

Коньков Вячеслав Викторович, канд. техн. наук, доцент, заместитель генерального директора, РУП «Институт БелНИИС», г. Минск (Беларусь)

Урецкая Евгения Авнеровна, канд. хим. наук, доцент, заведующая отделом, РУП «Институт БелНИИС», г. Минск (Беларусь)

Плотникова Елена Михайловна, ведущий инженер, РУП «Институт БелНИИС», г. Минск (Беларусь)

Vyacheslav Konkov, PhD in Engineering Science, deputy director general, Institute BelNIIS RUE, Minsk (Belarus);

Yevgeniya Uretskaya, PhD in Chemical Science, head of the scientific and research department, Institute BelNIIS RUE, Minsk (Belarus);

Elena Plotnikova, principal engineer, Institute BelNIIS RUE, Minsk (Belarus)

ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ОБРАЗОВАНИЯ ВЛАГИ В СОВРЕМЕННЫХ ЗДАНИЯХ И СПОСОБЫ РЕШЕНИЯ ЭТОЙ ПРОБЛЕМЫ

MAIN SOURCES OF MOISTURE IN MODERN BUILDINGS AND METHODS OF SOLVING THIS PROBLEM

АННОТАЦИЯ

Статья обобщает основные аспекты опасности влаги в современных зданиях и намечает возможные пути решения этой проблемы.

В Республике Беларусь большинство жилых зданий проектируется и эксплуатируется с естественным воздухообменом. При этом в летних условиях влажность наружного воздуха и внутреннего воздуха помещений практически одинакова. Зимой наружный воздух значительно суше внутреннего, и если не организовывать проветривание помещений, то влажность в них значительно повышается. Недаром после установки окон, отвечающих современным повышенным требованиям к воздухопроницаемости, приходится устанавливать и специальные

конструкции – клапаны – для возможности фильтрации наружного воздуха в помещениях.

В статье справедливо указано на повышенную влажность строительных материалов как на основную причину снижения долговечности и ухудшения эксплуатационных свойств строительных конструкций зданий.

В настоящей работе выявлены основные источники увлажнения конструкций, рассмотрены некоторые процессы влагопереноса в зданиях. В статье приведены результаты исследований влагорегулирующих штукатурок на гипсовой основе. Интересным способом регулирования влаги в жилых помещениях является применение пористых заполнителей, которые обладают способностью быстро собирать, а затем медленно отдавать влагу.

В результате проведенных исследований разработаны штукатурные составы на гипсовой основе с влагорегулирующей способностью, позволяющие снизить риск конденсации водяного пара на стенах.

ABSTRACT

The article generalises the main aspects of the moisture hazard in modern buildings and outlines possible ways to solve this problem.

Most residential buildings in the Republic of Belarus are designed and exploited with natural air exchange. Provided that, the moisture of both outdoor and indoor air is actually equal under summer conditions. In winter, the air outdoors is considerably drier than indoors and the air moisture in the rooms increases considerably unless the air change is arranged. Not without reason, the special devices, i. e. valves allowing filtering the outdoor air coming into rooms have to be installed after installation of the windows meeting the today's strict requirements for airtightness.

The article justly points out the increased moisture of construction materials to be the main cause of worsening of the durability and deterioration of service properties of the building constructions.

This article reveals the main sources of the constructions moistening and considers some of the moisture transfer processes in buildings. The article presents the results of investigations of the gypsum-based

moisture-regulating plasters. The use of porous fillers capable to collect the moisture quickly and then return it slowly represents an interesting method of moisture regulation in living premises.

The performed investigation has resulted in the development of gypsum-based plaster compositions with moisture-regulating capability, allowing to reduce the risk of water steam condensation on the walls.

Ключевые слова: гипсовая штукатурка, влагорегулирующая штукатурка, сорбция влаги, десорбция влаги, пористый заполнитель.

Keywords: gypsum plaster, moisture-regulating plaster, moisture sorption, moisture desorption, porous filler.

ВВЕДЕНИЕ

Один из самых сильных разрушающих факторов, действующих на конструкцию, – это наличие влаги. Высокая влажность конструкций оказывает губительное воздействие на долговечность и декоративные свойства данных сооружений. Кроме того, меняется и климат в помещении, что приводит к изменению качества жизни человека и его самочувствия.

