

ПОЛЗУЧЕСТЬ НЕАВТОКЛАВНОГО ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ДЕЙСТВИИ НАГРУЗОК

Уринов Жамол Рашитович

*Кандидат технических наук, доцент кафедры
“Технология строительных материалов и конструкций”
Бухарского инженерно-технологического института,
Республика Узбекистан.*

Мирзаев Улугбек Телманович

*Старший преподаватель кафедры
“Технология строительных материалов и конструкций”
Бухарского инженерно-технологического института,
Республика Узбекистан.*

Аннотация. Приведены результаты и анализ экспериментальных данных по испытаниям образцов – призм из неавтоклавно-ячеистого бетона при многократно повторяющейся нагрузке. По результатам испытаний уравнения для неавтоклавно-ячеистых бетонов, а также выявлены величины коэффициента динамического упрочнения и коэффициента условий работы $m_{кр}$ с учетом роста прочности неавтоклавно-ячеистых бетонов.

Ключевые слова. Призма, нагрузка, частота уравнения, бетон, газозолобетон, малоцикловые, величина, цикл, коэффициент

Введение. Повышение эффективности капитального строительства подразумевает широкое применение современных научно-технических достижений, строительных материалов и изделий, ресурсом энергосберегающих технологий обеспечивающих сокращение расхода материалов, топливно-энергетических ресурсов на производство строительных продукции а также на строительство зданий и сооружений.

Неавтоклавно-ячеистые бетоны обладают пористой структурой и низким коэффициентом теплопроводности. Такие бетоны принадлежат к числу эффективных строительных материалов. Масса панелей из таких бетонов на 45% меньше массы наиболее эффективных керамзитобетонных панелей, а стоимость их «в деле» на 18% ниже энергоемкость производство неавтоклавно-ячеистых на 60-70% меньше энергоемкости производство керамзитобетона и на 50-60% кирпича, кроме того, производство неавтоклавно-ячеистых бетонов несколько проще, чем автоклавно-ячеистых, поскольку исключается необходимость в использовании металлоемких фондируемых стальных автоклавов и не требуется пар повышенного давления.

Неавтоклавные ячеистые бетоны предназначены для изготовления железобетонных наружных стеновых панелей, мелкогазобетонных блоков, панелей стеновых внутренних жилых и общественных зданий, теплоизоляционных изделий.

Однако несмотря на имеющийся опыт производства и применения неавтоклавных ячеистых бетонов, область их применения в строительстве остается ограниченной. Одной из причин, препятствующих широкому применению изделий из неавтоклавных ячеистых бетонов, является недостаточность проведенных исследований.

В связи с этим в «Научно-исследовательском, проектно-конструкторском и технологическом институте бетона и железобетона (НИИЖБЕ)» были проведены экспериментальные исследования неавтоклавных ячеистых бетонов при немногократно повторяющейся нагрузке.

Основная часть. Испытания призм размером 10х10х30 см при многократно повторяющихся динамических нагрузках проводили при центральном сжатии на специально созданной силовой раме с гидродомкратом мощностью 100 кН, подключенным к гидропульсатору фирмы "Лозенгаузен". Гидропульсатор позволял проводить испытания с частотой нагружения 300 циклов/мин. Так как высокочастотное пульсационное оборудование не позволяло прикладывать пульсационную нагрузку сразу с запрограммированной амплитудой напряжений, при испытаниях большое значение играет вывода амплитуды напряжений, от которого зависит точность полученных экспериментальных данных.

Динамическая прочность материала зависит от верхнего предела пульсирующей нагрузки $G_{\max}$ и коэффициента асимметрии цикла $\rho = \frac{G_{\min}}{G_{\max}}$.

При испытаниях на многократно повторные нагружения ρ во всех случаях составляло 0,2. По результатам статических испытаний кубов-близнецов назначали верхний предел пульсирующей нагрузки и корректировали его с помощью выявленных зависимостей " $\rho_{\text{сух}} - R$ "; " $\rho_{\text{сух}} - E_v$ "; " $R_v - E_v$ " (рис. 2.2, 2.3, 2.4, 2.5). Максимальное напряжение цикла составляло для первой серии (0,56÷1,1) R_v , для второй серии (от 0,73 до 1,16) R_v .

