

УДК (UDC) 691.33

НАУЧНО-ОБОСНОВАННАЯ МЕТОДИКА ПОДБОРА ДОБАВОК ПРИ  
ПРОЕКТИРОВАНИИ СОСТАВА КОМПЛЕКСНО-МОДИФИЦИРОВАННЫХ  
БЕТОНОВSCIENTIFICALLY-BASED SELECTION TECHNIQUE ADDITIONS FOR DESIGNING  
COMPOSITION COMPLEX-MODIFIED CONCRETEАдилходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Цой В.М., Шаумаров С.С.  
Adilhodjaev A.I., Mahamataliev I.M., Tsoy V.M., Shaumarov S.S.Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта (Ташкент, Узбекистан)  
Tashkent Institute of Railway Engineers (Tashkent, Uzbekistan)

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследований по разработке новой классификации цементных бетонов. Впервые предложена научно обоснованная методика выбора минеральных наполнителей и пластифицирующих химических добавок для комплексно-модифицированных бетонов.

**Ключевые слова:** комплексно-модифицированный бетон, минеральные наполнители, подбор состава, пластифицирующие химические добавки, классификация.

**Дата принятия к публикации:** 11.02.2019  
**Дата публикации:** 25.06.2019

**Сведения об авторах:**

**Адилходжаев Анвар Ишанович** – доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта, [anvar\\_1950@mail.ru](mailto:anvar_1950@mail.ru).

**Махаматалиев Иркин Муминович** - кандидат технических наук, профессор кафедры «Строительство зданий и промышленных сооружений» Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта, [erkinmah@mail.com](mailto:erkinmah@mail.com).

**Цой Владимир Михайлович** – доктор технических наук, доцент кафедры «Строительство зданий и промышленных сооружений» Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта, [volodya\\_tsoy@inbox.ru](mailto:volodya_tsoy@inbox.ru).

**Шаумаров Саид Санатович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительство зданий и промышленных сооружений» Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта, [shoumarovss@gmail.com](mailto:shoumarovss@gmail.com).

**1. Введение**

В настоящее время бетон окончательно утвердился в качестве основного строительного материала в мировой практике строительства. Универсальность свойств, высокая технологичность, доступность сырьевой базы, архитектурная привлекательность, экологичность, экономичность являются основными достоинствами бетона [2, 11-13].

**Abstract.** This article presents the results of research on the development of a new classification of cement concretes. For the first time, a scientifically based method for selecting mineral fillers and plasticizing chemical additives for complex-modified concrete was proposed.

**Keywords:** complex-modified concrete, mineral fillers, selection of the composition, plasticizing chemical additives, classification.

**Date of acceptance for publication:** 11.02.2019  
**Date of publication:** 25.06.2019

**Authors' information:**

**Anvar I. Adilkhodjaev** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-rector for scientific work of the Tashkent Institute of Railway Transport Engineers, [anvar\\_1950@mail.ru](mailto:anvar_1950@mail.ru).

**Irkin M. Mahamataliev** - Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department "Construction of buildings and industrial structures" at the Tashkent Institute of Railway Transport Engineers, [erkinmah@mail.com](mailto:erkinmah@mail.com).

**Vladimir M. Tsoy** - Doctor of Technical Sciences, Associate professor of the Department "Construction buildings and industrial structures" at Tashkent Institute of Railway Transport Engineers, [volodya\\_tsoy@inbox.ru](mailto:volodya_tsoy@inbox.ru).

**Said S. Shaumarov** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor of the Department "Construction buildings and structures" at Tashkent institute of railway engineers, [shoumarovss@gmail.com](mailto:shoumarovss@gmail.com).

гичность, экономичность являются основными достоинствами бетона [2, 11-13].

Быстрый и впечатляющий прогресс в научной отрасли - бетоноведении - произошел на стыке XX и XXI веков. Сегодня бетон – очень сложный композиционный строительный материал с высокой функциональностью каждого из компонентов, бетонной смеси и

самого бетона. Один из основных конструктивных показателей бетона - прочность на сжатие - приближается к значениям 200...250 МПа. Тенденции приближения прочности бетонов к прочности металлов вполне реальны. Возросшая функциональность компонентов, бетонной смеси и бетона открыла новые возможности в строительных технологиях. Учитывая современные тенденции развития бетонов мировое технологическое сообщество отнесло его материалам нового поколения [8, 14-16, 19].

Революционный характер развития бетоноведения за последние десятилетия явился причиной появления новых бетонов с уникальными свойствами, получившими название – бетоны нового поколения.

К разряду бетонов нового поколения в настоящее время можно отнести высокофункциональные бетоны (high performance concrete) [17]. Один из создателей такого бетона П.К.Айчин констатирует его отличие в максимально возможных показателях технологичности, прочности, плотности и долговечности. Согласно [18] высокофункциональные бетоны – это инженерный материал, в котором одно или более его специфических свойств улучшены путем обоснованного отбора компонентов, проектирования состава и ухода за твердеющим бетоном.