Сохранить подходящий микроклимат внутри помещения – это одна из наиболее важных задач. Для комфортного микроклимата уровень влажности в помещении должен быть не более 60%.

При этом высокая влажность как наружного, так и внутреннего воздуха является одной из причин повреждения и разрушения зданий.

В результате повышенной влажности могут возникнуть следующие проблемы:

- коррозия металлических изделий (воздуховодов, каркаса здания, арматуры в железобетонных конструкциях);
- химические повреждения используемых материалов;
- изменение цвета, появление пятен и подтеков;
- усадка, разбухание, появление трещин и деформация материалов конструкций;
- появление грибков и образование плесени.

При этом грибковым повреждениям придается особое значение, так как эти явления могут сказываться не только на состоянии конструкций и внешнем облике зданий, но и на здоровье людей.

В реальных условиях необходимо принимать в расчет и потенциальную возможность увлажнения, чтобы свести к минимуму нежелательные последствия.

Таким образом, для минимизации риска возникновения вышеуказанных проблем необходим обдуманный выбор строительных материалов и их сочетаний в конструкциях, а также учет и контроль источников выделений влаги в зданиях, что позволит, в конечном итоге, снизить эксплуатационные расходы.

Влагорегулирующие штукатурки на гипсовой основе, безусловно, завоюют свою популярность благодаря дешевизне материала и простоте в использовании. Гипсовые штукатурки в своем составе не имеют вредных примесей и они достаточно экологичны.

Следует отметить, что поверхность вышеуказанных влагорегулирующих штукатурок отлично аккумулирует тепло, они высоко паропроницаемы, штукатурный слой на основе гипса способен впитывать в себя влагу и при необходимости отдавать ее обратно, что обеспечивает здоровый микроклимат в помещениях.

ИСТОЧНИКИ ВЫДЕЛЕНИЙ ВЛАГИ В ЗДАНИЯХ

Существует четыре основных источника влаги в зданиях:

- влага от проникновения атмосферных осадков и утечек трубопроводов;
- водяной пар из наружного и внутреннего воздуха;
- вода и водяной пар из грунта, прилегающего к зданию;
- влага, содержащаяся в материалах строительных конструкций.

Внутри зданий существует довольно много источников выделения влаги. Тем не менее, основной причиной появления влаги в помещениях является выделение ее людьми, животными и растениями при физиологических процессах, в процессе приготовления пищи, влажной уборки, стирки и сушки, разморозке

холодильников и т. д. [1]. Кроме того, штукатурка, краска, покрытие пола и другие компоненты вносят свою долю как источники влаговыделений. При этом поступление водяного пара от разных источников сильно различается. Так, например, выделение влаги строительными материалами в зависимости от конструкции здания составляет от 3 до 8 л/сут., а при мытье полов и посуды – от 0,2 до 0,5 л/сут. [2].

В случае когда осуществляется баланс между увлажнением и высыханием, влага не накапливается с течением времени, и проблемы не возникают. Поэтому при оценке риска повреждений конструкций, обусловленных влагой, необходимо всегда определять величину и длительность увлажнения, накопления влаги и высыхания.

Следует отметить, что повышение влажности ограждающих конструкций, в свою очередь, приводит к увеличению теплопотерь, снижению температуры в помещении и, следовательно, к ухудшению условий проживания.

Большинство методов контроля влажности ориентированы на то, чтобы снизить поступление влаги путем герметизации ограждающих конструкций, защиты от проникновения дождевой воды и ее поглощения материалами конструкций. Тем не менее, предотвратить возникновение проблем, вызванных влагой, возможно только теоретически. Практически невозможно устранить все источники выделений влаги и все движущие силы влагопереноса, как невозможно построить и влагонепроницаемое здание.

В связи с вышесказанным все больше внимания уделяется влагоаккумулирующей способности отделочных материалов и возможности их высыхания.

ГИПСОВЫЕ ШТУКАТУРКИ С ВЛАГОРЕГУЛИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ

Все виды влагопереноса, которые могут привести к появлению проблем, обусловленных влагой, могут также помочь при высыхании строительных материалов. Следовательно, попытки заблокировать механизмы влагопереноса – это не всегда лучшее

решение для борьбы с сыростью. Рекомендуется разумное сочетание действий по сокращению источников увлажнения, контролю и регулированию влагопереноса, а также стимулированию процессов высыхания.

