

ENGINEER



international scientific journal

SPECIAL ISSUE

E-ISSN

3030-3893

ISSN

3060-5172



SLIB.UZ
Scientific library of Uzbekistan



A bridge between science and innovation



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state
transport university



ENGINEER

A bridge between science and innovation

E-ISSN: 3030-3893

ISSN: 3060-5172

SPECIAL ISSUE

24-april, 2025



engineer.tstu.uz

**MUHAMMADAMIN KABULOVICH TOHIROVNING TAVALLUDINING
80 YILLIGIGA BAG'ISHLANGAN
“SAMARALI QURILISH MATERIALLARI, KONSTRUKSIYALARI VA
TEXNOLOGIYALARI”
MAVZUSIDAGI XALQARO ILMIY-AMALIY KONFERENSIYASI
ILMIY ISHLARI TO'PLAMI**

Toshkent davlat transport universiteti Rossiya Arxitektura va qurilish fanlari akademiyasining akademigi, O'zbekiston Respublikasida xizmat ko'rsatgan yoshlar murabbiysi, texnika fanlari doktori, professor **Muhammadamin Kabulovich Tohirovning tavalludining 80 yilligiga bag'ishlangan “Samarali qurilish materiallari, konstruksiyalari va texnologiyalari”** mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya ilmiy ishlari to'plami chop etildi.

Muhammadamin Kabulovich kompozitsion qurilish materiallarining polistrukturaviy nazariyasini rivojlantirishga ulkan hissa qo'shgan olimdir. 1995-yilda Muhammadamin Kabulovich Rossiya Arxitektura va qurilish fanlari akademiyasining (RAASN) xorijiy a'zosi etib saylangan, bu esa ularning qurilish materialshunosligi sohasiga qo'shgan ilmiy hissasining xalqaro miqyosdagi e'tirofi bo'ldi. Ular o'z ilmiy faoliyati davomida 6 ta monografiya, 200 dan ortiq ilmiy maqola va 25 ta ixtiroga mualliflik guvohnomasi yaratganlar.

Ushbu konferensiyaning asosiy maqsadi – qurilish materialshunosligi, bino va inshootlarni loyihalash hamda qurilish sohasidagi zamonaviy ilmiy tadqiqotlar natijalarini muhokama qilish, shuningdek, muhandislik ta'limini takomillashtirish yo'llarini aniqlashdir.

Konferensiyada O'zbekiston Respublikasi hamda xorijiy mamlakatlarning oliy o'quv yurtlari va ilmiy-tadqiqot institutlari olimlari, shuningdek, muhim ilmiy tadqiqot natijalariga ega bo'lgan ishlab chiqarish vakillari o'z ilmiy ishlari bilan ishtirok etdilar.

“Samarali qurilish materiallari, konstruksiyalari va texnologiyalari” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyaning asosiy yo'nalishlari quyidagilardan iborat:

1. **Resurs va quvvatni tejaydigan qurilish materiallari va texnologiyalari** – zamonaviy ekologik va iqtisodiy talablarni qondirishga qaratilgan innovatsion yechimlar.
2. **Bino va inshootlarning qurilish konstruksiyalari, zamonaviy hisoblash va loyihalash usullari - muhandislik** va texnologik yechimlarni takomillashtirish yo'nalishlari.
3. **Arxitektura va shaharsozlik** – estetik va funksional jihatlarni uyg'unlashtirgan zamonaviy loyihalar yaratish.
4. **Zamonaviy muhandislik ta'limi tizimini takomillashtirish** – kelajak mutaxassislarini yuqori malakali darajada tayyorlash uchun ta'lim jarayonini modernizatsiya qilish.

Mazkur konferensiya ilmiy hamjamiyatning turli vakillarini bir joyga jamlab, qurilish materialshunosligi sohasidagi zamonaviy muammolar va istiqbollarni muhokama qilish uchun qulay platforma vazifasini bajardi.

Energy analysis of concrete setting process

Z. Kakharov¹, R. Ashimov²

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

²Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan

Abstract: Determinations of the energy value of sand concrete in the process of concrete setting. Methods: Method of testing concrete with ball indenters based on the patterns of interaction between the surface of concrete and the ball pressed into it. Results: Calculations of concrete and reinforced concrete structures by static loading, the critical value of the amplitude of vibrations, the energy level of the system, when the destruction of bonds between concrete particles begins. Practical significance: The conducted research allows to conclude that the mass of concrete at fracture acquires a critical value m_0/e , and in the undestroyed state its value em_0 is e times greater when interacting with an indenter than at press fracture.

