

надежности металлических дымовых и вентиляционных труб и несущих башен приобрели особое значение в связи с большим количеством аварий на промышленных предприятиях Украины и за рубежом. Кроме того, большое количество металлических дымовых труб и их несущих башен выработали проектный ресурс, существенно изменился режим их работы и нагрузки, появилось множество дефектов и повреждений. Все это требует анализа надежности и остаточного ресурса металлических дымовых труб и несущих башен. Расчет остаточного ресурса должен производиться на основе данных о техническом состоянии конструкций, и проводится с учетом существующих дефектов и повреждений, фактических характеристик материалов. На основе информации об изменении параметров технического состояния дымовых труб и несущих башен разработана методика определения остаточного ресурса. В результате исследования был разработан метод расчета остаточного ресурса дымовых и вентиляционных труб и несущих башен. Полученные результаты позволяют оценить долговечность металлических дымоходов и опорных башен после длительного периода эксплуатации и обеспечить дальнейшую надежную работу.

Ключевые слова: металлические дымовые и вентиляционные трубы, несущие башни, надежность, долговечность, остаточный ресурс.

Yarovoy S.M., Slobodanyuk S.O., Tityuk A.O. PHYSICAL-STATISTICAL METHOD FOR ASSESSING THE RELIABILITY OF ELEMENTS OF METAL CHIMNEY AND

VENTILATION PIPES AND THEIR CARRYING TOWERS. Recently, the problems of reliability for metal smoke and ventilation pipes and their bearing towers gained special significance in connection with the large number of accidents at industrial enterprises in Ukraine and abroad. In addition, a large number of metal smoke and ventilation pipes and their bearing towers worked out their project resource, during operation, the mode of their operation changed, the load increased and many defects and damage were created. All this requires immediate diagnostics and determination of the actual technical state of structures, analysis of their reliability, analysis of reliability and residual resource. The calculation of the residual resource must be made on the basis of data on the technical condition of the structures obtained during the inspection and performance of checking calculations, taking into account the existing defects and damage, the actual characteristics of the materials. On the basis of information about the dimensioning of the technical dymovikh tubing and the bearing veve, the technique of assigning a litter resource is decoupled. Findings. As a result of the research, a method was developed for calculating the residual life of smoke and vent pipes and bearing towers. The received results allow to estimate durability of metal chimneys and supporting towers after a long period of operation and to provide the further reliable work.

Keywords: metal smoke and ventilation pipes, reliability, durability, residual life.

DOI: 10.29295/2311-7257-2019-96-2-269-274

УДК 666.9

Ушеров-Маршак А.В., Кабусь А.В., Латорец Е.В.

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры
(61002, Харьков, ул. Сумская, 40; e-mail: calorimetry_centra@ukr.net, latores.ev@gmail.com)*

ПРИНЦИПЫ БЕТОНОВЕДЕНИЯ – КАК ОСНОВА РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНА

В статье представлен материал – промежуточный итог работы по созданию системы принципов бетоноведения. Система сформирована из трех взаимосвязанных блоков – физико-химического, технологического и информационно-методологического. Приводится краткий аналитический обзор состояния фундаментальных научных принципов физической и научной химии. Подчеркивается целесообразность обращения к феноменологическому подходу независимо от уровня решаемых задач бетоноведения. Отличительная особенность создаваемой системы – её целостность на всех этапах

предполагаемого приложения принципов от исследовательского до прикладного и образовательного.

Ключевые слова: бетоноведение, принципы, функциональность, совместимость, добавки.

Вступление. *Принцип (от лат. principium) – постулат, первоначальная основополагающая идея, база теории и практики.*

Принципы, как известно еще со времен древних ученых-философов Греции, Китая и Востока служат своеобразными отправными пунктами становления мирового сообщества, фундаментальных наук и технологий.

Технология бетона всю свою многовековую историю была практически «беспринципной», хотя предпринимались отдельные результативные и не очень попытки сформулировать принципы науки о бетоне на уровне законов и правил.

На пути к принципам бетоноведения. Первый принцип бетоноведения сформулирован Д. Абрамсом ровно 100 лет назад. Он звучит как *закон зависимости прочности бетона от водоцементного отношения* [1]. Закон, положенный в основу проектирования составов бетона [2], в разное время дополнялся линейного и нелинейного типа зависимостями прочности от плотности цементного камня, концентрации новообразований и т.п. При этом любые зависимости и поправочные коэффициенты ограничиваются требованиями обеспечить постоянство водопотребности и высокое качество компонентов. Это, как показывает практика, довольно сложно достижимо, а с учетом определяющей роли эффективных добавок закон зависимости прочности бетона от В/Ц или Ц/В теряет свою целесообразность. Ситуация усугубляется масштабным освоением возможностей компьютерного материаловедения [3].

