

doi: 10.51639/2713-0576_2024_4_2_15

УДК 691.32

ГРНТИ 67.09.33

ВАК 2.1.5

Исследование механических свойств пенобетона

* Постовой А. А., Дмитриенко В.А.

*Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ,
346506, Россия, г. Шахты, ул. Шевченко, 147*

email: * aleksandr.postovoy01@mail.ru, vadmitrienko@rambler.ru

Аннотация

В статье приведены результаты оценки влияния плотности образцов пенобетона на прочность и модуль упругости, необходимые для проектирования объектов, возводимых методом 3D-печати. Испытания проводились на стандартных образцах-балочках, которые были изготовлены из трёх составов пенобетона различной плотности по специальной методике, позволяющей фиксировать продольные деформации испытываемых образцов одновременно с их нагружением. Это позволяло рассчитывать модуль упругости образцов вместе с определением их прочности на сжатие. На основе полученных данных построены графики зависимости прочности на сжатие и модуля упругости от средней плотности составов. Установлены зависимости прочности и модуля упругости пенобетона от его плотности. Данные результаты послужат основой, для прогнозирования механических характеристик пенобетона при проектировании конструкций.

Ключевые слова: пенобетон, модуль упругости, деформации, призмы, прочность, плотность.

Теория и методы исследования

В современном строительстве всё большее внимание уделяется энергоэффективности и экологической безопасности строительных материалов, одним из таких примеров является пенобетон, обладающий высокими показателями теплоизоляции и прочности. Данный материал имеет значительные перспективы для дальнейшего применения в аддитивных технологиях, то есть при печати зданий с помощью 3D-принтеров [1-2]. В этом случае, при разработке нового состава требуется тщательное изучение его свойств и характеристик. Одним из ключевых свойств, определяющих качество и надёжность пенобетона является модуль упругости, который отражает способность материала противостоять деформациям при возникновении внешних нагрузок.

Целью проведённых исследований является оценка влияния плотности образцов пенобетона на прочность и модуль упругости. Для проведения исследования было решено использовать

половинки призм (полученные после испытаний стандартных образцов балочек 40×40×160 мм на изгиб).

Для проведения экспериментального исследования было решено приготовить три состава пенобетона по одностадийной технологии, плотностью: 700, 900 и 1100 кг/м³. В качестве пенообразователя применялся «Ареком-4». Для приготовления раствора использовался турбулентный смеситель.

Полученными составами заполнялись формы и выдерживались в ванне с гидрозатвором три дня. Затем образцы извлекались из форм и вновь помещались в ванну где хранились до испытаний.

Испытания образцов на сжатие выполнялись на гидравлическом прессе E160N, электронный блок которого автоматически записывал результаты нагружения на карту памяти. Деформации фиксировались с помощью трёх электронных индикаторов, закреплёнными на стойках верхней траверсы пресса, как показано на рис. 1. Данные с электронных индикаторов ежесекундно поступали на ноутбуки в файлы Excel [3].



Рис. 1. Испытание половинки призмы на сжатие в горизонтальном положении
(разработано автором)

Испытания на изгиб и сжатие проводились в соответствии с ГОСТ 310.4-81. После определения прочности на изгиб, половинки образцов испытывались на сжатие. Причём часть из них разрушалась с помощью накладных пластин площадью 25 см², то есть при горизонтальном расположении образцов.

Другая часть после шлифовки излома строго перпендикулярно продольной оси, располагались на плитах пресса вертикально. Высота образцов призм колебалась в пределах 68 – 77 мм. Для каждого испытания изготавливались по 6 образцов-балочек соответствующей плотности. При выполнении расчётов образцы с явно аномальными результатами испытаний из выборок исключались.

Полученные результаты и их обсуждение

Основным показателем от которого зависят механические характеристики пенобетона является его плотность. Поэтому до испытаний на прессе образцы взвешивались, определялись геометрические размеры, рассчитывались объём и средняя плотность.

Как указывалось выше, при разрушении образцов на сжатие в автоматическом режиме записывалась нагрузка и показания индикаторов, регистрирующих продольные деформации. По окончании испытаний, производились расчёты напряжений и прочности для каждого образца. Полученные данные по продольным деформациям использовались для расчёта модуля упругости и обрабатывались в специальной программе. Далее выполнялся расчёт средних значений показателей (табл. 1).

