Данный подход дает возможность выявить ряд технико-экономических показателей, а также обосновать выбор оптимальной технологии возделывания при сравнении альтернативных вариантов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вихтман, В.* Использование растительной биомассы на повторно заболоченных торфяниках как вклад в сохранение климата и биологического разнообразия в Беларуси / В. Вихтман, Ф. Таннебергер // Восстановление торфяников Беларуси и применение концепции их устойчивого управления – снижение воздействия на климат с эффектом для экономики и биоразнообразия. – Минск, 2009. – 138 с.

2. *Mundy-Pitman, L.* Wetland Biomass to Bioenergy Project. Phase 3 Report / L. Mundy-Pitman, D. Wynne // Wetland Biomass to Bioenergy Project. – 2015. – 68 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА COMSOL MULTIPHYSICS ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

APPLICATION OF SOFTWARE PACKAGE COMSOL MULTIPHYSICS FOR MODELING OF THERMAL AND MOISTURE REGIME OF BUILDING ENVELOPES

Е. В. Кресова

E. Kresova

Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,

г. Минск, Республика Беларусь

elena-kresova@mail.ru

Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

Изменчивость погодных условий влияет на тепловлажностное состояние ограждающих конструкций, и, следовательно, на влажность их материалов. В условиях повышенной влажности теплопроводность строительных материалов повышается, что приводит к снижению их теплоизоляционных свойств. Повышенная влажность воздуха в помещениях также становится следствием влажности ограждающих конструкций, что нежелательно согласно требованиям гигиены. Работа посвящена изучению возможности использования программного комплекса COMSOL Multiphysics 5.3 для моделирования тепловлажностного режима строительных конструкций применительно к климатическим условиям Республики Беларусь.

The variability of weather conditions affects heat and moisture conditions of enclosing constructions and, consequently, moisture content of their materials. In conditions of high humidity, thermal conductivity of construction materials is increasing which leads to a decrease in their thermal insulation properties. The high air humidity in rooms also becomes a consequence of humidity of enclosing structures which is undesirable according to hygiene requirements. This work is focused on the study of possibility of using software package COMSOL Multiphysics 5.3 for thermal and moisture regime modeling of building structures as applied to the climatic conditions of the Republic of Belarus.

Ключевые слова: изоляционные материалы, строительство, энергоэффективность, перенос тепла, перенос влаги.

Keywords: insulating materials, building, energy efficiency, heat transfer, moisture transfer.

Большое количество неорганических и органических материалов, веществ и компонентов обладает свойством поглощать водяные пары из воздуха. Для всех пористых материалов существует определенная зависимость между количеством поглощенной ими влаги и относительной влажностью окружающего воздуха [1].

Чрезмерное повышение влажности воздуха может привести к таким явлениям, как изменению плотности, электрической проводимости, теплопередачи и теплоотдачи, протеканию химических реакций, изменению вязкости жидкостей, предела прочности на разрыв, упругости и пластичности, изменению условий роста бактерий и микроорганизмов [1].

Одним из главных свойств пористых строительных материалов является их высокое влагопоглощение. Снижение прочности строительных материалов под воздействием влаги обусловлено адсорбированным облегчением деформаций, а также циклическим замораживанием и оттаиванием таких материалов в зимних условиях. Кроме того, вода при миграции в капиллярах переносит растворы солей, которые при кристаллизации приводят также

к снижению прочности [2–4]. Многие виды грибов, водорослей, лишайников наносят механические повреждения строительным материалам, ухудшают их гигиенические свойства.

На основании вышесказанного можно сделать вывод, что влажность является важным параметром, влияющим на эффективное использование строительных материалов в ограждающих конструкциях зданий. Перспективным направлением исследований в этой области (анализе тепловлажностных режимов зданий) является компьютерное моделирование. В настоящей работе исследовалась возможность применения для указанных целей программного пакета COMSOL Multiphysics. В версии 5.3 программного пакета содержится несколько новых функций для дальнейшего развития моделей переноса тепла и влаги в воздухе. Узел *Moist Air* предназначен для моделирования переноса влаги путем конвекции и диффузии в воздухе, а также турбулентного перемешивания, вызванного турбулентной диффузией при необходимости учета турбулентной конвекции влаги. Раздел Building предоставляет обычно используемые в строительстве материалы с типичными гигроскопическими и термическими свойствами. Этот информационный ресурс позволяет создавать модели переноса тепла и влаги, используя имеющиеся свойства строительных материалов. В программном комплексе для этих материалов учтено, что коэффициент теплопроводности, коэффициент диффузии, влагосодержание и паропроницаемость являются функциями относительной влажности, а коэффициент сопротивления пара является функцией относительной влажности, температуры и абсолютного давления.

При моделировании переноса тепла и влаги важную роль играют процессы конденсации и испарения воды. Эти процессы не только оказывают влияние на равновесие между паром и водой, они также значительно влияют на энергетический баланс из-за теплоты парообразования. В версии 5.3 программного пакета COMSOL Multiphysics эти явления можно учесть.

На основе вышеизложенного можно сделать вывод о возможности проведения численных исследований тепловлажностных режимов зданий с помощью программного комплекса COMSOL Multiphysics. В частности, анализ изменения таких параметров, как температура и влажность в помещении и ограждающих конструкциях в течение определенного промежутка времени при изменяющихся условиях окружающей среды и в условиях естественного охлаждения (при отключении отопления). При этом возможно применение для анализа различных строительных материалов (например, силикатный кирпич, сотовый бетон, сосна, стекловата, целлюлозный утеплитель).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вишневецкий, Е. П.* Необходимость осушения воздуха и оценка профицита влаги / Е. П. Вишневецкий, Г. В. Чепурин // Сантехника. Отопление. Кондиционирование. – 2010. – № 3–4.
2. *Воронцов, В. М.* Природные материалы в архитектуре: учеб. пособие / В. М. Воронцов, В. И. Мосьпан, М. С. Агеева и др. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. – 100 с.
3. *Ярцев, В. П.* Физико-механические и технологические основы применения пенополистирола при дополнительном утеплении зданий и сооружений: учеб. пособие / В. П. Ярцев, К. А. Андрианов, Д. В. Иванов. – Тамбов: Из-во ТГТУ, 2010. – 120 с.
4. *Чернышов, В. Н., Однолько В. Г., Чернышов А. В.* Методы и системы неразрушающего контроля теплозащитных свойств строительных материалов и изделий / В. Н. Чернышов, В. Г. Однолько, А. В. Чернышов. – М.: Издательский дом «Спектр», 2012. – 200 с.

АНАЛИЗ КОНЦЕНТРАЦИИ ЛЕТУЧИХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ В СОСТАВЕ СУБСТРАТОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОГАЗА THE ANALYSIS OF CONCENTRATION OF VOLATILE FATTY ACIDS IN THE COMPOSITION OF SUBSTRATES FOR BIOGAS PRODUCTION

С. С. Кучур
S. Kuchur

*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
7798608@mail.ru
Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus*

Концентрация летучих жирных (органических) кислот оказывает существенное влияние на выход и состав биогаза в результате анаэробного сбраживания. Соотношение указанных кислот (называемых также эквивалентами уксусной кислоты) дает информацию о состоянии процесса анаэробного брожения. Бактерии уксусной кислоты из органических кислот производят исходные вещества для образования метана. При стабильном процессе образования биогаза концентрация органических кислот в составе исследуемого