Ярким примером композитов нового поколения являются современные бетоны, реализованные в [4]. В этих материалах блестяще использованы потенциальные функциональные свойства компонентов бетонных смесей и бетонов. Чрезвычайно высокие возможности бетона и железобетона показаны авторами в технологиях реакционно-порошковых бетонов (reactive powder concrete), а также бездефектных бетонов (macro-defect free concrete) [4].

Во Франции и США в практике строительства широко применяется технология ультрафункциональных бетонов (УНРС), которые отличаются высокой прочностью на сжатие ( $\geq 200$  МПа) и на изгиб ( $\geq 50$  МПа) [5, 21].

К разряду бетонов нового поколения относится и самоуплотняющийся бетон (self-

compacting concrete). В таких бетонах кардинально решена главная технологическая задача – минимизация материальных, энергетических и трудовых ресурсов при достижении заданных свойств бетона [5, 20].

В отечественной практике бетоноведения к разряду бетонов нового поколения можно отнести многокомпонентные высококачественные бетоны, разработанные в ТашИИТе [1]. Эти бетоны содержат в своем составе золу-уноса ТЭС и суперпластифицирующую добавку JK-08, отличаются высокими прочностными и эксплуатационными свойствами.

Приведенный краткий анализ указывает на необходимость разработки новой классификации бетонов с учетом появления и широкого распространения на практике бетонов нового поколения, так как вышеуказанные названия таких бетонов не могут являться классификационным признаком, вследствие того, что в их названиях в основном отображены результаты исследований, полученные при проектировании их составов и оптимизации технологических режимов приготовления бетонных смесей без учета физико-химических взаимодействий и превращений протекающих в сложной многокомпонентной среде.

## 2. Результаты исследований по разработке новой классификации цементных бетонов

В данной статье предлагается новая классификация бетонов, учитывающая все вышеуказанные виды современных бетонов (рис.1). В основу новой классификации заложено то, что в состав бетонов нового поколения могут входить 2 и более вида химических и минеральных добавок, существенно отличающиеся как по химическому составу, так и по механизму воздействия на процессы твердения цементного вяжущего.

В разработанной классификации цементных бетонов (блок А) объединяет традиционные бетоны, получившие широкое практическое применение в 50-70 гг. прошлого столетия. Они содержат в составе в основном четыре компонента: цемент, песок (мел-

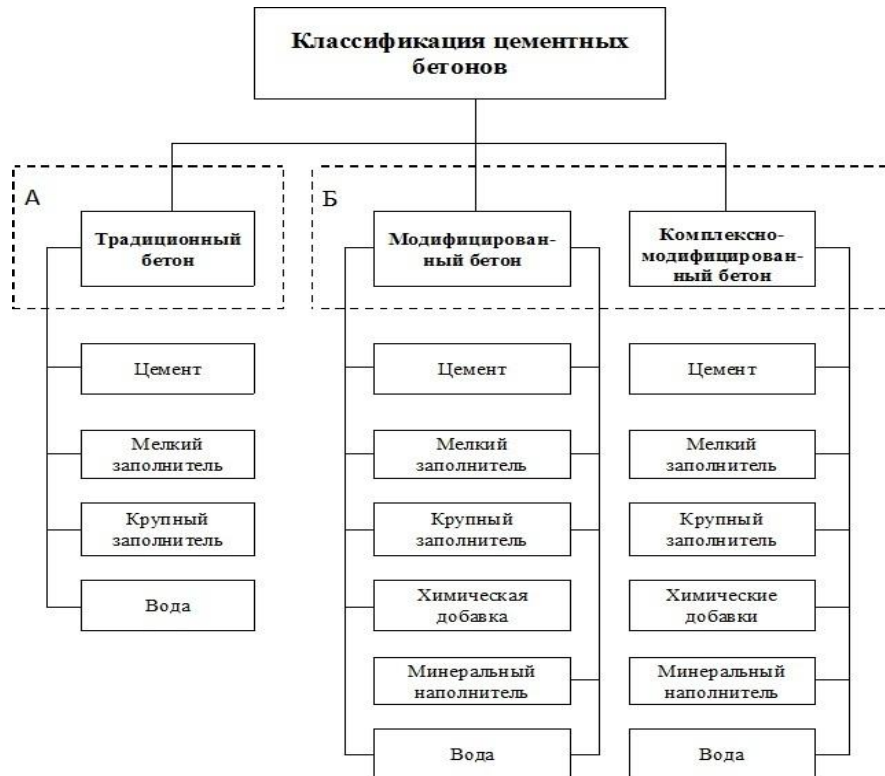


Рис. 1. Предлагаемая классификация цементных бетонов

кий заполнитель), щебень (крупный заполнитель) и воду.

Блок Б представлен бетонами нового поколения (используемых в практике строительства, начиная с 1990-х гг., когда нашли широкое применение суперпластификаторы на поликарбоксилатной основе), включающих две их разновидности:

- модифицированный бетон;
- комплексно-модифицированный бетон.

Отличие между ними заключается в том, что в состав первого входит наряду с компонентами обычного бетона только один из 2-х видов добавок: минеральный наполнитель или пластифицирующая химическая добавка, а в состав второго один и более двух видов добавок химического и минералогического происхождения. Таким образом, данная классификация охватывает практически все виды бетонов нового поколения: высокопрочный бетон, ультравысокопрочный бетон, самоуплотняющийся бетон, бетон с высокими эксплуатационными показателями, многокомпонентный высококачественный бетон и т.д.