Загружение опытных образцов при испытаниях производили в следующем порядке: сначала опытный образец загружали статической нагрузкой уровня 0,6 $G_{\max}$, затем верхний предел $G_{\max}$ увеличивали, а нижний предел $G_{\min}$ одновременно понижали до тех пор, пока они не принимали заданного значения.

При обработке экспериментальных данных основной задачей является подбор эмпирической формулы, обеспечивающей связь между относительным напряжением разрушения при пульсации и количеством циклов нагрузки k

моменту разрушения образцов. Согласно [1] первым этапом выяснения наличия и характера зависимости является графическое изображение опытных данных в полулогарифмических координатах. Анализ опытных данных и их статистическая обработка показали, что зависимость между $\frac{G_{\max}}{R_B}$ и lgn хорошо описывается по линейному корреляционному уравнению:

$$G_{\max} = R_B(a - blgn) \quad (1)$$

Для определения численного значения коэффициентов "а" и "в" в формуле (1) решали следующее известное [1] линейное корреляционное уравнение:

$$y = M_y + \eta \frac{G_y}{G_x} \cdot (X - M_x) \quad (2)$$

Где: M_y - среднее арифметическое значение величины $y = \frac{G_{\max}}{R_B}$;

M_x - среднее арифметическое значение величины $X = lgn$;

η -коэффициент корреляции ;

G_y, G_x - исреднее квадратическое отклонение величин соответственно у и в таблице 1 приведены результаты статистических вычислений, показывающие достоверность зависимости (1), а на рисунок 1 (корреляционные прямые 2) представлена относительная динамическая прочность неавтоклавног пенозолобетона — (а) и газозолобетона - (б).

Результаты испытаний неавтоклавных ячеистых бетонов при многократно повторяющихся нагрузках (Таблица 1).

Таблица 1

Серия образцов	ρ , кг/м ³	R_B , МПа	Коэффициент		Коэффициент	Ошибка коэффициента	$\frac{\eta}{m}$	Количество испытанных образцов		
								Статической нагрузкой		Повторной нагрузкой
			“а”	“в”				10х10х10	10х10х30	10х10хх30
II	1008	2,25	1,066	0,088	- 0,813	0,11	7,39	30	6	30
III	951	5,012	1,057	0,040	- 0,710	0,12	5,83	42	6	42

Из таблицы 1 видно, что для всех серий отношение коэффициента корреляции к его средней ошибке составляет более 3, следовательно, согласно литературным источникам [1] по технике статистических вычислений, коэффициенты корреляции можно считать достоверными и связь между $\frac{G_{\max}}{R_B}$ и lgn доказанной.

На рисунок 2 (корреляционной прямой 2) представлена относительная динамическая прочность неавтоклавного газозолобетона в зависимости от lgn с учетом полученных данных при однократных и малоцикловых динамических нагрузках. С учетом выше изложенного можно записать следующие корреляционные уравнения - для неавтоклавного пенозолобетона

$$\frac{G_{\max.}}{R_B} 1,066 - 0,88 = lgn \quad (3);$$

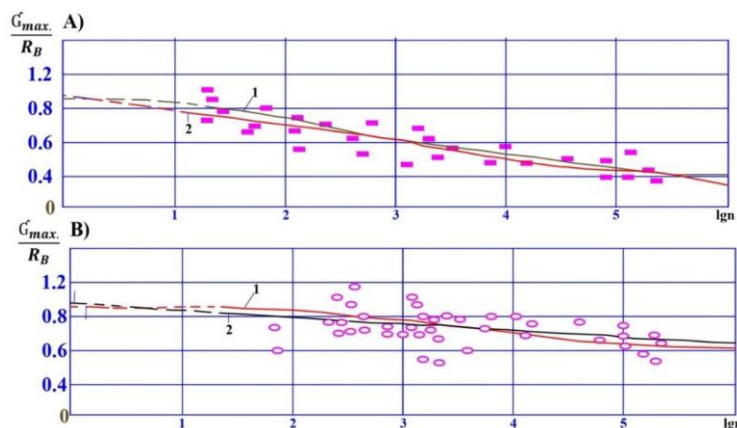


Рисунок 1.
Относительная динамическая прочность неавтоклавного пенозолобетона - “а” и “б” - газозолобетона в зависимости lgn при многократно повторяющейся нагрузке.

