av} + \eta}, \quad (3)$$

где e_{int} – парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха, Па, при расчетной температуре и относительной влажности этого воздуха, определяемое по формуле:

$$e_{int} = \frac{\varphi_{int}}{100} \cdot E_{int}, \quad (4)$$

где E_{int} – парциальное давление насыщенного водяного пара, Па, при температуре $t_{int} = 20 \text{ °C}$; $E_{int} = 2338$

Па. Тогда при $\varphi_{int} = 55\%$, $e_{int} = \frac{55}{100} \cdot 2338 = 1286$ Па;

E – парциальное давление водяного пара, Па, в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации, определяемое по формуле:

$$E = \frac{E_1 z_1 + E_2 z_2 + E_3 z_3}{12}, \quad (5)$$

E_1, E_2, E_3 – парциальные давления водяного пара, Па, принимаемые по температуре τ_i в плоскости возможной конденсации, определяемой при средней температуре наружного воздуха соответственно зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов;

z_1, z_2, z_3 – продолжительность, мес, соответственно зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов.

Продолжительность периодов и их средняя температура определяются по таблице 3* [25], а значение температур в плоскости возможной конденсации τ_i , соответствующие этим периодам, по формуле:

$$\tau_i = t_{int} - \frac{(t_{int} - t_i)(R_{si} + \sum R)}{R_0}, \quad (6)$$

где t_i – расчетная температура внутреннего воздуха i -го периода, °C, принимаемая равной средней температуре соответствующего периода;

R_{si} – сопротивление теплопередаче внутренней поверхности ограждения, равно:

$$R_{si} = \frac{1}{\alpha_{int}} = \frac{1}{8,7} = 0,115 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}; \quad (7)$$

$\sum R$ – термическое сопротивление слоя ограждения в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации;

R_0 – сопротивление теплопередаче ограждения, определенное ранее, равное 4,146 (м²·°C)/Вт.

$$\sum R = \frac{0,005}{0,35} + \frac{0,25}{0,7} + \frac{0,12}{0,035} = 3,8 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт.}$$

Установим для периодов их продолжительность z_i , сут, среднюю температуру t_i , °C, согласно [25] и рассчитаем соответствующую температуру в плоскости возможной конденсации τ_i , °C, для климатических условий Санкт-Петербурга:

зима (январь, февраль):

$$z_1 = 2 \text{ мес;}$$

$$t_1 = \frac{(-7,8) + (-7,8)}{2} = -7,8 \text{ °C,}$$

$$\tau_1 = 20 - \frac{(20 + 7,8)(0,115 + 3,8)}{4,146} = -6,25 \text{ °C;}$$

весна-осень (март, апрель, октябрь, ноябрь, декабрь):

$$z_2 = 5 \text{ мес;}$$

$$t_2 = \frac{(-3,9) + 3,1 + 4,9 + (-0,3) + (-5)}{5} = -0,24 \text{ °C,}$$

$$\tau_2 = 20 - \frac{(20 + 0,24)(0,115 + 3,8)}{4,146} = 0,89 \text{ °C;}$$

лето (май-сентябрь):

$$z_3 = 5 \text{ мес;}$$

$$t_3 = \frac{9,8 + 15 + 17,8 + 16 + 10,9}{5} = 13,9 \text{ °C,}$$

$$\tau_3 = 20 - \frac{(20 - 13,9)(0,115 + 3,8)}{4,146} = 14,24 \text{ °C.}$$

По температурам (τ_1 , τ_2 , τ_3) для соответствующих периодов определяем по приложению С [25] парциальные давления (E_1 , E_2 , E_3) водяного пара: $E_1=361$ Па, $E_2=652$ Па, $E_3=1588$ Па и по формуле (5) определим парциальное давление водяного пара E , Па, в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации ограждающей конструкции для соответствующих продолжительностей периодов z_1 , z_2 , z_3 .

$$E = \frac{2 \cdot 361 + 5 \cdot 625 + 5 \cdot 1588}{12} = 994 \text{ Па.}$$

Сопротивление паропрооницанию:

$$R_{vp}^r = \frac{0,12}{0,13} = 0,92 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}/\text{мг.}$$

Среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха e_{ext} , Па, за годовой период:

$$e_{ext} = \frac{330 + 320 + 390 + 570 + 800 + 1180 + 1460 + 1090 + 760 + 550 + 420 + 780}{12} = 721 \text{ Па.}$$

По формуле (2) определяем нормируемое сопротивление паропроницанию из условия недопустимости накопления влаги за годовой период эксплуатации:

$$R_{vp1}^{req} = \frac{(1286 - 994) \cdot 0,92}{(994 - 721)} = 0,98 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}/\text{мг.}$$

Для расчета нормируемого сопротивления паропроницанию R_{vp2}^{req} из условия ограничения влаги за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха берут определенную ранее продолжительность этого периода z_0 , сут, среднюю температуру этого периода t_0 , °C: $z_0=151$ сут, $t_0=-5$ °C.

Температуру τ_0 , °C, в плоскости возможной конденсации для этого периода определяем по формуле (6):

$$\tau_0 = 20 - \frac{(20 + 5)(0,115 + 3,8)}{4,146} = -3,6 \text{ °C.}$$

Парциальное давление водяного пара E_0 , Па, в плоскости возможной конденсации при $\tau_0 = -3,6$ °C равно $E_0 = 452$ Па.

Согласно [17] в многослойной ограждающей конструкции увлажняемым слоем является утеплитель. Предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в этом материале равно $\Delta w_{\alpha v} = 3\%$.

Средняя упругость водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными средними месячными температурами, равна:

$$e_0^{ext} = \frac{330 + 320 + 390 + 420 + 780}{5} = 448 \text{ Па.}$$

Коэффициент η равен:

$$\eta = \frac{0,0024(452 - 448) \cdot 151}{0,92} = 1,58.$$

Найдем сопротивление паропроницанию стены:

$$R_{vp} = \frac{0,005}{0,11} + \frac{0,25}{0,11} + \frac{0,12}{0,35} + \frac{0,12}{0,13} = 3,58 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}/\text{мг.}$$

Определим R_{vp2}^{req} по формуле (3):

$$R_{vp2}^{req} = \frac{0,0024 \cdot 151(1286 - 452)}{45 \cdot 0,12 \cdot 3 + 1,58} = 17 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}/\text{мг.}$$

При сравнении полученного значения R_{vp} с нормируемым устанавливаем, что $R_{vp2}^{req} > R_{vp} > R_{vp1}^{req}$. Следовательно, ограждающая конструкция не удовлетворяет требованиям [17] в отношении сопротивления паропрооницанию.

Для климатических условий Москвы получены следующие результаты: $R_{vp} = 3,58$ ($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$)/мг, $R_{vp1}^{req} = 0,97$ ($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$)/мг, $R_{vp2}^{req} = 10,88$ ($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$)/мг. Сравнивая полученное значение R_{vp} с нормируемым устанавливаем, что $R_{vp2}^{req} > R_{vp} > R_{vp1}^{req}$. Следовательно, ограждающая конструкция не удовлетворяет требованиям [17] в отношении сопротивления паропрооницанию.

5. Заключение

На основании полученных результатов можно сформулировать следующие выводы.

1. Рассмотренная в настоящей работе ограждающая конструкция в климатических условиях Санкт-Петербурга и Москвы не удовлетворяет требованиям [17] в отношении сопротивления паропрооницанию: сопротивление паропрооницанию R_{vp} больше нормируемого сопротивления паропрооницанию R_{vp1}^{req} , но меньше R_{vp2}^{req} .
2. Требуется модернизация рассмотренной стеновой конструкции для создания условий эффективного удаления влаги. Возможными решениями данной проблемы являются:
 - предусмотрение воздушного вентилируемого зазора между слоями кладки конструкции;
 - установление ветрогидрозащитной паропроницаемой мембраны для предотвращения образования конденсата в толще стены [26-28];
 - размещение вентилируемых отверстий по высоте ограждающей конструкции с определенным расчетным интервалом.

