

Шинкевич Елена Святославовна, д-р техн. наук, профессор, Одесская государственная академия строительства и архитектуры (г. Одесса, Украина)

Гришин Сергей Иванович, канд. техн. наук, доцент, Одесский национальный политехнический университет (г. Одесса, Украина)

Тертычный Андрей Андреевич, младший научный сотрудник, Одесская государственная академия строительства и архитектуры (г. Одесса, Украина)

АНАЛИЗ СВОЙСТВ МОДИФИЦИРОВАННЫХ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

© РУП «Институт БелНИИС», 2019
Institute BelNIIS RUE, 2019

АННОТАЦИЯ

На основе выполненных в работе исследований проведен сравнительный анализ изменения свойств активированных и не активированных смесей и мелкозернистых бетонов на их основе в зависимости от разной удельной поверхности тонкодисперсных наполнителей: трепела или песка; от содержания микронаполнителей: высокоактивного метакаолина, волластонита и водоредуцирующих добавок-суперпластификаторов С-3 или Melflux. Показано, что при переходе на другой вид наполнителя, даже такого же химического состава, оптимальные дозировки всех компонентов и их соотношение необходимо корректировать. При переходе на другой вид приготовления смесей соотношение компонентов также изменяется. Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена эффективность совместного использования тонкодисперсных наполнителей заданной дисперсности, суперпластификатора С-3 или Melflux, высокоактивного метакаолина совместно с волластонитом в составе смесей для

мелкозернистых бетонов в качестве полифункциональных модификаторов. Проведенные исследования показывают широкие возможности модификации составов органоминеральными экологически безвредными добавками и свидетельствуют о рациональности разработок комплексных полифункциональных модификаторов отдельно для активированных и не активированных мелкозернистых бетонов. Для активированных смесей рационально также нормировать более широкий спектр технологических свойств. Практические результаты, полученные авторами, обеспечивают как повышенные по сравнению с нормированными, так и высокие дополнительные показатели качества. Высокая степень влияния количественного состава мелкозернистых бетонов полифункционального назначения на их свойства предопределяет актуальность разработок универсальных программных комплексов.

Разработана информационная модель системы поддержки принятия решений в процессе анализа свойств мелкозернистых бетонов полифункционального назначения.

Ключевые слова: метакаолин, волластонит, тонкодисперсные наполнители, активация, математические модели, оптимизация, хранилища данных.

Для цитирования: Шинкевич, Е. С. Анализ свойств модифицированных мелкозернистых бетонов полифункционального назначения и информационная модель системы поддержки принятия решений / Е. С. Шинкевич, С. И. Гришин, А. А. Тертычный // Проблемы современного бетона и железобетона : сб. науч. тр. / Ин-т БелНИИС; редкол.: О. Н. Лешкевич [и др.]. – Минск, 2019. – Вып. 11. – С. 312–330. <https://doi.org/10.35579/2076-6033-2019-11-19>

Elena Shinkevich, DSc in Engineering Science, Professor, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture (Odessa, Ukraine)

Sergey Grishin, PhD in Engineering Science, Associate Professor, Odessa National Polytechnic University (Odessa, Ukraine)

Andrey Tertychny, Junior Researcher, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture (Odessa, Ukraine)

ANALYSIS OF THE PROPERTIES OF MODIFIED FINE-GRINNED CONCRETES OF POLYFUNCTIONAL PURPOSE AND INFORMATION MODEL OF DECISION SUPPORT SYSTEM

ABSTRACT

Based on the research performed, a comparative analysis of the changes in the properties of activated and non-activated fine-grained mixtures and solutions depending on the different specific surface fine fillers: finely ground trepel or sand, as well as on the content of inorganic PFM: highly active meta-kaolin, wollastonite and super-plasticizing additive superplasticizer C-3 or Melflux. The carried out researches show wide possibilities of modification of compositions by organomineral ecologically harmless additives and testify to rationality of development of complex additives separately for the activated and not activated fine-grained solutions. It is shown that when switching to another type of filler, even the same chemical composition, the dosages of all components and their ratio should be adjusted optimally. When switching to another type of mixture preparation, the ratio of components. Practical results obtained by the author provide the required and additional quality indicators, increase the physical and mechanical properties of fine-grained solutions, increase productivity. Theoretically substantiated and experimentally confirmed the effectiveness of the joint use of fine fillers, superplasticizer C-3 or Melflux, the high activity of metakaolin and wollastonite as a part of the binder in the fine-grained mixture and concrete.

The data model of the decision support system for analyzing the properties of fine-grained multifunctional concrete has been developed.