Междисциплинарность бетоноведения, как прикладной науки на стыке фундаментальных знаний, прежде всего, физической и коллоидной химии, стала базисом разработки в 60-е – 70-е годы прошедшего столетия *принципа соответствия* О.П. Мчедловым-Петросяном с учениками [4]. Принцип связал параметры – момент, интенсивность и длительность

прикладываемых к бетону технологических воздействий: тепловых, механических, химических и комплексных с кинетическими и термодинамическими характеристиками твердеющих цементов. Европейские нормы и тождественные им государственные стандарты рассматривают бетон как материал, приобретающий свои свойства в результате твердения цемента [5]. Так что всё верно!

Явно неудачной, теоретически и практически необоснованной, а поэтому и нежизненной была попытка И.А. Рыбьева сформулировать «абсолютный» принцип в виде закона створа [2]. Автор ошибочно полагал, что «оптимальной структуре бетона соответствует комплекс экстремальных значений свойств», графически якобы подтверждая свое предположение. Физико-химические положения Гиббса и Гельмгольца о свободной энергии при этом не привлекались.

Вообще, попытки использовать с этой целью аппарат фундаментальных наук для обоснования и интерпретации получаемых или ожидаемых результатов вследствие многокомпонентности бетона, гетерогенности протекающих реакций гидратации и процессов структурообразования заканчивались безуспешно. Зато формулировались лженаучные понятия типа полиструктурной теории, кластерных представлений, технологической поврежденности. Ошибочны зачастую перебежки от микроуровня аппарата фундаментальных наук к макроуровню бетона.

Неопровержима все же связь революционных преобразований в технологиях бетона к XXI веку с достижениями в области физической и коллоидной химии, химии высокомолекулярных соединений, информатики и пр. Освоение цифровых аддитивных 3D технологий бетона – наглядный пример и свидетельство необходимости при разработке принципов бетоноведения обращаться к фундаментальным истокам нашей науки.

Физико-химические принципы.

Физико-химический и коллоидно-химический фундаменты науки о бетоне и его технологиях действительны на всех этапах жизненного цикла бетона – исследовательском, технологическом и эксплуатационном. Фундаментальные знания – химическая термодинамика, гетерогенная кинетика, поверхностные явления в дисперсных системах, реология и др. в виде принципов, законов и правил Ван-Гоффа, Аррениуса, Нернста, Гиббса, Ребиндера с разной степенью адаптивности и корректности положены в основу инновационных разработок.

Н.С. Курнаков – основатель отечественного физико-химического анализа, изучая на макроскопическом уровне зависимости «состав – свойство», обосновал результативность их графического изображения в виде диаграмм состояния одно- и многокомпонентных систем, изменяющихся в ходе превращений [6]. Этот подход позволил сформулировать три принципа физико-химического анализа:

- *принцип соответствия* гласит, что каждой совокупности фаз, находящейся в равновесии в данной системе, в соответствии с фазовым правилом, на диаграмме отвечает определенный геометрический образ. В химии вяжущих веществ и бетона, к примеру, высоко значимы диаграммы состояния SiO_2 , CaO-SiO_2 , $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ и др.;
- *принцип непрерывности* предполагает, что при непрерывном изменении параметров состояния системы, свойства её отдельных фаз меняются непрерывно;
- *принцип совместимости* (дополнен Я. Горощенко) определяет, что любой набор компонентов, независимо от их числа и физико-химических свойств, может составлять систему. При этом, на диаграммах отображаются процессы с учетом взаимовлияния компонентов.

Развивая учение Н.С. Курнакова, академик Ю.Д. Третьяков обосновал необходимость установления общих закономерностей с учетом физико-химической природы разнофазовых материалов и

процессов [7]. Он сформулировал девять физико-химических принципов неорганического материаловедения:

- периодичности свойств неорганических соединений элементов;
- химического, термодинамического и структурного подобия;
- непрерывности, соответствия и совместимости компонентов равновесной системы;
- ограничения числа независимых параметров состояния в равновесной системе;
- структурного разупорядочения и непостоянства состава, химического, структурного и фазового усложнения системы;
- химической, гранулометрической и фазовой однородности;
- неравноценности объемных и поверхностных свойств;
- метастабильного многообразия физико-химических систем;
- одинакового эффекта производимого различными физико-химическими воздействиями.

Каждый из принципов в отдельности и все девять в целом в той или иной мере применимы к проблемам современного бетона. Многокомпонентность предопределяет, например, значимость принципов химического и фазового усложнения цементных систем, неравноценности объемных и поверхностных свойств, т.е. неоднородности и пр.