1- кривая по формуле С.В. Полякова (2 и 3);

2-корреляционная прямая по эмпирической зависимости (3 и 4)

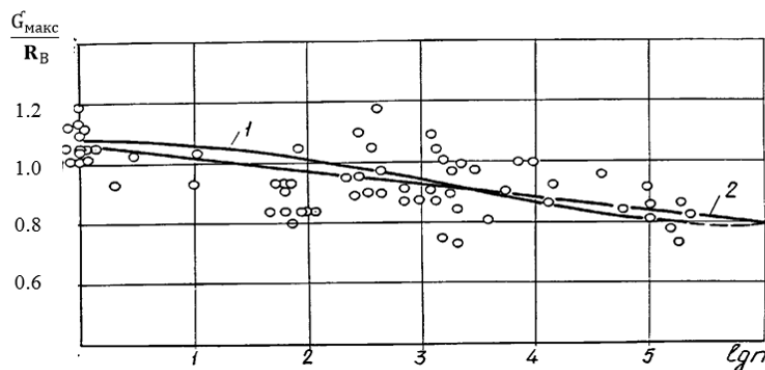


Рисунок 2.
Относительная динамическая прочность неавтоклавного газозолобетона (III серия) в зависимости от lgn .

1 - кривая по формуле С.В Полякова (8);

2 - корреляционная прямая по эмпирической зависимости (5).

- для неавтоклавного газозолобетона без учета экспериментальных данных, полученных при однократных и малоцикловых динамических нагрузках:

$$\frac{G_{\max.}}{R_B} = 1,057 - 0,04 lgn \quad (4)$$

- с учетом данных, полученных при однократных и малоцикловых нагрузках:

$$\frac{G_{\max.}}{R_B} = 1,063 - 0,046 lgn \quad (5)$$

В проведенных исследованиях минимальное количество циклов при разрушении было равно для II серии 19, III серии 70, а максимальное для II серии 235500, III серии 230200.

Анализ результатов испытаний. Анализ опытных данных показывает, что с увеличением прочности неавтоклавных ячеистых бетонов пропорционально увеличивается их относительная прочность (рисунок 1). Аналогичные результаты были получены в работе [2,12,13,14,15]. С целью сопоставления экспериментально теоретических данных для неавтоклавных ячеистых бетонов при многократно повторяющейся нагрузке с опытными данными, полученными разными авторами для других видов бетонов, на рисунок 3 приведена относительная динамическая прочность бетонов в зависимости от $\lg n$. Характер корреляционных прямых на рисунок 3 показывает, что при одинаковой частоте кружения и коэффициенте асимметрии цикла ρ , изменение относительной прочности неавтоклавных ячеистых бетонов в зависимости от числа циклов n превышает значения для автоклавного газосиликата на основе барханных песков, автоклавного белитового цементного газобетона, автоклавного газосиликата на основе лесса, тяжелого цементного бетона, а ближе к керамзитобетону и автоклавному газобетону на смешанном вяжущем на основе барханного песка [2] .

Для решения задач, связанных с сейсмостойкостью, важна левая часть графика, ограниченная величинами $n = 300 \div 500$ циклов [9,10] и в работах [11,2,4,10,9], из которых следует, что за критерии оценки прочности материала при многократно повторных нагружениях можно принимать область нагружений до 100 циклов повторения нагрузки.

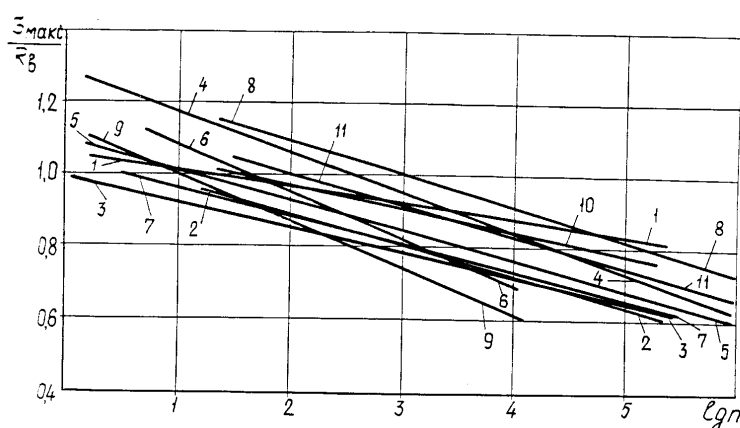


Рисунок 3.
Относительная динамическая прочность бетонов в зависимости от $\lg n$ по данным различных авторов.