Keywords: metakaolin, wollastonite, fine fillers, activation, mathematical models, optimization, data warehouse.

For citation: Shinkevich E., Grishin S., Tertychny A. Analysis of the properties of modified fine-grinned concretes of polyfunctional purpose and information model of decision support system. *Contemporary Issues of Concrete and Reinforced Concrete: Collected Research Papers*. Minsk. Institute BelNIIS. Vol. 11. 2019. pp. 312–330. <https://doi.org/10.35579/2076-6033-2019-11-19> (in Russian)

ВВЕДЕНИЕ

Современное строительство требует применения новых эффективных материалов, среди которых важное место занимают высококачественные мелкозернистые растворы на высокоподвижных смесях. Получение мелкозернистых смесей высокой однородности, жизнестойкости и прочности невозможно без использования полифункциональных добавок-модификаторов, наиболее эффективными из которых являются комплексы на основе суперпластификаторов и высокодисперсных минеральных добавок на основе микрокремнезема. Однако препятствием к широкому применению таких комплексов в Украине является их высокая стоимость. Конкурентоспособной минеральной добавкой, как показано в работах Дворкина Л. И. [1], является высокоактивный метаксаолин, представленный в виде дисперсного порошка в результате обжига обогащенных метаксаолиновых глин. Различные кремнеземсодержащие активные микро- и макронаполнители с различными величинами площади удельной поверхности, структурой и полиминеральным составом могут по-разному влиять на реологию смесей, процессы структурообразования и твердения растворов.

Важным нововведением в технологии высокоподвижных смесей и растворов является применение высокоскоростных смесителей-активаторов. Активация обеспечивает высокую стойкость к трещинам и высокую адгезию к различным основам, а на пористых наполнителях – еще и высокие теплозащитные и акустические свойства. В то же время вопросы совместного действия этих добавок и приоритетность их влияния на свойства смесей и бетонов, разработка высокоподвижных смесей с различными пластификаторами изучены недостаточно.

Одним из факторов, позволяющих интенсифицировать исследование в этой области и внедрение результатов исследования, является применение информационных технологий, в частности – систем поддержки принятия решений. Систематизация исследуемых параметров и экспериментальных результатов позволяет быстро ответить на вопросы, возникающие у производителей в процессе принятия решений, а также увеличить объем моделирования, снизить вероятность ошибочных решений. Однако вопросы проектирования систем компьютерного материаловедения не получили освещения в литературе.

Цель работы: разработка составов высокоподвижных смесей, модифицированных разными по происхождению и строению кремнеземистыми добавками – микро- и макронаполнителями, получение на их основе бетонов полифункционального назначения с высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами, а также параллельное обследование алгоритмов синтеза растворов для определения общих для систем поддержки принятия решений компьютерного материаловедения шаблонов проектирования.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи.

1. Проанализировать по экспериментально-статистическим (ЭС) моделям закономерности влияния кремнеземсодержащих добавок макро- и микронаполнителей различной природы с различной площадью удельной поверхности и добавок-суперпластификаторов на реологические, физико-механические, строительно-эксплуатационные свойства смесей и бетонов, приготовленных двумя разными способами.

2. Разработать оптимальные составы для оштукатуривания, монтажа, кладки и устройства элементов полов с улучшенными свойствами с учетом технологий их приготовления.

3. В результате мониторинга составов мелкозернистых бетонов на основе модифицированных высокоподвижных смесей полифункционального назначения определить возможные информационные модели систем поддержки принятия решений.

Материалы, применяемые в исследовании. Для изготовления мелкозернистых бетонов были использованы следующие

материалы: портландцемент марки ПЦ I-500-Д0 («Хайденберг Цемент Украина» ГОСТ В.2.7-46: 2010); песок карьерный Вознесенского (Никитинского) месторождения с M_k 1,25 (ДСТУ ВВ.2.7-232: 2010). Добавки – суперпластификатор С-3 (ТУ 2481-001-51831493-00) или поликарбоксилатный гиперпластификатор Melflux; минеральный макронаполнитель – тонкомолотый трепел Кировоградского механического завода (ТУ У14.2-00374485-004: 2005), размолотый до Суд- 300, 450 и 600 м²/кг; для сравнения – молотый кварцевый песок, также размолотый до Суд-300, 450 и 600 м²/кг; в качестве добавки, снижающей процессы усадки, повышающий трещиностойкость использовался волластонит (ВЛ) – (CaSiO₃) МВ-05-96, («Импексинвест» г. Харьков); для уплотнения структуры бетона применяли высокоактивный метакаолин (ВМК) (ТУ У 14.2-363632275-001: 2009), ООО «Мета-Д».