Предлагаемая классификация позволяет системно подойти к реализации задач проектирования их составов. Подбор состава бетонов (блок А) не составляет большого труда, так как методики расчета отработаны детально и изложены почти во всех учебниках и учебных пособиях по строительному материаловедению.

Методика подбора состава бетонов нового поколения (блок Б) проработана лишь для модифицированных бетонов, содержащих в своем составе пластифицирующую химическую добавку или тонкодисперсный минеральный наполнитель.

Проектирование состава модифицированных бетонов с пластифицирующими химическими добавками и тонкодисперсными минеральными наполнителями подробно изложен в [6, 7].

Что касается комплексно-модифицированных бетонов, то необходимо отметить, что несмотря на большое количество научных трудов, посвященных этому виду бетонов вопрос разработки методики подбора их состава остается малоизученным, а методики обоснованности использования

минеральных наполнителей в комплексе с пластифицирующими химическими добавками практически остается неизученным.

### 3. Методика выбора минеральных наполнителей и пластифицирующих химических добавок для комплексно-модифицированных бетонов

Авторами впервые сделана попытка разработки научно обоснованной методики выбора минеральных наполнителей и пластифицирующих химических добавок для комплексно-модифицированных бетонов.

По предлагаемой методике оценку пластифицирующих свойств химических добавок необходимо производить по следующему критерию – степени снижения поверхностного натяжения воды.

В основу такого подхода заложена способность пластифицирующей добавки снижать показатель поверхностного натяжения воды при определенной температуре раствора. По нашему мнению, технологические параметры приготовления, количество вводимого наполнителя и свойства активируемого наполненного вяжущего и бетона должны существенно зависеть от химического состава, строения и пластифицирующей способности вводимой добавки.

Для экспериментальных исследований были приняты следующие виды химических добавок и соответствующие им пределы дозирования: ЛТС – 0,1-0,25 %, КНЖ – 0,3-0,9 %, СВК – 0,3-0,9 %, С-3 – 0,3-0,9 %.

На первом этапе исследований изучалось влияние химических добавок на степень снижения поверхностного натяжения воды по методике [11]. В результате проведенных экспериментов получены изотермы поверхностного натяжения водных растворов и добавок (рис. 2). Они представляют собой семейство убывающих кривых с явно выраженным участком перехода от вертикального к наклонному горизонтальному участку.

Это объясняется тем, что в соответствии с уравнением Гиббса [9] при увеличении концентрации химических добавок возрастает адсорбция молекул добавок на межфазной поверхности и снижается поверхностное натяжение водных растворов. Причем при ма-

лых концентрациях химических добавок снижение значения поверхностного натяжения водных растворов более значительная, чем при повышенных дозировках. Характерная же область изотерм свидетельствует о предельном насыщении адсорбционного слоя молекулами химических добавок, которая, как правило, соответствует области рациональных концентраций добавок. Изотермы поверхностного натяжения водных растворов позволяют характеризовать химические добавки по степени снижения поверхностного натяжения воды и, следовательно, по их поверхностно-активным свойствам. Чем ниже расположена изотерма поверхностного натяжения, тем сильнее пластифицирующая способность данной добавки. Более того, в области рациональных дозировок, химические добавки можно характеризовать относительным показателем поверхностного натяжения  $\bar{\sigma}$ . Например, для исследуемых добавок указанный показатель  $\bar{\sigma}$  соответствует следующим значениям: ЛТС – 0,9...0,92; КНЖ – 0,88...0,90; СВК – 0,78...0,80; С-3 – 0,67...0,70.

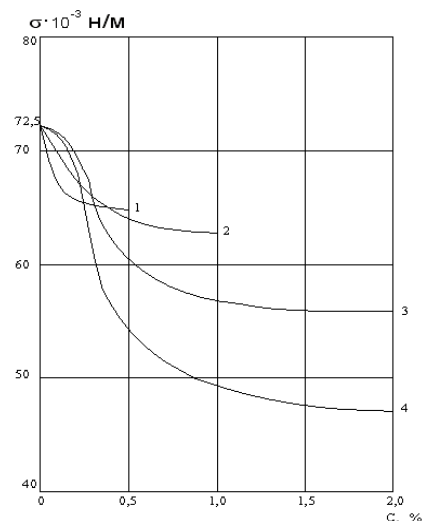


Рис. 2. Изотермы поверхностного натяжения водных растворов химических добавок при  $t=20^{\circ}\text{C}$ : 1, 2, 3, 4 - для химических добавок ЛТС, КЖН, СВК, С-3 соответственно

Анализ полученных значений относительного показателя поверхностного натяжения дает возможность принять следующую классификацию химических добавок по их поверхностно-активным свойствам (табл.1).

