

Российская Академия Архитектуры и Строительных Наук
(РААСН)
Научно - исследовательский институт строительной физики
(НИИСФ)

«УТВЕРЖДАЮ»
Директор НИИСФ
академик РААСН
Г.Л. Осипов
«14» 07 2006 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По научно-технической работе на тему:
«Провести расчет влажностного режима стены с навесным штукатурным
фасадом производства фирмы «ТексКолор».

по договору № 12370 от 04.07.2006г. с ООО «ТексКолор».

Зав. лабораторией теплофизических
характеристик и долговечности
строительных материалов и изделий,
доктор технических наук, профессор

Гагарин

В.Г. Гагарин

Ответственный исполнитель,
старший научный сотрудник,
кандидат технических наук

Козлов

В.В. Козлов

Москва - 2006 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Введение.	3
2.	Расчетные характеристики климата и микроклимата.	4
3.	Описание исследуемой ограждающей конструкции.	5
4.	Расчет нестационарного влажностного режима исследуемой конструкции.	8
	Заключение	11
	Список литературы.	12
	Приложение 1.	13
	Графики влажностного режима, полученные в результате расчетов	
	Приложение 2.	16
	Методика расчета нестационарного влажностного режима	

1. Введение.

Теплофизические характеристики стены здания являются важным фактором, определяющим как ее эксплуатационные характеристики и долговечность, так и комфортность помещений. Использование в конструкциях эффективных утеплителей, приводит к ухудшению влажностного режима ограждающей конструкции, вследствие их высокой паропроницаемости и низкой теплопроводности. Возникающий в холодный период года градиент водяного пара вызывает в слое утеплителя потоки влаги в несколько раз превышающие потоки характерные для однослойных конструкций. Такая конструкция накладывает повышенные требования к характеристикам наружной облицовки, в первую очередь к сопротивлению паропроницанию. Для навесных штукатурных фасадов наружной облицовкой является штукатурка по сетке. В случае если слой наружной штукатурки будет иметь сопротивление паропроницанию больше некоторой критической величины (зависящей от конкретной конструкции) поток пара, проходящего через утеплитель, не сможет полностью покинуть конструкцию и будет накапливаться в слое наружной штукатурки. Так как наружная штукатурка выполняется слоем несколько миллиметров, ее емкость не велика, и с нарушением баланса приходящей и уходящей влаги влажность будет резко повышаться. При повышении влажности материала ухудшается ряд его характеристик. Для наружной штукатурки, находящейся под воздействием погодных условий, основными характеристиками, ухудшающимися с повышением влажности, будут: замораживание-оттаивание с образованием микро трещин и разрушением материала и изменение геометрических размеров при увлажнении или замораживании, могущее привесит к дополнительным напряжениям в слое штукатурки. Ухудшение перечисленных характеристик приводит к снижению долговечности фасадной конструкции в целом. На данный момент не проведено достаточно исследований по влия-

нию влажности на характеристики наружной штукатурки конкретных составов, поэтому количественные оценки этого явления не доступны. О качестве и долговечности фасадной конструкции пока что можно судить только по влажности штукатурного слоя, которая определяется расчетом на стадии проектирования.

В данной работе проведено исследование влажностного режима навесного штукатурного фасада для здания, строящегося по адресу: Москва, Куркино, ул. Воротынского, вл. 13,15.

2. Расчетные характеристики климата и микроклимата помещений здания.

При теплотехнических расчетах климатические параметры района строительства принимаются по СНиП 23-01-99 [1] для г. Москвы. Эти параметры имеют следующие значения:

- средняя температура наиболее холодной пятидневки $t_n = -28$ °С;
- средняя температура отопительного периода $t_{om} = -3,1$ °С;
- продолжительность отопительного периода $z_{om} = 214$ сут.

Основными расчетными параметрами микроклимата помещения являются температура и относительная влажность внутреннего воздуха. В помещениях исследуемого здания по проекту принимается $t_e = 20$ °С, $\varphi_e = 55\%$.

3. Описание исследуемой ограждающей конструкции.

На исследуемом здании использованы два вида навесных штукатурных фасадов различающиеся утеплителем:

- 1) штукатурный фасад с использованием ПСБ-С;
- 2) штукатурный фасад с использованием МВП;

Ниже приведено описание каждого вида конструкций.

