

УДК 691.002

ВЛИЯНИЕ ПАРПРОНИЦЕМОСТИ ВНУТРЕННЕЙ И НАРУЖНОЙ ШТУКАТУРКИ НА ТЕПЛОВЛАЖНОСТНЫЙ БАЛАНС СТЕНЫ ИЗ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА

БРЫНЗИН Е.В.¹ *к.т.н.*
ПАРУТА В.А.^{2*} *к.т.н., доц.*

¹ ООО «ЮДК», ул. Александра Оцупа, 7Д, г. Днепр, 49051, Украина, www.udkgazbeton.com,
e-mail: Yevgen.Brynzin@udkgazbeton.com

^{2*} Кафедра ПАТСМ, Одесская государственная академия строительства и архитектуры (ОГАСА), ул. Дидрихсона 4, г. Одесса, 65029, Украина, тел. 0487238434, www.paruta.at.ua, e-mail: docent2155@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0326-8021

Аннотация. *Цель.* Одним из вариантов решения проблем энергосбережения, для Украины, является возведение новых зданий и сооружений из автоклавного газобетона. Этот материал обладает коэффициентом теплопроводности сопоставимым с теплоизоляционными материалами, при этом являясь конструкционно-теплоизоляционным, что позволяет возводить из него как самонесущие, так и несущие стены. При толщине стеновой конструкции 0,4-0,5 м, обеспечивается нормативное термическое сопротивление для любого региона Украины, тогда как, например, из кирпича керамического пустотелого толщина должна составлять 1,4-1,8 м. Однако неправильный выбор декоративно-защитного покрытия, и в частности штукатурного, нивелирует теплоизоляционные и прочностные свойства таких конструкций, уменьшает долговечность зданий и сооружений. Поэтому необходимо исследовать влияние свойств, и в частности, паропроницаемости, внутренней и наружной штукатурки на тепловлажностный баланс стеновой конструкции и дать рекомендации по их применению. *Методика.* Результаты получены путем расчета наличия и величины зоны конденсации, при помощи специальных программ предназначенных для расчета тепловлажностного баланса стеновой конструкции, на основании экспериментальных и литературных данных физико-механических и теплотехнических характеристик газобетонной кладки и штукатурных растворов, для внутренней и наружной отделки. *Результаты.* Получены графические зависимости влияния физико-механических и теплотехнических характеристик штукатурных растворов, для внутренней и наружной отделки, на наличие и величину зоны конденсации, в стеновой конструкции, выполненной из автоклавного газобетона. Отмечено, что на наличие и величину зоны конденсации оказывает влияние паропроницаемости не только наружной, но и внутренней штукатурки. Показано, что при наличии наружной штукатурки с низкой паропроницаемостью, при различных комбинациях внутренней, не обеспечивается оптимальный тепловлажностный баланс стеновой конструкции. При наличии наружной штукатурки с высокой паропроницаемостью можно обеспечить не только минимальную зону конденсации, но и добиться того, что конденсации паробразной влаги в стеновой конструкции можно избежать. А это обеспечит оптимальный тепловлажностный баланс стеновой конструкции, минимальные теплопотери, увеличение ее долговечности. *Практическая значимость.* Используя полученные данные, проектировщики и строители, смогут правильно назначать такие штукатурные растворы для наружной и внутренней отделки, что обеспечит оптимальный тепловлажностный баланс стеновой конструкции, минимальные теплопотери, увеличение ее долговечности.

Ключевые слова: энергосбережение; автоклавный газобетон; стеновые конструкции; штукатурные покрытия; тепловлажностный баланс стены

ВПЛИВ ПАРПРОНИКНОСТІ ВНУТРІШНЬОЇ ТА ЗОВНІШНЬОЇ ШТУКАТУРКИ НА ТЕПЛОВЛОЛОГІЙ БАЛАНС СТИНИ З АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНУ

БРИНЗИН Є.В.¹ *к.т.н.*
ПАРУТА В.А.^{2*} *к.т.н., доц.*

¹ ТОВ ЮДК, Україна, 49051 м. Дніпро, вул. Олександра Оцупа, 7Д, www.udkgazbeton.com,
e-mail: Yevgen.Brynzin@udkgazbeton.com

