

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

27-june, 2026



engineer.tstu.uz

**TEXNIKA FANLARI DOKTORI, PROFESSOR
MIRAXMEDOV MAXAMADJON MIRAXMEDOVICH
TAVALLUDINING 80 YILLIGIGA BAG'ISHLANGAN
“SAMARALI QURILISH MATERIALLARI, KONSTRUKSIYALARI VA
TEKNOLOGIYALARI”
MAVZUSIDAGI XALQARO ILMIY-AMALIY KONFERENSIYASI
ILMIY ISHLARI TO'PLAMI**

Toshkent davlat transport universiteti RAASN akademigi, O'zbekistonda xizmat ko'rsatgan yoshlar murabbiyi, texnika fanlari doktori, professor Miraxmedov Maxamadjon Miraxmedovich tavalludining 80 yilligiga bag'ishlangan, ilmiy ishlar to'plami nashr etilishi ko'zda tutilgan «Samarali qurilish materiallari, konstruksiyalari va texnologiyalari» mavzusidagi Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyani o'tkazishni rejalashtirmoqda.

M.M. Miraxmedov kompozitsion qurilish materiallarining polistruktura nazariyasini rivojlantirishga salmoqli hissa qo'shgan. Uning qurilish materialshunosligi sohasidagi ilmiy hissi e'tirofi sifatida 1995-yilda Rossiya arxitektura va qurilish fanlari akademiyasining (RAASN) xorijiy a'zosi etib saylangan. M.M. Miraxmedov 6 ta monografiya, 200 dan ortiq ilmiy maqolalar va 25 ta ixtiroga mualliflik guvohnomalari muallifidir.

Ushbu konferensiyaning asosiy maqsadi - qurilish materialshunosligi, bino va inshootlarni loyihalash va qurilish sohasidagi ilmiy tadqiqotlar natijalarini, shuningdek, muhandislik ta'limini takomillashtirish yo'llarini muhokama qilishdan iborat.

Konferensiya ishida ishtirok etish uchun oliy o'quv yurtlari va ilmiy tadqiqot institutlari olimlari, O'zbekiston Respublikasi va xorijiy davlatlarning ishlab chiqarish vakillari, ilmiy tadqiqotlarda salmoqli natijalarga ega bo'lgan mutaxassislar taklif etiladi.

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

1. Resurs va energiya tejovchi qurilish materiallari va texnologiyalari.
2. Atrof-muhitning transport infratuzilmasiga ta'siri va uni himoya qilish usullari.
3. Bino va inshootlarning qurilish konstruksiyalari: hisoblash va loyihalashning zamonaviy usullari.
4. Arxitektura, shaharsozlik va shahar muhitini rivojlantirish.
5. Qurilishni tashkil etishning innovatsion usullari va qurilish jarayonlari texnologiyalari.
6. Transport obyektlarini loyihalash va qurishda raqamli texnologiyalar hamda sun'iy intellekt.
7. Temir yo'l transporti infratuzilmasi obyektlarini loyihalash, qurish va ekspluatatsiya qilish.
8. Zamonaviy muhandislik ta'limi tizimini takomillashtirish.

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

Analysis of the Influence of Loading Time And Technological Factors on the Deformation of Long-Term Creep of Lightweight Concretes

V.M. Soy¹^a, U.Z. Shermukhamedov¹^b, A.R. Babaev¹^c,
N.R. Mukhammadiev¹^d, G.B. Malikov¹^e

¹Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: The article analyzes the developmental patterns of linear and nonlinear creep deformations in lightweight prestressed ceramic concrete structures under prolonged compression. The joint influence of the water-cement ratio, temperature effects up to 900C, and the stiffness of the porous filler on the kinetics of stress redistribution in the concrete structure was investigated. The mathematical dependence for determining the nonlinear creep of keramzit concrete was considered, taking into account the time factor and the age of the concrete at the time of loading ($t_1 > 16$ days). It has been established that the linear creep limit of high-strength lightweight concretes reaches 65% of the compressive strength, which is significantly higher than the indicators of conventional concretes. The obtained results and refined empirical formulas significantly increase the accuracy of calculating the deflections and load-bearing capacity of bending and eccentrically compressed elements of transport structures.