Keywords: cement, aggregate, fraction, concrete, concrete setting, concrete mass, concrete compression, specimen testing, vibration amplitude, critical level

Энергетический анализ процесса схватывания бетона

Кахаров З.¹, Ашимов Р.²

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

²Международный казахско-турецкий университет им. Ходжи Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан

Аннотация: Определения энергетического значения песочного бетона в процессе схватывания бетона. Методы: Метод испытания бетонов шаровыми инденторами, основанными на закономерностях взаимодействия поверхности бетона и вдавливаемого в нее шара. Результаты: Расчеты бетонных и железобетонных конструкции статической нагрузкой, определен критическое значение амплитуды колебаний, энергетический уровень системы, когда начинается разрушение связей между частицами бетона. Практическая значимость: Проведенный исследований можно заключить, что масса бетона при разрушении приобретает критическое значение m_0/e , а в неразрушенном состоянии ее значение em_0 в e раз больше при взаимодействии с индентором, нежели при разрушении прессом.

Ключевые слова: цемент, заполнитель, фракция, бетон, схватывание бетона, масса бетона, сжатия бетона, испытания образцов, амплитуда колебания, критический уровень

1. Введение

Бетон – один из самых распространенных строительных материалов. Это камень искусственного происхождения, получаемый путем формования и затвердения смеси цемента, заполнителя и воды с добавлением различных ингредиентов для улучшения эксплуатационных свойств конечного продукта. От соотношения и особенностей компонентов для производства бетона зависят характеристики бетона.

Расчет бетонных и железобетонных конструкций требует особого подхода в связи со специфическими свойствами материалов. Ничтожное сопротивление бетонов растягивающим усилиям вынуждает вводить в конструкции железную арматуру, подвергаемую предварительному напряжению на растяжение.

Расчеты бетонных и железобетонных конструкций следует производить на все виды нагрузок, отвечающих функциональному назначению зданий и сооружений, с учетом влияния окружающей среды (климатических воздействий и воды - для конструкций, окруженных водой), а в необходимых случаях - с учетом особых воздействий.

2. Методология исследования

Материалы. Процесс приготовления бетона состоит из дозирования компонентов, перемешивания смеси, укладка и уплотнения вибраций.

Основные компоненты для изготовления бетона – цемент (вяжущее), заполнитель, вода.

Цемент – это основа стройматериала, он связывает остальные ингредиенты и присутствует в составе бетона практически всех марок, иногда его заменяют известью. Основное сырье для его изготовления – клинкер, гранулы из смеси известняка и глины. В зависимости от состояния сырья есть три способа их измельчения – сухой, мокрый и комбинированный. Основные характеристики материала: прочность, фракция, морозоустойчивость, скорость отвердевания.

Заполнитель по размеру фракций делится на крупный, средний и мелкий. В качестве первых двух чаще всего используется гравий и щебень, применяются и другие природные материалы, а также искусственные аналоги, например, керамзит.

Практика установила нормы и технологию процесса с теоретическими обоснованиями, опирающимися на значения таких констант, как продолжительность схватывания ($t=28$ суток и др.), временное сопротивление образцов сжатию ($R=50$ МПа и др.),



плотность массы и др.

Характерно, что в установленных нормах явно чувствуется влияние основания натуральных логарифмов $e=2,7182...$ (вес образца $103\text{см}^3 - 2,2\text{кг}$, продолжительность первого периода схватывания – 3 суток и др.).

Процесс твердения бетона — комплексная химическая реакция, в которой во время контакта минералов с водой запускается процесс гидратации. В результате присоединения молекул воды к клинкерным частицам образуется твердое монолитное вещество.

Затвердевание бетона — главный и самый ответственный этап формирования ж/б конструкции. Во время реакции твердения происходит окончательное превращение сухого раствора, соединенного с водой, в монолитный материал, который похож по прочности на камень.

