

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ



УДК 691.001

Е.М. ЧЕРНЫШОВ, А.И. МАКЕЕВ

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ КАК СИСТЕМА НАУЧНОГО ЗНАНИЯ И ПРЕДМЕТ РАЗВИТИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Часть 3. СИСТЕМНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ «КОНСТРУКЦИИ СТРУКТУРЫ» КОНГЛОМЕРАТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ (В КАЧЕСТВЕННОЙ ПОСТАНОВКЕ ПРОБЛЕМЫ)

Рассматривается проблема идентификации строения («конструкции») конгломератных строительных композитов как структурированных твердых тел, наделяемых задаваемыми свойствами. На примере классических бетонов обсуждается место и значение их идентификации в качественной и количественной постановке. Проблема идентификации соотносится с формированием базового научного знания, раскрываемого в рамках методологии системно-структурного подхода к задачам конструирования и синтеза оптимальных структур конгломератных строительных композитов. Формулируются содержательные вопросы идентификации и предлагается терминологическая матрица, связанная с раскрытием и характеристикой бетона как структурированного твердого тела в фундаментальных, общенаучных и специальных понятиях и определениях. Вводится система обобщающих идентификационных признаков – универсалиев строения строительных композитов, обеспечивающих возможности формализации и моделирования конструкции их структуры как объектов технологического синтеза.

Ключевые слова: конгломератные строительные композиты, структурированное твердое тело, бетоны, конструкция структуры бетонов, универсалии строения, терминологическая матрица.

DOI 10.32683/0536-1052-2021-747-3-

Введение. О проблеме идентификации структуры конгломератных строительных композитов. В содержательном контексте 1-й и 2-й частей статьи «Материаловедение и технология строительных композитов как система научного знания и предмет развития исследований» [1, 2] логически обоснованным и необходимым является обращение к конкретной проблеме идентификации строения («конструкции») конгломератных строительных композитов как структурированных твердых тел.

© Чернышов Е.М., Макеев А.И., 2021

Исходя из современного теоретического и прикладного контекста этой проблемы, авторы при подготовке 3-й и 4-й частей публикации акцентировали свое внимание на обсуждении следующих содержательных вопросов:

– места и сущности проблемы идентификации при формировании базового научного знания в методологии системно-структурного подхода к задачам конструирования и синтеза оптимальных структур конгломератных строительных композитов (часть 3);

– квалификации конгломератных строительных композитов (по особенностям их строения, по генезису структурообразования, по номенклатуре и др.) как общезначимых и вместе с этим специфических объектов качественной и количественной идентификации в исследованиях (часть 3 и 4);

– качественной типизации масштабных уровней структуры таких композитов по роли этих уровней в механике проявления конструкционных и функциональных свойств и в обеспечении соответствующего потенциала сопротивления структур разрушению (часть 3 и 4);

– обоснования системы обобщающих идентификационных признаков и критериев (универсалиев) строения композитов, качественно и количественно формализующих конструкцию их структуры (часть 3);

– систематизации методов и методик, инструментальных средств критерияльного количественного анализа особенностей и закономерностей строения твердого тела композитов с учетом иерархии их масштабных структурных уровней (часть 4);

– практической реализации возможностей экспериментального тестирования и количественной идентификации многоуровневой структуры типичных и конкретных специфичных конгломератных строительных композитов (часть 4);

– наконец, использования полученных данных по качественно-количественной идентификации строения в информационном моделировании бетонов (плотных, поризованных, ячеистых и т.п.) для постановки и решения практических задач их технологического синтеза с новым уровнем свойств в строительных конструкциях (часть 4).

О содержании, месте и значении идентификации «конструкции структуры» бетонов в теории строительного материаловедения. Идентификация (от лат. *identifico* «отождествлять»), как известно, является процедурой распознавания неизвестного объекта исследований, установление его тождественности известному объекту на основании совпадения признаков. Идентификация может иметь разную, но определенную меру глубины и детализации по признакам тождественности. Глубина и мера детализации в процедурах идентификации определяется принятыми концепциями формализации и моделирования исследуемого объекта. В отношении конгломератных строительных композитов как материала строительных конструкций в качестве таких концепций можно иметь в виду концепцию континуального подхода (сплошной среды), концепцию статистического подхода (среды с вероятностными дефектами), концепцию системно-структурного подхода (структурированной детерминированно-стохастической среды).

В концепции сплошной среды бетон формализуется и моделируется в рамках положений континуума. В этом случае, согласно [3–5], принимается, что реальный материал по его строению обладает определенной структурой

(в металле, например, структура складывается из хаотически расположенных кристаллов, в древесине – из более или менее упорядоченных волокон, в бетоне – из частиц заполнителей и цементного камня). При этом «...каждые кристалл, волокно, частица обладают индивидуальными свойствами, но поскольку в любом, даже малом, объеме, выделенном из тела, число элементов огромно, то наблюдается лишь среднестатистическое проявление индивидуальных свойств частиц. Именно этими усредненными свойствами и наделяют каждую точку объема тела, даже если рассматриваемая точка приходится, например, на межкристаллическое пространство. Такая модель материала получила название сплошной бесструктурной среды, или просто сплошной среды» [6, с. 17–18]. В концепции сплошной среды ее структура для исследователя, таким образом, оказывается неактуальной, а данные о свойствах среды имеют феноменологический характер.

В концепции вероятностно-статистического подхода [7–9], являющегося основой статистической теории прочности, бетон как твердое тело принимается с учетом существования в нем случайным образом размещенных дефектов, один или несколько из которых могут выполнить роль «очага» предразрушения и развиться в магистральную трещину (или трещины) разрушения. Совершенно очевидно, что идентификация материала в этом случае требует уже введения и рассмотрения признаков тождественности строения, определяющих особенности формирования напряженно-деформированного состояния объекта. По феноменологии результатов исследований данный подход, в принципе, может быть соотнесен с концепцией сплошной среды, но с тем лишь отличием, что твердое тело наделяется признаками и критериями структурирования.