Таблица 1

Результаты испытаний

Номер состава	Плотность, г/см ³	Прочность на сжатие, МПа	Модуль упругости, МПа
1	1,124	4,487	22,491
	1,123	4,718	18,384
	1,223	5,362	19,043
	1,167	5,157	32,706
	1,218	5,165	27,964
Среднее	1,171	4,978	24,118
2	0,956	3,233	11,572
	0,934	3,092	10,611
	0,914	3,323	11,054
	0,955	2,713	8,044
	0,931	2,930	10,609
	0,938	2,892	9,947
Среднее	0,938	3,031	10,306
3	0,700	1,578	3,078
	0,699	1,612	3,358
	0,604	1,250	1,664
	0,592	1,156	1,729
	0,609	1,220	1,475
Среднее	0,641	1,363	2,261

Анализ полученных данных, свидетельствует о корреляционной связи между плотностью пенобетона и прочностью, а также между плотностью и модулем упругости, что отражено на графиках (рис. 2 - 3).

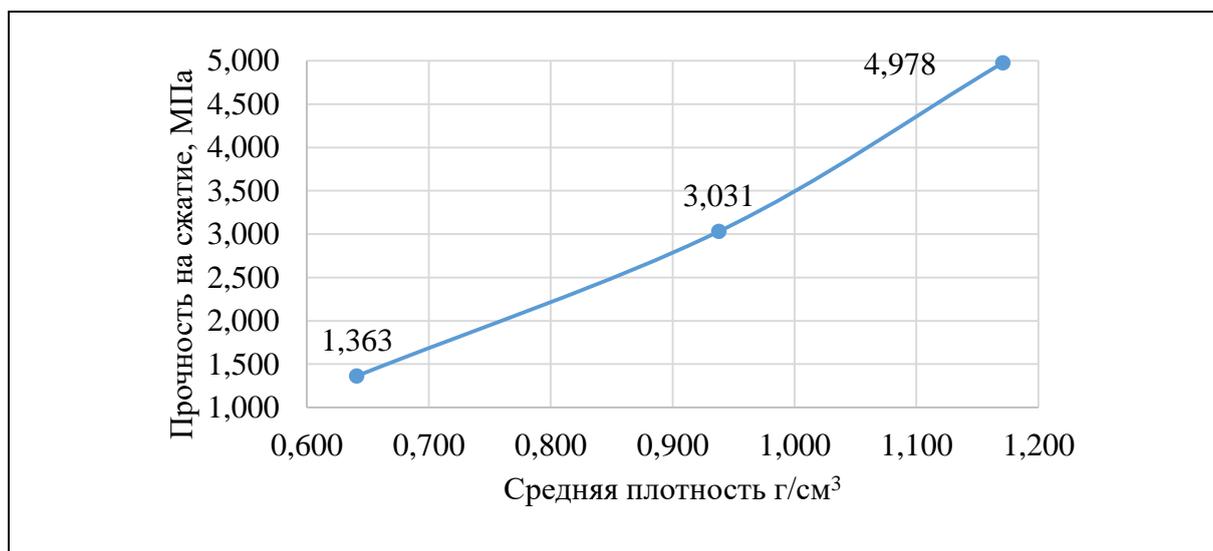


Рис. 2. Зависимость прочности на сжатие от средней плотности составов (разработано автором)