В процессе схватывания бетона совершается переход химической энергии, освобождающейся при взаимодействии цемента с водой, в присутствии тепловой энергии, в механическую, создающую связи между частицами минеральных материалов (щебня, песка и др.) и превращающую смесь в монолитное состояние.

Методы. Процесс схватывания бетонов продолжается бесконечно долго, что свидетельствует о непрерывном развитии в нем сил взаимного притяжения частиц. Амплитуда собственных колебаний бетона затухает во времени по закону $\alpha = \alpha_0 e^{-at}$ при коэффициенте поглощения энергии α и начальном значении амплитуды α_0 при постоянной частоте ν_0 . Передача напряжений α поверхности бетона (R , Па) вглубь совершается по такому же закону $R = R_0 e^{-ah}$ Па, и с увеличением массы бетона, воспринимающей давление при увеличении ее h , напряжения быстро затухают, что делает бетон незаменимым при устройстве оснований и фундаментов.

Механизм процесса схватывания бетонов до сих пор не раскрыт, что можно объяснить непригодностью применяемых методов исследования. Наиболее эффективный метод основан на волновых свойствах бетонов, устанавливающих частоты и амплитуды колебаний в различных условиях сопротивления бетонов внешним воздействиям.

Энергетический анализ процесса схватывания бетона приводит к выводу, что в связи с образованием связей между частицами энергетический уровень увеличивается с увеличением времени схватывания t по закону $\varepsilon_0 = Ae^{at}$ при стремлении t к t_0 , т.е. к установленному времени схватывания. Кроме того, по предыдущим выводам $\varepsilon_0 = \frac{\delta R_0}{h \gamma}$ стремится на верхнем критическом уровне к Ae^n при критической массе $e^n = m_0$. Для готового бетона нижний критический уровень наступает при разрушении $\varepsilon_0 = \frac{A}{e^n}$.

Для бетонного образца – кубика $103\text{ (см}^3\text{)}$ весом 2 кг при марке бетона $R=5000\text{ Н/см}^3$ в первом приближении $\varepsilon_0 = \frac{0,1}{0,002} \cdot 5000 = 25000\text{ Н} \cdot \text{см/кг}$,
 $e^n A = m_0 A = 2 \cdot 25000 = 500\text{ Дж/кг}$ ($=50000\text{ Н} \cdot \text{см/кг}$),
 $\frac{A}{m_0} = \frac{25000}{2} = 12500\text{ Дж/кг}$.

Если масса образца принята $m_0 = e = 2,72\text{ кг}$ при $R=5000\text{ Н/см}^3$ $e^n A = 670\text{ Дж/кг}$ и $\frac{A}{e} = 92\text{ Дж/кг}$.

Арматура, создающая в бетоне предварительное напряжение осевому сжатию, повышает

энергетическую константу A (Дж/кг), и при $A = 670$ нижний критический уровень 92 повышается до 250 , верхний – до $e^3 A = 13400\text{ Дж/кг}$. От этого статического расчета, в основе которого лежит допускаемое напряжение в материалах, необходимо переходить к динамическому, в основе которого лежит энергия колебаний и волн.

Деформация сжатия бетона δ (см), измеряемая современными приборами в микронах, соответствует колебаниям на поверхности α (см) и затухает с глубиной от поверхности по закону $\delta = \delta_0 e^{-ah}$.

Энергия колебаний $\frac{(w\delta)^2}{2}$ не должна достигать верхнего критического уровня, когда возводимое сооружение приходит в колебание и грозит разрушением динамической системы.

Критическое значение амплитуды колебаний соответствует снижению энергетического уровня системы A до $\frac{A}{m_0}$ (Дж/кг), когда начинается разрушение связей между частицами бетона.

Испытания образцов бетона разрушением прессами на осевое сжатие не отвечает современным требованиям к расчету конструкций динамическим методами. Бетон в основаниях и фундаментах сооружений, где он сопротивляется внешним воздействиям большой массой, поглощающей все динамические нагрузки на малой глубине от поверхности, попадает в тяжелые условия в верхних строениях, в которых динамические нагрузки вызывают колебания сложных конструкций. Особенно сложна работа бетона в тонких оболочках, армированных сетками и ребрами, образующими нежесткие металлические конструкции.

Большой интерес представляют испытания бетонов шаровыми инденторами, основанными на закономерностях взаимодействия поверхности бетона и вдавливаемого в нее шара.