Таблица 1

## Классификация пластифицирующих химических добавок по поверхностно-активным свойствам

Относительный показатель поверхностного натяжения	Характеристика химических добавок
Более 0,95	Слабый пластификатор
0,95...0,85	Средний пластификатор
0,85...0,75	Сильный пластификатор
Менее 0,75	Суперпластификатор

Целесообразность такой классификации химических добавок заключается в том, что пластифицирующая способность оценивается по конкретному цифровому значению показателя, которая может быть использована при научно-обоснованном выборе пластифицирующих веществ и дисперсных минеральных наполнителей для цементных бетонов.

Применительно к исследуемым химическим добавкам относительный показатель поверхностного натяжения  $\bar{\sigma}$  позволяет расположить добавки в следующий убывающий ряд: С-3 > СВК > КНЖ  $\geq$  ЛСТ, характеризующий снижение их пластифицирующих способностей.

В предлагаемой методике подбора добавок используется классификация минеральных наполнителей для цементных бетонов по показателю приведенной гидратационной активности, также разработанная авторами.

Подробно изложенная в работе [10] классификация минеральных наполнителей основана на новом критерии - показателе приведенной гидратационной активности, позволяющем более точно оценить вклад поверхностной активности минеральных наполнителей на ход течения процессов взаимодействий и превращений, протекающих в гидратируемой среде. Для подсчета показателя приведенной гидратационной активности минеральных наполнителей используются экспериментально полученные графические зависимости распределения центров адсорбции, расположенные на поверхности этих наполнителей (рис.3).

На основании экспериментальных данных устанавливаются количественное содержание центров адсорбции на поверхности минеральных наполнителей (табл.2).

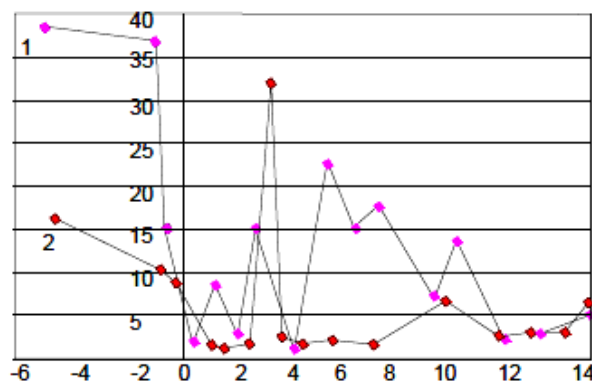


Рис. 3. Распределение центров адсорбции на поверхности: 1- базальтового наполнителя; 2- золы-уноса ТЭС

Предложенный показатель  $P_{pga}$  определяется по формуле

$$P_{pga} = P_{кв} + P_{кл} + 0,33P_{ол} - 0,1P_{об}, \quad (1)$$

где  $P_{кв}$ ,  $P_{кл}$ ,  $P_{об}$ ,  $P_{ол}$  – количество центров адсорбции в областях  $0 < pKa < 7$ ;  $pKa > 13,0$ ;  $-4 < pKa < 0$ ;  $7 < pKa < 13,0$  в  $10^{-3}$  мг-экв/г.

Данный критерий, характеризующий кислотно-основные свойства поверхности минеральных наполнителей, позволяет научно-обосновано классифицировать минеральные наполнители по степени их воздействия на цементные системы.

В общем случае предлагается следующая классификация минеральных наполнителей по критерию  $P_{pga}$  - показателю приведенной гидратационной активности (табл.3).

Для принятых к исследованию порошков показатель приведенной гидратационной активности представлен в (табл.4).

Сравнительный анализ наполнителей произведенных по критерию  $P_{pga}$  позволил произвести ранжирование эффективности в цементных системах и характеризовать их по степени активности: песок барханный-слабо-

Таблица 2

Содержание центров адсорбции поверхности минеральных наполнителей

Наименование минерального наполнителя	Кол-во центров, $10^3$ мг-экв/м <sup>2</sup> , при $pKa$				Общее кол-во центров
	-4...0	0...7	7...12,8	>12,8	
	$P_{ol}$	$P_{kb}$	$P_{ob}$	$P_{kl}$	
Песок кварцевый	8,04	9,11	8,75	1,88	27,78
Песок барханный	4,12	7,08	9,95	1,07	22,22
Глиеж	13,22	16,47	10,08	2,87	42,64
Базальт	23,41	22,15	11,16	1,96	58,68
ОЭП (отходы электроплавильного производства)	41,18	5,48	9,34	1,14	57,14
ОМП (отходы медеплавильного производства)	6,61	23,88	16,37	4,32	51,18
Зола-унос ТЭС	43,14	27,61	11,77	5,32	87,84
Цеолитсодержащая порода	102,08	24,88	12,62	2,14	141,72

Таблица 3

Классификация минеральных наполнителей по показателю приведенной гидратационной активности  $P_{pga}$ .