^{2*} Кафедра ПАТБМ, Одеська державна академія будівництва і архітектури (ОДАБА), вул. Дидрихсона 4, м. Одеса, 65029, Україна, тел.: 0487238434, www.paruta.at.ua, e-mail: docent2155@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0326-8021

Анотація. Мета. Одним з варіантів вирішення проблем енергозбереження, для України, є зведення нових будинків і споруд з автоклавного газобетону. Цей матеріал має коефіцієнт теплопровідності подібний з теплоізоляційними матеріалами, при цьому він є конструктивно-теплоізоляційним, що дозволяє будувати з нього стіни, як самонесучі, так і ті, що несуть навантаження. При товщині стінової конструкції 0,4-0,5 м, забезпечується нормативний термічний опір для будь-якого регіону України, тоді як, наприклад, з цегли керамічної порожнистої, товщина повинна складати 1,4-1,8 м. Проте, неправильний вибір декоративно-захисного покриття, і зокрема штукатурного, нівелює теплоізоляційні і фізико-механічні властивості таких конструкцій, зменшує довговічність будівель і споруд. Тому необхідно досліджувати вплив властивостей, і зокрема, паро проникності, внутрішньої і зовнішньої штукатурки на тепловологий баланс стінової конструкції і дати рекомендації по їх застосуванню. **Методика.** Результати отримані шляхом розрахунку наявності і величини зони конденсації, за допомогою спеціальних програм призначених для розрахунку тепловологого балансу стінової конструкції, на підставі експериментальних і літературних даних фізико-механічних і теплотехнічних характеристик газобетонної кладки і штукатурних розчинів, для внутрішнього і зовнішнього оздоблення. **Результати.** Отримані графічні залежності впливу фізико-механічних і теплотехнічних характеристик штукатурних розчинів, для внутрішнього і зовнішнього оздоблення, на наявність і величину зони конденсації, в стінової конструкції виконаної з автоклавного газобетону. Відмічено, що на наявність і величину зони конденсації впливає паропроникність, не лише зовнішньої, але і внутрішньої штукатурки. Показано, що за наявності зовнішньої штукатурки з низькою паропроникністю, при різних комбінаціях внутрішньою, не забезпечується оптимальний тепловологий баланс стінової конструкції. Показано, що за наявності зовнішньої штукатурки з низькою паропроникністю, при різних комбінаціях внутрішньою, не забезпечується оптимальний тепловологий баланс стінової конструкції. За наявності зовнішньої штукатурки з високою паропроникністю, можна забезпечити не лише мінімальну зону конденсації, але і добитися того, що конденсації пароподібної вологи в стінової конструкції можна уникнути. А це забезпечить оптимальний тепло вологий баланс стінової конструкції, мінімальні тепловтрати, збільшення її довговічності. **Практична значимість.** Використовуючи отримані дані, проектувальники і будівельники, зможуть правильно призначати такі штукатурні розчини для зовнішньої і внутрішньої обробки, які забезпечать оптимальний тепловологий баланс стінової конструкції, мінімальні тепловтрати, збільшення її довговічності.

Ключові слова: енергозбереження; автоклавний газобетон; стінові конструкції; штукатурні покриття; тепловологий баланс стіни

INFLUENCE OF VAPOUR PERMEABILITY OF INTERNAL AND OUTWARD PLASTER ON WARMLY MOISTURE BALANCE OF WALL FROM AUTOCLAVE AERATED CONCRETE

BRYNZIN I.V., PhD ¹
PARUTA V.A., PhD ^{2*}

¹ UDK LLC, 7D Olexandra Otsupa st., Dnipro, 49051, Ukraine, www.udkgazbeton.com, Yevgen.Brynzin@udkgazbeton.com

^{2*} Department of Building Materials, Odessa State Academy of Construction and Architecture (OGASA), 4 Didrihsone st., Odesa, 65029, Ukraine, tel. 0487238434, e-mail: docent2155@gmail.com, www.paruta.at.ua, ORCID ID: 0000-0003-0326-8021