Методы исследований: подвижность, расслаиваемость и раствороотделение определялись по ДСТУ В.2.7-239: 2010. Время жизнестойкости смеси в соответствии с ДСТУ В.2.7-185: 2009. Плотность смеси определялась в соответствии с ДСТУ Б В.2.7-114-2002. Прочность при сжатии и при изгибе по ГОСТ В.2.7-187: 2009. Трещиностойкость – по ГОСТ 29167-91. Водостойкость и водопоглощение – ГОСТ Б.В.2.7-239: 2010. Морозостойкость – в соответствии с ГОСТ Б.В.2.7-239: 2010.

Экспериментальные исследования. Комплексные исследования включали натурные эксперименты с использованием планируемых многофакторных экспериментов для получения экспериментально-статистических (ЭС) моделей. Построение и анализ ЭС-моделей выполнялись с применением диалоговой системы SOMPEX, специально синтезированных планов (В. Вознесенский, Т. Ляшенко) и стандартных программ Microsoft Office. Для определения оптимального состава применен метод подбора состава мелкозернистой смеси с использованием ЭС-моделированием. В результате реализации натурных экспериментов рассчитаны ЭС-модели изменения семи реологических свойств для 24 различных составов смесей и 14 физико-механических свойств бетонов.

Важное значение имеет не только выбор, но и рациональное объединение материалов, добавок и наполнителей. Анализ

взаимовлияния добавок-наполнителей и добавок пластификаторов и оценка синергетических эффектов между ними проведены по одинаковым шестифакторным планам МТQ. В двух экспериментах использован молотый трепел, в двух других – молотый песок. В качестве независимых факторов состава варьировалось содержание микронаполнителей $ВМК = X_4 = (6 \pm 4)\%$; $ВЛ = X_5 = 5 \pm 5 \%$ и суперпластификатора $С-3 = X_6 = 1 \pm 0,5 \%$.

Для оценки эффективности приготовления растворных смесей рассматривались разные условия их приготовления: традиционный способ перемешивания в тихоходном смесителе с числом оборотов 300–400 об./мин. и перспективный способ перемешивания в смесителе-активаторе с числом оборотов 2400 об./мин. Образцы твердели в нормальных условиях: $T = 22 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$, $P_{\text{атм}}$.

В первом и втором экспериментах подвижные неактивированные смеси с тонкомолотым песком (НАС-П) и тонкомолотым трепелом (НАС-Т) с $В/Ц=0,5$ готовились традиционным способом. В третьем и четвертом экспериментах готовились высокоподвижные активированные смеси с кварцевым песком (АС-П) и с трепелом (АС-Т) аналогичных составов с $В/Ц=0,7$ в скоростном смесителе.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Рассчитаны и проанализированы экспериментально-статистические (ЭС) модели, которые описывают влияние выбранных и обоснованных факторов состава на свойства.

Реологические и физико-механические свойства высококачественных растворов зависят как от вида и содержания минеральных добавок – наполнителей, так и от состава и количества органических добавок. Важным фактором являются также технологические параметры приготовления смесей.

В результате реализации экспериментов рассчитаны четыре группы ЭС-моделей, которые описывают изменение одинаковой группы свойств в каждом эксперименте [2–5]. На первом этапе исследований проведены оценка и анализ реологических свойств с учетом технологических условий приготовления смесей.

Технологическая эффективность растворяемых смесей определяется в значительной степени ее подвижностью.

Подвижность смесей зависит от технологических условий их приготовления и от состава и В/Ц отношения. Она изменяется в диапазоне ОК = (6 ÷ 16) см для подвижных и ОК = (20 ÷ 30) см для высокоподвижных смесей (рис. 1).

Плотность смесей изменяется в среднем на 40 %:
 $P_{НАС-П} = 2080 \div 2360$ кг/м³, $P_{НАС-Т} = 1760 \div 2020$ кг/м³,
 $P_{АС-П} = 1840 \div 1980$ кг/м³, $P_{АС-Т} = 1650 \div 2040$ кг/м³.

Показатель расслаиваемости по нормам ДСТУ не должен превышать 5 %.