1 – неавтоклавный газозобетон (III серия); 2 – неавтоклавный пенозобетон (II серия); 3 – автоклавный газосиликат на основе барханных песков (4); 4 – керамзитобетон (6); 5 – плотный силикатный бетон (7); 6 – тяжелый цементный бетон (5); 7 – автоклавный газосиликат на основе лесса (4); 8 – автоклавный газобетон (цементный) на основе кварцевого песка (2); 9 – автоклавный белитовый цементный газобетон (5); 10 – автоклавный

газосиликат на основе кварцевого песка (9); 11 – автоклавный газобетон на смешанном вяжущем на основе барханный песков (2).

С целью более достоверной оценки динамической прочности неавтоклавных ячеистых бетонов при многократно повторяющейся нагрузке использовали следующую зависимость, предложенную Поляковым С.В. [9]

$$\frac{\sigma_{\max.}}{R_B} = \frac{\sigma_B}{R_B} + \left(\frac{R}{R_B} - \frac{\sigma_B}{R_B} \right) * e^{-(\alpha * \lg n)^m} \text{ или } \sigma_{\max.} \\ = \sigma_B + (R - \sigma_B) e^{-(\alpha * \lg n)^m} \quad (6)$$

Где $\sigma_{\max.}$ - напряжение при разрушении образца, соответствующее циклам повторения нагрузки с коэффициентом асимметрии ρ частотой ω ;

σ_B - абсолютный предел выносливости при тех же ρ и ω ;

R - предел прочности при однократном загрузении со скоростью соответствующей частоте циклической нагрузки;

α и m - эмпирические коэффициенты.

В результате обработки опытных данных определяли следующие параметры входящие в зависимость (3): для пенозолобетона (II серии), $\sigma_B = 0,513$;

$R = 1,066$; $\alpha = 0,295$; $m = 2$; а для газозолобетона III серии), $\sigma_B = 0,706$;

$R = 1,1$; $\alpha = 0,225$; $m = 2$.

С учетом выше изложенного зависимость Полякова С.В. (8) имеет следующий вид для неавтоклавного пенозолобетона (рисунок 6, а)

$$\frac{\sigma_{\max.}}{R_B} = 0,513 + 0,553 e^{-(\alpha * \lg n)^m} \quad (7)$$

для неавтоклавного газозолобетона (рис. 1 б и рис. 2).

$$\frac{\sigma_{\max.}}{R_B} = 0,706 + 0,394 e^{-(0,225 * \lg n)^2} \quad (8)$$

Следует отметить, что значения предела прочности при однократном динамическом загрузении R определенные путем экстраполяции, мало отличаются от опытных данных. Это подтверждают и опыты, проведенные на неавтоклавных газозолобетонах рис. 1 б и 2 (прямой 2). Поэтому из уравнений (3 и 4) можно предположить, что прочность, соответствующая однократному динамическому нагружению превышает призмную прочность R_B соответственно на 6,6% и 5,7%.

Анализ характера прямой и кривой (рисунок 1 а и 2), полученных соответственно по зависимостям (6), показывает, что для оценки относительной прочности неавтоклавных ячеистых бетонов на наш взгляд более приемлемой является криволинейная зависимость (4.7), так как кривые более хорошо

совпадают с опытными данными на всем интервале чисел нагружения n . Разрушение опытных образцов происходило со звуковым эффектом сразу же после появления трещин на их поверхности.

Таким образом, относительная динамическая прочность неавтоклавного газозолобетона на всем диапазоне чисел нагружения n превышает соответствующие значения для неавтоклавного пенозолобетона. В целом проведенные исследования показали, что поведение неавтоклавных ячеистых бетонов не имеет принципиального отличия от автоклавных. При применении неавтоклавного газозолобетона и пенозолобетона в конструкциях зданий, возводимых в сейсмических районах и расчете конструкций величина коэффициента условий работы $m_{кр}$ с учетом роста их прочности : времени может быть принята для неавтоклавного газозолобетона $m_{кр}=1.1$, а для неавтоклавного пенозолобетона:

Заклучение

1. Установлено, что величина коэффициента динамического упрочнения неавтоклавного газозолобетона равна $K_d = 1,1$.