Annotation. Purpose. One of variants of decision of problems of energy saving, for Ukraine, there is erection of new buildings and buildings from an autoclave aerated concrete. This material possesses heat conductivity coefficient comparable with heat-insulation materials, here being construction and heat insulation, that allows to erect the both self-supported and bearings walls from him. At the thickness of a wall construction 0,4-0,5 m, normative thermal resistance is provided for any region of Ukraine, while, for example, from a brick ceramic hollow a thickness must make 1,4-1,8 m. However much the wrong choice of decorative-protective coverage, and in particular clout, levels heat-insulation and constructive properties of such constructions, diminishes longevity of buildings and buildings. It is therefore necessary to probe influence of properties, and in particular, vapour permeability, internal and outward plaster on warmly moisture conditions balance of a wall construction and to give recommendations on their application. **Methodology.** Results are got by the calculation of presence and size of area of condensation, through the special programs intended for the calculation of warmly moisture conditions balance of wall construction, on the basis of experimental and literary information of fiziko-mechanical and heating engineering descriptions of the gazobetonnoy laying and clout solutions, for the internal and outward finishing. **Results.** Graphic dependences of influence of fizikomechanical and heating engineering descriptions of clout solutions are got, for the internal and outward finishing, on a presence and size of area of condensation, in a wall construction, executed from an AAC. It is marked that on a presence and size of area of condensation has influence vapour permeability not only outward, but internal plaster. It is rotined that at presence of outward plaster with low vapour permeability, at different combinations internal, optimum warmly moisture conditions balance of a wall construction is not provided. At presence of outward plaster with high vapour permeability it is possible to provide not only the minimum area of condensation but also give that condensation of vaporous moisture can avoid in a wall construction. And it will provide optimum warmly moisture conditions balance of a wall construction, minimum heatlosses, increase of its longevity. **Practical meaningfulness.** Using findings, designers and builders, able correctly to appoint such clout solutions for the outward and internal finishing, that will provide optimum warmly moisture conditions balance of a wall construction, minimum heatlosses, increase of its longevity. Practical meaningfulness. Using findings, designers and builders, able correctly to appoint such clout solutions for the

outward and internal finishing, that will provide optimum warmly moisture conditions of a wall construction, minimum heatlosses, increase of its longevity.

Keywords: energy-savings; AAC; wall constructions; clout coverages; warmly moisture balance of wall

Введение

Одним из оптимальных вариантов решения проблем энергосбережения в ЖКХ, является возведение стен зданий и сооружений из автоклавного газобетона [1,5-9]. При толщине стеновой конструкции 0,4-0,5 м, обеспечивается нормативное термическое сопротивление для любого региона Украины [2].

Однако достаточно часто, задекларированные теплозащитные свойства автоклавного газобетона, на практике не соответствуют действительности. Стены из него получаются влажными, здание имеет большие теплопотери, а условия проживания в них, далеки, от комфортных. Одной из причин этого является, неправильный выбор защитно-декоративного покрытия таких стен [2,3,4].

Тепловлажностный баланс, оштукатуренной стены, из автоклавного газобетона, ее теплопотери и долговечность, зависят от величины паропроницаемости, как наружной, так и внутренней штукатурки.

Цель

Для подтверждения этого, в работе исследовали влияние физико-механических свойств, и прежде всего, паропроницаемости, наружной и внутренней штукатурки на наличие и величину зоны конденсации, которая косвенно характеризует, влажность, тепловлажностный баланс и долговечность стеновой конструкции. В расчете использовали материалы с характеристиками, приведенными в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики материалов используемых в расчете
Descriptions of materials in-use in a calculation

№ варианта	Вид раствора	1-й слой внутренняя штукатурка толщиной 15 мм				2-й слой газобетон		3-й слой наружная штукатурка толщиной 20 мм				
		Пл. кг/м ³	Кт. А/Б	Тп.	Кп.	Кт. А/Б	Кп.	Вид раствора	Пл кг/м ³	Кт. А/Б	Тп. Тп	Кп
Вариант 1. Наружный раствор со средней плотностью 1800 кг/м ³												
1.1	гипсоперлитовый	400	0,13/0,15	0,84	0,53	0,11/0,13	0,23	известково-песчаный	1800	0,76/0,93	0,84	0,09
1.2	цементно-перлитовый	1000	0,26/0,30	0,84	0,15	0,11/0,13	0,23		1800	0,76/0,93	0,84	0,09
1.3	известково-песчаный	1800	0,76/0,93	0,84	0,09	0,11/0,13	0,23		1800	0,76/0,93	0,84	0,09
Вариант 2. Наружный раствор со средней плотностью 600 кг/м ³												
2.1	гипсоперлитовый	400	0,13/0,15	0,84	0,53	0,11/0,13	0,23	цементно-карбонатно-перлитовый	600	0,19/0,23	0,84	0,17
2.2	цементно-перлитовый	1000	0,26/0,30	0,84	0,15	0,11/0,13	0,23		600	0,19/0,23	0,84	0,17
2.3	известково-песчаный	1800	0,76/0,93	0,84	0,09	0,11/0,13	0,23		600	0,19/0,23	0,84	0,17