Литература

- [1]. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Цыкановский Е.Ю. Расчет теплозащиты фасадов с вентилируемым воздушным зазором // АВОК. 2004. № 2. С. 20-28.
- [2]. Горшков А.С., Кнатько М.В., Рымкевич П.П. Лабораторные и натурные исследования долговечности (эксплуатационного срока службы) стеновой конструкции из автоклавного газобетона с лицевым слоем из силикатного кирпича // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 8. С. 20-26.
- [3]. Costa V.A.F. Transient natural convection in enclosures filled with humid air, including wall evaporation and condensation. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2012. Vol. 55. Issue 21–22. Pp. 5479–5494.
- [4]. Влажностное состояние современных конструкций из автоклавного газобетона в условиях эксплуатации / Гринфельд Г.И., Морозов С.А., Согомоян И.А., Зырянов П.С. // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 2. С. 33-38.
- [5]. Ватин Н.И., Глумов А.В., Горшков А.С. Влияние физико-технических и геометрических характеристик штукатурных покрытий на влажностный режим однородных стен из газобетонных блоков // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 1. С. 28-33.
- [6]. Гринфельд Г.И., Куптараева П.Д. Кладка из автоклавного газобетона с наружным утеплением. Особенности влажностного режима в начальный период эксплуатации // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 8. С. 41-50.
- [7]. Yeon Beom Yoon, Dong Soo Kim, Kwang Ho Lee. Detailed heat balance analysis of the thermal load variations depending on the blind location and glazing type. *Energy and Buildings*. 2014. Vol. 75. Pp. 84–95.
- [8]. Машенков А.Н. Исследование воздушного режима навесных вентилируемых фасадов на экспериментальном стенде U-кон // Лучшие фасады и кровли. 2009. № 1(21). С. 10-13.
- [9]. Ватин Н.И., Голуб И.С., Нечаева Н.Ю. Силикатный кирпич в фасадных системах с воздушным зазором // СтройПРОФИль. 2008. № 5(67). С. 47-49.
- [10]. Сопrotивление теплопередаче ограждающих конструкций из газобетона с облицовкой из силикатного кирпича / Ватин Н.И., Гринфельд Г.И., Окладникова О.Н., Тулько С.И. // СтройПРОФИль. 2007. № 5(59). С. 29-32.
- [11]. Ватин Н.И., Гринфельд Г.И. Теплопередача и паропроницаемость ограждающих конструкций из газобетона с облицовкой из силикатного кирпича // СтройПРОФИль. 2007. № 6. С. 46-48.
- [12]. Гагарин В.Г. Теплофизические проблемы современных стеновых ограждающих конструкций многоэтажных зданий // Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 297-305.
- [13]. Региональная концепция обеспечения энергоэффективности жилых и общественных зданий / Аверьянов В.К., Байкова С.А., Горшков А.С., Гришкевич А.В., Кочнев А.П., Леонтьев Д.Н., Мележик А.А., Михайлов А.Г., Рымкевич П.П., Тютюнников А.И. // Жилищное строительство. 2012. № 3. С. 2-4.
- [14]. A modified method of calculating the heating load for residential buildings / Foudaa A., Melikyanc Z., Mohamedd M.A., Elattare H.F. // *Energy and Buildings*. 2014. Vol. 75. Pp. 170–175.
- [15]. Application of hygrothermal modeling tool to assess moisture response of exterior walls / Mukhopadhyaya P., Kumaran, K., Tariku, F., Van Reenen, D. // *Journal of Architectural Engineering*. 2006. Vol. 12. Issue 4. Pp. 178-186.
- [16]. Ватин Н.И., Горшков А.С., Немова Д.В. Энергоэффективность ограждающих конструкций при капитальном ремонте // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 3 (8). С. 1-11.
- [17]. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.
- [18]. Машенков А.Н., Чебурканова Е.В., Ершов В.А., Щедров А.В. Тепловлажностный расчет фасадных систем с воздушным зазором. Методические указания по курсу "Строительная теплофизика". Н. Новгород: ННГАСУ. 2005.
- [19]. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
- [20]. Nizovtsev M.I., Belyib, V.T., Sterlygov A.N. The facade system with ventilated channels for thermal insulation of newly constructed and renovated buildings. *Energy and Buildings*. 2014. Vol. 75. Pp. 60–69.
- [21]. Thomas Jr., Robert G. Water vapor behavior in exterior insulation and finish systems. ASTM Special Technical Publication. 1992. Issue 1107. Pp. 53-63.
- [22]. Klintberg T., Björk F. Air Gap Method: Measurements of airflow inside air gaps of walls. *Structural Survey*. 2008. Vol. 26. Issue 4. Pp. 343-363.

