Исследование применения метода подобия для оценки гигротермического воздействия на гибкие пористые материалы природного происхождения

Смирнов В.В., Ларина Л.В., Черунова И.В., Лебедева Е.О., Меркулова А.В.

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал() Донского государственного технического университета

Функционирование нанопроцессов интенсифицированного гигротермического воздействия в общем случае может осуществляться за счёт реализации в нём одной или нескольких операций. Каждая из этих операций описывается соответствующими (линейными, нелинейными) уравнениями, связывающими выходные характеристики функционирования процессов с их входными и внутренними (структурными) параметрами. Поэтому определение значений выходных характеристик и оценка качества функционирования процессов гигротермического воздействия является сложной задачей[1].

Использование методов теории подобия позволяет значительно упростить эту задачу за счёт использования критериев подобия, или критериев подобия функционирования.

Критерий подобия функционирования – это безразмерный комплекс, устанавливающий нормативное значение отношения величины выходной характеристики системы к совокупности значений параметров её внешних воздействий и внутренних процессов структуры.

В классической теории подобия [2] существуют критериальные уравнения, описывающие перенос тепла и влаги при сушке в псевдоожиженном слое инертного теплоносителя, полученные путём решения дифференциальных уравнений тепло- и массообмена с граничными условиями.

Критериальные уравнения в общем виде для средних характеристик полей температур и влагосодержаний имеет вид: T=f(F0g,Lu,Big,Kig,Ko,e-1), (1); V=f(F0m,Lu,Bim,Kim,Po),(2), где T – средняя безразмерная температура; V – среднее безразмерное влагосодержание; F0g ,F0m– тепло- и массообменный критерий Фурье; Lu – критерий Лыкова; Big, Bim – тепло- и массообменный критерий Био; Kig, Kim – тепло- и массооб-менный критерий Кирпичева; Ko – критерий Коссовича; Po – критерий Поснова; e-1– кри-терий фазового превращения.

Массообменный критерий Фурье характеризует скорость перестраивания концентрационного поля внутри материала и определяется по уравнению (3): Fom=amt/R2 (3), где am– коэффициент теплоотдачи;t – время;R – радиус капилляров.

Значение критерия Fom изменяется при сушке в пределах 0,35–1,30. Начальный период сушки, когда Fom = 0,35-0,4, соответствует времени, в течение которого нарастает неравномерность распределения влагосодержания до его максимального значения.

Критерий Лыкова Lu равен отношению коэффициентов диффузии влаги и тепла Lu=am/d (4), где am – коэффициент диффузии влаги; d – коэффициент диффузии тепла.

Значение критерия Лыкова Lu изменяется в процессе сушки от 0,33 до 0,13, т.е. поле температур развивается быстрее, чем поле влагосодержаний (материал нагревается быстро, но медленно отдаёт влагу).

Критерий Кирпичева Kim является одним из основных в теории массообмена: Kim=jR/amρ0(u0-uρ) (5), где – начальное и равновесное влагосодержание кожи, кг/кг; R– радиус капилляров; j – поток тепла.

Значение критерия Kim изменяется от 0,17 до 0,60, причём критерий в начале сушки увеличивается, достигает максимума, а затем плавно снижается. Рост критерия происхо-дит в первом периоде и соответствует увеличению поверхностного градиента влагосодержания. Нарастающий градиент говорит о том, что удаление влаги с поверхности опережает подвод её к поверхности. Снижение критерия Kim начинается во втором периоде сушки, когда идёт на убыль интенсивность сушки и коэффициент диффузии влаги уменьшается.

Критерий Поснова выражает отношение интенсивности термовлагопроводности к влагопроводности: P0=σΔt/Δu (6), где – термовлагопроводность; – влагопроводность; - коэффициент, зависящий от свойств материала.

Значение критерия Поснова изменяется от 0,15 до 0,46. Максимальное значение Po соответствует началу сушки, а затем происходит его уменьшение с течением времени, так как падает доля потока влаги, переносимого за счёт термодиффузии.

Однако данные критерии позволяют описать идеальные процессы тепломассопереноса, относящиеся в основном к структуре внешней среды, в которой происходят данные процессы.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки России в рамках ФЦП по гранту № 14.B37.21.0929.

1.Смирнов В.В.,Ларина Л.В.,Черунова И.В.,Колесник С.А.,Князева С.В.,Стефанова Е.Б.,Стенькина М.П.,Савин В.С.,Сирота Е.Н.,Галузо Ю.А.К ВОПРОСУ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ ГИГРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НАТУ-РАЛЬНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ//Современные проблемы науки и образования.–2013.–№ 5;URL:www.science-education.ru/111-10515

2. Гухман А.А. Применение теории подобия к исследованию процессов тепло-массообмена. Процессы переноса в движущейся среде / СПб: Издательство: ЛКИ. – 2010. – 330с.