Современные строительные нормы и правила предусматривают, что жилые здания должны быть герметичными для сохранения тепловой энергии. При этом влага, образуемая при приготовлении пищи или использовании душа, может приводить к сильному повышению влажности воздуха в помещении, что может вызвать появление грибка или плесени.

В настоящее время научные работники немецкого института Фраунхофера (Fraunhofer Institute for Silicate Research ISC) нашли способ регулирования влаги в жилых помещениях путем включения пористого стекла в штукатурные смеси, используемые для отделки помещений. Это простое и недорогое дополнение оказалось весьма эффективным в поддержании оптимального влажностного режима в энергоэффективных домах, отличающихся высокой степенью герметичности. В результате проведенных исследований показано, что штукатурная смесь с добавлением стеклянных частиц может поглотить значительно больше влаги, чем, например, такие материалы, как цеолит или древесноволокнистые плиты, а затем выпустить её снова. Например, в комнате с объемом 30 м² стены и потолок занимают примерно 40 м², которые могут быть покрыты штукатуркой, регулирующей влажность. Для того, чтобы уменьшить влажность в таком помещении с 72 % до 47 %, должно быть поглощено около 180 мл воды. При этом разработанная авторами штукатурка со стеклянными чешуйками может фактически поглотить более 500 мл воды.

Одним из способов регулирования влаги в жилых помещениях является использование для отделки стен штукатурных составов с влагорегулирующими свойствами. Следует отметить, что применение данных штукатурок снижает риск конденсации водяного пара на стенах.

В работе [1] установлено, что влагорегулирующая штукатурка на цементной основе сорбирует избыток влаги из воздуха, а затем выпускает обратно в помещение через несколько

часов. В результате влажность воздуха в помещении остается относительно стабильной, что оказывает огромное влияние на здоровье жильцов и потребление энергии в доме. Известно, что чем суше воздух, тем меньше тепла необходимо на обогрев помещения.

Отличительной особенностью влагорегулирующих штукатурок является уменьшенная плотность по сравнению с «обычными» штукатурками, практическое отсутствие усадки, высокая паропроницаемость и прочность сцепления с основанием.

Для разработки влагорегулирующих штукатурок на гипсовой основе применялись следующие компоненты: гипсовое вяжущее марки Г-4 (полугидрат сульфата кальция β -модификации), замедлитель схватывания гипсового вяжущего (лимонная кислота), известь гидратная, комплексные модифицирующие добавки (водоудерживающие и воздухоовлекающие добавки, целлюлозные волокна), тонкодисперсный наполнитель (карбонат кальция), заполнители (песок кварцевый с размером зерна от 0,08 до 0,315 мм, песок для строительных работ с размером зерна от 0,63 до 1,25 мм), пористые заполнители (вспученный вермикулит, вспученный перлит, поровер, вспененный полистирол).

Следует отметить, что по своим технико-экономическим показателям гипсовые вяжущие относятся к эффективным строительным материалам, что обусловлено огромными запасами природного сырья, относительно низким расходом топлива при их получении, короткими сроками схватывания и твердения.

Опыт производства и применения гипсовых смесей показывает, что основные свойства гипсовых растворов зависят от вида гипсового вяжущего, использованного в составах сухих смесей. Следует отметить, что гипсовые составы, в отличие от цементных растворов, содержат небольшое количество тонкодисперсных наполнителей, заполнителей и пористых заполнителей. Количество гипсового вяжущего в смесях находится в пределах 55–70% по массе, и свойства использованного вяжущего определяют качество сухой гипсовой смеси.

Основные характеристики гипсового вяжущего марки Г-4 представлены в таблице 1.

Основные характеристики гипсового вяжущего

Наименование показателей	Значение показателей
Степень помола (остаток на сите 02), %	12,4
Нормальная густота, %	58,0
Насыпная плотность, кг/м ³	900
Влажность, %	0,7
Сроки схватывания, мин	
начало	4,4
конец	8,1
Предел прочности, МПа,	
при изгибе	2,1
на сжатие	4,2

Отличительной особенностью гипсовых растворов по сравнению с цементными растворами аналогичного назначения является пониженный расход материала, что позволяет из одинаковой массы смеси на гипсовой основе обработать в 2–2,5 раза большую площадь. Кроме того, применение гипсовых смесей для отделки обеспечивает снижение трудозатрат более, чем в 2 раза по сравнению с цементными растворами. Гипсовые штукатурные смеси высыхают гораздо быстрее цементных, сокращая, таким образом, продолжительность работ. Таким образом, применение гипсовой штукатурки позволяет существенно повысить производительность труда.