Вид минерального наполнителя	Значения критерия $P_{pga}$	Потенциальная эффективность в цементных системах, экономия цемента в %
Слабоактивные	От 0 до 10	До 10%
Среднеактивные	От 10 до 25	10-20%
Сильноактивные	От 25 до 50	20-30%
Суперактивные	Свыше 50	До 50%

Таблица 4

Критерий  $P_{pga}$  для минеральных наполнителей

Наименование минерального наполнителя	Исходные данные				Преобразованные данные		Критерий $P_{pga}$
	-4...0	0...7	7...13,0	> 13,0	$0,33P_{ob}$	$0,1 P_{ol}$	
	$P_{ol}$	$P_{kb}$	$P_{ob}$	$P_{kl}$			
Песок Кварцевый	8,04	9,11	8,75	1,88	2,65	0,87	12,77
Песок барханный	4,12	7,08	9,95	1,07	1,36	0,99	8,52
Глиеж	13,22	16,47	10,08	2,87	4,36	1,01	22,39
Базальт	23,41	22,15	11,16	1,96	7,72	1,12	30,71
ОЭП (отходы электроплавильного производства)	41,18	5,48	9,34	1,14	13,59	0,93	19,28
Отходы (медеплавильного производства)	6,61	23,88	16,37	4,32	2,18	1,64	28,74
Зола-унос	43,14	27,61	11,77	5,32	14,23	1,18	46,68
Цеолитсодержащая порода	102,08	24,88	12,62	2,14	33,68	1,26	59,44

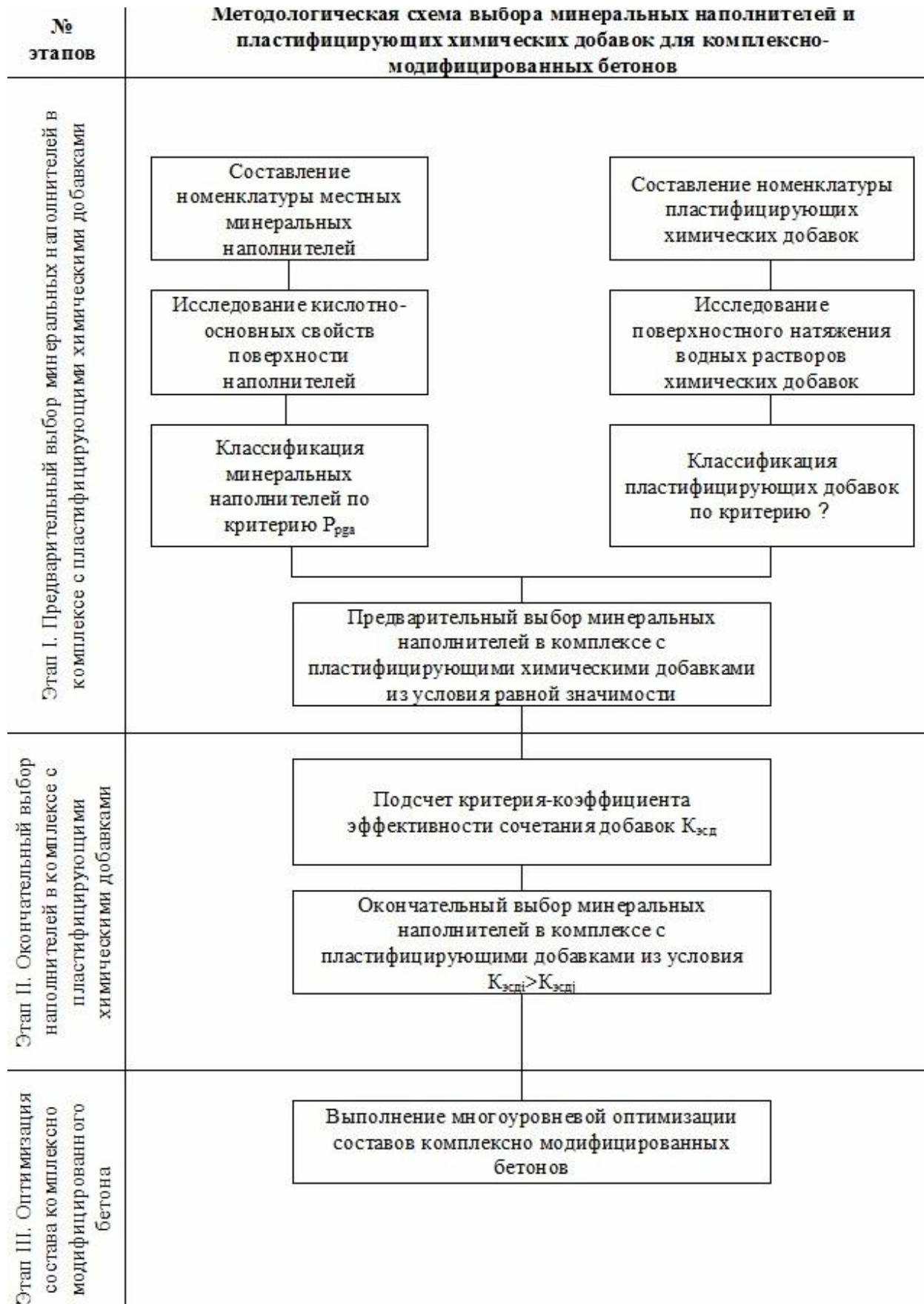


Рис. 4. Методологические основы выбора добавок для разработки комплексного модифицированных бетонов

активный, песок кварцевый, глиеж, ОЭП-средне активный; базальт, ОМП, зола уноса Ангреновской ТЭС- сильно активный и цеолитсодержащую породу–супер активный.