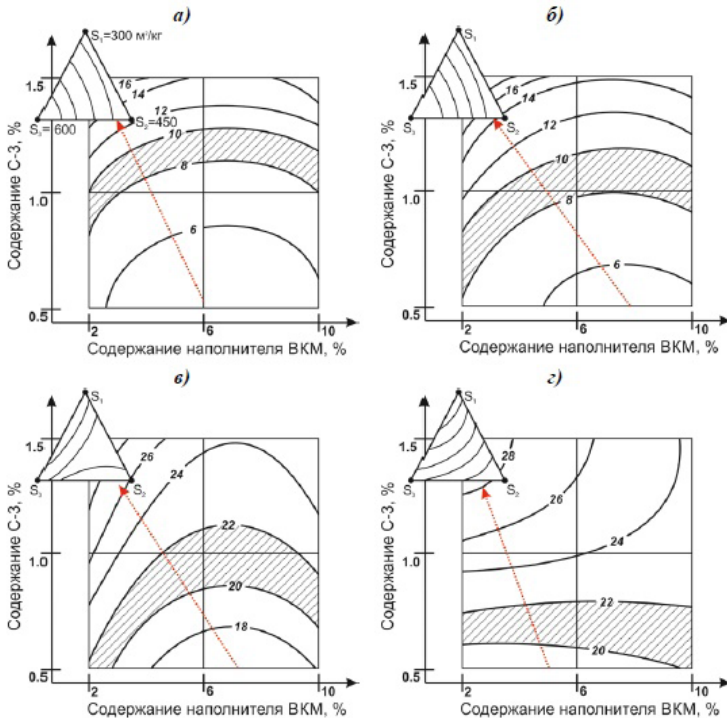


Рисунок 1. Диаграммы изменения осадки конуса неактивированных смесей:
 а) – на тонкомолотом песке, б) – на трепеле; и активированных смесей:
 в) – на тонкомолотом песке, г) – на трепеле

Не активированные смеси (НАС) – не расслаиваемы. Для активированных смесей при содержании С-3 < 1 % и при отсутствии или минимальном содержании ВЛ показатель расслаиваемости превышает норму, что опосредованно может свидетельствовать о недостаточной в данном случае пластификации смеси. Повышенное содержание С-3 до 1,0 ÷ 1,5 % способствует нормализации расслаиваемости независимо от содержания ВЛ и ВМК и может быть связано с высокоразвитой структурой порового пространства применяемых наполнителей. В данном случае ВЛ и ВМК в оптимальном количестве выполняют роль стабилизаторов и гомогенизаторов смесей.

Для активированной растворной смеси, модифицированной трепелом, значение раствороотделения при норме $\text{tg } \alpha > 0,25$ изменяется от 0,38 до 0,56. С учетом дисперсности наполнителей раствороотделения растворной смеси может быть уменьшен до значений $\text{tg } \alpha = 0,6 \div 0,7$.

Следовательно, для активированных смесей и неактивированных смесей важно определение таких показателей, как расслоение и раствороотделение, которые в ДСТУ не предусмотрены. Для оптимальных составов активация смесей понижает расслоение и раствороотделение.

Сроки схватывания корректируются составом и условиями приготовления. Повышенное содержание суперпластификатора С-3 отодвигает момент начала схватывания. Однако введение добавки ВЛ (CaSiO_3) совместно с ВМК приводит к ускорению периода гидратации цементных минералов [3]. Начало сроков схватывания находится в пределах 50 ÷ 180 мин., а промежуток времени между началом и концом схватывания (период пригодности, или время жизнестойкости) составляет 120–270 мин. в зависимости от вида тонкомолотых наполнителей, подвижности и условий приготовления смесей. Неактивированные смеси с трепелом схватываются несколько медленнее, чем с кварцевым песком, что может быть связано, особенно в начальный момент времени, с увеличением содержания кремниевой кислоты и снижением рН.

Вычислительные эксперименты по ЭС-моделям позволяют сделать важное заключение о том, что даже при условии равноподвижности $\Pi = \text{const}$ смесей реологические показатели,

которые характеризуют эффективность смесей в процессе технологической переработки, могут существенно отличаться.

Разные тенденции поведения смесей на кремнеземсодержащих наполнителях разного вида, строения, структуры и дисперсности могут являться косвенным свидетельством того, что механизмы формирования структуры в таких смесях будут проходить по-разному, что отражается на уровнях изменения физико-механических свойств. Поэтому необходимо одновременно учитывать реологическую эффективность разных по природе и гранулометрии наполнителей, суперпластификатора и условий приготовления смесей: тихоходные либо скоростные смесители.

На следующем этапе исследований проведен сравнительный анализ изменения физико-механических и эксплуатационных свойств.

