

Применение субтрактивной кластеризации и алгоритма на основе конкуренции позволило построить модифицированный метод проектирования нейро-нечеткого модуля, который был реализован и протестирован на примере управления агрегатом полимерных покрытий.

Литература

1. Леоненков, А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А.В. Леоненков. – СПб., 2005.
2. Максимова, О.Г. Применение компьютерного моделирования для управления процессом сушки лакокрасочного покрытия на поверхности металлического листа / [О.Г. Максимова и др.] // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2012. – № 4. – Т. 2. – С. 14 – 16.
3. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М., 2006.

4. Штовба, С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С.Д. Штовба. – М., 2007.

5. Chiu, S. An Efficient Method for Extracting Fuzzy Classification Rules from High Dimensional Data / S. Chiu // Advanced Computational Intelligence. – 1997. – V. 1. – № 1.

6. Chiu, S. Fuzzy model identification based on cluster estimation / S. Chiu // Journal of Intelligent and Fuzzy Systems. – 1994. – V. 2. – P. 267 – 278.

7. Chopra, S. Reduction of Fuzzy Rules and Membership Functions and Its Application to Fuzzy PI and PD Type Controller / S. Chopra, R. Mitra, V. Kumar // IJCAS. – 2006. – V. 4. – № 4. – P. 438 – 447.

8. Lin, C.-T. Neural-network-based fuzzy logic control and decision system / C.-T. Lin, G.C.S. Lee // IEEE Transactions on Computers. – 1991. – V. 40. – № 12. – P. 1320 – 1336.

9. Matamoros, S. Подробное описание печной установки для печи грунтового слоя и печи отделочного слоя и термореактора АПП / S. Matamoros. – Леверкузен, Германия, 2005.

УДК 674.815

А.В. Ерофеев

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор В.П. Ярцев

ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ТВЕРДОСТЬ ДЕКОРАТИВНЫХ ПЛИТ

Изучено влияние различных атмосферных воздействий на твердость декоративных плит. Получена экспериментальная зависимость падения твердости декоративного слоя плиты от количества циклов атмосферных воздействий.

Декоративные плиты, неблагоприятные атмосферные воздействия, твердость декоративного слоя.

The paper studies the influence of different weather conditions on the hardness of decorative plates. The experimental dependence of the hardness decreasing of the decorative layer of plates on the number of cycles of weather conditions is obtained.

Decorative plates, unfavorable atmospheric conditions, hardness of the decorative layer.

После ужесточения требований по теплозащите зданий и сооружений в строительстве стали использовать эффективный утеплитель, который необходимо защищать от действия неблагоприятных атмосферных воздействий. К неблагоприятным атмосферным воздействиям относят попеременный переход через 0 °С в осенне-весенний период, сопровождающийся переходом влаги, содержащейся в материале, из одного агрегатного состояния в другое, воздействие повышенных температур в летний период эксплуатации, а также воздействие солнечного света [3]. В качестве защиты от действия атмосферных воздействий в настоящее время применяют различные виды облицовки, в том числе и декоративные плиты, состоящие из основы, связующего и материала декоративного слоя [1]. В качестве основы рассматриваются несколько видов плит: ЦСП, ДСП, ДВП, фанера. А в качестве связующего – два вида термореактивных смол: полиэфирная и эпоксидная смолы. Применение этих смол обусловлено их высокой конкурентно способностью с точки зрения цена – качество – экологичность. Керамзитовый песок,

древесные опилки и песок применяют в качестве материала декоративного слоя. Рассматриваемые плиты имеют не только защитные функции (защита утеплителя от действия внешних неблагоприятных воздействий), но и декоративные. Таким образом, необходимо исследовать влияние неблагоприятных атмосферных воздействий на твердость декоративных плит, по которой можно судить о долговечности декоративного слоя при работе плиты в реальных условиях эксплуатации. Так как изучить совокупное влияние факторов представляется затруднительным, рассмотрим влияние этих факторов на твердость отдельно друг от друга. Под твердостью понимается способность материала сопротивляться проникновению в него другого тела.

Атмосферные воздействия моделировали климатическими испытаниями: систематический переход температур через 0 °С в осенне-весенний период – циклами замораживания / оттаивания, повышенные температуры в летний период – циклами теплового старения, воздействие солнечного света – циклами ультрафиолетового старения.