В обоих этих подходах модель бетона с его составом, структурой, состоянием и свойствами воспринимается по принципу «постфактум» (т. е. как «после сделанного») и без возможностей целенаправленного вмешательства в его строение и, соответственно, в управление его свойствами. В концепции же системно-структурного подхода, являющегося методологической платформой современного строительного материаловедения, обеспечивается возможность такого вмешательства, т. е. формируются предпосылки постановки и решения оптимизационных задач конструирования структур бетонов с наперед заданными свойствами, задач их синтеза в технологиях производства строительных конструкций. Условием этого является глубокая и детальная идентификация бетонов, которая должна отвечать требованиям комплексного качественного, а затем и количественного раскрытия и характеристики причинно-следственных отношений состава, структуры, состояния и свойств композитов как своего рода «конструкций», подлежащих априорному проектированию и затем реальному воплощению в жизнь, т.е. в целом именно «конструированию и синтезу».

Основанием для рассмотрения вопросов комплексной качественной и количественной идентификации строительных композитов (бетонов) следует принять осуществленные в период 50-х–80-х гг. прошлого века разработки ведущих отечественных и зарубежных ученых (речь об этом велась во 2-й части обобщающей статьи [2]). Эти и последующие годы, охватывающие почти полвека, отличались активным параллельным развитием фундаментальных областей научного знания – общей теории строения вещества, физи-

ки и химии твердого состояния, механики деформируемого твердого тела, общетеоретического и специального материаловедения композитов, инструментальных методов и методик описания и оценки строения и структур конструкционных и функциональных материалов. Развитие в этот период строительного материаловедения, можно сказать, было «погружено» в соответствующее развивающееся «интеллектуальное и теоретическое пространство». В результате существенно продвинулись концепции и основания, методология, теоретические начала и обобщения в системно-структурном материаловедении строительных композитов, ориентированном на генеральную его линию «... решения фундаментальной задачи создания теории и практики конструирования и синтеза оптимальных структур “материалов с наперед задаваемыми свойствами”» [1, с. 42].

В современном теоретическом бетоноведении определяющим условием и платформой решения этой перманентной задачи оказывается как раз необходимость системной качественной и количественной идентификации строения (конструкции) бетонов как структурированных твердых тел. На основе адекватного распознавания строения бетона для его отождествления с соответствующими формализациями, а затем и моделями обеспечивается возможность получения необходимой информационной платформы для постановки и решения задач конструирования и синтеза оптимальных задаваемых структур. Именно в связи с этим авторы взяли на себя инициативу подготовки 3-й, а затем и 4-й частей всей обзорной публикации. Содержание 3-й части обобщающей статьи касается, как уже указывалось, качественных рассмотрений структуры конгломератных строительных композитов (на примере бетонов); планируемая 4-я часть будет посвящена количественным идентификационным оценкам.

О терминах и определениях в системно-структурном материаловедении бетонов. Эволюция базового научного знания в теории строительных композитов как структурированных систем [2] сопровождалась формированием совокупности понятий и определений, а в итоге формированием единого научно-инженерного языка в его общих и специальных терминах.

В случае идентификации структуры бетона как твердого структурированного тела потребовалось ввести определенный необходимый и достаточный набор (совокупность) опорных и специальных понятий, дать им однозначное толкование, выделить области научно-фундаментального, общинженерного и специального знания, из которых эти, ставшие базовыми, понятия и термины «пришли» в процедуры формализаций и моделирования строительных композитов. С учетом правил и процедур дефиниции (как логической операции раскрытия содержания (смысла) термина посредством описания существенных и отличительных его признаков) потребовалось рассмотреть обоснованность применения и включения терминов и понятий в «язык» развивающейся теории и практики системно-структурного материаловедения бетонов.

Имея в виду получение ответов на вопросы о том, какие мотивы определили необходимость подготовки и формирования «языка» с его составом и содержанием, в чем его предназначение, в чем его обязательность и полезность для теории и практики строительного материаловедения и технологии бетонов и др., удалось в целом «сложить» и предложить соответствующий словарь в форме «терминологической матрицы».

Важно подчеркнуть, что терминологическая матрица (табл. 1–4) принимается и квалифицируется как раздел теории структуры строительных композитов, как платформа профессионализма специалистов, работающих в области системно-структурного материаловедения. Эта область охватывает проблемы концептуальных постановок и научных оснований, теоретических и экспериментальных исследований, формирования квалификационных и идентификационных формализаций и, соответственно, моделей реальных строительных композитов, а в конечном итоге – проблемы подходов к конструированию и синтезу бетонов для структур строительных конструкций, наконец, к алгоритмизации и цифровизации соответствующих этому процедур.

Полезность создания, формирования терминологической матрицы понимается и в ее дидактическом значении и предназначении, в первую очередь, с точки зрения определения состава образовательных программ, набора обучающихся фундаментальных, общеинженерных, специальных дисциплин, совокупности и содержания концептуально-методологических и фактологических знаний, умений, навыков, которыми следует овладеть на стадии получения инженерной специальности в ходе вузовского обучения и далее на стадии повышения квалификации в ходе послевузовской деятельности. Существенно, что в области подготовки специалистов по направлению материаловедения и технологии бетонов такая задача назрела, и в этой связи вопрос о терминологической матрице видится особо актуальным.

Содержание и характеристика терминологической матрицы для идентификации бетонов как структурированных твердых тел. Предложенная терминологическая матрица имеет четыре графы, принятых с целью 1) именованя термина, 2) раскрытия его понятийной сущности, 3) обозначения исходной научной области его появления и 4) определения места прямого применения в системно-структурном бетоноведении. Терминологическая матрица включает четыре части, в которых раскрываются вопросы идентификации по принципу «от общего, фундаментального» к «конкретному, специальному». Такая структура матрицы диктуется методологической необходимостью рассмотрения бетона как объекта, связанного с естественнонаучным базовым знанием, а в то же время и как объекта, раскрываемого через идентификационные критерии и оценки конкретной специальной области научно-инженерного знания.

В 1-й части матрицы (табл. 1) представлены фундаментальные термины, которые относятся к наиболее обобщенной идентификации бетона, и показано, что бетон, применяемый в строительных конструкциях, может квалифицироваться в рамках концепций континуума, сплошной среды с соответствующими их моделями. В этой связи в терминологической матрице появляются понятия «материальный континуум», «тело», «твердое тело», «структурированное твердое тело». Последнее понятие является отражением того, что квалификация бетона как структурированного твердого тела опирается на положения естественнонаучных дисциплин – геометрофизики, теории строения вещества, физики твердого состояния, химии твердого состояния, механики твердого состояния и ряда других дисциплин, имеющих общезначимое положение для формирования базового теоретического научного знания о конгломератных строительных композитах.