Устройство и состав ограждающих конструкций приняты в соответствии с предоставленными Заказчиком материалами.

Характеристики материалов приняты по СП 23-101-2004 прил. Д [4]. Характеристики наружной штукатурки и декоративного слоя приняты по результатам испытаний НИИСФ.

Штукатурный фасад с использованием ПСБ-С.

Состав стены изнутри наружу:

- штукатурка цементно-песчаная толщиной $\delta_{шт} = 20$ мм, коэффициент теплопроводности материала для расчетных условий Б: $\lambda_{шт} = 0,93$ Вт/(м⁰С), коэффициент паропроницаемости $\mu_{шт} = 0,09$ мг/(м ч Па);
- кладка из ячеистого бетона толщиной $\delta_{яб} = 300$ мм, коэффициент теплопроводности материала для расчетных условий Б: $\lambda_{яб} = 0,26$ Вт/(м⁰С), коэффициент паропроницаемости $\mu_{яб} = 0,17$ мг/(м ч Па);
- ПСБ-С М25Ф производства ЗАО «Мосстрой-31», толщиной $\delta_{ПСБ} = 250$ мм, коэффициент теплопроводности материала для расчетных условий Б: $\lambda_{ПСБ} = 0,04$ Вт/(м⁰С), коэффициент паропроницаемости $\mu_{ПСБ} = 0,028$ мг/(м ч Па), согласно протокола испытаний НИИСФ №350 от 28.07.2005 г.;

- минераловатные плиты FAS4 производства фирмы PAROC, толщиной $\delta_{МВП}=50$ мм, коэффициент теплопроводности материала для расчетных условий Б: $\lambda_{МВП}=0,044$ Вт/(м⁰С), коэффициент паропроницаемости $\mu_{МВП}=0,3$ мг/(м ч Па);
- клеевой состав Тех-Color 1000 R WDVS-Spezialkleber производства фирмы «Биттекс-М», толщиной до $\delta_{кл}=5$ мм, сопротивление паропроницанию слоя материала $R''_{кл}=0,09$ м²·ч·Па/мг, согласно протокола испытаний НИИСФ №128 от 26.02.2004 г.;
- декоративный слой – минеральная штукатурка с водоотталкивающими свойствами производства фирмы HUFGARD Optolith Bauprodukte Sp.z.o.o. толщиной до $\delta_{дек}=1,5$ мм, сопротивление паропроницанию слоя материала $R''_{дек}=0,39$ м²·ч·Па/мг, согласно протокола испытаний НИИСФ №411-3 от 12.09.2005 г.;

Описанная конструкция устанавливается по глади стены.

Между слоями ячеистого бетона и ПСБ-С, а также между ПСБ-С и минераловатными плитами прокладываются клеевые слои, также влияющие на паропроницаемость и влажностный режим конструкции, но, так как эти слои не сплошные, они не учитываются в расчетах. Так как описанные слои создают некоторое дополнительное сопротивление движению пара и расположены до наружной границы стены, их учет привел бы к небольшому улучшению результатов расчетов, а отсутствие учета дает некоторый запас получаемым результатам.

Штукатурный фасад с использованием МВП.

Состав стены изнутри наружу:

- штукатурка цементно-песчаная толщиной $\delta_{шт} = 20$ мм, коэффициент теплопроводности материала для расчетных условий Б: $\lambda_{шт} = 0,93$ Вт/(м⁰С), коэффициент паропроницаемости $\mu_{шт} = 0,09$ мг/(м ч Па);
- кладка из ячеистого бетона толщиной $\delta_{яб} = 300$ мм, коэффициент теплопроводности материала для расчетных условий Б: $\lambda_{яб} = 0,26$ Вт/(м⁰С), коэффициент паропроницаемости $\mu_{яб} = 0,17$ мг/(м ч Па);
- пароизоляция – мастика Гипердесмо толщиной $\delta_m = 1,5$ мм, сопротивление паропроницанию слоя материала $R_m^n = 2$ м²·ч·Па/мг;
- минераловатные плиты FAS4 производства фирмы PAROC, толщиной $\delta_{МВП} = 300$ мм, коэффициент теплопроводности материала для расчетных условий Б: $\lambda_{МВП} = 0,044$ Вт/(м⁰С), коэффициент паропроницаемости $\mu_{МВП} = 0,3$ мг/(м ч Па);
- клеевой состав Тех-Color 1000 R WDVS-Spezialkleber производства фирмы «Биттекс-М», толщиной до $\delta_{кл} = 5$ мм, сопротивление паропроницанию слоя материала $R_{кл}^n = 0,09$ м²·ч·Па/мг, согласно протокола испытаний НИИСФ №128 от 26.02.2004 г.;
- декоративный слой – минеральная штукатурка с водоотталкивающими свойствами производства фирмы HUFGARD Optolith Bauprodukte Sp.z.o.o. толщиной до $\delta_{дек} = 1,5$ мм, сопротивление паропроницанию слоя материала $R_{дек}^n = 0,39$ м²·ч·Па/мг, согласно протокола испытаний НИИСФ №411-3 от 12.09.2005 г.;