Разработанная классификация минеральных наполнителей по предложенному критерию оценки кислотно-основных свойств поверхности минеральных наполнителей  $P_{pga}$  показала высокую сходимость полученных результатов с результатами ранее выполненных исследований с позиции оценки их эффективности при проектировании различных видов цементных бетонов и растворов и легла в основу методики научно обоснованного выбора этих добавок в составе комплексно-модифицированных бетонов (рис.4)

Как показали проведенные исследования, разработанная классификация пластифицирующих добавок и минеральных наполнителей с учётом их поверхностно-активных свойств, может служить основанием для разработки научно-обоснованной методики выбора модификаторов для получения многокомпонентных высококачественных бетонов с требуемыми показателями свойств.

Основным критерием выбора минеральных наполнителей и пластифицирующих добавок при комплексном применении должно быть следующее: при проектировании состава многокомпонентных высококачественных бетонов в целях более полного использования их потенциальных пластифицирующих и гидратационно-активизирующих свойств технически и экономически целесообразным является то, что они были бы равно значимыми согласно предложенной новой классификации, а именно: суперпластификатор должен применяться в комплексе с суперактивным минеральным наполнителем, а сильный пластификатор - в комплексе с сильно-активным минеральным наполнителем и т.д. Только в этом случае может быть достигнуто более полное использование их потенциальных поверхностно-активных свойств в составе многокомпонентных высококачественных бетонов.

Разработанная методика, безусловно, не бесспорна, но она позволяет научно обоснованно подойти к выбору пластифицирующих добавок и минеральных наполнителей для

получения МЦБ, так как основана на экспериментальном измерении поверхностно-активных свойств этих модификаторов.

На практике возможны случаи, когда возникает необходимость отобрать один наиболее эффективный вариант из возможных нескольких альтернативных. Например, из двух равнозначных добавок «сильный пластификатор+сильноактивный наполнитель» имеется возможность применения следующих вариантов «С-3+зола-уноса» или «СВК+базальтовый наполнитель».

При окончательном выборе для оценки эффективности комплексного применения пластифицирующих добавок и минеральных наполнителей в составе цементных бетонов предлагается использовать новый безразмерный критерий - коэффициент эффективности сочетания добавок  $K_{эcd}$ , величина которого указывает на потенциальную эффективность этих добавок в составе цементных бетонов. То есть, чем величина больше, тем более эффективнее использование этих добавок. Предлагаемый коэффициент определяется по следующей эмпирической формуле

$$K_{эcd} = P_{pga} \cdot (1 - \bar{\sigma}), \quad (2)$$

В нашем случае, для варианта «С-3+зола-уноса» предлагаемый критерий равен:

$K_{эcd} = P_{pga} \cdot (1 - \bar{\sigma}) = 46,68 (1 - 0,67) = 15,40$ ;  
для варианта «СВК+базальтовый наполнитель» -

$$K_{эcd} = P_{pga} \cdot (1 - \bar{\sigma}) = 30,71 (1 - 0,78) = 6,75.$$

Так как  $15,40 > 6,75$ , то при прочих равных условиях следует отдать предпочтение варианту «С-3+зола-уноса», как более перспективному варианту модификации цементных бетонов.

#### 4. Заключение

Результаты ранее проведенных [1,3,10] исследований с использованием различных комбинаций добавок в составах цементных бетонов наглядно показывают высокую сходимость и достоверность прогнозирования результатов исследований на основе использования нового критерия - коэффициента эффективности сочетания добавок  $K_{эcd}$ .



## Список литературы

1. Адилходжаев, А.И. Инновационные материалы и технологии в строительстве / А.И. Адилходжаев, И.М. Махаматалиев, В.М. Цой. - Ташкент: Фан ва технология, 2016. - 292с.
2. Адилходжаев, А.И. К исследованию вопроса повышения энергоэффективности зданий на железнодорожном транспорте / А.И. Адилходжаев, С.С. Шаумаров // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2018. – Т. 8. - №1. С. 4-11.
3. Адилходжаев, А.И. Теоретические аспекты структурно-имитационного моделирования макроструктуры композиционных строительных материалов / А.И. Адилходжаев, И.М. Махаматалиев, С.С. Шаумаров // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2018. - №3. – С. 312-320.
4. Батраков, В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика / В.Г. Батраков. - М.: 1998. - 768с.
5. Баженов, Ю.М. Технология бетонов XXI века / Ю.М. Баженов // Академические чтения РААСН. Новые научные направления строительного материаловедения. Часть 1. Белгород, 2005. - С.9-20.
6. Баженов, Ю.М. Технология бетона / Ю.М. Баженов. - М.: АСВ, 2011. - 524с.
7. Дворкин, Л.В. Цементные бетоны с минеральными наполнителями / Л.В. Дворкин. - К.: Будивельник, 1991. - 136с.
8. Ушеров-Маршак, А.В. Современный бетон и его технологии / А.В. Ушеров-Маршак // Бетон и железобетон. – СПб: Славутич, 2009. - С. 20-24.
9. Хаскова, Т.Н. Коллоидная химия: Поверхностные явления и дисперсные системы / Т.Н. Хаскова, П.М. Кругляков. – Пенза: ПГАСА, 2003 – 152 с.
10. Цой, В.М. Методологические основы оптимального проектирования составов и управление физико-химическими свойствами многокомпонентных высококачественных бетонов: автореф. докторской (DSc) диссертации по техническим наукам / В.М. Цой. Ташкент: ТАСИ, 2017. – 31с.
11. Adilhodzhaev, A.I. On some aspects of the development of methodological founda-