Для определения твердости декоративных плит после атмосферных воздействий были выполнены 23 цикла замораживания / оттаивания. Данные циклы имели ангармонический вид, т.е. время действия факторов в циклах было различно. Сначала материал в течение 2 ч подвергался замачиванию, затем в течение 2 ч при температуре -30°C происходил процесс замораживания в морозильной камере. Процесс оттаивания длился не менее 4 часов в диапазоне температур от $+20^{\circ}\text{C}$ до $+40^{\circ}\text{C}$. Также были выполнены 23 цикла теплового и ультрафиолетового старения. Время цикла колебалось в диапазоне от 6 до 12 ч. Образцы подвергались тепловому старению в термокамере при температуре $+80^{\circ}\text{C}$, которая фиксировалась с помощью спиртового термометра, а ультрафиолетовому – в камере ультрафиолетового облучения.

Для определения твердости декоративного слоя использовался метод Бринелля, основанный на вдавлении стального шарика в материал. Стальной шарик диаметром 6,4 мм закреплялся на нижней грани рычага на расстоянии 0,3 м от опоры (передаточное число рычага – 5,76). Образец декоративной плиты помещался под стальной шарик, а индикатор часового типа, закрепленный на стойке, – на рычаг. Перед началом нагружения с индикатора часового типа снималось начальное показание. Конечное показание снималось с индикатора после приложения к рычагу нагрузки равной 15 кг и остановки индикаторной стрелки.

Твердость декоративного слоя определяли по формуле:

$$HB = P/\pi dn, \quad (1)$$

где P – нагрузка, приложенная к шарiku, кг; d – диаметр шарика, мм; n – величина погружения шарика в материал, мм. Нагрузка, приложенная к шарiku, равнялась произведению передаточного числа рычага и нагрузки, приложенной к нему.

Экспериментальную зависимость падения твердости декоративного слоя после циклов атмосферных воздействий выбирали из нескольких аппроксимирующих кривых. Критерием выбора служила величина достоверности аппроксимации. Сравнение данных величин для разных аппроксимирующих кривых позволило сделать вывод о том, что падение твердости декоративного слоя в большинстве случаев подчиняется зависимости [2]:

$$HB = an^2 + bn + c, \quad (2)$$

где HB – твердость по Бринеллю; n – количество циклов атмосферных воздействий; a , b , c – коэффициенты, зависящие от вида основы, связующего и материала декоративного слоя, а также от вида воздействия. Значение коэффициента c определяет исходную твердость декоративного слоя.

Однако в некоторых случаях падение твердости описывается зависимостью вида:

$$HB = ae^{-bn}. \quad (3)$$

Таким образом, уравнение (3) также как и уравнение (2) позволяет прогнозировать падение твердости декоративного слоя для определенного вида декоративной плиты в зависимости от времени ее эксплуатации в условиях действия неблагоприятных атмосферных воздействий.

Декоративные плиты на основе ЦСП и связующим из полиэфирной и эпоксидной смол не выдержали четырех и восьми циклов замораживания-оттаивания соответственно, т.е. произошло отслоение декоративного слоя от основы. Следовательно, можно сделать вывод о низкой адгезионной прочности соединений ЦСП – полиэфирная смола и ЦСП – эпоксидная смола. Следует отметить, что адгезионная прочность соединения ЦСП – эпоксидная смола выше, чем адгезионная прочность соединения ЦСП – полиэфирная смола. Так как адгезия в основном обусловлена межмолекулярными взаимодействиями в поверхностном слое, то очевидно, что между исходными материалами возникают слабые межмолекулярные силы.

В процессе замачивания материал поглощает воду, которая в процессе замораживания меняет свое агрегатное состояние. Переход воды из жидкого агрегатного состояния в твердое происходит с увеличением объема, и, как следствие, в материале появляются дополнительные напряжения, которые ведут к деструкции материала. Скорость падения твердости декоративного слоя зависит от скорости протекания процесса поглощения жидкости материалом. Таким образом, чем выше скорость протекания процесса поглощения, тем больше жидкости поглотит материал за определенное время, которая при отрицательных температурах увеличится в объеме, создав более высокие значения дополнительных напряжений.