- [23]. The impact of the exterior painted thin-layer render's water vapour and liquid water permeability on the moisture state of the wall insulating system / Šadauskienė J., Stankevičius V., Bliūdžiūsa R., Gailius A. // *Construction and Building Materials*. 2009. Vol. 23. Issue 8. Pp. 2788–2794.
- [24]. Mahliaa T.M.I., Iqbal A. Cost benefits analysis and emission reductions of optimum thickness and air gaps for selected insulation materials for building walls in Maldives. *Energy*. 2010. Vol. 35. Issue 5. Pp. 2242–2250.
- [25]. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99.
- [26]. Левин Е.В., Окунев А.Ю. Мембранные системы регулировки влажности воздуха // *Academia. Архитектура и строительство*. 2010. № 3. С. 505-511.
- [27]. Окунев А.Ю. Перспективы применения мембранных технологий при эксплуатации зданий // *Academia. Архитектура и строительство*. 2009. № 5. С. 476-479.
- [28]. Membrane contactor air conditioning system: Experience and prospects / Usachov V.V., Teplyakov, Okunev A.Yu., Lagunstov N.I. // *Separation and Purification Technology*. 2007. Vol. 57. Issue 3. Pp. 502-506.

Humidity conditions of a external envelops with facing by a silicate brick

A.I. Kopylova¹, A.K. Bogomolova², D.V. Nemova³

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Polytechnicheskaya st., St.Petersburg, 195251, Russia.

ARTICLE INFO

Original research article

Article history

Received 14 April 2015
Accepted 30 June 2015

Keywords

thermomoist calculation,
air gap,
moisture consideration,
moisture vapor transmission,
enclosing structures,
structures with silicate brick veneer,
combined wall constructions,
ventilation in the air gap

ABSTRACT

The main function of walling system is to protect from environmental impact and to create favorable climate indoors. At the present time people use such type of structures, such as: wall with silicate brick veneer, curtain wall system with a thin plaster layer and wall system with air gap as well as without it. In view of the wide spread structures with silicate brick veneer without air gap in construction, the possibility of application of these wall systems in the two largest built up cities of Russia - St. Petersburg and Moscow are determined in the article, results of heatmoist calculation for the corresponding enclosing structures are presented. Technical guidelines for normalization of humidity conditions for data structures are provided in article. The main purpose is to calculate and to develop design consideration for realization enclosing structures with silicate brick veneer without air gap. The results of the calculation show conformity of the walling system to the required energy efficiency, hygiene and comfort standards.

¹ Corresponding author:

+7 (921) 647 0854, nastya01021@mail.ru (Kopylova Anastasiya Igorevna, Student)

² +7 (981) 971 2570, blum841233@yandex.ru (Bogomolova Arina Konstantinovna, Student)

³ +7 (921) 890 0267, darya.nemova@gmail.com (Nemova Darya Viktorovna, Engineer Assistant)