Keywords: Porous concrete, light concrete, porous concrete, nonlinear creep, deformability, water-cement ratio, porous aggregate, age of loading

Анализ Влияния Времени Загрузки И Технологических Факторов На Деформации Длительной Ползучести Легких Бетонов

В.М. Сой¹^a, У.З. Шермухамедов¹^b, А.Р. Бабаев¹^c, Н.Р. Мухаммадиев¹^d,
Г.Б. Маликов¹^e

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Аннотация В статье анализируются закономерности развития деформаций линейной и нелинейной ползучести предварительно напряженных конструкций из легкого керамзитобетона при длительном сжатии. Исследовано совместное влияние водоцементного отношения, температурных воздействий до 90°С и жесткости пористого заполнителя на кинетику перераспределения напряжений в структуре бетона. Рассмотрена математическая зависимость для определения нелинейной ползучести керамзитобетона, учитывающая фактор времени и возраст бетона в момент загрузки ($t_1 > 16$ суток). Установлено, что предел линейной ползучести высокопрочных легких бетонов достигает 65% от прочности на сжатие, что значительно выше показателей обычных бетонов. Полученные результаты и уточненные эмпирические формулы позволяют существенно повысить точность расчета прогибов и несущей способности изгибаемых и внецентренно сжатых элементов транспортных сооружений.

Ключевые слова: Керамзитобетон, легкий бетон, керамзитобетон, нелинейная ползучесть, деформативность, водоцементное отношение, пористый заполнитель, возраст загрузки

1. ВВЕДЕНИЕ


Большой вклад в развитие теории ползучести внесли ученые А.А. Ашрабов, Раупов Ч.С., Андрианов А.А. Деллос К. П., Берг О.Я., Щербаков Е.Н., Писанко Г.Н., А.А. Гвоздев и др. [1, 2, 3, 4].


Рациональное проектирование предварительно

напряженных конструкций из керамзитобетона может быть обеспечено только при условии правильного учета таких важных характеристик, как усадка и ползучесть при сжатии [1, 2, 5].


Neville А.М. с соавторами [6] настаивают, что деформации ползучести являются очень существенными и всегда должны учитываться в дополнение к начальным упругим деформациям.

^a <https://orcid.org/0009-0004-2390-6961>

^b <https://orcid.org/0000-0003-1718-5331>

^c <https://orcid.org/0000-0001-5045-8288>

^d <https://orcid.org/0009-0004-2390-6961>

^e <https://orcid.org/0000-0003-3691-1079>



Это наглядно иллюстрируется экспериментальными результатами, показывающими, что деформации ползучести через год после загрузки в 2-3 раза превышают начальные упругие деформации. Интенсивность роста ползучести, однако, со временем уменьшается и через некоторое время ползучесть носит установившийся характер.

2. МЕТОДЫ

Наблюдения Девиса за ползучестью бетона, продолжавшиеся в течение 30 лет, показали, что деформация ползучести через 1 год, принятая за единицу, возрастает через два года до 1,14, через 5 лет - до 1,2, через 10 лет - до 1,26, через 20 лет - до 1,33 и через 30 лет - до 1,36.

Все согласны в том, что бетоны с более низкими В/Ц отношениями показывают меньшую ползучесть, чем бетоны с более высокими В/Ц. Изучение экспериментальных данных составов с одинаковым содержанием цемента, но с различным содержанием воды показало эту тенденцию. Это связано с тем, что кинетика нарастания прочности бетона неразрывно связана с величиной В/Ц.