Прочность на сжатие. Определялась на стандартных образцах-балочках. Совместное применение ВЛ и ВМК оказывает положительное влияние на $R_{сж}$, повышая $\delta R_{сж}$ до 25 % (для НАС-П). За счет синергетического взаимодействия всех выбранных факторов с учетом условий приготовления смесей диапазон изменения $\delta R_{сж}$ изменяется: с тонкомолотым трепелом – в 1,54 раза, с тонкомолотым песком – в 2,1 раза. При выборе оптимальных составов следует учитывать важный вывод о том, что влияние $S_{уд}$ макронаполнителей (трепел/песок) до 35 % выше совместного влияния микронаполнителей ВЛ, ВМК и С-3 и что максимальные значения $R_{сж}^{max}$ разных четырех смесей достигаются при различной удельной поверхности S_y песка или трепела. $R_{сж}^{max} = 37; 40; 38; 25$ МПа для четырех исследуемых смесей соответственно.

Прочность на растяжение при изгибе. Обращает на себя внимание тот факт, что ВЛ, который выполняет функцию микроармирования аналогично ВМК, синергетически взаимодействует между собой, в результате диапазон изменения $R_{изг}$ увеличивается до 2 раз.

Максимальные и минимальные значения прочностей $R_{сж}$ и $R_{изг}$ значительно превышают значения, нормированные ДСТУ для растворов различного вида, в том числе элементов полов: стяжек СТ1, СТ2, СТ3–3,5, 4,5, 6 МПа, покрытий полов ПО1, ПО2–5 МПа, ремонтных составов РМ3 ≥ 5 МПа, для замоналичивания швов ≥ 7 МПа, для кладки всех видов блоков МР2, МР3 ≥ 7 МПа. В среднем значения $R_{сж}$ и $R_{изг}$ различаются более чем в 2,5

раза. Общие тенденции изменения для четырех видов смесей различны. Следует отметить положительный синергетический эффект от влияния как микронаполнителей (ВЛ, ВМК, С-3), так и дисперсности макронаполнителей.

Трещиностойкость изменяется в 2 раза: от 0,5 до 1 МПа*м^{0.5}. Общие тенденции изменения трещиностойкости активированных и не активированных смесей разные. Максимальные значения трещиностойкости на не активированных смесях достигаются при максимальном содержании ВМК, С-3 и ВЛ.

Повышению деформационной, в том числе абразивной, и трещиностойкости способствует микроволластонит CaSiO₃^e (рН=9,5 ÷ 10,5). Наблюдается нейтрализация значительного присутствия ВЛ модификациями кварца до рН=7,5–8,5. Водостойкость составов на трепеле выше, чем составов на тонкомолотом песке. Коэффициент размягчения в первом случае $K_p = 0,82 \div 1$, что связано с образованием вторичных водостойких гидросиликатов кальция в результате взаимодействия аморфного кремнезема с портландцементом. Наибольшее влияние на K_p оказывает $S_{уд}$.

Водопоглощение модифицированных бетонов, которое характеризует пористость и проникновение жидкостей и газов, не превышает 3–6 % в первую очередь за счет замены кварцевого молотого песка трепелом с $S_{уд} = 300$ и 600 м²/кг.

Морозостойкость входит в комплекс нормированных свойств растворов и должна составлять не менее F50 циклов. Образцы с тонкомолотым трепелом оптимального состава обладают морозостойкостью F50–F75. Максимальная морозостойкость F75 получена при содержании ВМК = 10 %, ВЛ = 5–10 % и С-3 = 1–1,5 %. Значительное влияние на морозостойкость оказывает фракция трепела $S_{уд} = 600$ м²/кг.

На заключительном этапе исследований проведена многокритериальная оптимизация составов мелкозернистых бетонов [6]. Рекомендованы оптимальные составы растворов для устройства элементов пола, в частности, стяжек трех различных видов СТ1, СТ2 и СТ3, для устройства покрытий ПО1 и П2, для кладки МР2 и МР3, ремонта поверхностей РМ3 и для оштукатуривания поверхностей МН1 (табл.1–3).

Результаты мониторинга исследуемого набора составов позволили определить стандартные задания по обработке информации, которые имеют место на начальном этапе автоматизации аналитических

исследований. К ним можно отнести накопление экспериментальных данных, использование типовых алгоритмов анализа, табличную и графическую визуализацию результатов исследования.

Для накопления данных можно использовать электронные формы справочников (материалов, масс и удельных поверхностей добавок); форму входных данных (перечня добавок); форму результатов эксперимента (свойств композитов).