При диаметре шаровой поверхности D (см) и глубине вдавливания δ (см) под действием вертикальной силы F (Н) работа прибора выражается произведением $F\delta$ (Дж), поверхность лунки – контакта бетона с шаром $\pi D\delta$ (см²) и напряжение на поверхности бетона $R = \frac{F}{\pi D\delta}$. при этом удельная поверхностная энергия на площади контакта $R\delta = \frac{F}{\pi D} = C$ – константа прибора, создающего силу F (Н). Размерность C (Па·см) отличается от размерности R (Па) так же, как скаляр отличается от – направлением. Переход от скаляра к поверхности дает скаляр, позволяющий относить его к глубине h (см), на которой бетон сжимается и деформируется. Силу F (Н), развиваемую прибором, и диаметр шаровой поверхности D (см) можно изменить, получая значения деформации δ (мкм) в нужных пределах.

3. Результаты исследования

Плотность энергии в напряженном бетоне τ_0 определяет ε_0 как отношение плотностей энергии и массы $\varepsilon_0 = \frac{\sigma_0}{m_0}$. Исследования со сконструированным индентором показала, что R и δ в отдельности не могут характеризовать прочностные свойства бетонов, а в произведении $R\delta = C$ каждому значению δ соответствует определенное значение



$R = \frac{C}{\delta}$, значительно более точно, чем определяемому при прессовых испытаниях.

При параллельных испытаниях образцов песочного бетона – кубиков с ребром 7 см (343 см³) и массой $m_0 = 0,7$ кг, при $\gamma = 0,002$ кг/см³ прессом, характеризуемым $R\delta = 180$ Н·см/см³, и индентором при $D = 1,5$ см, $F = 5000$ Н, $C = R\delta = 10620$ Н·см/см³ были определены значения следующих показателей (табл.1.):

Таблица 1

Показатели значений параллельных испытаний образцов песочного бетона

Марка бетона	Константа пресса	Деформации при вдавливании индентора	Сопротивление сжатию бетонных кубиков, Н/см ²
700	14,7	190-234	45500-56000
600	16,5	250-305	34800-42500
500	18,1	329-403	26400-32400
400	19,9	453-553	19300-23500

Основные показатели $\delta = 370$ ($=0,037$ см), $i = \frac{\delta}{h} = \frac{0,037}{7} = 0,0053$, $\beta = \frac{0,0053}{0,02} = 2,5$ позволяют установить средние значения напряжений при прессовых и инденторных испытаниях: $R_{пр} = \frac{18}{0,037}$ и $R_{шар} = \frac{106,2}{0,037} = 30000$ Н/см². При резких колебаниях $R_{п}$ наблюдалось плавное изменение $R_{ш}$.

4. Заключение

Из проведенных исследований можно заключить, что масса бетона при разрушении приобретает критическое значение $\frac{m_0}{e}$, а в неразрушенном состоянии ее значение em_0 в e раз больше при взаимодействии с индентором, нежели при разрушении прессом.

Учитывая, что при взаимодействии с прессом образец испытывает осевое, а при вдавливании шара общее сжатие, при делении всех членов на $\beta = \frac{i}{\gamma} (\approx 2,5)$ можно установить взаимосвязь между напряжениями.

Использованная литература / References

- [1] Ю.М. Баженов. «Технология бетона». Учебник. -М.: Издательство АСВ, 2002.
- [2] В.Н. Бойков, Э.С. Сигалов «Железобетонные конструкции». Учебник для вузов-5-е изд. Стройизд. 1991
- [3] Djabbarov S., Kakharov Z., Kodirov N. Device of road boards with compacting layers with rollers //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2022. – Т. 2432. – №. 1. – С. 030036. <https://doi.org/10.1063/5.0089679>
- [4] Djabbarov S., Kodirov N. The impact of dynamic load from the wheel on the rail for high-speed trains in Uzbekistan //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 402. – С. 06009. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340206009>
- [5] Kakharov, Z., Mirzakhidova, O. (2023). Soil Surface Compaction Analysis During the Construction of Railways and Roads. In: Zokirjon ugli, K.S., Muratov, A., Ignateva, S. (eds) Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East

(AFE-2022). AFE 2023. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 706. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36960-5_65