## References

1. Adilkhodjaev A.I., Makhamataliev I.M., Tsoi V.M. Innovative materials and technology in construction. Tashkent, Fan va tekhnologiya, 2016. 292 p. (In Russian)
2. Adilkhodjaev A.I., Shaumarov S.S. The issue of improving the energy efficiency of buildings in railway transport. *Sovremennyye problemy transportnogo kompleksa Rossii*, 2018, Vol.8, No.1, pp. 4-11. (In Russian)
3. Adilkhodjaev A.I., Mahamataliev I.M., Shaumarov S.S. Theoretical aspects of the structural-imitation modeling of the macrostructure of composite building materials. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2018, No.3, pp. 312-320 (In Russian)
4. Batrakov V.G. Modified concretes. Theory and practice. Moscow, 1998. 768 p. (In Russian)
5. Bazhenov Yu.M. Concrete technology of the XXI century. *Academic readings of RAACS. New scientific areas of building materials. Part 1*. Belgorod, 2005, pp. 9-20. (In Russian)
6. Bazhenov Yu.M. Concrete technology. Moscow, ASB, 2011. 524 p. (In Russian)
7. Dvorkin L.V. Cement concrete with mineral fillers. Kiev, Budivelnik, 1991. 136 p. (In Russian)
8. Usherov-Marshak A.V. Modern concrete and its technology. In: Concrete and reinforced concrete. Saint Petersburg, Slavutich, 2009, pp. 20-24. (In Russian)
9. Haskova T.N., Kruglyakov P.M. Colloid chemistry: Surface phenomena and disperse systems. Penza, 2003, PGASA. 152 p. (In Russian)
10. Tsoy V.M. Methodological basis for the optimal design of compositions and the management of the physicochemical properties of multicomponent high-quality concretes. Abstract of doctoral (DSc) dissertation on technical sciences. Tashkent, TASI, 2017. 31 p. (In Russian)
11. Adilhodzhaev A.I., Shaumarov S.S., Shipacheva E.V. On some aspects of the development of methodological foundations of use in the exterior walling of energy-efficient building materials with a predetermined set of

tions of use in the exterior walling of energy-efficient building materials with a predetermined set of properties / A.I. Adilhodzhaev, S.S. Shaumarov, E.V. Shipacheva // *Int. J. of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*. – 2019. – Vol. 6. – No. 3. – P. 33-37.

12. Shaumarov, S.S. Development of New Constructive and Heat-Insulating Materials / S.S. Shaumarov, A.I. Adilhodzhaev, E.V. Shipacheva, S.I. Kandharov // *Int. J. of Recent Technology and Engineering*. – 2019. – Vol.7. – No. 5S3. – P. 577-580.

13. Адилходжаев, А.И. Об оптимизации макроструктуры конструктивно-теплоизоляционных строительных материалов / А.И. Адилходжаев, С.С. Шаумаров // *Вестник ТашИИТ*. – 2018. – № 4. – С.3-10.

14. Шаумаров, С.С. Перспективы дальнейшей эксплуатации панельных жилых зданий / С.С. Шаумаров, Е.В. Шипачева, Р.Х. Пирматов // *Мат. 12 Междунар. научно-практ. конф. «Перспективы развития строительных технологий» / Днепропетровск, 2018. – С. 165-169.*

15. Adylhodzayev, A.I. The issue of thermal renovation of infrastructure of railway transport is evaluated / A.I. Adylhodzayev, S.S. Shaumarov // *X Int. Scientific Conf. "Transport Problems - 2018"*, Wisla, Katowice, Poland. – P. 13-18.

16. Adilhodzhaev, A.I. Complex approach at thermalization external walls of residential buildings / A.I. Adilhodzhaev, S.S. Shaumarov, E.V. Shipacheva, S.I. Kandahorov // *Int. J. of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*. – 2019. – Vol. 6. – No. 1. – P. 71-77.

17. Шаумаров, С.С. О методе оценки теплозащитных свойств наружных стен эксплуатируемых зданий на железнодорожном транспорте / С.С. Шаумаров // *Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона*. – 2018. – № 2 (15). – С. 18-25.

18. Адилходжаев, А.И. О прочностных свойствах конструкционно-теплоизоляционных материалов для энергоэффективных гражданских зданий / А.И. Адилходжаев, С.С. Шаумаров, У.З. Шермухамедов // *Проблемы механики*. – 2019. – №1. – С. 58-61.

properties. *Int. J. of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 2019, Vol.6, No.3, pp. 33-37.

12. Shaumarov S.S., Adilhodzhaev A.I., Shipacheva E.V., Kandharov S.I. Development of New Constructive and Heat-Insulating Materials. *Int. J. of Recent Technology and Engineering*, 2019, Vol.7, No.5S3, pp. 577-580.