Система принципов бетоноведения. Наука о бетоне – самостоятельная и специфическая, многофакторная и многоуровневая область знаний. Этот известный и неоспоримый факт обуславливает актуальность создания целостной системы специальных, теоретически и практически значимых принципов, адекватных уровню рецептурно-технологических решений. В этом состоят цель и задачи работы, проводимой на протяжении ряда лет на кафедре физико-химической механики и технологии строительных материалов и изделий ХНУСА [8-10].

Основана разработка на современных концепциях высокофункционального

бетона – High-Performance Concrete (HPC) и бетона с заданной функциональностью Defined-Performance Concrete (DPC). В связи с названными концепциями углублены физико-химические представления о функциональности, как определяющем факторе технологической эффективности с учетом роли добавок в качестве носителя функций [9].

С этих позиций сформулирована система научно-технологических принципов бетоноведения. Предлагаемая система включает три иерархически взаимосвязанных блока: физико-химический, технологический, информационно-методологический, каждый из которых сформирован двумя принципами (рис. 1).



Рис. 1. Система принципов бетоноведения

Физико-химический блок.

Термодинамический принцип саморегулирования (самосогласования) совокупности элементарных самопроизвольных процессов и реакций гидратационного взаимодействия компонентов за счет высвобождения (минимизации) свободной энергии на поверхности раздела твердой, жидкой и газообразной фаз.

Наложение эффектов в результате протекания элементарных процессов предопределяет феномен и потенциал саморегулирования функциональности компонентов, бетонных смесей и бетона.

Саморегулирование – как целевая функция закладывается на стадии проектирования состава бетона. Любые – обычные и специальные, неорганические и органические вяжущие и бетоны на их основе относятся к саморегулируемым материалам, в т.ч., так называемым, self- и smart- бетонам.

Термокинетический принцип непрерывности – утверждает

непрерывность и единство времени, энергии (температуры) и информации о процессах твердения, формирования, поддержания или нарушения (деградации) свойств на всех этапах жизненного цикла бетона.

Непрерывность (лат. *continuum* – непрерывный, длительный) вытекает из общей теории взаимодействий в процессах развития и строения материи в отличие от прерывности или дискретности (лат. *disperetus* – раздельный). Принцип непрерывности на феноменологическом уровне отражает совокупность элементарных процессов и явлений в твердеющих дисперсных системах. Феноменологический подход используется в физике, физической химии и др. дисциплинах, что позволяет устанавливать закономерности взаимосвязей между экспериментально наблюдаемыми явлениями и процессами в рамках концептуальной системы «состав – процесс – структура – свойство».

Напомним, кстати, что термокинетика есть раздел химической кинетики, изучаемый скоростью и полноту реакций, процессов путем оценки параметров тепловых эффектов в единицах степени превращений или теплоты гидратации.

Технологический блок

Принцип функциональной совместимости предполагает беспрепятственное выполнение установленных основных и дополнительных функций совместимости компонентами (элементами) цементов и бетонов без проявления дисфункций.

Функциональная совместимость «цемент – добавка» есть способность добавки обеспечивать и поддерживать требуемое время заданные свойства бетонной смеси и бетона. Основной показатель – потенциал функциональной совместимости определяет эффективность рецептурно-технологического решения [11- 13].

Принцип технологической эффективности устанавливает результативность использования материальных, энергетических и трудовых ресурсов в производстве максимально возможного объема продукции.

Оценка эффективности (performance evaluation) в технологическом плане проводится в соответствии с действующими нормативными документами и технологическими регламентами определяющих свойства компонентов, бетонной смеси и бетона.

Понятие «*эффективность*» в строительном материаловедении означает меру реализации технологических показателей путем непрерывного и беспрепятственного осуществления заданных функций (performance its functions) для обеспечения и поддержания эффективности на этапах получения и службы бетона.

Информационно-методологический блок

Принцип симметричности технологической информации предусматривает адекватность необходимых данных о свойствах и качестве компонентов. В значительной мере это относится к неполной информации о составе и свойствах композиционных цементов и полифункциональных добавок от поставщиков до производителей бетона.

Асимметричность информации – термин, свойственный несовершенным условиям рыночной экономики. Ситуация асимметричности обуславливает:

- неблагоприятный отбор (adverse selection);
- риск недобросовестности (moral hazard);
- дорогостоящую верификацию составов (costly state verification).

Принцип понятийно-терминологического единства обеспечивает формирование и работу с упорядоченным профессиональным лексиконом в образовательном, научном и прикладном планах.