Ползучесть, по существу происходит в цементном камне, который не совсем упругий, а заполнители же при эксплуатационных нагрузках деформируются упруго, а не пластически, тем самым, ограничивая ползучесть. Поэтому количество и жесткость крупных заполнителей до некоторой степени влияют на ползучесть. Более жесткий заполнитель воспринимает большую долю нагрузки, разгружая цементный камень. По мере проявления деформаций ползучести последнего идет перераспределение напряжений в направлении еще большего нагружения высокопрочного заполнителя. Следовательно, заполнители в бетоне тормозят развитие пластических деформаций цементного камня и тем в большей степени, чем больше насыщен бетон заполнителем и чем выше модуль упругости заполнителя. Поэтому любое увеличение этих двух факторов уменьшает ползучесть бетона [5].

В своей книге Neville A.M. с соавторами обсуждали влияние заполнителей на ползучесть бетона. Представленные результаты, основанные на предшествующем исследовании, показали, что максимальный размер и гранулометрия заполнителей не влияют на ползучесть, если бетон полностью уплотнен.

Нельзя отрицать и тот факт, что сам по себе пористый заполнитель, и в первую очередь керамзит, подвержен значительным пластическим деформациям и микротрещинообразованию при длительном действии на него сжимающих нагрузок. Это также может являться дополнительными факторами,

интенсифицирующими ползучесть керамзитобетона.

Температура также влияет на ползучесть, хотя для наиболее типовых сооружений температура рассматривается как менее важный фактор окружающей среды, чем относительная влажность. Более высокая температура приводит к увеличению начальной скорости ползучести по сравнению с бетоном, испытываемым при нормальной (комнатной) температуре. Это обусловлено увеличением подвижности воды и активацией процесса деформирования. Однако рост ползучести со временем прекращается и становится одинаковым для всех температур. В случае испытаний бетона в раннем возрасте ползучесть при 900С в три раза выше ползучести при 200С [6]. Alexander K.M. с соавторами [10] отмечает, что снижение температуры твердения бетона с 23 до 50С приводит к росту ползучести до 40%.

Smadi M.M. с соавторами [7] отмечает, что у высокопрочных бетонов существует более высокий предел линейного соотношения между уровнем приложенных напряжений и деформациями ползучести. Этот предел наблюдался приблизительно на уровне нагрузки 65% от прочности на сжатие для высокопрочного бетона по сравнению с 45% от прочности на сжатие для низкопрочных и нормальных бетонов. Также наблюдалось, что высокопрочный бетон имеет повышенную прочность при длительной нагрузке. Напряжения, при которых происходит разрушение бетона от деформаций ползучести составляют примерно 80% от прочности у высокопрочного бетона и 75% от прочности для бетонов низких и средних марок.

Все данные по ползучести получены в основном при испытании бетона под постоянной нагрузкой. Бетон, подвергающийся циклическому нагружению и разгрузке, также показывает прогрессирующий рост деформаций. Однако при испытании образцов, нагруженных вначале длительно действующей постоянной нагрузкой, а затем циклической нагрузкой, было обнаружено только незначительное увеличение деформаций по сравнению с их уровнем, полученным при действии постоянной нагрузки [6].

Многочисленное повторение циклов загрузки и разгрузки бетонной призмы приводит к постепенному накоплению неупругих деформаций. После достаточного большого числа циклов эти неупругие деформации, соответствующие данному уровню напряжений, постепенно выбираются, ползучесть достигает своего предельного значения, бетон начинает работать упруго. Такой характер деформирования наблюдается лишь при напряжениях, не превышающих предел выносливости. При больших напряжениях после некоторого числа



циклов неупругие деформации начинают неограниченно расти, что приводит к разрушению образца [5].

Анализ литературных источников показал, что деформации ползучести бетона являются очень существенными и всегда должны учитываться в дополнение к начальным упругим деформациям.