References

- [1]. Gagarin V.G., Kozlov V.V., Tsykanovskiy Ye.Yu. *Raschet teplozashchity fasadov s ventiliruyemym vozdushnym zazorom* [Calculation of thermal protection facades with ventilated air gap]. AVOK. 2004. No 2. Pp. 20-28. (rus)
- [2]. Gorshkov A.S., Knatko M.V., Rymkevich P.P. *Laboratornyye i naturnyye issledovaniya dolgovechnosti (ekspluatatsionnogo sroka sluzhby) stenovoy konstruksii iz avtoklavnogo gazobetona s litsevyim sloym iz silikatnogo kirpicha* [Laboratory and field studies of longevity (operational lifetime) of the wall structure of autoclaved aerated concrete with a facing layer of silica brick]. Magazine of Civil Engineering. 2009. No 8. Pp. 20-26. (rus)
- [3]. Costa V.A.F. Transient natural convection in enclosures filled with humid air, including wall evaporation and condensation. International Journal of Heat and Mass Transfer. 2012. Vol. 55. Is. 21–22. Pp. 5479–5494.
- [4]. Humidity state of structures of autoclaved aerated concrete in conditions of operation / Grinfeld G.I., Morozov S.A., Sogomonyan I.A., Zyryanov P.S. Magazine of Civil Engineering. 2011. № 2. Pp. 33-38. (rus)
- [5]. Vatin N.I., Glumov A.V., Gorshkov A.S. *Vliyaniye fiziko-tekhnicheskikh i geometricheskikh kharakteristik shtukaturnykh pokrytiy na vlazhnostnyy rezhim odnorodnykh sten iz gazobetonnykh blokov.* [The influence of physico-technical and geometric characteristics of plaster on humidity regime of homogeneous walls from gas-concrete blocks]. Magazine of Civil Engineering. 2011. No 1. Pp. 28-33. (rus)
- [6]. Grinfeld G.I., Kuptarayeva P.D. *Kladka iz avtoklavnogo gazobetona s naruzhnym utepleniyem. Osobennosti vlazhnostnogo rezhima v nachalnyy period ekspluatatsii.* [Clutch of autoclaved aerated concrete with external insulation. Features of humidity conditions in the initial period of operation] Magazine of Civil Engineering. 2011. No 8. Pp. 41-50. (rus)
- [7]. Yeo Beom Yoon, Dong Soo Kim, Kwang Ho Lee. Detailed heat balance analysis of the thermal load variations depending on the blind location and glazing type. Energy and Buildings. 2014. Vol. 75. Pp. 84–95.
- [8]. Mashenkov A.N. *Issledovaniye vozdushnogo rezhima navesnykh ventiliruyemykh fasadov na eksperimentalnom stende U-kon* [Research of an air mode of hinged ventilated facades at the experimental stand U-kon]. Luchshiye fasady i krovli. 2009. No 1(21). Pp. 10-13. (rus)
- [9]. Vatin N.I., Golub I.S., Nechayeva N.Yu. *Silikatnyy kirpich v fasadnykh sistemakh s vozdushnym zazorom* [Silicate brick in facade systems with air gap]. Stroyprofile. 2008. No 5(67). Pp. 47-49. (rus)
- [10]. Heat resistance of enclosing structures is made of aerated concrete with facing of a silicate brick / Vatin N.I., Grinfeld G.I., Okladnikova O.N., Tulko S.I. (2007) Stroyprofile. No 5(59). Pp. 29-32. (rus)
- [11]. Vatin N.I., Grinfeld G.I. *Teploperedacha i paropronitsayemost ograzhdayushchikh konstruksiy iz gazobetona s oblitsovkoj iz silikatnogo kirpicha* [Heat transfer and vapour permeability of enclosing structures are made of aerated concrete with facing of a silicate brick]. Stroyprofile. 2007. No 6. Pp. 46-48. (rus)
- [12]. Gagarin V.G. *Teplofizicheskiye problemy sovremennykh stenovykh ograzhdayushchikh konstruksiy mnogoetazhnykh zdaniy* [Thermophysical problems of modern wall enclosing structures of multi-storey buildings]. Academia. Arkhitektura i stroitelstvo. 2009. No 5. Pp. 297-305. (rus)
- [13]. Regional concept for energy efficiency of residential and public buildings / Averyanov V.K., Baykova S.A., Gorshkov A.S., Grishkevich A.V., Kochnev A.P., Leontyev D.N., Melezhik A.A., Mikhaylov A.G., Rymkevich P.P., Tyutyunnikov A.I. Zhilishchnoye stroitelstvo. 2012. No 3. Pp. 2-4. (rus)
- [14]. A modified method of calculating the heating load for residential buildings / Foudaa A., Melikyanc Z., Mohamedd M.A., Elattare H.F. // Energy and Buildings. 2014 Vol. 75. Pp. 170–175.
- [15]. Application of hygrothermal modeling tool to assess moisture response of exterior walls / Mukhopadhyaya P., Kumaran, K., Tariku, F., Van Reenen D. // Journal of Architectural Engineering. 2006. Vol. 12. Issue 4. Pp. 178-186.
- [16]. Vatin N.I., Gorshkov A.S., Nemova D.V. *Energoeffektivnost ograzhdayushchikh konstruksiy pri kapitalnom remonte* [Energy efficiency walling during overhaul]. Construction of Unique Buildings and Structures. 2013. No 3 (8). Pp. 1-11. (rus)
- [17]. SP 50.13330.2012. *Teplovaya zashchita zdaniy. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 23-02-2003* [SP 50.13330.2012. Thermal performance of the building. The updated edition of SNiP 23-02-2003] (rus)
- [18]. Mashenkov A.N., Cheburkanova Ye.V., Yershov V.A., Shchedrov A.V. *Teplovlazhnostnyy raschet fasadnykh sistem s vozdushnym zazorom. Metodicheskiye ukazaniya po kursu "Stroitel'naya teplofizika"* [Heat and humidity calculation of facade systems with an air gap. Methodical instructions at the rate "Building thermal physics"]. N. Novgorod: NNGASU. 2005.