13. Adilkhodjaev A.I., Shaumarov S.S. On the optimization of the macrostructure of structurally-insulating building materials. *Vestnik TashIIT*, 2018, No.4, pp. 3-10. (In Russian).

14. Shaumarov S.S., Shchipacheva E.V., Pirmatov R.Kh. Prospects for further operation of panel residential buildings. *Materials of the 12th Int. Scientific and Practical Conf. "Prospects for the Development of Construction Technologies"*. Dnepropetrovsk, pp. 165-169. (In Russian).

15. Adylhodzayev A.I., Shaumarov S.S. The issue of thermal renovation of infrastructure of railway transport is evaluated. *Proc. X Int. Scientific Conf. "Transport Problems - 2018"*. Wisla, Katowice, Poland, 2018, pp. 13-18.

16. Adilhodzhaev A.I., Shaumarov S.S., Shipacheva E.V., Kandahorov S.I. Complex approach at thermalization external walls of residential buildings. *Int. J. of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 2019, Vol.6, No.1, pp. 71-77.

17. Shaumarov S.S. On the method of assessing the heat-shielding properties of the external walls of buildings in use in railway transport. *Transport of the Asia-Pacific Region*, 2018, No.2 (15), pp. 18-25 (In Russian).

18. Adilkhodjaev A.I., Shaumarov S.S., Shermukhamedov U.Z. On the strength properties of structural insulation materials for energy-efficient civilian buildings. *Problems of mechanics*, 2019, No.1, pp. 58-61 (In Russian).

19. Adilkhodjaev A.I., Shaumarov S.S. On the question of modeling the structure of structurally insulating materials for energy-efficient civilian buildings. *Vestnik TashIIT*, 2019, No. 1, pp. 3-7. (In Russian).

20. Shaumarov S.S. To the problem of thermal renewal of the infrastructure of railway transport. *Crede Experto: transport, society,*

19. Адилходжаев, А.И. К вопросу моделирования структуры конструктивно-теплоизоляционных материалов для энергоэффективных гражданских зданий / А.И. Адилходжаев, С.С. Шаумаров // Вестник ТашИИТ. - 2019. - № 1. - С. 3-7.
20. Шаумаров, С.С. К проблеме термобновления объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта / С.С. Шаумаров // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. - 2019. - №1 (20).
21. Шаумаров, С.С. О некоторых аспектах структурного моделирования конструкционно-теплоизоляционных материалов / С.С. Шаумаров // Вестник КемРИПК. – 2019. - №1. - С. 69-78.
22. Shaumarov, S.S. Experimental research of structural organization of heat-insulating structural building materials for energy efficient buildings / S.S. Shaumarov, A.I. Adilhodzhaev, V.I. Kondrazhenko // XXII Int. Scientific Conf. on Advanced In Civil Engineering «Construction the formation of living environment». E3S Web of Conferences 97, 02009 (2019) P.1-7.  
DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199702009>
23. Aitchin, P.-C. High-Performance Concrete Demystified / P.-C. Aitchin, A. Neville // Coner. Intern. – 1993. - Vol. 15. – No.1/ - P. 21-26.
24. Edvard, G. Fundaments of High Performanse Concrete / G. Edvard, P. Nawy. – Willy, 2001. – 302 p.
25. Shaumarov, S.S. On the issue of increasing energetic efficiency of buildings in railway transport / S.S. Shaumarov // VIII Int. Conf. “Transport Problems - 2016”, Katowice, Poland. - P. 522-532.
26. Hillemeiez B., Buchenau G., Herr R. Spezialbeton, Betonkalander 2006/1, Ernst Sbh. - P. 534-549.
27. Walraven, J. Concrete for a new centure / J. Walraven // Proc. of the 1st fib congress, 2006, p. 11-22.
- education, language, 2019, No.1 (20). (In Russian).
21. Shaumarov S.S. On some aspects of structural modeling of structural heat-insulating materials. *Vestnik KemRIPK*, 2019, No.1, pp. 69-78. (In Russian).
22. Shaumarov S.S., Adilhodzhaev A.I., Kondrazhenko V.I. Experimental research of structural organization of heat-insulating structural building materials for energy efficient buildings. *Proc. XXII Int. Scientific Conf. on Advanced in Civil Engineering «Construction the formation of living environment»*. E3S Web of Conferences 97, 02009 (2019) P. 1-7  
DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199702009>
23. Aitchin P.-C., Neville A. High-Performance Concrete Demystified. *Coner. Intern.*, 1993, Vol. 15, No.1, pp.21-26.
24. Edvard G., Nawy P. *Fundaments of High Performance Concrete*. Willy, 2001. 302 p.
25. Shaumarov S.S. On the issue of increasing energetic efficiency of buildings in railway transport. *Proc. VIII Int. Conf. “Transport Problems – 2016*. Katowice, Poland, 2016, pp. 522-532.
26. Hillemeiez B., Buchenau G., Herr R. *Spezialbeton*, Betonkalander 2006/1, Ernst Sbh. p. 534-549.
27. Walraven J. Concrete for a new centure. *Proc. of the 1st fib Congress*. 2006, pp. 11-22.