Значения коэффициентов a , b , c для декоративных плит после циклов замораживания/оттаивания приведены в табл. 1.

Падение твердости декоративного слоя плиты после циклов теплового старения объясняется с позиции термofлуктуационной концепции. Кинетическая единица, находящаяся в так называемой потенциальной яме, колеблется около положения равновесия, но существует вероятность того, что в определенный момент времени данная единица начнет колебаться сильнее и сможет преодолеть энергетический барьер. В данном случае кинетическая единица потеряет свое местоположение, тем самым образовав дефект. Таким образом, приход тепловой флуктуации, а значит и процесс образования дефекта, является вероятностным процессом. При повышении температуры вероятность образования дефектов возрастает. Образование большого числа дефектов приводит к падению твердости. При повышенных температурах также наблюдается процесс медленного разложения материала, т.е. наблюдается процесс термоокислительной деструкции смолы (радикально-цепная реакция окисления).

Значения коэффициентов a , b , c для декоративных плит после циклов теплового старения приведены в табл. 2.

Падение твердости декоративного слоя плиты после циклов ультрафиолетового старения обусловлено тем, что уровень УФ-радиации выше, чем уровень, при котором происходит разрушение химических связей в полимерных цепях. Таким образом, поглощенная энергия вызывает разрушение наиболее сла-

бых химических связей. При этом образуются активные свободные радикалы, которые инициируют деградацию полимера. Значения коэффициентов a , b , c для декоративных плит после циклов ультрафиолетового старения приведены в табл. 3.

Таблица 1

Значения коэффициентов a , b , c после циклов замораживания / оттаивания

Основа	Связующие	Материал декоративного слоя	Коэффициенты		
			a	b	c
ДСП	Полиэфирная смола	Керамзитовый песок	$26,76e^{-0,0285n}$		
		Древесные опилки	0,0285	-1,3752	26,764
		Песок	0,0284	-1,2951	25,152
	Эпоксидная смола	Керамзитовый песок	0,054	-1,554	20,559
		Древесные опилки	0,0501	-1,4683	19,316
		Песок	$15,579e^{-0,0379n}$		
ДВП	Полиэфирная смола	Керамзитовый песок	0,1699	-5,676	70,437
		Древесные опилки	0,1416	-4,5359	54,738
		Песок	0,086	-3,4372	56,75
	Эпоксидная смола	Керамзитовый песок	$20,317e^{-0,0259n}$		
		Древесные опилки	$18,775e^{-0,0262n}$		
		Песок	$18,755e^{-0,0241n}$		
Фанера	Полиэфирная смола	Керамзитовый песок	0,0271	-1,6412	44,876
		Древесные опилки	0,0303	-1,5128	37,551
		Песок	$32,741e^{-0,026n}$		
	Эпоксидная смола	Керамзитовый песок	$22,672e^{-0,0322n}$		
		Древесные опилки	0,2034	-5,2175	40,654
		Песок	0,0512	-1,8312	25,274

Таблица 2

Значения коэффициентов a , b , c после циклов теплового старения

Основа	Связующие	Материал декоративного слоя	Коэффициенты		
			a	b	c
ЦСП	Полиэфирная смола	Керамзитовый песок	0,037	-1,804	55,359
		Древесные опилки	0,06448	-2,8129	58,71
		Песок	$67,791e^{-0,0204n}$		
	Эпоксидная смола	Керамзитовый песок	0,0358	-0,9324	26,478
		Древесные опилки	0,0632	-23,058	37,027
		Песок	$25,655e^{-0,022n}$		
ДСП	Полиэфирная смола	Керамзитовый песок	$50,476e^{-0,0214n}$		
		Древесные опилки	0,06	-2,8415	58,762
		Песок	0,0695	-2,9553	66,661
	Эпоксидная смола	Керамзитовый песок	0,0194	-0,637	19,336
		Древесные опилки	$21,379e^{-0,0447n}$		
		Песок	0,0671	-1,9573	26,462
ДВП	Полиэфирная смола	Керамзитовый песок	0,0477	-2,4516	61,29
		Древесные опилки	0,0602	2,7995	59,968
		Песок	0,0909	3,883	72,474
	Эпоксидная смола	Керамзитовый песок	-0,0122	-0,1311	19,788
		Древесные опилки	0,023	-1,0747	25,668
		Песок	-0,0466	0,6976	16,285
Фанера	Полиэфирная смола	Керамзитовый песок	$67,376e^{-0,0296n}$		
		Древесные опилки	0,0177	-1,2373	47,915
		Песок	0,1132	-5,0371	87,064
	Эпоксидная смола	Керамзитовый песок	-0,0385	0,5192	15,997
		Древесные опилки	0,0923	-2,6658	32,42
		Песок	-0,05	0,4878	22,801