Таблица 1

Свойства стяжек на основе активированных и не активированных растворных смесей

Наименование	Требования ДСТУ Б В.2.7- 126:2011			Свойства стяжек			
	СТ1	СТ2	СТ3	НАС-П	АС-П	АС-Т	НАС-Т
Марка стяжки	СТ1	СТ2	СТ3	СТ3	СТ2	СТ1	СТ2
Подвижность не менее, см	8			< 15см	≥8см	>17	>17
Время жизнеспособности, не менее, мин.	20			80÷260	80÷260	90÷ 300	90÷ 360
Крупность заполнителя	1,25			1.25	1.25	1.25	1.25
Прочность на сжатие, МПа - через 3 сут. - через 28 сут.	5 15	5 20	10 35	≥ 10 36	≥ 11 33	3÷8 19÷25	≥ 9 27÷28
Прочность на растяжение при изгибе, МПа. - через 28 сут.	3,5	4,5	6	7÷12	7,5÷10	4,5÷7	8÷9.5
Прочность сцепления с бет. основой после выдержки в возд. сух. условиях Мпа, не менее	0.2	0.5	0.5	>0,5	>0.5	>0.2	>0.5
Усадка, не более, мм/м	2.0			<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Морозостойкость, циклов	-	50		50	-	-	-
Дополнительные требования							
Раствороотделение, не более	tga ≥ 0,25 (4 %)			tga ≥ 0.25	tga ≥ 0.3	tga > 0.5	tga > 0,3
Расслаиваемость, %, не более	5			<5	<5	<5	<5
Плотность смеси, кг/м ³	-			1780÷ 2210	1850÷ 2240	1650÷ 2040	1760÷ 2020
Плотность раствора, кг/м ³	-			2040÷ 2215	2040÷ 2260	1930÷ 2200	2030÷ 2280
Трещиностойкость МПа*м-0,5	-			0.95/1	0.65	0.95	0.65/ 0.95
Теплопроводность. Вт/м °С	-			λ<0.95	λ <0.85	λ <0.85	λ <0.95

**Свойства покрытий на основе активированных
и не активированных растворных смесей**

Наименование	Требования ДСТУ Б В.2.7- 126:2011		Свойства покрытий			
			АС-Т	НАС-Т	АС-П	НАС-П
Марка покрытия	ПО1	ПО2	ПО1	ПО1	ПО2	ПО2
Подвижность, не менее, см	17	17	>17	>17	>17	>17
Время жизнеспособности, не менее, мин.	20		90÷300	90÷360	80÷260	80÷260
Крупность заполнителя	1,25		1.25	1.25	1.25	1.25
Расплыв, не менее, см	17		14÷25	10÷17	8÷18	8÷17
Прочность на сжатие, МПа - через 3 сут. - через 28 сут.	7 25	10 35	3÷8 19÷25	≥ 9 26÷32	≥ 11 22÷33	≥ 10 19÷36
Прочность на растяжение при изгибе, МПа. - через 28 сут.	5,0		4,5÷7	7.5÷9,5	7÷12	7.5÷10
Прочность сцепления с бет. основой после выдержки в возд. сух. условиях Мпа, не менее	1.0		1.1	-/1.4÷1,9	-	-/1.6÷1,9
Истираемость г/см ² , не более	-	0,7	< 0.7	< 0,7	< 0.7	< 0.7
Усадка, не более, мм/м			1.4	1.5	1.6	1.7
Морозостойкость, циклов	-	75	75	75	75	75
Дополнительные требования						
Раствороотделение, не более	tgα ≥ 0,25 (4%)		tgα > 0,5	tgα ≥ 0,3	tgα ≥ 0,3	tgα ≥ 0,25
Расслаиваемость, %, не более	5	5	<5	<5	<5	<5
Плотность смеси, кг/м ³	-	-	1760÷ 2100	1780÷ 2230	1840÷ 1980	2080÷ 2210
Плотность раствора, кг/м ³	-	-	1930÷ 2200	2030÷ 2280	2040÷ 2260	2080÷ 2280

Таблица 3

**Составы ремонтных, кладочных и монтажных растворов
на основе активированных и не активированных смесей**

Наименование	Требования ДСТУ Б.В.2.7.- 126:2011				Свойства кладоч- ных составов		Свойства ре- монтных и мон- тажных складов	
	MP2	MP3	PM3	MH1	AC-T	AC-T	НАС-П	НАС-П
Марка раствора	MP2	MP3	PM3	MH1	MP2	MP3	PM3	MH1
Крупность заполнителя	1.25	1.25	1.25	-	1.25	1.25	1.25	1.25
Подвижность, не ме- нее, см	5	7	-	-	>5	>7	-	-
Время жизнеспособно- сти, не менее, мин.	120	90	30	30	90÷300	90÷300	80÷260	80÷260
Прочность на сжатие, МПа - через 7сут. - через 28 сут.	5	5	20	40 60	25	25	36/70*	45** 36/70*
Прочность на растяже- ние при изгибе Мпа, не менее	-	-	5	7	8	8	12/12*	12/12*
Морозостойкость, циклов	25- 75	-	-	50	50÷75	50÷75	-	75
Усадка, мм/м, не более	-	-	2.0	1.5	-	-	<2.0	<1.5
Прочность сцепления с бет. основанием, Мпа, не меньше	0.2	0,2	0.8	-	1,1	1,1	-/1,6+1,9	-/1,6÷1,9
Дополнительные требования								
Водостойкость	-	-	-	-	1	1	1/1	1/1
Водопоглощение, %	-	-	-	-	6	6	3/3	3/3