Использование гипсовых материалов для внутренней отделки обеспечивает благоприятный климат внутри помещений за счет способности данных материалов легко поглощать влагу при избыточной влажности, а при недостатке влаги, наоборот, отдавать накопившуюся влагу.

Штукатурка на гипсовой основе обладает пониженной плотностью, что дает возможность уменьшить нагрузку на перекрытия.

Известно, что гипсовые вяжущие очень быстро схватываются, в связи с этим целью увеличения жизнеспособности является правильный выбор специальных добавок–замедлителей схватывания. Действие замедлителей твердения гипсовых вяжущих основано на создании рН-среды, замедляющей растворимость

полугидрата сульфата кальция. К наиболее известным добавкам, замедляющим сроки схватывания, относятся различные клеи животного происхождения в порошкообразном виде, модифицированные лигносульфонаты, винная и лимонная кислоты и их соли. В настоящей работе в качестве замедлителя схватывания применяли лимонную кислоту в количестве не более 0,1 %, при введении которой жизнеспособность гипсового вяжущего составляла более 60 минут.

Одним из основных способов регулирования влаги в жилых помещениях является применение пористых заполнителей, так как весьма важным их свойством является способность быстро поглощать большое количество влаги, а затем медленно отдавать ее. В результате данные составы с использованием различных пористых заполнителей являются весьма эффективными в поддержании оптимального влажностного режима во внутренних помещениях. Кроме того, наличие в составах штукатурок пористых заполнителей снижает теплопотери, позволяет лучше удерживать тепло в помещении, снижает нагрузку на стены и фундамент дома.

Пористые заполнители, используемые в данной работе, отличаются размером и формой зерен, зерновым составом, содержанием мелких частиц и пористостью.

Характеристика пористых заполнителей, используемых в настоящей работе, представлена в таблице 2.

Таблица 2

Характеристика пористых заполнителей

Заполнитель		Плотность кг/м ³	Теплопроводность, Вт/м К	Размер гранул, мм
Открытая пористость	Вспученный перлит	100–150	0,05–0,08	0,1–0,3
	Вспученный вермикулит	100–150	0,05–0,08	0,5–1,0
Закрытая пористость	Поровер	150–200	0,06–0,09	0,2–0,5
	Вспененный полистирол	20–30	0,05–0,06	1–2

Весьма важной характеристикой структуры влагорегулирующего гипсового раствора является пористость. Поровое пространство затвердевшего гипсового раствора состоит из пор, образованных в результате процесса кристаллизации, испарения свободной воды и вовлечения воздуха. Количество поглощенной затвердевшим гипсовым вяжущим свободной воды зависит от объема порового пространства. При этом из-за макропористой структуры свободная вода не только хорошо поглощается, но и при благоприятных условиях также хорошо удаляется.

Пористость гипсового раствора можно определить по формуле:

$$П = (В - \omega_{\text{х.св.}} \cdot Г) \cdot 100 / 1000,$$

где В – расход воды, кг/м³;

Г – расход гипса, кг/м³;

$\omega_{\text{х.св.}}$ – содержание химически связанной воды, % от массы гипса.

Таким образом, пористость гипсового раствора равняется:

$$П = (550 - 0,18 \times 1000) \cdot 100 / 1000 = 37\%.$$

Исходя из полученных результатов, пористость штукатурного состава на гипсовом вяжущем, содержащим 10% вспученного перлита, будет равняться 60%; 15% вспученного перлита – 73%; 10% вспученного вермикулита – 45%; 15% вспученного вермикулита – 52%; содержащего 5% вспененного полистирола – 45%; 10% вспененного полистирола – 52%; 20% поровера – 59%.

Кроме того, для поризации штукатурных гипсовых растворов путем вовлечения воздуха и образования воздушных пор непосредственно в растворе применялся порообразователь «Berolan LPW 1» в количестве от 0,01 до 0,04% от массы сухой смеси.