[6] Kakharov Z. Mechanisms of the processes of shear, slice, general compression and expansion of mass //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 402. – С. 12007. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340212007>

[7] Kakharov Z., Yavkacheva Z. Determination of the bearing capacity of a building and structures of energy facilities //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 371. DOI:10.1051/e3sconf/202337102042

[8] Кахаров З. В., Эшонов Ф. Ф., Козлов И. С. Определение значений энергетических констант материалов при дроблении твердых тел // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2019. – Т. 16. – № 3. – С. 499-504. DOI: 10.20295/1815-588X-2019-3-499-504

[9] Kakharov Z.V. et al. Requirements for the superstructure of the track on high-speed railways //Eurasian Union of Scientists. – 2021. – no. 4-1. - P. 45-48. <https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2021.1.85.1325>

[10] G.-A. Khalfin, Kh. Umarov; The work of intermediate rail fasteners on mountain sections of railways. AIP Conf. Proc. 15 March 2023; 2612 (1): 040023. <https://doi.org/10.1063/5.0126396>.

[11] Khalfin G. A. et al. System for determining state of continuous welded track //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 401. – С. 02050. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340102050>

[12] Теличенко В.И., Терентьев О.М., Лапидус А.А. «Технология строительного производства». Издательство «Высшая школа» -2005

[13] Umarov K. et al. Mathematical model for prediction of cargo flow during the construction of the railway line Uzbekistan-Kyrgyzstan-China //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 401. – С. 03018. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340103018>.

[14] Umar Chorsanbiev, Ahmadjon Ibadullaev, Durdona Toshpulatova, Askar Babaev and Baxadir Kakharov. Modification of dispersed systems and its effect of the internal corrosion of hydrotransports. E3S Web Conf., 383 (2023) 04032. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338304032>

[15] Xodjiev, N., Juraev, S., Kurbanov, K., Sultonov, S., Axatov, D., & Babayev, A. (2022, June). Analysis of the resource-saving method for calculating the heat balance of the installation of hot-water heating boilers. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2432, No. 1). AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0090455>.

Информация об авторах / Information about the authors

Зайтжан Кахаров Инженерия железных дорог, Ташкентский государственный университет путей сообщения, Ташкент
E-mail: zumi1525@mail.ru

Рустам Ашимов Директор центра по подготовке терминологических словарей и переводов, Международный казахско-турецкий университет им. Ходжи Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан
E-mail: zumi1525@mail.ru



V. Soy, N. Mukhammadiev, G. Malikov, G. Tianyu <i>Development of a fine-grained basalt fiber concrete composition for the carriageway structures of reinforced concrete highway bridges.</i>	56
Z. Kakharov, R. Ashimov <i>Energy analysis of concrete setting process.</i>	59
A. Nazibekov <i>Application of geopolymer concrete.</i>	62
Z. Sattorov, N. Madraimov <i>Experimental test methods for the properties of building materials based on class "f" and "c" ash from a thermal power plant</i>	65
I. Makhamataliev, A. Karabaev, S. Avabde <i>On the new classification of mineral fillers used in asphalt concrete technology.</i>	69
U. Turgunbaev, N. Sunnatillaeva <i>Preparation of polymer cement adhesive (PCA) by dry construction mixtures technology (DCT).</i>	76
S. Abdieva, U. Abdullaev <i>High quality composite concrete binders with improved performance.</i>	81
D. Abdullayeva, Sh. Sabirova <i>Study of the influence of the specific surface of river aggregate on the structure formation of non-autoclaved aerated concrete.</i>	85
V. Soy, D. Abdullayeva, G. Nuriddinova <i>Methodological basis for the use of additives for the production of complex modified cement binders.</i>	89
U. Abdullayev <i>Mechanical activation of limestone and study of its granulometric composition.</i>	94
J. Turgunbaeva, I. Makhamataliyev, I. Kuznetsova <i>Prospects for the use of artificial intelligence capabilities in the production of gypsum-concrete tongue-and-groove boards.</i>	99
A. Alinazarov, A. Tukhtabaev, S. Adasheva <i>Thermophysical properties of multicomponent building materials during heat and moisture treatment using solar energy.</i>	104
R. Narov, N. Rakhimova <i>The effect of a complex additive on the homogeneity of cast concrete.</i>	107