Описанная конструкция устанавливается по периметру окон и является противопожарной отсечкой.

Между слоями ячеистого бетона и МВП, а также между минераловатными плитами прокладываются клеевые слои, также влияющие на паропроницаемость и влажностный режим конструкции, но, так как эти слои не сплошные, они не учитываются в расчетах. Так как описанные слои

создают некоторое дополнительное сопротивление движению пара и расположены до наружной границы стены, их учет привел бы к небольшому улучшению результатов расчетов, а отсутствие учета дает некоторый запас получаемым результатам.

4. Расчет нестационарного влажностного режима исследуемой конструкции.

В исследуемом случае основными факторами, влияющими на количество и распределение влаги в конструкции будут: сопротивление паропроницанию наружного штукатурного слоя, сопротивление паропроницанию основания стены (кладки из блоков ячеистого бетона), влагоемкость основания стены, влагоемкость наружного штукатурного слоя, сопротивление паропроницанию слоя утеплителя. В зимний период года наибольшему увлажнению будет подвергаться наружная штукатурка. Поэтому влажность наружной штукатурки выбрана в качестве критерия удовлетворительности влажностного режима конструкции.

Из-за большого слоя утеплителя основание стены имеет высокую практически неизменную температуру. В летний период оно сорбирует в себя влагу из окружающего воздуха и других частей стены, а в зимний период отдает ее внутрь стены. Кладка из ячеистого бетона обладает большой влагоемкостью и паропроницаемостью, поэтому в зимний период влажность штукатурки определяют сразу два процесса: проникновение пара из помещения в конструкцию и перераспределение пара из основания стены в слой штукатурки. Для учета описанных эффектов требуются развитые методики расчета влажностного режима (например, метод изложенный в СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита здания» учитывает только перенос пара из помещения и не учитывает возможность накопления и пере-

распределения пара в конструкции, сказанное относится и к методу Glaser'a).

Для адекватного исследования влажностного режима конструкции применен метод последовательного увлажнения основанный на численном решении уравнения влагопереноса, учитывающего перенос, как пара, так и жидкой влаги, а также инерционность конструкции (подробнее см. Приложение 2).

В качестве критерия допустимого увлажнения штукатурного слоя выбрана влажность равная сумме расчетной влажности для условий эксплуатации w_B и предельно допустимого приращения расчетного массового отношения влаги в материале Δw_{cp} согласно [3]. Для штукатурки $w_B=4\%$, $\Delta w_{cp}=6\%$. Таким образом, критической далее считается влажность штукатурки 10 % по массе.

На исследуемой конструкции слой утеплителя состоит из двух слоев. Утеплитель приклеивается к ячеистому бетону, причем клеевой слой не сплошной. Слои утеплителя склеиваются между собой, клеевой слой также не сплошной. При расчете влажностного режима эти клеевые слои не учитываются. Так как клеевые слои не сплошные, они оказывают слабое сопротивление паропроницанию (водяной пар огибает возникающие препятствия по более проницаемым материалам). Оказываемое небольшое влияние клеевых слоев на влажностный режим конструкции будет снижать влажность наружного штукатурного слоя, поэтому отказ от учета этих слоев дает результатам исследования дополнительную надежность.