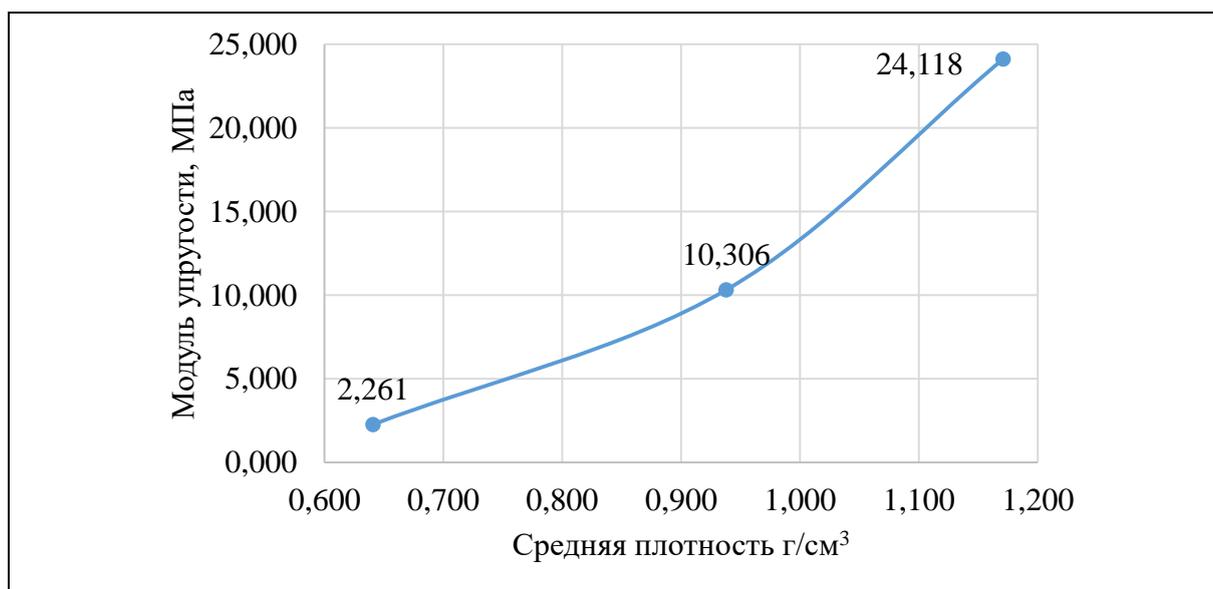


Рис. 3. Зависимость модуля упругости от средней плотности составов (разработано автором)

На основе полученных данных, можно сделать вывод, что увеличение плотности пенобетона приводит соответственно к росту прочностных характеристик материала и его модуля упругости. На рис. 3 видно, что модуль упругости увеличился практически в 12 раз, при увеличении плотности материала с $0,641 \text{ г/см}^3$ (641 кг/м^3) до $1,171 \text{ г/см}^3$ (1171 кг/м^3), что свидетельствует о зависимости модуля упругости от плотности материала.

После проведения аналогичных исследований с другими значениями средней плотности пенобетонных составов при условии отсутствия значительных отклонений, приведённые результаты могут служить основой для разработки моделей определения прочности и модуля упругости в зависимости от плотности образцов.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что у них нет конфликта интересов по материалам данной статьи с третьими лицами на момент подачи статьи в редакцию журнала, и им ничего не известно о возможных конфликтах интересов в настоящем со стороны третьих лиц.

Список литературы

1. Ахтямова Э. Р., Кропачев Р. В. Перспектива применения 3D-принтеров в массовом строительстве // APRIORI. Серия: Естественные и технические науки. 2018. № 2. С. 25. EDN YVMXNN.
2. Абдыбалиев М. К., Босумбекова Ы. Т., Мамыралиев Т. А., Мещеряков А. А. Мировой опыт применения пенобетона в строительстве // Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова. 2018. № 3 (61). С. 77-81. EDN YRIWXR.
3. Постовой А. А., Ряжских А. И. Автоматизация испытаний по определению модуля упругости портландцементных растворов с добавлением полипропиленовой микрофибры // МИЛЛИОНЩИКОВ-2023: Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, Грозный, 30–31 мая 2023 года. Грозный: Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова, 2023. С. 176-179.

Investigation of the mechanical properties of foam concrete

*Postovoy A. A., Dmitrienko V.A.

*Institute of Service and Entrepreneurship (branch) of DSTU,
147 Shevchenko str., Shakhty, 346506, Russia*

email: * aleksandr.postovoy01@mail.ru, vadmitrienko@rambler.ru

The article presents the results of evaluating the effect of the density of foam concrete samples on the strength and modulus of elasticity necessary for the design of objects erected by 3D printing. The tests were carried out on standard samples-beams, which were made of three compositions of foam concrete of different densities according to a special technique that allows fixing the longitudinal deformations of the tested samples simultaneously with their loading. This made it possible to calculate the modulus of elasticity of the samples together with the determination of their compressive strength. Based on the data obtained, graphs of the dependence of compressive strength and modulus of elasticity on the average density of the compositions are constructed. The dependences of the strength and modulus of elasticity of foam concrete on its density are established. These results will serve as a basis for predicting the mechanical characteristics of foam concrete in the design of structures.

Keywords: foam concrete, modulus of elasticity, deformation, prisms, strength, density.

References

1. Akhtyamova E. R., Kropachev R. V. The prospect of using 3D printers in mass construction // APRIORI. Series: Natural and Technical Sciences. 2018. No. 2.p. 25. EDN YVMXNN.
2. Abdybaliev M. K., Bosumbekova Y. T., Mamyrallyev T. A., Meshcheryakov A. A. World experience in the use of foam concrete in construction // Bulletin of the Kyrgyz State University of Construction, Transport and Architecture named after N.Isanov. 2018. No. 3 (61). pp. 77-81. EDN YRIWXR.
3. Postovoy A. A., Ryazhskikh A. I. Automation of tests to determine the modulus of elasticity of Portland cement solutions with the addition of polypropylene microfiber // MILLIONSHCHIKOV-2023: Materials of the VI All-Russian scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists with international participation, Grozny, May 30-31, 2023. Grozny: Grozny State Petroleum Technical University named after Academician M.D. Millionshchikov, 2023. pp. 176-179.