Обозначения в таблице: Пл.- средняя плотность; Кт.-коэффициент теплопроводности в условиях эксплуатации А и Б; Тп.-теплоемкость; Кп. – коэффициент паропроницаемости, мг/м·час·Па; газобетон плотностью 400 кг/м³ толщиной 375мм, теплоемкостью 0,84

Методика

В расчетах моделировали две ситуации:
1.Вариант: в качестве наружной штукатурки использовали известково-песчаную, то есть материал с очень низкой паропроницаемостью. При этом варьировали виды и паропроницаемость внутренней штукатурки, от материала с самой высокой паропроницаемостью (гипсоперлитовая), до

материала с самой низкой (известково-песчаная). Результаты получены путем расчета на наличие и величину зоны конденсации, при помощи специальных программ, предназначенных для расчета тепловлажностного баланса стеновой конструкции, на основании экспериментальных и литературных данных физико-механических и теплотехнических характеристик газобетонной кладки и штукатурных растворов, для внутренней и наружной отделки. Результаты расчета приведены на рисунках 1 а, б, в.

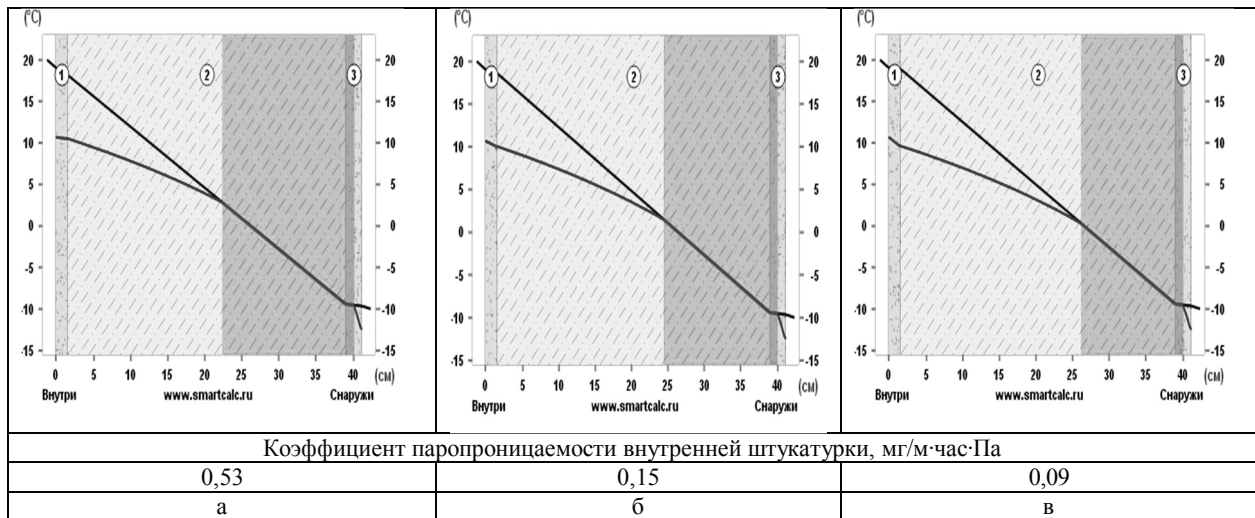


Рис. 1. Влияние паропроницаемости внутренней штукатурки при минимально паропроницаемости наружной штукатурки (известково-песчаной): а) гипсоперлитовая, б) цементно-перлитовая, в) известково-песчаная

Fig. 1. Influence of vapor permeability of internal plaster at minimum vapor permeability of external plaster (limy and sand): а) gipsoperlitovoy, б) cement перлитовая, в) limy and sand

Результаты

Как видно, применение штукатурки с малой паропроницаемостью, приводит к образованию значительной зоны конденсации, которая составляет 14-18 см, при толщине стены 40 см. Увеличение влажности материала приводит к увеличению коэффициента теплопроводности (λ_w), теплотерь и расхода топлива.