* - в / значения на основе С-3, после / значение на основе Melflux.

** - с добавкой-ускорителем ЛК

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Для вариации алгоритмов анализа обычно используют математические либо статистические программные пакеты [7]. Однако работа с ними требует дополнительных усилий по интеграции с хранилищем данных – импорта данных в программный

пакет, анализа данных средствами пакета, экспорта результатов анализа в хранилище. С другой стороны, популярные серверы баз данных давно имеют в своем составе службы анализа данных и типовые алгоритмы статистической обработки и нейросетевого моделирования. Из них наиболее полным перечнем возможностей по проектированию информационно-аналитических систем обладает Ms SQL Server.

Реализация проекта Ms SQL Server Analysis Service позволяет использовать средства анализа данных различными методами и средства табличной визуализации данных на основе запросов к хранилищу на языке SQL либо на языке многомерных выражений. Проект Ms SQL Server Integration Service позволяет организовать сбор информации сторонних источников данных по ЭС-моделированию с учетом их возможной неоднородности. Графические визуализации результатов анализа данных можно реализовать с помощью проекта Ms SQL Server Reporting Service.

Таким образом, многофункциональность задач пользователей, которые можно реализовать с помощью комплекса служб системы управления баз данных (СУБД) Ms SQL Server, позволяет рассматривать эту СУБД и как основное средство для проектирования хранилища данных.

В качестве модели хранилища экспериментальных данных и данных аналитической обработки принято использовать многомерное пространство с дискретным количеством значений на каждом измерении. В размерном моделировании каждая конкретная модель состоит из одной таблицы, в которой хранятся факты, и нескольких других таблиц, в которых описываются измерения. Первая таблица называется таблицей фактов (fact table), а вторая – таблицей измерения (dimension table). В выбранной нами модели (рис. 2) в качестве измерений приняты материалы добавок, площадь удельной поверхности, процент содержания добавки. В качестве мер или фактов использованы свойства композитов – прочность, интенсивность напряжений, теплопроводность, водостойкость. Введение дополнительного иерархического уровня в виде таблицы «Опорная масса» позволяет расширить варианты описания величины массы добавки.



Рисунок 2. Модель хранилища данных для ЭС-анализа.

Полученная модель отличается от типовых моделей анализа «звезды» и «снежинки». В типовых моделях между таблицами измерений и таблицей фактов присутствует связь «один-ко-многим». В модели хранилища вид этой связи – «многие-ко-многим».

Причина заключается в том, что объектом анализа может являться параметр конкретной добавки в составе композита, а реальным аргументом является коллекция добавок. Это вынуждает ввести дополнительный уровень иерархии таблиц измерений в виде таблицы связей. На рисунке 2 – это таблица «Добавки», строка которой представляет отдельную добавку в составе композита. Соответственно при составлении аналитических запросов нецелесообразно использовать для фиксированных параметров значения по умолчанию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализованы натурные эксперименты и проведен анализ полученных экспериментально-статистических закономерностей, которые описывают изменение свойств смесей и мелкозернистых

бетонов под влиянием кремнеземсодержащих макро- и микронаполнителей различной природы и дисперсности совместно с органическими суперпластификаторами.

На основе полученных результатов рекомендованы оптимальные составы полифункциональных модификаторов для активированных и не активированных смесей, которые отличаются количественным соотношением компонентов при одинаковом качественном их составе. Предлагаемые составы обеспечивают повышенные по сравнению с ДСТУ показатели качества и условия комфортности для различных элементов конструкций.

Многочисленность и многоплановость полученных авторами составов на основе одинаковых по качественному и различным по количественному составам органо-минеральных модификаторов предопределяет целесообразность и актуальность автоматизации аналитических исследований с применением системы поддержки принятия решений. Основной задачей системы является предоставление информации по уже имеющимся составам и полифункциональным модификаторам. Это позволит расширить поле выбора и оценить конкурентоспособность состава.