Линейное соотношение между деформациями ползучести и величиной приложенного напряжения, как известно, существуют только до определенного уровня напряжений. Верхний предел линейного соотношения в основном находится в пределах от 50% до 60% прочности при сжатии для большинства бетонов. Выше этого напряжения происходит микротрещинообразование и соотношение становится нелинейным. Хотя зависимость деформаций от напряжения при длительном сжатии бетона с самого начала загрузки, строго говоря, нелинейна, однако для бетона не очень раннего возраста при небольших напряжениях сжатия эта нелинейность бывает слабее выражена, поэтому в практических расчетах иногда нелинейность деформаций не учитывается. Но это справедливо лишь для небольших уровней напряжения. Для многих практических задач полезно различать условную границу перехода области линейной ползучести, обнаруживаемой обычно по прошествии короткого времени после длительного нагружения (с сильно выраженной нелинейностью в процессе нагружения) от области существенно нелинейной ползучести бетона, четко обнаруживаемой в последующее время длительного нагружения. Учет нелинейной ползучести существенно важен для практических расчетов, предварительно напряженных изгибаемых, внецентренно сжатых и некоторых других элементов. При уровнях напряжения, приближающихся к пределу прочности бетона, ползучесть может привести к разрушению структуры [5].

В работах [8, 9] для определения относительной деформации нелинейной ползучести керамзитобетона предлагается зависимость:

$$\varepsilon_{x,p}(t; \tau_1) = (\sigma_{bl} + \alpha \sigma_{bl}^3) C_b(t; \tau_1), \quad (1)$$

где σ_{bl} – действующее напряжение в МПа;

α – численный коэффициент, определяемый из опыта;

$C_b(t; \tau_1)$ – мера линейной ползучести керамзитобетона, которую можно определить по предлагаемой в [2] зависимости:

$$C_b(t; \tau_1) = \frac{70R_b^2(\tau_1 - 2) + 13000R_b - 140000}{(177R_b - 1700)R_b\tau_1^{3/2}} 10^{-5} + \frac{0,2R_b + 15\tau_1 - 0,2R_b + 100}{R_b} [1 - e^{-y(t-\tau_1)}] 10^{-5} \quad (2)$$

где $C_b(t; \tau_1) \gamma_1 = 0,015 + 18/R_b$ (3)
второй множитель в формуле (4.3) учитывается при $t_1 > 16$ суток.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе анализа существующих исследований и математических моделей установлено, что деформации ползучести легких бетонов имеют ярко выраженный нелинейный характер, зависящий от кинетики нарастания прочности цементного камня, жесткости пористо го заполнителя и температурных факторов. Применение уточненной зависимости, учитывающей возраст бетона в момент загрузки ($t_1 > 16$ суток), позволяет научно обосновать смещение границы линейной ползучести высокопрочных легких бетонов до уровня 65% от призмной прочности. Данный подход раскрывает механизм перераспределения напряжений между цементной матрицей и керамзитовым заполнителем, предотвращая прогнозируемое микротрещинообразование в структуре материала.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- [1] Ашрабов А.А. Легкий бетон и железобетон для индустриального строительства. – Ташкент. Мехнат, 1988. – 252с.
- [2] Раупов Ч.С. Керамзитобетон для транспортного строительства. Монография. ТГТУ. Ташкент. Изд. «Tamaddun», 2020. – 316 с.
- [3] Деллос К. П. Керамзитобетон в мостостроении. – М.: Транспорт. 1986. – 184с.
- [4] Андрианов А.А. Состав, ползучесть высокопрочного лёгкого бетона из смесей высокоподвижной и литой консистенции с модификаторами на органоминеральной основе / Автореф. дисс. канд. техн. наук. – Москва: ФГУП НИЦ «Строительство», 2007. – 15 с.
- [5] Механизм ползучести бетона и факторы, влияющие на нее (обзор). <https://elibrary.ru/item.asp?id=23032537>
- [6] Москалькова Ю. Г. Прочность и деформативность изгибаемых железобетонных элементов, усиленных наращиванием сжатой зоны, при статическом и малоцикловом нагружениях : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01; Белорус.-Рос. ун-т. Могилев, 2013. 199 с.
- [7] Chini A. R., Villavicencio E. J.. Detection of Microcracks in Concrete Cured at Elevated Temperature / University of Florida, Gainesville, 2006. 86 p.
- [8] Семенюк С. Д. Прогнозирование работы и расчет железобетонных пространственных конструкций на неравномерно деформируемом



основании : дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.01; 05.23.02. Могилев, 2004. 381 с.