Таблица 1. Фундаментальные естественнонаучные термины к идентификации бетона как твердого тела

Термины в матрице	Толкование, определение, сущность терминов	Область научного знания, определяющая сущностное толкование термина	Применение термина в теории и практике системно-структурного материаловедения и технологии бетонов
1	2	3	4
1.1. Континуум	Сплошная среда, система многих частиц (от лат. «непрерывное, сплошное»); априорно принимаемый квалификационный признак строения чего-либо, соотносимый с категориями непрерывности, неразрывности, бесструктурности, пространства, времени	Философия, теория моделирования, теоретическая физика, прикладная математика	Проблемы системной идентификации бетона как физического тела
1.2. Материальный континуум	Сплошная среда, состоящая из большого числа малых частиц; субстанция, которая непрерывно, сплошным образом заполняет область пространства, отведенную данному телу с его агрегатным состоянием	Механика сплошной среды	
1.3. Тело	Отдельный предмет в пространстве; часть пространства, заполненная веществом, ограниченная замкнутой поверхностью, наделенная геометрией формы	Физика, математика, геометрофизика (учение о пространстве)	
1.4. Твердое тело	Материальное тело, образованное веществом, субстанцией, сохраняющее свою форму и размер как следствие агрегатного состояния материала, обусловленного характером теплового движения атомов, совершающих колебания вблизи положений равновесия	Теория строения вещества, физика твердого состояния, химия твердого состояния, механика деформируемого твердого тела	Проблемы системной идентификации бетона как структурированного твердого тела
1.5. Структурированное твердое тело	Твердое тело, наделенное атрибутами строения – составом, структурой, состоянием вещества и субстанции; среда с априорно принимаемым строением из составных частей (компонентов), образующих целое и проявляющих функциональные характеристики и конструкционные свойства в эксплуатационной среде	Общее теоретическое материаловедение, механика композитов, системно-структурное строительное материаловедение	Проблемы системной идентификации бетона как структурированного твердого тела

<p>1.6. Композитное структурированное твердое тело</p>	<p>Многокомпонентный материал, изготовленный из двух или более компонентов с существенно различными физическими и/или химическими свойствами, которые в сочетании приводят к появлению нового материала с характеристиками, отличными от характеристик исходных отдельных компонентов и не являющимися простой их суперпозицией (следствием аддитивности, результатом простого алгебраического сложения), а обладающих свойствами как результатом эффектов синергизма (совлиания) при структурообразовании</p>	<p>Общее теоретическое материаловедение, механика композитов, системно-структурное строительное материаловедение</p>	<p>Проблемы системной идентификации бетона как композитного структурированного твердого тела</p>
<p>1.7. Конгломератное структурированное твердое тело – конгломератный композит</p>	<p>Разновидность композитного материала (от лат. «скупченный, уплотненный»), полученная механико-химическим соединением исходных компонентов с образованием детерминированно-стохастически структурированной системы твердого тела</p>	<p>Общее теоретическое материаловедение, механика композитов, системно-структурное строительное материаловедение</p>	<p>Проблемы системной идентификации бетона как конгломератного композитного материала – разновидностей плотных и макропористых бетонов</p>

Необходимо подчеркнуть, что «начала формализации и моделирования» полей напряжений и деформаций в структуре композитов (бетонов) как конструкционных материалов принципиально могут осуществляться в рамках концепций континуума, сплошной среды с соответствующими их моделями. Принимая это, следует учитывать, что результаты идентификации бетонов в рамках концепций континуума, сплошной среды носят феноменологический характер. А это означает, что в исследованиях удастся выявлять особенное, феноменальное, но без раскрытия связей этих особенностей, феноменов со структурой бетона. Вследствие этого, как уже отмечалось, исключается, не обеспечивается раскрытие сущностной связи свойств объекта исследований с его строением, не формируется необходимая информация для управляющих, оптимизирующих действий в отношении объекта. Феноменологическая концепция постановки и осуществления исследований «уступает» возможностям системно-структурного подхода в бетоноведении, ориентированного на цели варьирования свойствами и характеристиками материала в управляемой технологии конструирования композита с новой структурой и новым потенциалом.

Преодоление этого противоречия заключено в рассмотрении бетона не просто как твердого тела в его категориях континуума и сплошной среды, а как структурированного твердого тела и в других категориях из общезначимых для бетоноведения областей научного знания. Именно в этой связи в терминологической матрице появляется ее *вторая часть* (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. **Общепринятые термины к идентификации конгломератных строительных композитов (бетонов)**

Термины в матрице	Толкование, определение, сущность термина	Область научного знания, определяющая сущностное толкование термина	Применение термина в теории и практике системно-структурного материаловедения и технологии бетонов
1	2	3	4
2.1. Состав композита	Качественная и количественная характеристика компонента по совокупности образующих его структурных частей	Системно-структурное материаловедение в категориях физико-химической механики	Проблемы оптимизации рецептуры и технологических факторов при получении бетона
2.2. Структура композита	Пространственно-геометрическая система из составных частей, характеризующаяся их взаиморасположением и взаимосвязью; совокупность устойчивых внутренних связей, обеспечивающих целостность композита и сохранение его основных свойств при различных внешних и внутренних изменениях	Общая теория структуры, системно-структурное материаловедение в категориях физико-химической механики	
2.3. Состояние композита	Однозначная характеристика изменяемой во времени структурированной системы композита по параметрам его состава и строения на данный момент времени в данных условиях эксплуатационной среды	Системно-структурное материаловедение в категориях термодинамики структурообразования, в категориях износа, стойкости, долговечности, надежности строительных конструкций при их эксплуатации	Проблемы оптимизации рецептурно-технологических факторов при получении бетона; проблемы прогнозирования и обеспечения стабильности и устойчивости структуры и свойств бетона, долговечности строительной конструкции при нагрузках и воздействиях на них
2.4. Свойства композита	Характеристика материала, выявляемая при его применении и отражающая его потенциал и способность определенным образом реагировать на нагрузки и воздействия эксплуатационной среды на строительные конструкции	Материаловедение общее и специальное, теория строительных конструкций	Проблемы оптимизации рецептурно-технологических факторов при получении бетона; проблемы прогнозирования и обеспечения стабильности и устойчивости структуры и свойств бетона, долговечности строительной конструкции при нагрузках и воздействиях на них