Нестационарный влажностный режим первого варианта конструкции рассчитывается по методике [6] и приведенной в прил. 2. Внутреннее сопротивление влагообмену принято равным $0,02 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$. Наружное сопротивление влагоотдаче с учетом облицовочного слоя принято равным $0,48 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$.

Графики типичного распределения влажности по толщине ограждающей конструкции приведены на рис. 1, 2.

Квазистационарный влажностный режим конструкции устанавливается через 5 лет после начала эксплуатации здания. Максимальная влажность достигается слоем штукатурки в январе и составляет 1,97% влажности по массе, максимальная влажность утеплителя составляет 1,4% влажности по массе (относительная влажность воздуха 99,2%). Максимальная влажность меньше максимальной сорбционной. Влагонакопление в годовом периоде эксплуатации отсутствует. Все слои стены кроме наружной штукатурки имеют среднюю влажность значительно меньше расчетной влажности для условий эксплуатации Б. Полученная влажность штукатурного слоя меньше критической влажности 10% по массе. **Влажностный режим конструкции удовлетворительный.**

Нестационарный влажностный режим второго варианта конструкции рассчитывается по методике [6] и приведенной в прил. 2. Внутреннее сопротивление влагообмену принято равным $0,02 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$. Наружное сопротивление влагоотдаче с учетом облицовочного слоя принято равным $0,48 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$. Сопротивление паропрооницанию слоя пароизоляции между ячеистым бетоном и МВП составляет $2 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$.

Графики типичного распределения влажности по толщине ограждающей конструкции приведены на рис. 3, 4.

Квазистационарный влажностный режим конструкции устанавливается через 4 года после начала эксплуатации здания. Максимальная влажность достигается слоем штукатурки в феврале и составляет 6,14% влажности по массе, максимальная влажность утеплителя составляет 1,73% влажности по массе (относительная влажность воздуха 100%). Максимальная влажность больше максимальной сорбционной. Влагонакопление в годовом периоде эксплуатации отсутствует. Все слои стены кроме наружной

штукатурки имеют среднюю влажность значительно меньше расчетной влажности для условий эксплуатации Б. Полученная влажность штукатурного слоя меньше критической влажности 10% по массе. **Влажностный режим конструкции удовлетворительный.**

5. Заключение.

1. Проведен анализ влажностного режима двух типов навесных штукатурных фасадов:

- штукатурный фасад с использованием ПСБ-С;
- штукатурный фасад с использованием МВП;

В качестве критической выбрана влажность наружной штукатурки 10 % по массе.

2. Квазистационарный влажностный режим фасадной конструкции первого типа устанавливается через 5 лет после начала эксплуатации здания. Максимальная влажность достигается слоем наружной штукатурки в январе и составляет 1,97 влажности по массе, максимальная влажность утеплителя составляет 1,4% влажности по массе (относительная влажность воздуха 99,2%). Полученная влажность штукатурного слоя меньше 10 % по массе. **Влажностный режим конструкции удовлетворительный.**

3. Квазистационарный влажностный режим фасадной конструкции второго типа устанавливается через 4 года после начала эксплуатации здания. Максимальная влажность достигается слоем штукатурки в феврале и составляет 6,14% влажности по массе, максимальная влажность утеплителя составляет 1,73% влажности по массе (относительная влажность воздуха 100%). Полученная влажность штука-

турного слоя меньше 10 % по массе. **Влажностный режим конструкции удовлетворительный.**

4. По результатам расчетов в конструкции первого типа дополнительная пароизоляция не требуется, в конструкции второго типа пароизоляции в виде слоя мастики Гипердесмо толщиной 1,5 мм между ячеистым бетоном и МВП достаточно.
5. Расчеты проведены для однородного участка конструкции и предполагают отсутствие щелей трещин и плотное прилегание материалов друг к другу.

Список литературы.

- [1] СНиП 23-01-99 "Строительная климатология" М. 2000.
- [2] МГСН 2.01-99 "Энергосбережение в зданиях". М., Москомархитектура, 1999.
- [3] Строительные нормы и правила. СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника». – М., ГУП ЦПП, 1998.
- [4] СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий». М., 2004.
- [5] СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита здания». М., 2004.
- [6] Руководство по расчету влажностного режима ограждающих конструкций зданий. - М. «Стройиздат», 1984.