[9] Семенюк С. Д., Москалькова Ю. Г. Особенности деформирования бетона на основе отходов литейнометаллургических производств при малоцикловом нагружении // Проблемы современного бетона и железобетона : сб. научн. тр. / Институт БелНИИС ; редкол. : М. Ф. Марковский [и др.]. Минск: СтройМедиаПроект, 2014. Вып. 8. С. 283–297.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Цой Владимир Михайлович
Ташкентский государственный транспортный университет, кафедра «Строительство зданий и промышленных сооружений», доктор технических наук, профессор.
E-mail: Volodya_tsoy@inbox.ru
Тел.: +998909521576
<https://orcid.org/0009-0004-2390-6961>

Шермухамедов Улугбек Забихуллаевич
Ташкентский государственный транспортный университет, кафедра «Мосты и тоннели», заведующий кафедрой, доктор технических наук, профессор.

E-mail: ulugbek_z@tstu.uz
Тел: +998 90 316 11 81.
<https://orcid.org/0000-0003-1718-5331>

Ташкентский государственный транспортный университет, декан факультета «Строительная инженерия», доктор технических наук, профессор
E-mail: babaev_a@tstu.uz
Тел: +998 94 640 37 92.
<https://orcid.org/0000-0001-5045-8288>

Мухаммадиев Нематжон Рахматович
Ташкентский государственный транспортный университет, кафедра «Строительство зданий и промышленных сооружений», заведующий кафедрой, доктор технических наук, доцент
E-mail: nemat.9108@mail.ru
Тел.: +998909111106
<https://orcid.org/0009-0004-2390-6961>

Маликов Ганишер Бахромкулович
Ташкентский государственный транспортный университет, кафедра «Мосты и тоннели», PhD., и.о. доцент
E-mail: ganisherm@inbox.ru
тел: +998901893094



V. Soy, U. Shermukhamedov, A. Babaev , N. Mukhammadiev, G. Malikov <i>Analysis of The Influence of Loading Time and Technological Factors on the Deformation of Long-Term Creep of Lightweight Concretes.....</i>	124
E. Urazxanova, K. Markabaeva <i>Passive Cooling Strategies in Residential Architecture of Hot-Dry Uzbek Cities: A Design-Screening Model.....</i>	128
G. Dosjanova <i>Technological Efficiency of Modular Green Roof Systems for Operated Flat Roofs in Nukus Conditions.....</i>	131
Sh. Khalimova, A. Karabaev <i>The Practical Importance of QGIS Technologies in Engineering Geological Mapping.....</i>	135
J. Sodikov, K. Musulmanov, A. Adizov <i>Integrating Roadside Greening and Urban Microclimate into Pedestrian Accessibility Assessment: A Case Study of Tashkent City</i>	140
K. Lesov, Sh. Tadjibaev <i>Resource-Efficient Designs and Organizational-Technological Solutions for Reinforcing the Subgrade in Sandy Soils.....</i>	147
U. Dosmetov <i>Management of Transformation Processes in the Railway Industry of Uzbekistan: Problems, Solutions, and Initial Results.....</i>	152
S. Djabbarov, N. Kodirov <i>Forecasting the Fatigue Life of Rails R65 Using Digital Technologies and Artificial Intelligence.....</i>	158
Kh. Umarov <i>Positive and Negative Aspects of Organizing Heavy-Duty Train Traffic in Increasing the Carrying Capacity of Uzbekistan's Railway Network.....</i>	164
P. Begmatov, F. Eshonov, Sh. Jonkobilov <i>Assessment of Rail Reliability on Metro Tracks.....</i>	169
U. Ergashev, Sh. Makhamadjonov <i>Research of Foreign Experiences in Planning Railway Track Repairs Based on Diagnostic Data.....</i>	173