<p>2.5. Формула «4С»</p>	<p>Фундаментальное общесистемное утверждение в материаловедении; утверждение закономерно отражает то, что свойства материала (как на момент изготовления, так и на любом сроке эксплуатации) являются функцией его <i>состава, структуры и состояния</i>. Раскрывается в форме причинно-следственных соотношений и закономерностей, отражающих в том числе физико-химическую механику проявления свойств как реакцию структурированного твердого тела на нагрузки и воздействия в строительных конструкциях</p>	<p>Материаловедение общее и специальное</p>	
<p>2.6. Размерный диапазон системы единичных структурных элементов в композите</p>	<p>Абсолютная характеристика размера составных частей в структуре и диапазон изменения этой характеристики в конкретном материале как твердом теле</p>	<p>Системно-структурное материаловедение</p>	
<p>2.7. Масштабирование (масштаб) в структуре твердого тела</p>	<p>Относительная характеристика (мера) в геометрии строения композита, показывающая сопоставление размеров идентифицируемых в его составе и структуре частей</p>	<p>Системно-структурное материаловедение в категориях геометрии строения твердого тела</p>	<p>Проблемы конструирования и синтеза оптимальных структур бетонов как твердых тел с «внутренней» геометрией</p>
<p>2.8. Иерархия и иерархичность структуры</p>	<p>Принцип и признак структурной организации сложных систем, состоящий в упорядочении взаимодействий между масштабными уровнями в диапазоне от высшего к низшему; организация полимасштабной (многоуровневой) структуры, соответствующая принципу иерархичности и раскрываемая в форме причинно-следственной взаимообусловленности масштабных уровней</p>	<p>Системно-структурное материаловедение в категориях геометрии строения твердого тела</p>	<p>Проблемы конструирования и синтеза оптимальных структур бетонов как твердых тел</p>

Часть 2 матрицы составляет основы перехода к системе общеинженерных терминов и определений в идентификации конгломератных строительных композитов. Посредством этих терминов раскрывается содержание категорий «состав», «структура», «состояние», «свойства», вводятся понятия «масштабирование в структуре», «масштабные уровни в структуре», «иерархичность в структуре». Особенно важно, что сущностное толкование этих терминов «выводит» материаловедов-технологов на проблемы рецептурно-технологических факторов получения бетонов. В результате бетоны «наделяются» соответствующими составом, структурой, состоянием и свойствами. Фактически, совокупность этих терминов и определений второй части относится уже к рассмотрению «начал проблемы конструирования и синтеза» бетонов как твердых тел с «внутренней» геометрией строения.

Что касается ряда других дисциплин, имеющих общезначимое положение для формирования базового теоретического научного знания о конгломератных строительных композитах, во 2-й части матрицы терминов и определений они относятся к общей теории систем, теории моделирования, теории управления и оптимизации, общему материаловедению, теории сопротивления структур композитов разрушению.

Терминологическое отождествление бетона как объекта исследования углубляется и детализируется в 3-й части обсуждаемой матрицы (табл. 3). Эта часть относится к идентификации бетона как конгломератного по строению строительного композита. В этой связи раскрываются и уточняются понятия, связанные с размерным диапазоном структурных элементов и, соответственно, масштабными уровнями структуры бетона. Далее даются трактовки категории «фаза в структуре» и показывается уместность применения этого термина в отношении бетона как сложной механо-физико-химической системы. Имеется в виду не только общепринятая совокупность фаз Т–Г–Ж, но и фаз новообразований по их минералогии, морфологии, дисперсности и т.п.

В 3-й части размещены термины, относящиеся к двухкомпонентным структурам типа «матрица–включение», и связанным с ними понятиям «контактная зона», «граница раздела». На основе раскрытия вышеуказанных терминов и определений яснее становятся проблемы, определяющие основания развития теории бетонов как структурированных твердых тел, проблемы теории макро-, микро-, мезомеханики формирования их конструкционных свойств и функциональных характеристик.

Наиболее важным моментом 3-й части терминологической матрицы является определение «начал управления свойствами» бетонов посредством целенаправленного конструирования и синтеза их структур. Содержательно последнее находит свое отражение в 4-й части терминологической матрицы (табл. 4), в которой систематизируются и раскрываются термины к идентификации «конструкции структуры» бетона как специально создаваемого (синтезируемого) твердого тела с управляемым строением. Приведем эти относительно непривычные термины и ключевые словосочетания:

- конструкция структуры бетона,
- конструкция структуры строительного изделия,
- конструкция структуры бетона в конструкции структуры строительного изделия (в его мегаструктуре),

Таблица 3. Специальные термины к идентификации бетона как конгломератного строительного композита

Термины в матрице	Толкование, определение, сущность термина	Область научного знания, определяющая сущностное толкование термина	Применение термина в теории и практике системно-структурного материаловедения и технологии бетонов
1	2	3	4
3.1. Макроструктура бетона	Масштабный уровень структуры, образуются компонентами, которые обнаруживаются невооруженным глазом (размер более 0,2 мм)	Общее материаловедение, физико-химическая механика, системно-структурное материаловедение, механика проявления свойств в рамках теории зернистых сред	Теория и практика идентификации строения бетонов как твердых многоуровневых систем, проявляющих конструкционные и функциональные свойства как функции их состава, структуры и состояния
3.2. Микроструктура бетона	Масштабный уровень структуры, компоненты которого различимы только при <i>n</i> -кратном увеличении, компоненты с абсолютным размером менее 0,2 мм	Общее материаловедение, физико-химическая механика, системно-структурное материаловедение, механика проявления свойств в рамках теории коллоидных систем, физики и химии твердого состояния	
3.3. Мезоструктура бетона	Масштабный уровень структуры между макро- и микроструктурой	Общее материаловедение, физико-химическая механика, мезомеханика, системно-структурное материаловедение, механика проявления свойств в рамках физики и химии твердого состояния, коллоидной химии, теории зернистых сред	
3.4. Фаза в структуре бетона	Термодинамически равновесное состояние вещества, определяемое атомным (молекулярным) составом и строением, агрегатным состоянием; совокупность частей сложной физико-химической системы с одинаковыми физическими и химическими свойствами;	Физика, химия, общее материаловедение, физика и химия твердого состояния, термодинамика, теория структуры	Проблемы системно-структурного материаловедения; теория структуры бетонов как твердых тел; макро-, микро-, мезомеханика проявления конструкционных свойств и функциональных характеристик бетонов как структурированных систем