Значения коэффициентов a , b , c после циклов ультрафиолетового старения

Основа	Связующие	Материал декоративного слоя	Коэффициенты		
			a	b	c
ЦСП	Полиэфирная смола	Керамзитовый песок	0,0224	-1,348	51,282
		Древесные опилки	0,0592	-2,4291	51,256
		Песок	0,0126	-0,7671	44,783
	Эпоксидная смола	Керамзитовый песок	$25,232e^{-0,0298n}$		
		Древесные опилки	$27,761e^{-0,034n}$		
		Песок	-0,0563	0,5609	22,395
ДСП	Полиэфирная смола	Керамзитовый песок	-0,0663	1,247	41,216
		Древесные опилки	-0,0127	0,0883	34,928
		Песок	0,0473	-1,8249	53,791
	Эпоксидная смола	Керамзитовый песок	0,0116	-0,2948	18,462
		Древесные опилки	$19,696e^{-0,0347n}$		
		Песок	0,0283	-0,9346	19,407
ДВП	Полиэфирная смола	Керамзитовый песок	0,2369	-9,3629	116,23
		Древесные опилки	0,0453	-2,1225	53,19
		Песок	0,077	-3,2364	63,793
	Эпоксидная смола	Керамзитовый песок	-0,0504	0,8625	13,486
		Древесные опилки	-0,0355	0,3072	19,856
		Песок	-0,0536	1,0525	13,008
Фанера	Полиэфирная смола	Керамзитовый песок	$52,499e^{-0,023n}$		
		Древесные опилки	0,0323	-1,7074	51,352
		Песок	0,0192	-0,8608	40,234
	Эпоксидная смола	Керамзитовый песок	-0,0457	0,5036	21,088
		Древесные опилки	0,0237	-1,0761	25,642
		Песок	$19,671e^{-0,0226n}$		

Полученные результаты позволяют в зависимости от вида декоративной плиты и времени ее эксплуатации в условиях действия неблагоприятных атмосферных воздействий прогнозировать падение твердости декоративного слоя.

Литература

1. Ерофеев, А.В. Технология изготовления декоративно-защитных плит покрытия / А.В. Ерофеев, В.П. Ярцев // Современные твердофазные технологии: теория, практика

и инновационный менеджмент: Материалы III Международной научно-инновационной молодежной конференции 31 октября – 2 ноября 2011 г. – Тамбов, 2011. – С. 79 – 82.

2. Ерофеев, А.В. Эксплуатационные характеристики декоративно-защитных плит покрытия зданий и сооружений / А.В. Ерофеев // АCADEMIA. Архитектура и строительство. Вып. 3. – М., 2011. – С. 112 – 113.

3. Ярцев, В.П. Прогнозирование поведения строительных материалов при неблагоприятных условиях / В.П. Ярцев, О.А. Киселева. – М., 2009.

УДК 69.691.3

О.В. Ефремова, С.В. Демидов, В.С. Грызлов

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОГО ДРЕВОШЛАКОВОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Статья посвящена исследованию физико-механических и теплофизических свойств нового строительного материала на основе граншлака и древесных опилок посредством методов математического планирования эксперимента. Подобран рациональный состав и произведен сравнительный анализ наиболее распространенных строительных материалов и древошлакового композиционного материала, в результате которого установлено существенное преимущество последнего.

Древошлаковый композиционный материал, математическое моделирование, рациональный состав, прочность при сжатии, плотность и теплопроводность в сухом состоянии, сравнительный анализ.

The article is devoted to the study of physico-mechanical and thermophysical properties of new construction materials on the basis of slag and sawdust by means of the methods of mathematical planning of the experiment. Rational composition has been selected