2. Для оценки малоцикловой динамической прочности в области чисел загрузки $1 < n < 100$ циклов можно использовать зависимость:

$$G_{\text{макс.}} = R_B (\alpha - \lg n)$$

3. Изменение относительной прочности газозолобетона при малоцикловых динамических нагружениях в зависимости от числа циклов нагрузки близко к установленному для тяжелого бетона.

4. Разработана и достоверно апробирована новая методика испытаний при многократно повторяющихся нагрузках. Величина скорости ($t = 0,05-0,06$ сек) загрузки опытных образцов при однократных динамических нагружениях отвечает тем, скоростям, какие возникают при сейсмических воздействиях, а время вывода амплитуды напряжений при многократно повторяющихся динамических нагрузках максимально сокращено, т.е. от 100 до 30-50 циклов.

5. Выявлено, что с увеличением прочности неавтоклавных ячеистых бетонов увеличивается их относительная динамическая прочность.

6. Для более достоверной оценки относительной прочности неавтоклавных ячеистых бетонов при многократно повторяющейся нагрузке зависимость (4.7) является более приемлемой.

7. Неавтоклавные ячеистые бетоны могут быть использованы в сейсмических районах страны.

8. Экспериментально-теоретически установлено, что коэффициент условий работы $m_{кр}$ следует принимать для неавтоклавного газозолобетона 1,1, а для неавтоклавного пенозолобетона 1.

Литература

1. Леонтьев Н.Л. Техника статистических вычисление.//М., Лесная промышленность,1966.-С-120-121.
2. Винокуров О.П. Особенности работы конструкций из ячеистых бетонов в сейсмостойких зданиях. //Дис. ... Канд.техн.наук.-М.:1979.- С-50-51.
3. Мустафаева З. А., Мирзаев У. Т. Видовой состав гидробионтов озёр Бухарской области Узбекистана //Восточно-европейский научный журнал. – 2018. – №. 4-2 (32). – С. 9-16.
4. Уринов Ж. Р., Рустамов Э. Т., Равшанов У. Х. Исследования неавтоклавных ячеистых бетонов и конструкций из них для применения в сейсмостойких зданиях //Вестник науки и образования. – 2019. – №. 10-1 (64). – С. 32-34.
5. Уринов Ж. Р., Омонов К. К., Садилов М. А. Прочность и деформативность неавтоклавного ячеистого бетона при двухосном напряженном состоянии //Вестник науки и образования. – 2019. – №. 10-1 (64). – С. 28-31.
6. Raximov F.F., Bekov U.S. Sintez qilingan kremniyorganik birikmalarning infraqizil spektroskopik tahlili. Fan va технологияlar taraqqiёti ilmiy – texnikaviy jurnalnal. №3/2021. 48-52 b.
7. Рахимов Ф. Ф., Беков У. С. Квантово-химические расчёты зарядов кремниорганических соединений-как основа устойчивости промежуточного и переходного состояний //Universum: химия и биология. – 2022. – №. 5-2 (95). – С. 47-50. URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/13614>
8. Беков У. С. Квантово-химические расчёты зарядов олигоэтилентриэтоксисилана-как основа устойчивости промежуточного и переходного состояний //Universum: химия и биология. – 2020. – №. 11-1 (77). – С. 78-80. URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/10846>
9. Беков У.С., Рахимов Ф.Ф. Спектральный анализ кремнийорганических соединений на основе фенола // Universum: химия и биология: электрон. научн. журн. 2021. 5(83). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/11681>
10. Беков У. С., Хайдарович Қ. Ж. Физико-механические свойства пластицированного гипса полученного на основе фенолформальгида //Principal issues of scientific research and modern education. – 2022. – Т. 1. – №. 8. <https://woconferences.com/index.php/pisrme/article/view/379>
11. Беков У., Қодиров Ж. Гидрофобные свойства пластицированного гипса полученоно с использованием органического полимера на основе фенолформальгида //Zamonaviy dunyoda tabiiy fanlar: Nazariy va amaliy izlanishlar. – 2022. – Т. 1. – №. 25. – С. 23-26. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7344600>