Окончание табл. 3

1	2	3	4
<p>3.4. Фаза в структуре бетона</p>	<p>образование, отделенное пространственными границами от других возможных равновесных состояний (фаз) того же вещества;</p> <p>однородная часть системы, отделенная от других частей поверхностью раздела, при переходе через которую скачком изменяется структура вещества или химический состав</p>		
<p>3.5. Твердая фаза в структуре бетона</p>	<p>Структурная часть композитного материала, обладающая ближним или дальним порядком строения и обеспечивающая геометрический размер, форму и объем самого бетона и строительной конструкции</p>	<p>Физика, химия и механика твердого состояния, общее материаловедение, системно-структурное материаловедение</p>	<p>Проблемы системно-структурного материаловедения; теория структуры бетонов как твердых тел; макро-, микро-, мезомеханика проявления конструктивных свойств и функциональных характеристик бетонов как структурированных систем; управление составом материала по критериям конструктивных и функциональных свойств</p>
<p>3.6. Поровое пространство в структуре бетона</p>	<p>Структурная часть композитного материала, образованная порами различного вида (по происхождению, по размеру и форме) и заполненная жидкой и газовой фазой</p>	<p>Физика, химия и механика поризованных систем, общее материаловедение, системно-структурное материаловедение</p>	<p>Проблемы системно-структурного материаловедения; теория структуры бетонов как твердых тел; макро-, микро-, мезомеханика проявления конструктивных свойств и функциональных характеристик бетонов как структурированных систем; управление составом материала по критериям конструктивных и функциональных свойств</p>

3.7. Жидкая фаза в структуре бетона	Составная часть композита, занимающая определенную долю объема порового пространства в виде адсорбционно-связанной, капиллярно-конденсированной, капиллярно-насыщенной, свободной жидкости	Физика, химия и механика поризованных систем, общее материаловедение, системно-структурное материаловедение строительных композитов и их гидромеханика
3.8. Газовая фаза в структуре бетона	Составная часть композита, занимающая свободный от жидкой фазы объем порового пространства	
3.9. Матрица в структуре бетонов	Непрерывная фаза, омоноличивающая систему сложения твердофазовых и поровых включений в твердом теле композита	Общее материаловедение, теория структуры композитов, системно-структурное материаловедение бетонов
3.10. Включение в структуре бетонов	Дискретные твердофазовые и поровые составляющие структуры, детерминировано и стохастически размещенные по объему матрицы композита	
3.11. Бетон как система «матрица – включение»	Двухкомпонентное структурное образование в композите как результат размещения включений в матрице	
3.12. Граница раздела в системе «матрица – включение»	Структурная составляющая в виде контактной переходной зоны между субстанциями матрицы и включений; оценивается площадью поверхности контактной зоны	Проблемы системно-структурного материаловедения; теория структуры бетонов как твердых тел; макро-, микро-, мезомеханика проявления конструктивных свойств и функциональных характеристик бетонов; управление составом материала по критериям конструктивных и функциональных свойств
3.13. Контактная зона	Структурная составляющая, образуемая в композите как системе «матрица – включение»; определяется как производная площади поверхности раздела и фронтальной протяженности контакта	

Таблица 4. Термины к идентификации конструкции структуры бетона как конгломератного строительного композита

Термины в матрице	Толкование, определение, сущность термина	Область научного знания, определяющая сущностное толкование термина	Применение термина в теории и практике системно-структурного материаловедения и технологии бетонов
1	2	3	4
4.1. Конструкция структуры бетона	Строение, устройство, взаимное расположение частей структуры бетона в объеме образуемого им тела строительного изделия	Области технической и технологической деятельности, системно-структурное материаловедение бетонов	Проблемы оптимизации структур бетонов с наперед задаваемыми свойствами и потенциалом сопротивления воздействию среды и соответствующей работоспособности, долговечности, надежности
4.2. Конструкция строительного изделия	Строение, устройство, взаимное расположение частей строительного изделия как пространственно-геометрического тела из бетона и армирующих элементов		
4.3. Конструкция структуры бетона в конструкции строительного изделия (в мегаструктуре)	Строение, устройство, взаимное расположение частей структуры бетона, соответствующее геометрии, форме, элементам строительного изделия		
4.4. Конструирование конструкции структуры бетона	Умозрительная, виртуальная, проектная, априорная процедура «наполнения» объема композита в строительной конструкции (с учетом ее конфигурации, особенностей армирования и т.п.) образующими материалами структурными элементами. Процедура, имеющая своей главной задачей создание пространственно-геометрической композитной системы, способной максимально эффективно использовать запроецированную «конструкцию структуры» с ее силовыми структурными связями в обеспечении потенциала работоспособности материала, выражающейся в его сопротивлении разрушающему воздействию эксплуатационной среды на строительную конструкцию	Области технической и технологической деятельности, системно-структурное материаловедение бетонов	Проблемы оптимизации структур бетонов с наперед задаваемыми свойствами и потенциалом сопротивления воздействию среды и соответствующей работоспособности, долговечности, надежности

<p>4.5. Синтез конструкции структуры бетона</p>	<p>Переход от умозрительной, виртуальной, проектной процедуры к ее реализации в технологической (хи-мико-технологической) процедуре, когда согласно составленному проекту структуры композита решаются вопросы получения пространственно-геометрической многофазной «ТФ–ГФ–ЖФ» его системы. Достигается посредством «вплотнения в жизнь» научно-обоснованных (в процедуре проектирования) рецептурно-технологических факторов производст-ва строительной конструкции</p>		
<p>4.6. Система сложения в конструкции структуры бетонов</p>	<p>Часть системы «матрица – включения» в много-уровневой структуре бетона; результат контактирования частиц исходных компонентов и синтезированных в техно-логии частиц с определенной их гранулометрией и морфологией; система сложения создается из «готовых» структур-ных элементов в условиях появления «новых» структурных элементов; характеризуется типами упаковок с межчастичными контактами и межзерновыми порами</p>	<p>Механика зернистых сред, ме-ханика дисперсных систем, ме-ханохимия, физико-химическая механика, системно-структур-ное материаловедение и техно-логия бетонов</p>	<p>Проблемы системно-структурного ма-териаловедения и технологии бетонов, проблемы формирования макрострук-туры по критериям плотности упаковок-частиц, образования компактирован-ных структур с их координационными числами, числом контактов, видом ме-ханических, механохимических, физи-ческих и физико-химических связей</p>
<p>4.7. Система роста в конструкции структуры бетона</p>	<p>Часть системы «матрица – включения» в много-уровневой структуре бетона; результат явлений конденсации и кристаллизации при синтезе новой фазы в технологических процес-сах твердения; результат пространственного сочетания различных по минералогии, морфологии и размеру синтезируе-мых в ходе технологического процесса фаз новых структурных элементов (кристаллитов, кристаллов, агрегатов, агломератов, кластеров)</p>	<p>Химия твердого состояния, фи-зика твердого тела, теория кон-денсации и кристаллизации, хи-мическая кинетика гетероген-ных процессов, теория твердения цемента и других вя-жущих веществ, кристаллохи-мия, системно-структурное ма-териаловедение бетонов</p>	<p>Проблемы системно-структурного ма-териаловедения и технологии бетонов, проблемы формирования микрострук-туры систем твердения конгломератных строительных композитов (гипсовых, известковых, цементных, силикатных, керамических) по критериям степени конденсации, минералогии, морфоло-гии, дисперсности возникающих ново-образований, по критериям возникаю-щей структуры порового пространства</p>