Приложение 1.

Графики влажностного режима, полученные в результате расчетов



Рис. 1. Распределение влажности материала по толщине стены в месяц наибольшего увлажнения. Стена без дополнительной пароизоляции.



Рис. 2. Распределение влажности материала по толщине стены в месяц наименьшего увлажнения. Стена без дополнительной пароизоляции.

На графиках синяя линия с ромбовидными точками – расчетная влажность материала по массе в %, малиновая пунктирная линия – средние значения влажности для каждого материала, сплошная красная линия максимальная сорбционная влажность материалов.

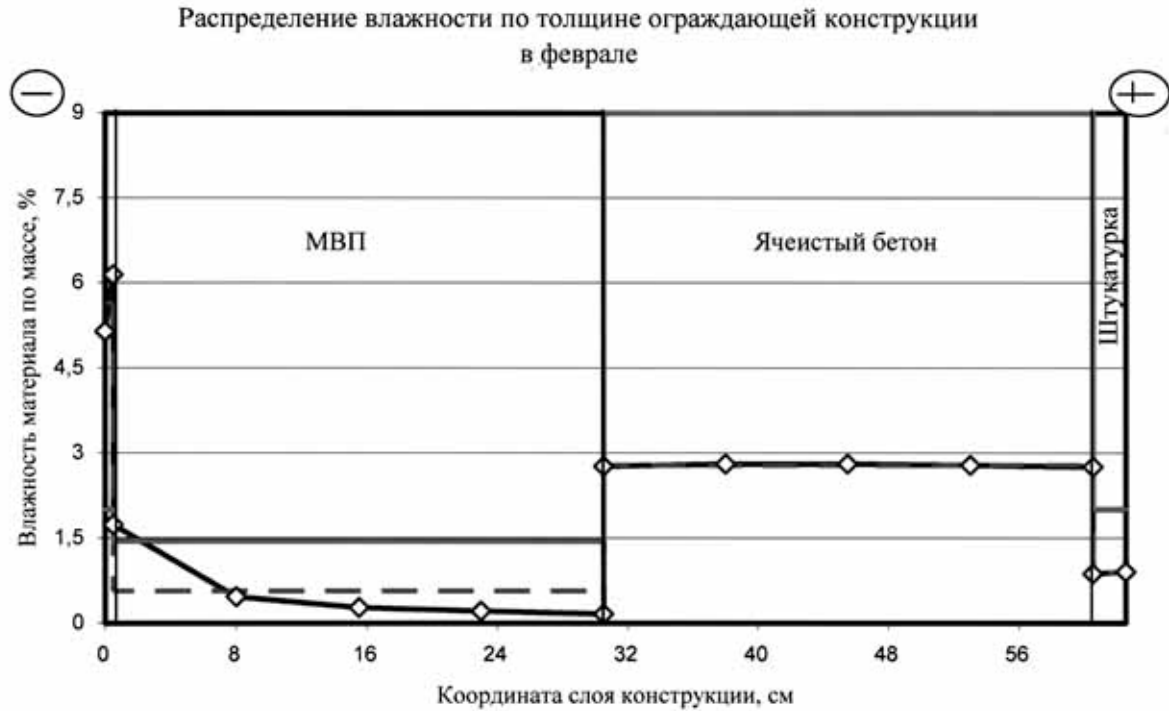


Рис. 3. Распределение влажности материала по толщине стены в месяц наибольшего увлажнения. Пароизоляция установлена изнутри.



Рис. 4. Распределение влажности материала по толщине стены в месяц наименьшего увлажнения. Пароизоляция установлена изнутри.

На графиках синяя линия с ромбовидными точками — расчетная влажность материала по массе в %, малиновая пунктирная линия — средние значения влажности для каждого материала, сплошная красная линия максимальная сорбционная влажность материалов.

Приложение 2.

Методика расчета нестационарного влажностного режима.

Математическая модель нестационарного влагопереноса.

Расчет нестационарного влажностного режима проводится в соответствии с методикой, разработанной в НИИСФ [6]. Эта методика достаточно полно отражает многочисленные факторы, влияющие на влажностный режим конструкций, и опирается на следующую модель влагопереноса в ограждающей конструкции.