В качестве инструментальных средств реализации многофункциональных систем поддержки принятия решений при ЭС-моделировании рекомендуется использовать службы интеграции, анализа и отчетности современных систем управления базами данных. Определен перечень типовых задач системы поддержки принятия решений, разработана информационная модель хранилища данных системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дворкин, Л. И. Специальные бетоны / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин. – М. : Инфра-Инженерия, 2012. – 368 с.
2. Тертычный, А. А. Анализ взаимовлияния органо-модификаторов на реологические и эксплуатационные свойства мелкозернистых бетонов / А. А. Тертычный, Е. С. Шинкевич // Проблемы современного бетона и железобетона : сб. науч. тр. / Ин-т БелНИИС; редкол.: О. Н. Лешкевич [и др.]. – Минск, 2017. – Вып. 9. – С. 496–514.

3. Тертычный, А. А. Экспериментально-статистическая оценка свойств активированных и неактивированных мелко зернистых смесей и бетонов / А. А. Тертычный, Е. С. Шинкевич, С. С. Закаблук, И. М. Мироненко // Научный вестник строительства Харьковского национального университета строительства и архитектуры. – 2017. – Вып. 4. – С. 92–99.
4. Shinkevich, E. S. Assessment of the effectiveness of activation offline grainmixtures and concretes modified with organic mineral fillers / E. S. Shinkevich, I. Mironenko, A. Tertychny // Materials of the XIII international scientific and practical conference «Fundamental and applied science». Sheffield: Science and education LTD, 2017. – С. 43–45.
5. Shinkevich, E. S. Comparative analysis of activated and non-activated fine-grained mixtures and concretes modified with organic mineral fillers / E. S. Shinkevich, I. Mironenko, A. Tertychny // Материалы международного научно-технического семинара «Моделирование и оптимизация строительных композитов» / ОГАСА. – Одесса, 2017. – С. 86–88.
6. Тертычный, А. А. Многокритериальная оптимизация составов мелкозернистых бетонных смесей / А. А. Тертычный, Е. С. Шинкевич // Сборник тезисов-докладов международной конференции «Структурообразование, прочность и разрушения композиционных строительных материалов и конструкций» / ОДАБА. – Одесса, 2018. – С. 127–130.
7. Гришин, С. И. Компьютерный анализ данных. Модели, алгоритмы, программы / С. И. Гришин, В. Х. Кириллов, А. К. Ширшков. – Одесса : Издательство ВМВ, 2014. – 304 с.

Статья поступила: 16.11.2019

REFERENCES

1. Dvorkin L. I., Dvorkin O. L. *Spetsialnyye betony* [Special concretes]. Moscow: Infra-Ingeneryya, 2012. 368 p. (rus)

2. Shinkevich E.S., Tertichnij A.A. *Contemporary Issues of Concrete and Reinforced Concrete: Collected Research Papers*. Minsk. Institute BelNIIS. Vol. 9. 2017. pp. 496-514. (rus)
3. Shinkevich E. S., Tertichnij A. A., Zakabluk S. S., Mironenko I. M. *Naukovij visnik budivnictva Harkivskogo nacionalnogo universitetu budivnictva ta arhitekturi*. Vol. 4. 2017. pp. 92-99. (ukr)
4. Shinkevich E. S., Mironenko I., Tertychny A. Assessment of the effectiveness of activation of fine grainmixture sand concretes modified with organic mineral fillers. *Materials of the XIII international scientific and practical conference «Fundamental and applied science»*. Sheffield, Science and education LTD. 2017. pp. 43-45. (en)
5. Shinkevich E. S., Mironenko I., Tertychny A. Comparative analysis of activated and non-activated fine-grained mixturesand concretes modified with organic mineral fillers. *Materiali mizhnarodnogo naukovo-tehnichnogo seminaru «Modelyuvannya ta optimizaciya budivnelnih kompozitiv»*. Odesa, ODABA. 2017. pp. 86-88. (en)
6. Tertichnij A. A., Shinkevich E. S. *Zbirnik tezizov-dopovidej mizhnarodnoyi konferenciyi «Strukturoutvorennnya, micnist i ruznuvannya kompozicijnih budivnelnih materialiv i konstrukcij»*. Odesa, ODABA. 2018. pp. 127-130. (ukr)
7. Grishin S. I., Kirillov V. H., Shirshkov A. K. *Compyuternyy analiz dannykh. Modeli, algoritmy, programmy* [Computer data analysis. Models, algorithms, programs]. Odessa: BMB publishing house, 2014. 304 p. (rus)

Received: 16.11.2019