Окончание табл. 4

1	2	3	4
<p>4.8. Структурные связи в конструкции структуры бетона</p>	<p>Взаимодействия структурных составляющих, определяемые явлениями механического, физического, химического порядка, обеспечивающие состояние бетона как твердого тела заданной формы и объема; внутренние взаимодействия структурных составляющих бетона, наделяющие его потенциалом сопротивления влиянию внешних факторов</p>	<p>Теория строения вещества, физика твердого тела, химия твердого тела, общее материаловедение, системно-структурное материаловедение строительных композитов</p>	<p>Проблемы конструирования и синтеза оптимальных структур бетонов по критериям баланса видов сил в структуре системы сложения и системы роста бетона</p>
<p>4.9. Виды сил структурных связей в бетоне</p>	<p>В совокупности видов сил структурных связей выделяются силы тяжести, сухого трения, механического зацепления, капиллярно-адсорбционные, межмолекулярного и межатомного взаимодействия, электростатического, химического взаимодействия, приуроченные к масштабным структурным уровням деформируемого и разрушаемого бетона</p>		<p>Развитие теории структуры строительных композитов и бетонов; проблемы идентификации масштабных уровней структуры бетона; закономерности механики проявления конструктивных свойств как функции конструкции структуры материала</p>
<p>4.10. Структурные связи в системе сложения конструкции структуры бетона</p>	<p>Взаимодействия структурных составляющих системы сложения, определяемые явлениями механического и физического порядка, обеспечивающие формирование целостной пространственной совокупности зернистых макро- и микроразмерных частей; внутренние взаимодействия структурных составляющих системы сложения, участвующие в формировании определенной доли потенциала сопротивления бетона влиянию внешних сил</p>		

<p>4.1.1. Структурные связи в системе роста конструкции структуры бетона</p>	<p>Взаимодействия структурных составляющих системы роста, определяемые явлениями физического и химического порядка, обеспечивающие формирование целостной матричной субстанции из наномикроразмерных частиц новообразований; внутренние взаимодействия структурных составляющих системы твердения, участвующие в формировании окончательного потенциала сопротивления бетона влиянию внешних факторов</p>	<p>Теория строения вещества, физика твердого тела, химия твердого тела, общее материаловедение, системно-структурное материаловедение строительных композитов</p>	<p>Развитие теории структуры строительных композитов и бетонов; проблемы идентификации масштабных уровней структуры бетона; закономерности механики проявления конструктивных свойств как функции конструкции структуры материала</p>
<p>4.1.2. Структурные связи в контактной зоне конструкции структуры бетона</p>	<p>Взаимодействия структурных составляющих системы сложения и системы роста на границе их раздела и в объеме контактной зоны; взаимодействия, определяемые явлениями механического, физического, химического порядка и формированием адгезионно-когезионных контактов; внутренние взаимодействия структурных составляющих бетона, участвующие в формировании его окончательного потенциала сопротивления влиянию внешних факторов</p>		
<p>4.1.2. Типы конструкции подструктур в бетоне как твердом теле (типы подструктур бетона)</p>	<p>Первый тип, отвечающий двухкомпонентной системе «матрица–включение» Второй тип, отвечающий консолидированным системам из индивидуальных частиц новообразований Третий тип, отвечающий атомно-молекулярной структуре индивидуальных частиц новообразований</p>	<p>Общее материаловедение, системно-структурное материаловедение, теория структуры бетонов</p>	<p>Проблемы идентификации строения бетона по его масштабным уровням структуры в диапазоне от нано-, микроуровня до макроуровня; проблемы механики проявления свойств в причинно-следственном соотношении с конструкцией структуры</p>

- конструирование конструкции структуры бетона,
- синтез конструкции структуры бетона,
- «система сложения» в конструкции структуры бетона,
- «система роста» в конструкции структуры бетона,
- «структурные связи» в конструкции структуры бетона,
- «структурные связи в системе сложения» конструкции структуры бетона,
- «структурные связи в системе роста» конструкции структуры бетона,
- «типы конструкции подструктур» в бетоне как твердом теле.

В результате такой идентификации бетона появляется возможность рассмотрения типов конструкции его подструктур в целостной структуре материала. В этой связи нами выделяются [10]: *первый тип*, отвечающий двухкомпонентной системе «матрица–включение»; *второй тип*, отвечающий консолидированным системам из индивидуальных частиц новообразований; *третий тип*, отвечающий атомно-молекулярной структуре индивидуальных частиц новообразований. Предлагаемая дифференциация целостной структуры на указанные типы подструктур мотивирована необходимостью обоснования арсенала технологических средств их получения. При том, что эти подструктуры идентифицируются принципиально разными моделями их разрушения при действии силовой нагрузки. Так, модель разрушения подструктуры первого типа отвечает положениям механики деформируемого твердого тела, рассматривающим феноменологию и сущность формирования полей напряжений и деформаций под влиянием включений как концентраторов напряжений (с учетом их субстанциональных характеристик, геометрии формы, размера, меры наполнения объема композита включениями и т.п.). Подструктура второго типа идентифицируется моделью пространственной конструкцией из частиц новообразований, подобной строению пространственных строительных конструкций. Формирование напряжений и деформаций в подструктуре второго типа отвечает положениям и закономерностям строительной механики, которые в данной «микрореализации» квалифицируются в качестве так называемой мезомеханики [11]. Наконец, модель работы подструктуры третьего типа (она понимается как атомно-молекулярная) отвечает положениям физики разрушения в рамках термофлуктуационной теории [12].

