

са не имеют отдельных типов конечных элементов для расчета влажностного режима конструкций. Необходимо учесть, что решение как температурной задачи, так и задачи массопереноса (общий случай переноса веществ через толщу конструкции) сводится к решению одних и тех же уравнений – уравнений Лапласа. В этом случае для решения задач массопереноса (в том числе миграции водяного пара) следует использовать замену теплотехнических характеристик материалов и граничных условий на соответствующие характеристики, относящиеся к переносу вещества.

При решении задачи термическое сопротивление соответствующего слоя заменяется на сопротивление паропрооницанию. Для граничных условий температура заменяется на давление водяного пара. Значения давлений водяного пара на наружной и внутренней поверхности определяется по СП 50.13330.2012 [1] с учетом температуры наружного и

внутреннего воздуха, а также значений относительной влажности внутренней и внешней среды.

В результате расчета с использованием предлагаемой аналогии возможно получить, кроме указанных, следующие данные:

– скалярное поле давления водяного пара в толще ограждающей конструкции;

– векторное поле потоков миграции водяного пара.

Кроме того, скалярное поле давления водяного пара, накладываемое на поле давления насыщенного пара (получаемое по полю температур), позволяет получить поле относительных влажностей внутри конструкции. Участки, которые имеют влажность более 100%, являются участками конденсации водяного пара в толще конструкции. Пример поля влажности внутри конструкции приведен на рис. 3.

В соответствии с данным решением для заданной конструкции имеются участки, в которых относительная влажность значи-

тельно превышает 100% (максимальное значение – 271%), т. е. выпадение конденсата в толще стены при данной конструкции неизбежно.

Специалистами УрФУ предложены рекомендации по расположению пароизоляции в толще конструкции, а также по ширине жестких связей для исключения выпадения конденсата в толще конструкции. В настоящее время здание с использованием рассмотренных конструкций возведено и используется, его эксплуатация в течение нескольких лет не выявила свидетельств нарушения влажностного режима для наружных стен.

*Литература*

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.

2. ГОСТ 54851-2011. Конструкции строительные ограждающие неоднородные. Расчет сопротивления теплопередаче.

**ИННОВАЦИОННАЯ МАГИСТЕРСКАЯ ПРОГРАММА «ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ ПО КРИТЕРИЯМ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ» В РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНОГО ПРОЕКТА ERASMUS+ «MASTER DEGREE IN INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN ENERGY EFFICIENT BUILDINGS FOR RUSSIAN & ARMENIAN UNIVERSITIES AND STAKEHOLDERS – «MARUEEB»**



**Ирина Мальцева**, к. т. н., доцент, руководитель программы, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Строительный институт, кафедра «Архитектура»;

**Винченцо Бианко (Vincenzo Bianco)**, Ph.D., профессор, Университет Генуи, Италия (University of Genoa, Italy);

**Владимир Алехин**, к. т. н., профессор, заведующий кафедрой Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Строительный институт, кафедра «Системы автоматизированного проектирования объектов строительства»;

**Зоя Беляева**, к. т. н., кафедра «Строительное производство и экспертиза недвижимости» Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Строительный институт, кафедра «Промышленного, гражданского строительства и экспертизы недвижимости»

С 2016 года в Строительном институте Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина реализуется магистерская программа «Проектирование зданий по критериям устойчивого развития», разработанная по самым современным образовательным стандартам в рамках международного проекта Erasmus+ «Магистерские программы по инновационным технологиям в сфере энергоэффективного строительства для университетов и предприятий РФ и Армении». Координатором проекта от российских университетов является В. Н. Алехин, член Административного совета Европейской Ассоциации строительного образования и переподготовки кадров (EUCEET). Программа разработана со-

вместно с членами консорциума (табл. 1), в который входят четыре российских, два армянских и пять европейских университетов, EUCEET. Работа проходила в тесном сотрудничестве с работодателями – ведущими предприятиями в области строительства и энергетики России, Армении и Италии.

В настоящее время эффективное использование энергии является общемировой концепцией. Многие страны, даже обладающие большими запасами природных ресурсов, таких как природный газ, нефть и т. д., осознали важность сохранения своих ресурсов, чтобы они могли быть использованы в течение более длительного периода. В целях разработки и реализации мер по повышению энергоэффективности особое

внимание необходимо уделить сектору образования, обучить новое поколение инженеров, оснащенных конкретными техническими знаниями и управленческими навыками в сфере энергоэффективности. Проект MARUEEB нацелен на создание в этой области магистерских образовательных программ по инновационным технологиям в области энергоэффективных зданий для российских и армянских работодателей.

Магистерская программа «Проектирование зданий по критериям устойчивого развития» является междисциплинарной, практикоориентированной и направлена на развитие прикладных исследований, творческого проектирования по самым современным требованиям мультикомфортности среды обитания. За последние пять лет преподаватели кафедры прошли стажировку в Италии, Нидерландах, Великобритании, Германии и Китае. Лекции для магистрантов читают не только российские преподаватели, но и приглашенные из университетов ЕС.

В России и Армении климатические условия близки к экстремальным – с очень холодной зимой и жарким летом. Следовательно, требуется комплексный подход для решения задач снижения энергопотребления на обогрев в зимний период и кондиционирование летом, поэтому будущие инженеры должны

иметь качественные современные знания, связанные с мероприятиями и методиками по повышению энергоэффективности зданий и сооружений. Проект MARUEEB за счет скоординированного сотрудничества между университетами ЕС, России, Армении и работодателями направлен на разработку и реализацию инновационных магистерских образовательных программ для обучения нового поколения инженеров-строителей и архитекторов с глубокими знаниями в области энергоэффективности зданий.

С другой стороны, образовательный процесс должен быть

разработан современным и эффективным способом, с учетом Болонского процесса, который ввел понятие студентоориентированного подхода. В этом контексте роль работодателей имеет основополагающее значение, поскольку с их помощью будут установлены связи с рынком труда. Их участие считается значимым при формулировании конкретного содержания образовательных программ, для того чтобы убедиться, что они интересны компаниям-работодателям и что возможность выпускников найти работу по профилю будет максимальной.

**ЧЛЕНЫ КОНСОРЦИУМА ПРОЕКТА MARUEEB**

Российские и армянские участники	Участники от ЕС	Работодатели
Уральский федеральный университет (Россия)	Университет Генуи (Италия)	Инженерная академия Армении
Санкт-Петербургский государственный политехнический университет Петра Великого (Россия)	Второй университет Неаполя (Италия)	Министерство образования и науки Армении
Тамбовский государственный технический университет (Россия)	Словацкий технический университет	TICASS Консорциум (Италия)
Воронежский государственный университет архитектуры и строительства (Россия)	Технический университет Яссы (Румыния)	Европейская Ассоциация строительного образования и переподготовки кадров EUCEET (Бельгия)
Национальный политехнический университет Армении	Каунасский технологический университет (Литва)	AE Consulting (Армения)
Американский университет Армении (Армения)		Некоммерческое партнерство «Управление строительства Атомстройкомплекс» (Россия)
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union		Центр строительной экспертизы R&D (Россия) Проектное предприятие полного цикла «Урал-проектдубрава» (Россия)