Уравнение одномерного перемещения влаги в материале конструкции имеет вид:

$$\gamma \frac{\partial w}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\beta \frac{\partial w}{\partial x} + \mu \frac{\partial (\varphi p_s)}{\partial x} \right) \quad (\text{П2.1})$$

здесь p_s - давление насыщенного водяного пара, зависящее от температуры, Па;

x - пространственная координата, м;

β - коэффициент влагопроводности кг/(м ч);

γ - плотность материала, кг/м³;

φ - относительная влажность воздуха в порах материала, доли единицы;

τ - время, ч;

μ - коэффициент паропроницаемости, кг/(м ч Па);

w - влажность материала, кг/кг или %.

Поток влаги через конструкцию всюду непрерывен. При влажности ниже максимальной сорбционной величина φ связана с влажностью материала w при помощи изотермы равновесного влагосодержания, т.е. изотермы сорбции или десорбции водяного пара материалом. На стыке двух различных материалов их влажности соответствуют равновесным, в част-

ности в зоне сорбционного увлажнения - по изотермам сорбции, при сверхсорбционном увлажнении они являются пропорциональными средне-суточным скоростям капиллярного всасывания.

На поверхностях конструкции влагообмен с окружающим воздухом описывается уравнениями граничных условий 3-го вида, т.е. поток влаги из внутреннего воздуха в конструкцию равен:

$$G_i = \frac{1}{R_{vi}} (p_{si} \varphi_i - p_{sis} \varphi_i) \quad (\text{П2.2})$$

а поток влаги из конструкции в наружный воздух равен:

$$G_e = \frac{1}{R_{ve}} (p_{ses} \varphi_i - p_{se} \varphi_e) \quad (\text{П2.3})$$

где индексы обозначают:

- s - насыщение;
- e - наружный;
- i - внутренний;
- si - внутренняя поверхность;
- se - наружная поверхность.

Так как процессы влагопереноса более инерционны, чем теплопереноса, температурное поле в конструкции предполагается стационарным в любой момент времени. Однако, температура и относительная влажность наружного воздуха принимаются переменными в течение года. Причем полагается, что эти величины изменяются одинаково каждый год.

Эта модель была положена в основу при создании численного метода расчета влажностного режима, который реализован в виде программы на ПЭВМ. Метод позволяет проводить расчет нестационарного одномерного влагопереноса в многослойной ограждающей конструкции.

Уравнение (П2.1) решается в конечных разностях по явной схеме. При этом для проведения расчета необходимы данные, которые можно разделить на четыре группы:

1. Данные об условиях эксплуатации конструкции. К ним относятся значения температуры и относительной влажности воздуха, как с наружной, так и с внутренней стороны конструкции. Эти величины принимаются переменными в течение года.

2. Данные о характеристиках материалов, из которых изготовлена конструкция. Эти данные следующие:

- плотность материала в сухом состоянии,
- изотерма сорбции или десорбции водяного пара (т.е. влажность материала равновесная с воздухом различной влажности при увлажнении или сушке материала),
- паропроницаемость в зависимости от влажности материала,
- теплопроводность в зависимости от влажности материала,
- теплопроводность в зависимости от влажности материала,
- среднесуточная скорость капиллярного всасывания.

3. Данные о конструкции. К ним относятся толщина и порядок расположения однородных слоев в конструкции, места расположения пароизоляционных слоев и величина их сопротивления паропроницаемости, значения коэффициентов тепло- и влагообмена на наружной и внутренней поверхностях конструкции, начальная влажность материалов конструкции.

4. Данные об условиях проведения расчета. К ним относятся: месяц, начиная с которого следует проводить расчет, число лет, для которых следует проводить расчет, и периодичность (чаще всего один месяц), с которой следует фиксировать результаты расчета.

Результатами расчета являются распределения влажности по толщине конструкции в любой момент времени ее эксплуатации. Другими словами, в результате расчета определяется эксплуатационная влажность материалов конструкции.

Данные для проведения расчета нестационарного влажностного режима исследуемых конструкций.

Среднемесячные значения температуры и относительной влажности наружного воздуха взяты в соответствии со СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология и геофизика» для г. Москвы, табл. 2.

Таблица 1.

Среднемесячные значения температуры и упругости водяного пара наружного воздуха для климатических условий г. Москвы.