Зависимость коэффициента теплопроводности (λ_w), от влажности пытаются описывать линейным уравнением:

$$\lambda_w = \lambda_0 + kW$$

где k – экспериментальный коэффициент, W – влажность материала по массе, %.

Недостатком которого является значительные колебания коэффициента k от 0,001 до 0,01.

В европейских нормах проектирования, зависимость теплопроводности стеновых материалов от влажности описывается степенной функцией:

$$\lambda_2 = \lambda_1 \times e^{f_u(u_2 - u_1)}$$

где: λ_1, λ_2 – теплопроводность при влажности 1 и 2, Вт/(м·°C); u_1, u_2 – относительная весовая влажность 1 и 2, %; f_u – эмпирический коэффициент, кг/кг.

Для газобетона данная формула приобретает вид:

$$\lambda_2 = \lambda_1 \times e^{4(u_2 - u_1)}$$

а графическая интерпретация зависимости теплопроводности от весовой влажности, для бетонов плотностью 350 и 400 кг/м³, представлена на графике (рис. 2):

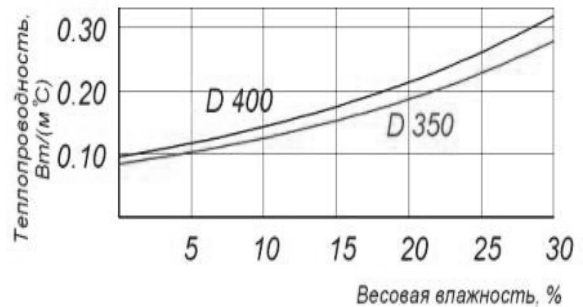


Рис. 2 Влияние влажности газобетона на его коэффициент теплопроводности

Fig. 2 Influence of humidity of aerogel on its thermal conductivity

Проблема усугубляется и тем, что штукатурное покрытие с низкой паропроницаемостью не только способствует увлажнению стеновой конструкции, но и значительно замедляет скорость ее высыхания (рис.3). Это приводит к тому, что еще достаточно длинный период стеновая конструкция имеет влажность, превышающую нормативную, а это предопределяет значительные теплотери и расходы энергоресурсов на обогрев, ухудшение условий проживания.

Еще одним отрицательным фактором является, то что при минусовых температурах происходит ускоренное разрушение стеновой конструкции. Несмотря на то, что автоклавный газобетон обладает высокой морозостойкостью, накопление влаги в контактной зоне «кладка-штукатурное покрытие» приводит к разрушению материала кладки и отслоению штукатурного покрытия от кладки.

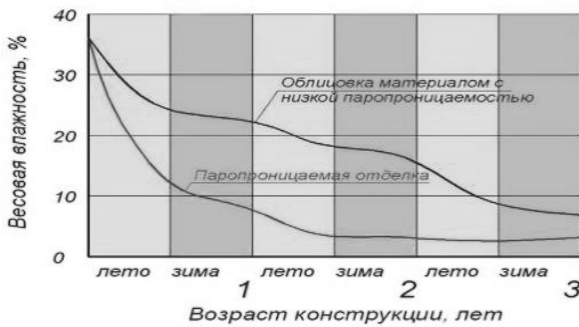


Рис. 3 Скорость высыхания стеновой конструкции в зависимости от паропроницаемости наружного штукатурного покрытия

Fig. 3 Drying velocity of a wall design depending on vapor permeability of an external plaster covering

Для решения проблемы необходимо использовать комбинацию внутренней и наружной штукатурки рассмотренных в варианте два. **2.Вариант:** в качестве наружной штукатурки использовалась цементно-карбонатно-перлитовый раствор полученный авторами, этот материал имеет достаточно высокую паропроницаемость. При этом варьировали виды и паропроницаемость внутренней штукатурки, от материала с высокой паропроницаемостью (гипсоперлитовая) до материала с низкой паропроницаемостью (известково-песчаная). Результаты расчета приведены на рисунках 4 а, б, в.