При содержании порообразователя в количестве 0,015%, воздухововлечение гипсового раствора увеличивается от 8 до 25%. Следует отметить, что наибольшим воздухововлечением обладает влагорегулирующая гипсовая штукатурка, в которой в качестве пористого заполнителя используется вспученный вермикулит.

Так как пористость может быть определена достаточно точно, можно эффективно регулировать влажность в помещении.

Возможность изменения пористости адаптирует материал для использования в различных температурных режимах и помещениях различного назначения.

При нанесении гипсовой растворной смеси на кирпич, ячеистый бетон, газобетон и другие основания, быстро впитывающие воду, строительный раствор становится жестким и малопригодным для дальнейшей работы. Такая потеря удобоукладываемости затрудняет работу и значительно уменьшает прочность раствора.

Для предотвращения эффекта «высыхания» гипсового раствора в состав штукатурок вводили метилцеллюлозу «Mecellose FMC22501», которая относится к группе водоудерживающих добавок, Водоудерживающая способность растворных смесей – это их способность в контакте с пористым основанием сохранять в своем составе воду, необходимую для обеспечения пластичности смеси и протекания реакций твердения гипсового вяжущего. Необходимый высокий уровень водоудержания без применения добавок, только за счет вяжущих веществ, заполнителей и наполнителей, невозможен [3].

Следует отметить, что при введении метилцеллюлозы в количестве 0,2–0,3% водоудерживающая способность штукатурного гипсового раствора достигает величины 98,9%.

В состав штукатурных гипсовых смесей для снижения трещинообразования и усадочных деформаций вводили целлюлозные волокна «Arbocel PWC500» в количестве 2,0–2,5% от массы сухой смеси.

Таким образом, модифицирующие добавки в составах гипсовых влагорегулирующих штукатурок осуществляют регулирование процесса схватывания и твердения растворной смеси, улучшают водоудержание, способствуют вовлечению воздуха и образованию воздушных пор, создавая особую поровую структуру, увеличивают подвижность, пластичность и снижают риск трещинообразования.

В качестве тонкодисперсного наполнителя в настоящей работе применяли карбонат кальция. Важной особенностью карбонатных пород является то, что, вступая в активное физико-химическое взаимодействие с гипсом, данные наполнители участвуют в формировании структуры. Тонкодисперсные

карбонатные наполнители, имея значительную удельную поверхность в системе с низкой степенью наполнения (от 5 до 10%), выполняют роль пластификатора, не изменяя при этом водопотребность вяжущего. При более высокой степени наполнения (от 10 до 30%) водопотребность повышается незначительно, а прочностные показатели наполненного карбонатным наполнителем вяжущего выше, чем у контрольного состава ориентировочно на 20%. Это можно объяснить тем, что тонкодисперсные карбонатные частицы заполняют пустоты между зернами гипса и совместно с ним участвуют в формировании микроструктуры матричной основы. Преимущества структуры гипсового вяжущего с тонкодисперсными наполнителями состоит в том, что в нем локализуются внутренние дефекты – микротрещины, уменьшается их количество и размеры, снижается концентрация напряжений [4].

Наиболее важным, с практической точки зрения, является эффект паропроницаемости.

Стены – это слоистые конструкции, в которых помимо основного стенового материала присутствуют утеплители, декоративные и отделочные покрытия, которые либо уменьшают, либо сохраняют паропроницаемость основных строительных материалов. И очень многое зависит от характеристик паропроницаемости различных слоев стены.

Следует учитывать, что на величину паропроницаемости значительное влияние оказывает влажность материалов. Диффузионные процессы практически прекращаются при достижении материалом определенного порога влагонасыщенности. Относительная влажность воздуха в жилых помещениях в зависимости от времени года составляет ориентировочно 50%, во влажных помещениях, например, в душевых, кухнях – около 97%.

Для правильной организации движения водяных паров существует правило, по которому сопротивление паропроницаемости расположенных с холодной стороны слоев должно быть меньше, чем расположенных с теплой стороны. Иначе образовавшаяся в стене влага сможет двигаться только вовнутрь стены, что и приводит как к опасности образования плесени, так и к повреждениям внутренней отделки, например, к отслоению окрасочного состава или обоев.