- [19]. GOST 30494-2011. *Zdaniya zhilye i obshchestvennyye. Parametry mikroklimata v pomeshcheniyakh* [State Standard Specification 30494-2011. Residential and public buildings. Microclimate parameters for indoor enclosures]. (rus)
- [20]. Nizovtsev M.I., Belyib, V.T., Sterlygov A.N. The facade system with ventilated channels for thermal insulation of newly constructed and renovated buildings. *Energy and Buildings*. 2014. Vol. 75. Pp. 60–69.
- [21]. Thomas Jr., Robert G. Water vapor behavior in exterior insulation and finish systems. ASTM Special Technical Publication. 1992. Issue 1107. Pp. 53-63.
- [22]. Klintberg T., Björk F. Air Gap Method: Measurements of airflow inside air gaps of walls. *Structural Survey*. 2008. Vol. 26. Is. 4. Pp. 343-363.
- [23]. The impact of the exterior painted thin-layer render's water vapour and liquid water permeability on the moisture state of the wall insulating system / Šadauskienė J., Stankevičius V., Bliūdžiūsa R., Gailius A. // *Construction and Building Materials*. 2009. Vol. 23. Issue 8. Pp. 2788–2794.
- [24]. Mahlia T.M.I., Iqbal A. Cost benefits analysis and emission reductions of optimum thickness and air gaps for selected insulation materials for building walls in Maldives. *Energy*. 2010. Vol. 35. Issue 5. Pp. 2242–2250.
- [25]. SP 131.13330.2012. *Stroitel'naya klimatologiya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 23-01-99*. [SP 131.13330.2012. Building climatology. The updated edition of SNiP 23-01-99] (rus)
- [26]. Levin Ye.V., Okunev A.Yu. Membrannyye sistemy regulirovki vlazhnosti vozdukhа [The membrane systems of the control of humidity of air]. *Academia. Arkhitektura i stroitelstvo*. 2010. No 3. Pp. 505-511.
- [27]. Okunev A.Yu. Perspektivy primeneniya membrannykh tekhnologiy pri ekspluatatsii zdaniy [Prospects of application of membrane technologies in the operation of buildings]. *Academia. Arkhitektura i stroitelstvo*. 2009. No 5. Pp. 476-479.
- [28]. Membrane contactor air conditioning system: Experience and prospects / Usachov V.V., Teplyakov, Okunev A.Yu., Laguntsov N.I. // *Separation and Purification Technology*. 2007. Vol. 57. Issue 3. Pp. 502-506.

Копылова А.И., Богомолова А.К., Немова Д.В. Влажностный режим ограждающей конструкции с облицовкой силикатным кирпичом // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. №6(33). С. 74-86.

Kopylova A.I., Bogomolova A.K., Nemova D.V. Humidity conditions of a external envelops with facing by a silicate brick. Construction of Unique Buildings and Structures, 2015, 6(33), Pp. 74-86. (rus)