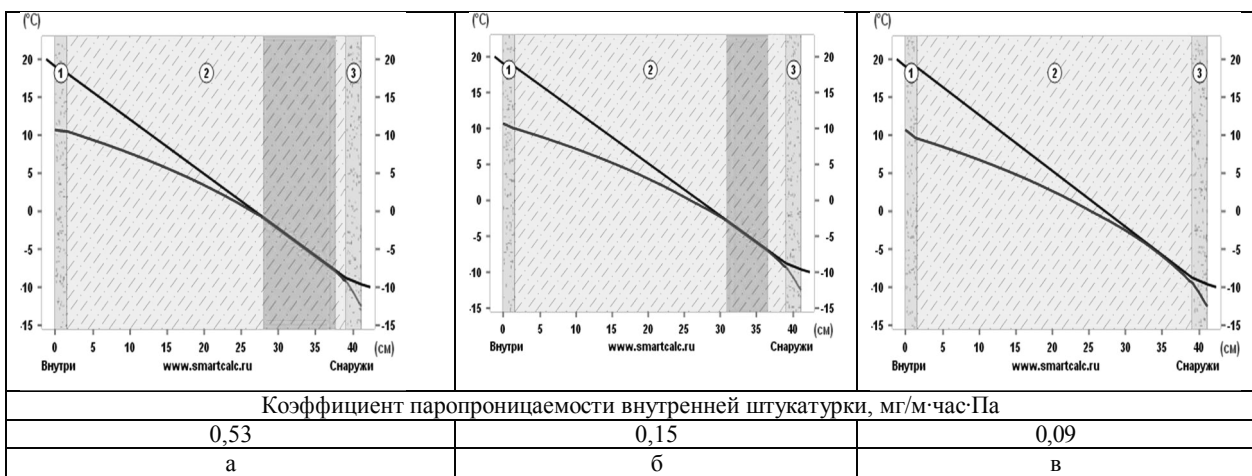


Рис. 4 Влияние паропроницаемости внутренней штукатурки при максимальной паропроницаемости наружной штукатурки (известково-песчаной): а) гипсоперлитовая б) цементно-перлитовая в) известково-песчаная

Fig. 4 Influence of vapor permeability of internal plaster at the maximal vapor permeability of external plaster (limy and sand): а) gipsoperlitovyy) cement перлитовая in) limy and sand

Анализ графических зависимостей указывает на то, что применение наружной штукатурки с высокой паропроницаемостью обеспечивает оптимальный тепло-влажностный баланс стеновой конструкции. Следует также отметить, что на его характер и величину зоны конденсации, оказывает влияние паропроницаемость как внутренней так и наружной штукатурки. При применении наружной (цементно-карбонатно-перлитовая) и внутренней (гипсоперлитовая, цементно-перлитовая) штукатурок, с большой паропроницаемостью, наблюдается значительно меньшая зона конденсации (6-10 см), чем при применении наружной штукатурки с низкой паропроницаемостью (14-18см). Она располагается на расстоянии 1-2 см от контактной зоны «кладка-штукатурное покрытие», и следовательно отслоение наружной штукатурки из-за размораживания не произойдет. При применении наружной штукатурки с высокой паропроницаемостью (цементно-карбонатно-перлитовая) и внутренней с низкой (известково-песчаная), зона конденсации не

наблюдается. Это обеспечит беспрепятственное удаление влаги из помещений и следовательно оптимальный тепловлажностный баланс стеновой конструкции, минимальные теплопотери и расход энергоресурсов, улучшение условий проживания, увеличение долговечности зданий и сооружений.

Научная новизна и практическая значимость

Получены графические зависимости влияния физико-механических и теплотехнических характеристик штукатурных растворов, для внутренней и наружной отделки, на наличие и величину зоны конденсации, в стеновой конструкции, выполненной из автоклавного газобетона. Отмечено, что на наличие и величину зоны конденсации оказывает влияние паропроницаемость не только наружной, но внутренней штукатурки. Показано, что при наличии наружной штукатурки с низкой паропроницаемостью, при различных комбинациях внутренней, не обеспечивается оптимальный тепловлажностный баланс стеновой конструкции. При

наличии наружной штукатурки с высокой паропроницаемостью возможно обеспечение не только минимальной зоны конденсации, но и отсутствие ее. А это обеспечит оптимальный тепловлажностный баланс стеновой конструкции, минимальные теплопотери, увеличение ее долговечности. Используя полученные данные, проектировщики и строители, смогут правильно назначать такие штукатурные растворы для наружной и внутренней отделки, которые обеспечат оптимальный тепловлажностный баланс стеновой конструкции, минимальные теплопотери, увеличение ее долговечности.