Обеспечение понятийно-терминологического единства – условие формирования целостной терминосистемы бетоноведения как элемента цифровых технологий бетона. В основу создания информационной терминосистемы (ИТС) положена компьютерная модель «Лексикон бетона» [8]. В случае её реализации ИТС пользователи обеспечиваются современными средствами поиска, фильтрации понятийно-

терминологического поля по любому технологическому признаку.

Эффективным инструментом обеспечения принципов бетоноведения является калориметрия и её методы. Об этом пойдет речь в продолжение материала статьи.

Заключение. Разработана целостная система принципов бетоноведения как основа развития технологии бетона. Принципы структурированы укрупненно в три блока: физико-химический, технологический и информационно-методологический. Предусмотрен целостный охват задач бетоноведения и технологии бетона. Принципы первого блока основаны на теоретических знаниях и предпосылках смежных фундаментальных наук; второго – на определяющих концепциях фундаментальности и эффективности; третьего – ориентированы на обеспечение информационных технологий. Предполагается, что система принципов бетоноведения в случае продолжения разработки конкретизируется применительно ко всем этапам жизненного цикла бетона.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Neville A. Wlasciwosci betony. Ved., SPC, Kraków, 2012. 931 s.
2. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Основы бетоноведения. Спб.: ООО «Строй-бетон», 2006. 692 с.
3. Ляшенко Т.В., Вознесенский В.А. Методология рецептурно-технологических полей в компьютерном строительном материаловедении. Одесса.: «Астропринт», 2017. 168 с.
4. Мчедлов-Петросян О.П. Химия неорганических строительных материалов. М.: Стройиздат, 1988. 304 с.
5. EN 206:2014. Concrete. Specifications, performance, production and conformity.
6. Курнаков Н.С. Введение в физико-химический анализ. 4-е изд. М.: АН СССР, 1940. 564 с.
7. Третьяков Ю.Д. Физико-химические основы неорганической химии. 3-е изд. Т.1. М.: Academia, 2002. 234 с.
8. Ушеров-Маршак А.В. Бетоноведение. Современные этюды. Харьков: Раритеты Украины, 2016. 135 с.
9. Ушеров-Маршак А.В. Общесметодологические принципы современного

материаловедения. *Материалы международной научно-практической конференции 28-29 октября*. 2015. Харьков: ХНУСА. С.10-12.

10. Usherov-Marshak A., Ciak M. *Zasady współczesnej nauki o betonie*. Monografie «Technologii betonu». *X konferencja «Dni betonu»*. 2018. T.1. Kraków. SPC, P. 185- 196.
11. Ушеров-Маршак А.В., Кабусь А.В. Функциональная совместимость компонентов – фактор развития современного бетона. *Наука і будівництво*. 2018. №1. С. 27-33.
12. Сопов В.П., Сінякін Д.А., Кабусь О.В. Бетони для зведення гідротехнічних споруд. *Науковий вісник будівництва*. 2018. Т. 91, №1. С. 140-145.
13. Кабусь О.В., Буцька Л.М. Проблеми збереження рухливості товарної бетонної суміші під час транспортування. *Науковий вісник будівництва*. 2018. Т. 92. №2. С. 214-219.

Usherov-Marshak A., Kabus A., Latorets K. PRINCIPLES OF CONCRETE SCIENCE - AS THE BASIS FOR THE DEVELOPMENT OF CONCRETE TECHNOLOGY. The article presents the material - an intermediate result of work on creating a system of principles of concrete science. The system is formed of three interconnected blocks - physico-chemical, technological and informational-methodological. A brief analytical review of the state of the fundamental scientific principles of physical and scientific chemistry is given. It emphasizes the

feasibility of resorting to the phenomenological approach, regardless of the level of the tasks in concrete science. A distinctive feature of the system being created is its integrity at all stages of the proposed application of principles from research to applied and educational.

Keywords: concrete science, principles, functionality, compatibility, additives.

Ушеров-Маршак О.В., Кабусь О.В., Латорець К.В. ПРИНЦИПИ БЕТОНОЗНАВСТВА - ЯК ОСНОВА РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ БЕТОНУ. У статті представлений матеріал - проміжний підсумок роботи по створенню системи принципів бетонознавства. Система сформована з трьох взаємопов'язаних блоків - фізико-хімічного, технологічного та інформаційно-методологічного. Наводиться короткий аналітичний огляд стану фундаментальних наукових принципів фізичної та наукової хімії. Підкреслюється доцільність звернення до феноменологічного підходу незалежно від рівня розв'язуваних завдань бетонознавства. Відмітна особливість створеної системи - її цілісність на всіх етапах передбачуваного додатка принципів від дослідницького до прикладного та освітнього.

Ключові слова: бетонознавство, принципи, функціональність, сумісність, добавки.