Месяц	$t, ^\circ\text{C}$	$\varphi, \%$	Месяц	$t, ^\circ\text{C}$	$\varphi, \%$
январь	-10,2	87	июль	18,1	69
февраль	-9,6	85	август	16,2	73
март	-4,7	81	сентябрь	10,6	79
апрель	4,0	75	октябрь	4,2	83
май	11,6	69	ноябрь	-2,2	86
июнь	15,8	63	декабрь	-7,6	89

При проведении расчетов в соответствии с СП 23-101-2000 прил. Е и «Руководством по расчету влажностного режима ограждающих конструкций зданий» использованы следующие характеристики материалов наружных стен:

Минераловатные плиты плотностью 145 кг/м^3 .

- плотность 145 кг/м^3 ;
- коэффициент паропроницаемости $0,3 \text{ мг/(м ч Па)}$;
- коэффициент теплопроводности $0,038 \text{ Вт/(м } ^\circ\text{C)}$ в сухом состоянии, $0,043 \text{ Вт/(м } ^\circ\text{C)}$ при влажности 2% по массе, $0,046 \text{ Вт/(м } ^\circ\text{C)}$ при влажности 5% по массе;
- коэффициент влагопроводности 0 г/(м ч \%) при влажности менее 1,45% по массе,

- 0,00001 $z/(m \text{ ч } \%)$ при влажности 2% по массе,
 0,0004 $z/(m \text{ ч } \%)$ при влажности 50% по массе;
 - среднесуточная скорость капиллярного всасывания 0,000027 $cm/мин.$

Кладка из блоков ячеистого бетона.

- плотность 600 kg/m^3 ;
 - коэффициент паропроницаемости 0,17 $mg/(m \text{ ч } Pa)$;
 - коэффициент теплопроводности 0,14 $Вт/(m \text{ } ^\circ C)$ в сухом состоянии,
 0,22 $Вт/(m \text{ } ^\circ C)$ при влажности 8% по массе,
 0,26 $Вт/(m \text{ } ^\circ C)$ при влажности 12% по массе;
 - коэффициент влагопроводности
 0 $z/(m \text{ ч } \%)$ при влажности менее 9% по массе,
 0,068 $z/(m \text{ ч } \%)$ при влажности 10% по массе,
 0,13 $z/(m \text{ ч } \%)$ при влажности 30% по массе;
 - среднесуточная скорость капиллярного всасывания 0,0035 $cm/мин.$

Для промежуточных значений влажности принимается, что изменение численных значений коэффициентов происходит по линейному закону.

Изотермы сорбции водяного пара материалов стеновой конструкции приведены в табл.2.

Таблица 2

Изотермы сорбции материалов ограждающей конструкции.

Материал	Влажность материала, % при относительной влажности воздуха, %									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Минеральная вата М100	0,07	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,6	0,8	1,45
Ячеистый бетон	1	1,5	1,8	2	2,3	2,85	3,6	4,75	6,2	9
Штукатурка	0,25	0,45	0,55	0,65	0,75	0,9	1,05	1,35	1,6	2

Кроме перечисленных данных в расчете задаются внутреннее сопротивление влагообмену, которое зависит от внутреннего отделочного слоя, и наружное сопротивление влагообмену, которое зависит от устройства облицовочного слоя.

В качестве начальной принята влажность материалов конструкции, соответствующая их сорбционному увлажнению при относительной влажности воздуха равной 99%.

Расчеты проведены на первые двадцать лет эксплуатации здания.

Результаты расчета нестационарного влажностного режима исследуемой стены.

В результате расчетов получено распределение весовой влажности материалов по толщине ограждающей конструкции в различные моменты времени. Основными параметрами, характеризующими конструкцию, являются:

- время установления квазистационарного режима – время, за которое конструкция переходит от начального распределения влажности (чаще всего избыточного увлажнения в результате строительных работ) к распределению влажности вызванному условиями эксплуатации и регулярно повторяющемуся из года в год;
- месяц наибольшего увлажнения;
- слой наибольшего увлажнения;
- максимальная влажность, достигаемая материалом в процесс эксплуатации (период начального увлажнения не учитывается);
- средняя влажность слоя утеплителя в месяц наибольшего увлажнения.