12. Уринов Ж.Р, Хайитов Е.К. “Исследование неавтоклавных ячеистых бетонов”. Монография. Издательство. “Дурдона”. Бухара: 2016.С.151.
- 14 Уринов Ж.Р. «Опыт производство и применение неавтоклавных ячеистых бетонов в строительстве». Монография. Издательство. “Дурдона”. Бухара: 2017.С.146.
- 15 Уринов Ж.Р Омонов К.К, Садиков М.А Прочность и деформативность неавтоклавного ячеистого бетона при двуховозном напряженном состоянии. “Вестник науки и образования”, Научно – методический журнал. Москва: 2019. С.28-32.
- 16 Уринов Ж.Р. “Свойства неавтоклавных ячеистых бетонов при длительном действии нагрузок». «Научный вестник». Бухарского государственного университета. Бухара: №3.
- 17 Saidovich E. M. et al. Resistance of cement and concrete to chemical and aggressive factors //Academicia: An International Multidisciplinary Research Journal. – 2021. – Т. 11. – №. 10. – С. 2129-2134.
- 18 Мустафаева З. А. и др. Озеро Айдаркуль-современное состояние водных биоценозов //Научные труды Дальрыбвтуза. – 2021. – Т. 56. – №. 2. – С. 5-14.
- 19 Уринов Ж. Р., Мирзаев У. Т., Хикматов Н. Нелинейность деформаций ползучести неавтоклавного ячеистого бетона при низких напряжениях //biological sciences. – 2020. – С. 44.
- 20 Мустафаева З. А., Мирзаев У. Т. Биоразнообразие водной биоты реки чирчик в условиях антропогенной нагрузки //Биологическое разнообразие: изучение, сохранение, восстановление, рациональное использование. – 2020. – С. 378-383.
- 21 Mustafayeva Z. A., Mirzayev U. T. The current state of hydrobionts of the Zarafshan river basin (Uzbekistan) //The Way of Science. – 2018. – №. 4. – С. 50.
- 22 Мустафаева З. А., Мирзаев У. Т., Куватов А. К. Водные биоценозы чарвакского водохранилища //Биологическое разнообразие: изучение, сохранение, восстановление, рациональное использование. – 2020. – С. 383-387.
- 23 Atamuratova M. S., Mirzayev U. T. Reproduction ability of common carp (cyprinus carpio) of the tuyabuguz reservoir of uzbekistan //Экосистемы Центральной Азии: исследование, сохранение, рациональное использование. – 2020. – С. 108-110.
- 24 Уринов Ж. Р., Мирзаев У. Т. Исследование работы неавтоклавного газозолобетона при нагрузках типа сейсмических //Science and pedagogy in the modern world: problems and solutions. – 2023. – Т. 1. – №. 1.

- 25 Мирзаев У. Т., Уринов Ж. Р., Болтаев У. Прочность неавтоклавного газозолобетона при сейсмических нагрузках //International scientific-practical conference on" modern education: problems and solutions". – 2023. – Т. 2. – №. 2.
- 26 Уринов Ж.Р. Прочность и деформативность неавтоклавного ячеистого бетона.//Дисс. канд.тех.наук.-М.1991.-С-72-73.
- 27 Беков У. С., Рахимов Ф. Ф. Спектральный анализ кремнийорганических соединений на основе фенола //Universon: химия и биология. – 2021. – №. 5-2 (83). – С. 27-30.
- 28 Беков У. С. О внедрении безотходных технологий в кожевенно-меховой промышленности //Universon: технические науки. – 2020. – №. 6-3 (75). – С. 9-11.
- 29 Беков У. С. Флуоресцентные реакции ниобия и тантала с органическими реагентами //Universon: химия и биология. – 2020. – №. 5 (71). – С. 47-49. URL: <http://7universon.com/ru/nature/archive/item/9350>
- 30 Khudoyorovich A. E., Safarovich B. U. Study of the Dependence of Reaction Sensitivity on the Chemistry of Complex Formation //Czech Journal of Multidisciplinary Innovations. – 2022. – Т. 4. – С. 52-54.