Сущность метода определения паропроницаемости заключается в создании стационарного потока паров воды через исследуемый образец и определении величины этого потока.

Коэффициент паропроницаемости влагорегулирующих штукатурок на основе гипса при содержании пористых заполнителей от 10 до 20% варьируется от 0,075 до 0,085 мг/м ч Па.

Таким образом, вышеуказанные штукатурные растворы обладают достаточно высокой паропроницаемостью, что также будет способствовать поддержанию баланса влажности в помещении и исключению появления в помещении плесени и грибков.

Следует отметить, что в абсолютно сухом материале поры и капилляры заполнены воздухом. В случае когда строительный материал находится в воздухе, содержащем водяной пар, определенное содержание воздушного пара проникает в поры материала и конденсируется на их стенках до тех пор, пока не установится равновесная влажность, которая зависит от парциального давления пара в окружающем воздухе.

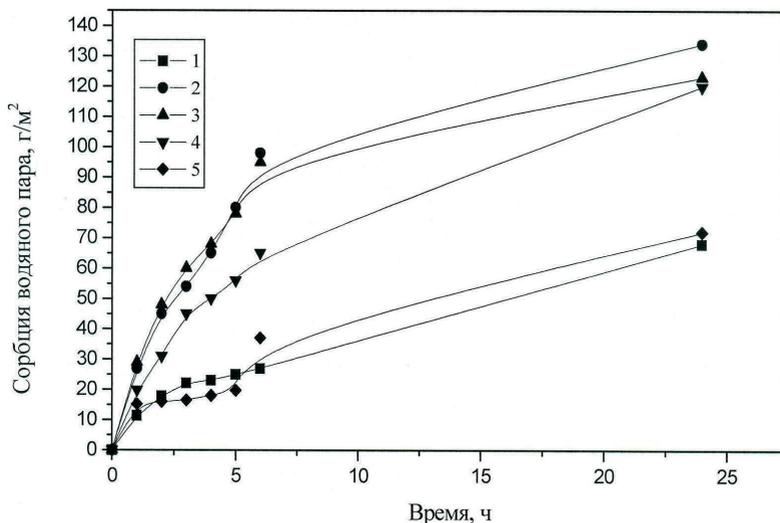


Рисунок 1. Сорбция водяного пара влагорегулирующей штукатуркой на основе гипса при влажности воздуха ($98\pm 2\%$) и температуре (20 ± 2) °С:
1 – контрольный состав; 2 – вспученный перлит; 3 – вспученный вермикулит;
4 – поровер; 5 – вспененный полистирол

Сорбция водяного пара во влагорегулирующей штукатурке на основе гипса, содержащей в своем составе различные пористые заполнители, представлена на рисунке 1.

Как видно из рисунка, максимальной сорбцией влаги обладают влагорегулирующие штукатурки, в состав которых входят в качестве пористого заполнителя вспученный вермикулит и вспученный перлит.

Изменение содержания водяного пара в гипсовой штукатурке от времени представлено на рисунке 2.

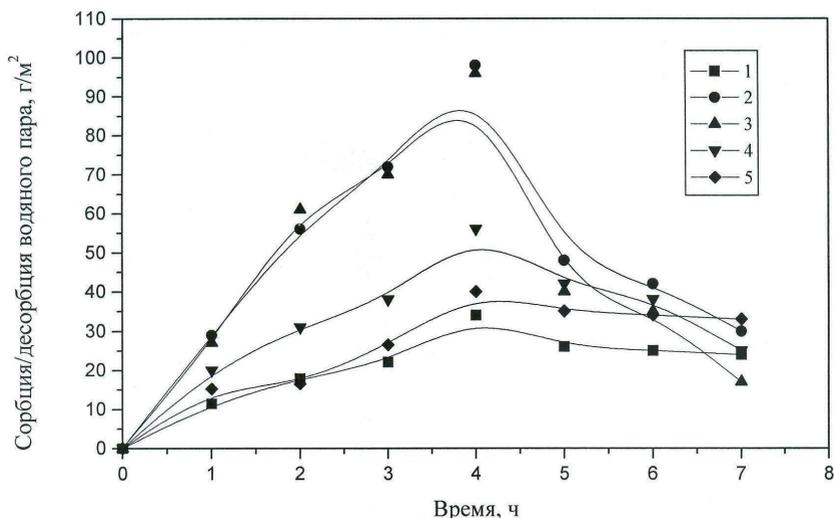


Рисунок 2. Изменение содержания водяного пара в зависимости от времени: (0–4) часа – сорбция влаги, (4–7) часов – десорбция влаги:

- 1 – контрольный состав; 2 – вспученный перлит; 3 – вспученный вермикулит;
4 – поровер; 5 – вспененный полистирол

Разработанная влагорегулирующая штукатурка на гипсовом вяжущем со вспученным вермикулитом и вспученным перлитом, при влажности воздуха $(98 \pm 2)\%$ и температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, за 4 часа набирают практически максимальное количество влаги, которое достигает величины 100 г/м^2 . При этом, как известно, влагопоглощение влагорегулирующего штукатурного покрытия стен должно быть около 90 г/м^2 [1]. Десорбция влаги начинается

при изменении влажности в помещении до $(60 \pm 5)\%$, и через 3 часа остаточное содержание влаги для штукатурки на гипсовом вяжущем со вспученным вермикулитом становится равным $15\text{--}18 \text{ г/м}^2$, а со вспученным перлитом – $30\text{--}33 \text{ г/м}^2$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Контроль влажности в зданиях – это ключевое условие повышения их долговечности, эффективного использования, здорового микроклимата. Знание источников увлажнения и механизмов влагопереноса в здании и в ограждающих конструкциях позволит специалистам улучшить проектные решения зданий и систем кондиционирования воздуха. На этих знаниях должна базироваться стратегия борьбы с повышенной влажностью.

Наиболее целесообразно регулировать влажность в помещениях не только за счет работы систем кондиционирования, потребляющих значительное количество энергии, но и путем применения аккумулирующих и легко отдающих влагу строительных материалов.

В результате выполнения настоящего исследования разработана влагорегулирующая штукатурка на гипсовой основе с использованием пористых заполнителей, позволяющая уменьшить риск конденсации водяного пара непосредственно на стенах и возникновения грибков и плесени в помещениях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Коньков, В. В. Некоторые аспекты регулирования микроклимата в зданиях из бетона при применении штукатурок с влагорегулирующей способностью / В. В. Коньков, Е. А. Урецкая, Е. М. Плотникова // Проблемы современного бетона и железобетона: сб. науч. тр. / редкол.: О. Н. Лешкевич (гл. ред.) и др.; РУП «Ин-т БелНИИС». – Минск, 2015. – С. 41–52.
2. Straube, J. E. Simplified prediction of driving rain deposition / J. E. Straube, E. F. P. Burnett // Proceedings of International Building Physics Conference. Eindhoven, 2000. – P. 375–382.

3. Корнеев, В.И. Рецептурный справочник по сухим строительным смесям / В.И. Корнеев, П.В. Зозуля, И.Н. Медведева, Г.А. Богоявленская, Н.И. Нуждина // СПб.: ООО РИА «Квинтет», 2010.– 308 с.
4. Алтыкис, М.Г. Влияние наполнителей на свойства гипсовых строительных материалов / М.Г. Алтыкис, М.И. Халиуллин, Р.З. Рахимов // Строительные материалы.– 2009.– № 9.– С. 20–21.

REFERENCES

1. Konkov V.V., Uretskaya Ye. A., Plotnikova E. M. *Problemy sovremennoy betona i zhelezobetona*. 2015. pp. 41–52. (rus)
2. Straube J.E., Straube J.E., Burnett E. F. P., (2000) Simplified prediction of driving rain deposition. Proceedings of International Building Physics Conference. Eindhoven, 2000. pp. 375–382.
3. Korneev V.I., Zozulya P.V., Medvedeva I.N., Bogoyavlenskaya G.A., Nuzhdina N.I. *Retsepturny spravochnik po suhim stroitelnyim smesyam* [Formulary for dry building mixes]. St. Petersburg: «Kvintet» advertising-publishing agency, ltd., 2010. 308 p. (rus)
4. Altykis M. G., Khaliulin R. Z. *Building Materials*. 2009. No 9. pp. 20–21. (rus)

Статья поступила в редколлегия 22.11.2016.