Выводы

В работе исследованы влияние паропроницаемости как внутренней, так и наружной штукатурки на тепловлажностный баланс стеновой конструкции из автоклавного газобетона. Отмечено,

что применение наружного штукатурного покрытия с низкой паропроницаемостью (известково-песчаного) и внутренней штукатурки с различной паропроницаемостью (гипсоперлитовая, цементно-перлитовая, известково-песчаная) приводит к образованию значительной зоны конденсации. Это в свою очередь приводит к увеличению влажности стенового материала, теплопотерь и расхода топлива, разрушению стеновой конструкции, снижению долговечности зданий и сооружений.

При применении наружной штукатурки с высокой паропроницаемостью (цементно-карбонатно-перлитовая) и внутренней с различной паропроницаемостью (гипсоперлитовая, цементно-перлитовая, известково-песчаная) обеспечивается оптимальный тепловлажностный баланс стеновой конструкции, минимальные теплопотери и расход энергоресурсов, улучшение условий проживания, увеличение долговечности зданий и сооружений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Галкин С.Л., Сажнев Н.П., Соколовский Л.В., Сажнева Н.Н. «Применение ячеистобетонных изделий. Теория и практика», "Стринко", Минск, 2006., 448с.
2. Парута В.А. Особенности технологии возведения и эксплуатации наружных стен из автоклавного газобетона / Парута В.А., Семина Ю.А., Столяр Е.А., Устенко А.В., Брынзин Е.В., // Строительные материалы, оборудование, технологии 21 века, №12, Москва, 2012, С. 35-39.
3. Сажнева Н.Н., Сажнев Н.П., Урецкая Е.А. Защитные системы для отделки ячеистого бетон пониженной плотности // Строительные материалы. 2009. №1. С. 17-19.
4. Я. Паплавский, А.Фрош, Требования к штукатурным составам для наружной отделки стен из ячеистых бетонов. СПб.: Изд-во. Политехнического ун-та, 2010, С.10-15.
5. Розенфельд А. Г., Хафмейстер Д. Энергоэкономичные здания // В мире науки. 1988. № 6. С. 34–43
6. Булгаков С. Н. Энергосберегающие технологии вторичной застройки реконструируемых жилых кварталов//АВОК. 1998. № 2. С. 5
7. Кочегаров А. Д. Повышение эффективности ЖКХ обеспечит его переход к рыночным отношениям // Теплоэнергоэффективные технологии: ИБ. 2002. № 2. С. 11–13.
8. Гиббонс Д., Блэр П., Гуин Х. Стратегия использования энергии // В мире науки. 1989. № 11. С. 76–85.
9. Гертис К. Здания XXI века – здания с нулевым потреблением энергии // Энергосбережение. 2007.- 3.- с. 34-36

REFERENCES

1. Galkin SL, Sazhnev NP Sokolovsky LV Sazhneva NN;The use of cellular concrete products. Theory and Practice &, Minsk, 2006, 448s.
2. Paruta VA Features of technology of construction and exploitation is the outer walls of the AAC / Paruta VA Semin Yuri, Joiner EA Ustenko AV Brynzin EV // Building materials, equipment, 21st century technology, №12, Moscow, 2012, С. 35-39.
3. Sazhneva NN, NP Sazhnev, Uretskaya EA Protection-WIDE system for finishing cellular concrete in reduced density // Building materials. 2009. №1. S. 17-19.
4. J. Paplavskis, A.Frosh, requirements plaster compositions for exterior decoration of walls from cellular concrete. SPb .: Publishing House. Polytechnic University, 2010 S.10-15.
5. Rosenfeld A.G., Hafmeyster D. Energy efficient buildings // In the world of science. 1988. № 6. S. 34-43
6. Bulgakov S.N. Energy-saving technologies brownfield reconstructed residential quarters // AVOK. 1998. № 2. S. 5.
7. Kochegarov A.D. Improved utilities ensure its transition to a market economy // Teploenergoeffektivnyye technology WI. 2002. № 2. pp 11-13
8. D. Gibbons, P. Blair, J. Guin Energy Strategy // In the world of science. 1989. № 11. С. 76-85
9. K. Gertis Buildings twenty-first century - the building zero-energy // Energy saving. 3.- 2007.- p. 34-36