Обобщения и заключения. Разработанная терминологическая матрица исходит из введения в отношении бетонов универсалий их строения. Универсалии, как известно, – содержательная категория, относящаяся к наиболее общим характеристикам объекта, позволяющим выделить его как обладающего признаками общезначимого и единого. Универсалии позволяют квалифицировать и идентифицировать бетоны с позиций фундаментального, общепрофессионального и специального современного базового научного знания.

Характеристика бетонов посредством универсалий их строения может выглядеть следующим образом: *бетоны – это структурированные твердые тела, композиты с конгломератной структурой, наделенные признаками субстанциональности, многофазности, полиструктурности, масштабной многоуровневости, детерминированности, стохастичности и диалектичности.*

Именно с позиций такой обобщенной трактовки бетонов как структурированных систем требуется и целесообразно ставить, рассматривать и решать

задачи конструирования и синтеза их как материалов со своей структурой в конструкции структуры строительных изделий.

Алгоритм и процедуры конструирования структуры бетона связываются, по сути, с задачей осознанного «наполнения» геометрического объема характерными для бетонов структурными элементами и получением при этом структурированного твердого тела, отвечающего всем его универсалиям. Во-первых, это должна быть композитная система, в которой реализуются правила и закономерности достижения синергетических эффектов, т.е. достижения качественных характеристик, отличающихся от их простого алгебраического аддитивного суммирования. В случае бетонов композитная структура оказывается чаще всего конгломератной (от лат. «скупенный, уплотненный»), т.е. микро-, мезо-, макрозернистой и полученной механо-физико-химическим соединением исходных зернистых компонентов с образованием детерминированно-стохастических упаковок. Эти упаковки обладают признаками детерминированности, т.е. признаками закономерного (кубического, гексагонального и промежуточного типов упаковок; размещением частиц меньшего масштаба в межзерновых зазорах частиц большего масштаба), а одновременно с этим – признаками объективно стохастического, случайного с точки зрения вероятности реализации состава (субстанциональности), свойств и состояний структурных элементов. Это означает, что рецептурно-технологические факторы в процедурах синтеза структуры бетона должны приниматься как вероятностно-статистические величины. Конструирование конгломератной композитной структуры должно исходить из критериев многофазности, полиструктурности, масштабной ее многоуровневости, в размерном диапазоне структурных элементов от 10^{-10} до 10^{-1} м. Наконец, при конструировании и синтезе должна учитываться диалектичность проявления и действия структурных универсалий. Это означает параллельность и одновременность позитивного и негативного неоднозначного проявления действия и влияния факторов из арсенала технологических средств получения бетона.

Дополнительно к обозначенным универсалиям в процедурах конструирования и синтеза потребуются говорить о признаке размерно-геометрической конгруэнтности (соответствия, подобности) конструкции структуры бетона в конструкции мегаструктуры изделия как пространственно-геометрического образования. При этом признак размерно-геометрической конгруэнтности должен получить свою расширенную трактовку. И здесь в «повестке дня» окажутся термины изотропия, анизотропия, вариатропия структуры, масштабный фактор структуры и, соответственно, масштабные эффекты в конструкции структуры композита и строительного изделия. В общем случае, потребуется оперировать фундаментальной материаловедческой категорией «однородность/неоднородность строения» и опираться на разработанные положения ее теории [13].

Совершенно очевидно, что с привлечением представленных в матрице терминов и в отношении этих терминов должно осуществляться не только качественное, но и количественное раскрытие параметров и характеристик «конструкции структуры» (строения) бетона как композита для строительных конструкций. Это является предметом рассмотрения и содержания 4-й части общей публикации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Чернышов Е.М.* Материаловедение и технология строительных композитов как система научного знания и предмет развития исследований. Ч а с т ь 1. Постановка проблемы и ее существо // Изв. вузов. Строительство. 2018. № 12 (720). С. 41–51.
2. *Чернышов Е.М.* Материаловедение и технология строительных композитов как система научного знания и предмет развития исследований. Ч а с т ь 2. Развитие и эволюция научного знания о конгломератных строительных композитах как структурированных системах // Изв. вузов. Строительство. 2020. № 1 (733). С. 57–77.
3. *Седов Л.И.* Механика сплошной среды. Т. 1. М.: Наука, 1970. 492 с.
4. *Седов Л.И.* Механика сплошной среды. Т. 2. М.: Наука, 1970. 568 с.
5. *Ильюшин А.А.* Механика сплошной среды. М.: Изд-во МГУ, 1990. 310 с.
6. *Гольдштейн Ю.Б.* Основы механики твердого деформируемого тела. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2005. 872 с.
7. *Weibull W.* A statistical theory of strength of materials. Proc. Roy. Swedish Inst. Res. No. 151. Stockholm, 1939.
8. *Волков С.Д.* Статистическая теория прочности. М.: Машгиз, 1960. 69 с.
9. *Седрамян Л.Г.* Элементы статистической теории деформирования и разрушения хрупких материалов. Ереван: Айастан, 1968. 247 с.
10. *Чернышов Е.М., Макеев А.И.* К развитию теории конструирования и синтеза структур конгломератных строительных композитов // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования Российской академии архитектуры и строительных наук по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2019 году: Сб. науч. тр. РААСН. Т. 2. М.: АСВ, 2020. С. 482–502.
11. *Панин В.Е. и др.* Физическая мезомеханика и компьютерное конструирование материалов: в 2-х т. Новосибирск: Наука. Сиб. изд. фирма РАН, 1995. Т. 1. 298 с.
12. *Регель В.Р., Слуцкер А.И., Томашевский Э.Е.* Кинетическая природа прочности твердых тел. М.: Наука, 1974. 535 с.
13. *Чернышов Е.М., Дьяченко Е.И., Макеев А.И.* Неоднородность структуры и сопротивление разрушению конгломератных строительных композитов: вопросы материаловедческого обобщения и развития теории / под общ. ред. Е.М. Чернышова. Воронеж: Воронежский ГАСУ, 2012. 98 с.

Чернышов Евгений Михайлович, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф.;

E-mail: chem@vgasu.vrn.ru

Воронежский государственный технический университет

Макеев Алексей Иванович, канд. техн. наук, доц.;

E-mail: makeev@vgasu.vrn.ru

Воронежский государственный технический университет

Получено 18.02.2021

Chernyshov Evgeny Mikhaylovich, Acad. RAACS, DSc, Professor;

E-mail: chem@vgasu.vrn.ru

Voronezh State Technical University, Russia

Makeev Alexey Ivanovich, PhD, Ass. Professor; E-mail: makeev@vgasu.vrn.ru

Voronezh State Technical University, Russia

**MATERIALS SCIENCE AND TECHNOLOGY
OF BUILDING COMPOSITES AS A SYSTEM OF SCIENTIFIC
KNOWLEDGE AND A SUBJECT OF RESEARCH DEVELOPMENT.**

**Part 3. SYSTEM IDENTIFICATION
OF THE «STRUCTURE CONSTRUCTION»
OF CONGLOMERATE BUILDING COMPOSITES
(IN THE QUALITATIVE PROBLEM STATEMENT)**

The problem of identifying the structure (“the construction”) of conglomerate building composites as structured solids endowed with specified properties is considered. Using the example of classical concretes, the place and significance of their identification in a qualitative and quantitative setting is discussed. The problem of identification correlates with the formation of basic scientific knowledge, revealed within the framework of the methodology of the systemic-structural approach to the problems of designing and synthesizing the optimal structures of conglomerate building composites. Substantive identification issues are formulated and a terminological matrix is proposed related to the disclosure and characterization of concrete as a structured solid in fundamental, general scientific and special concepts and definitions. A system of generalizing identification features is introduced – universals of the structure of building composites, which provide the possibility of formalizing and modeling the structure of their structure as objects of technological synthesis.

Key words: conglomerate building composites, structured solid, concretes, concrete structure, structural universals, terminological matrix.

REFERENCES

1. *Chernyshov E.M.* Materialovedeniye i tekhnologiya stroitel'nykh kompozitov kak sistema nauchnogo znaniya i predmet razvitiya issledovaniy. Chast' 1. Postanovka problemy i yeye sushchestvo [Materials science and technology of building composites as a system of scientific knowledge and a subject of research development. Part 1. Statement of the problem and its essence]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo* [News of Higher Educational Institutions. Construction]. 2018. No. 12 (720). Pp. 41–51. (in Russian)
2. *Chernyshov E.M.* Materialovedeniye i tekhnologiya stroitel'nykh kompozitov kak sistema nauchnogo znaniya i predmet razvitiya issledovaniy. Chast' 2. Razvitiye i evolyutsiya nauchnogo znaniya o konglomeratnykh stroitel'nykh kompozitakh kak strukturirovannykh sistemakh [Materials science and technology of building composites as a system of scientific knowledge and a subject of research development. Part 2. Development and evolution of scientific knowledge about conglomerate building composites as structured systems]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo* [News of Higher Educational Institutions. Construction]. 2020. No. 1 (733). Pp. 57–77. (in Russian)
3. *Sedov L.I.* Mekhanika sploshnoy sredy [Continuum mechanics]. Vol. 1. Moscow, Nauka, 1970. 492 p. (in Russian)
4. *Sedov L.I.* Mekhanika sploshnoy sredy [Continuum mechanics]. Vol. 2. Moscow, Nauka, 1970. 568 p. (in Russian)
5. *Il'yushin A.A.* Mekhanika sploshnoy sredy [Continuum mechanics]. Moscow, Izd-vo MGU, 1990. 310 p. (in Russian)
6. *Gol'dshteyn Yu.B.* Osnovy mekhaniki tverdogo deformiruyemogo tela [Fundamentals of solid deformable body mechanics]. Petrozavodsk, Izd-vo PetrGU, 2005. 872 p. (in Russian)
7. *Weibull W.* A statistical theory of strength of materials. Proc. Roy. Swedish Inst. Res. No. 151. Stockholm, 1939.

8. *Volkov S.D.* Statisticheskaya teoriya prochnosti [Statistical theory of strength]. Moscow, Mashgiz, 1960. 69 p. (in Russian)
9. *Sedrakyan L.G.* Elementy statisticheskoy teorii deformirovaniya i razrusheniya khrupkikh materialov [Elements of the statistical theory of deformation and fracture of brittle materials]. Yerevan, Ayastan, 1968. 247 p. (in Russian)
10. *Chernyshov E.M., Makeev A.I.* K razvitiyu teorii konstruirovaniya i sinteza struktur konglomeratnykh stroitel'nykh kompozitov [Towards the development of the theory of design and synthesis of structures of conglomerate building composites]. Fundamental'nyye, poiskovyeye i prikladnyye issledovaniya Rossiyskoy akademii arkhitektury i stroitel'nykh nauk po nauchnomu obespecheniyu razvitiya arkhitektury, gradostroitel'stva i stroitel'noy otrasli Rossiyskoy Federatsii v 2019 godu: Sb. nauch. tr. RAASN [Fundamental, exploratory and applied research of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences on Scientific support for the development of architecture, urban planning and the construction industry of the Russian Federation in 2019: collection of scientific papers of the RAACS]. Vol. 2. Moscow, ASV, 2020. Pp. 482–502. (in Russian)
11. *Panin V.E. et al.* Fizicheskaya mezomekhanika i komp'yuternoye konstruirovaniye materialov: v 2-kh t. [Physical mesomechanics and computer design of materials: in 2 vol.]. Novosibirsk, 1995. Vol. 1. 298 p. (in Russian)
12. *Regel' V.R., Slutsker A.I., Tomashevskiy E.E.* Kineticheskaya priroda prochnosti tverdykh tel [The kinetic nature of the strength of solid bodies]. Moscow, Nauka, 1974. 535 p. (in Russian)
13. *Chernyshov E.M., D'yachenko E.I., Makeev A.I.* Neodnorodnost' struktury i soprotivleniye razrusheniyu konglomeratnykh stroitel'nykh kompozitov: voprosy materialovedcheskogo obobshcheniya i razvitiya teorii [Inhomogeneity of structure and resistance to destruction of conglomerate building composites: issues of materials science generalization and development of theory]. Under the gen. ed. of E.M. Chernyshov. Voronezh, 2012. 98 p. (in Russian)