

## О несущей способности колонн из бетонов каркасной структуры при центральном осевом сжатии»

*Д.Р. Маилян, Г.В. Несветаев, А.А. Горцевской*

*Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону*

**Аннотация:** Проанализирована работа железобетонных стоек из бетона каркасной структуры. Сделан вывод о целесообразности применения бетона каркасной структуры в железобетонных колоннах.

**Ключевые слова:** бетон каркасной структуры.

Современные тенденции в строительстве [1-3] направлены на ускорение научно-технического прогресса [4-6] и существенное повышение технико-экономической эффективности конструктивных элементов зданий и сооружений [7-9]. Более пятой части общего объёма железобетонных конструкций составляют сжатые элементы [10-12], в связи с чем их эффективное проектирование [13-15] и расчёт - весьма важные и актуальные задачи сегодняшнего дня [16].

В таких конструкциях при небольших эксцентриситетах внешней силы несущая способность обеспечивается, в основном, работой бетона. При этом вклад сжатый арматуры в несущую способность конструкции в целом существенно ниже [17,18].

В последние годы возрос интерес исследователей к бетонам каркасной структуры [19,20]. Наиболее полное исследование таких бетонов проводилось в ДГТУ под руководством профессора Несветаева Г.В. [21]. Показано, что вследствие высокой концентрации крупного заполнителя, бетоны каркасной структуры характеризуются некоторыми особенностями диаграммы «напряжения-деформации», повышенной нижней границей микротрещинообразования, низкой величиной неупругих деформаций. При использовании низко модульного крупного заполнителя, например, песчаника, указанные бетоны обладают относительно невысоким модулем деформаций при высокой прочности на сжатие (ГОСТ 24452-80. Бетоны.

Методы определения призмочной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона и ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам). Отмеченное предопределяет целесообразность исследования работы центрально и внецентренно нагруженных колонн с различной гибкостью.

В настоящей работе исследована несущая способность центрально нагруженных колонн (рис. 1) сечением 120x250 мм длиной 1200 мм  $\lambda_{h=10}$  и 2400 мм  $\lambda_{h=20}$ .

Колонны армированы вязаными каркасами с рабочей арматурой 4 d 12 A500, шаг хомутов 150 мм, арматура хомутов d4 BpI. Призмочная прочность бетона (150x150x600 мм) в момент испытаний составила 63,5 Мпа [22-24].

Следует отметить, что непосредственно перед испытаниями все опытные стойки были тщательно выставлены в прессе и оттарированы для исключения появления эксцентриситета внешней силы (Пособие по проектированию предварительно напряженных железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов (к СНиП 2.03.01-84) и СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.)

Все опытные стойки разрушились в результате раздробление бетона сжатой зоны. Перед разрушением наблюдалось образование лещадок в сжатой зоне, после чего наблюдалось отслоение защитного слоя в наиболее нагруженных сечениях (в середине образца).

Процесс разрушения колонн проходил более хрупко, чем в аналогичных элементах из обычного бетона.

Увеличение гибкости стоек ожидаемо привело к снижению несущей способности, однако степень снижения последней меньше по сравнению с обычными стойками.



Рис. 1. – Общий вид колонн: верхний ряд – длиной 120 см, нижний ряд – длиной 240 см; слева – до разрушения, справа – после разрушения

На рис. 2 представлена диаграмма «нагрузка – относительная деформация» при центральном осевом сжатии колонн.

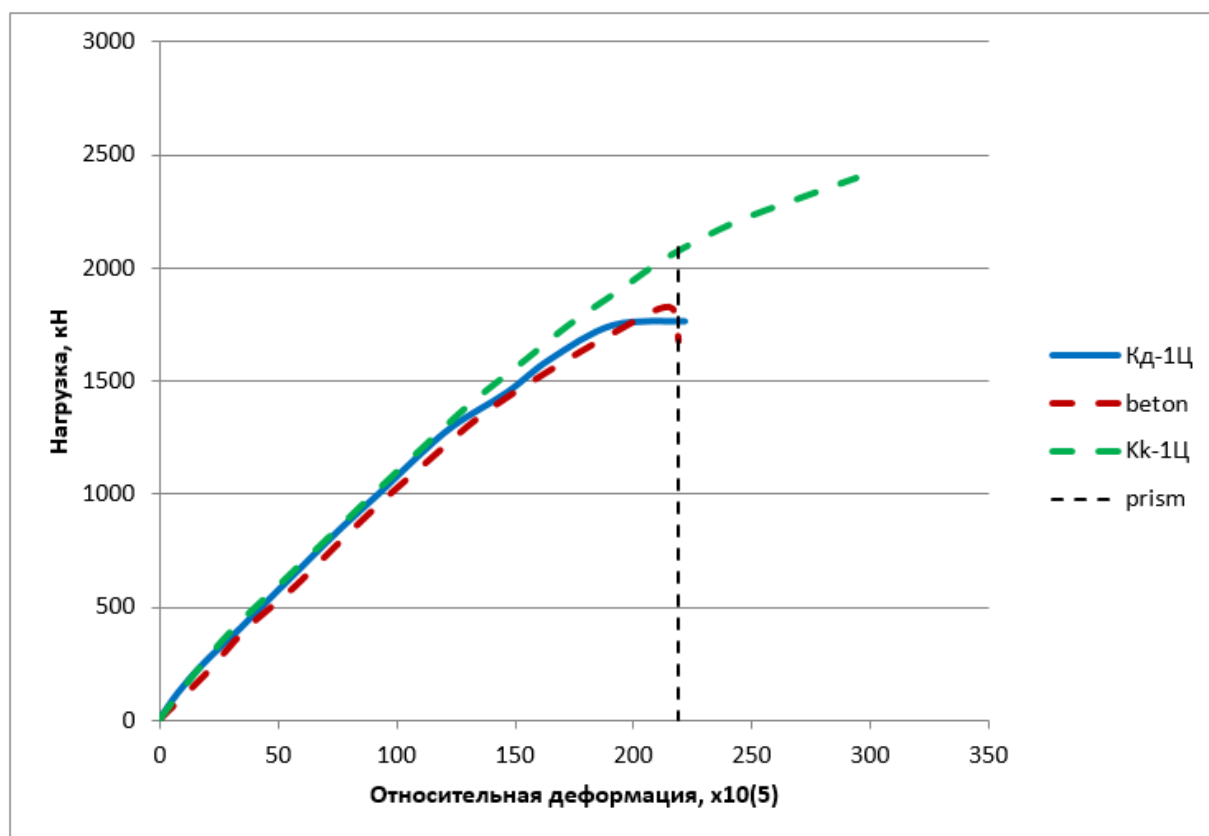


Рис. 2. – Диаграмма «нагрузка – относительная деформация» при центральном осевом сжатии:  
Кд-1Ц – колонна длиной 240 см;  
Кк-1Ц – колонна длиной 120 см;  
beton – расчетное усилие, воспринимаемое бетоном;  
prism – относительная деформация, соответствующая экстремуму на диаграмме «напряжения-деформации» при центральном осевом сжатии призмы

Как показывает анализ, предельные деформации бетона каркасной структуры непосредственно перед разрешением колонны гибкостью 20, оказались близки к экстремальным значениям при осевом сжатии призмы.

При меньшей гибкости стоек наблюдаются повышенные значения деформация крайнего сжатого волокна стоек, то есть отмечена работа бетона на нисходящей ветви диаграммы деформирования.

На рис. 3 представлена диаграмма «расчетное напряжение в бетоне – относительная деформация» при центральном осевом сжатии колонн.

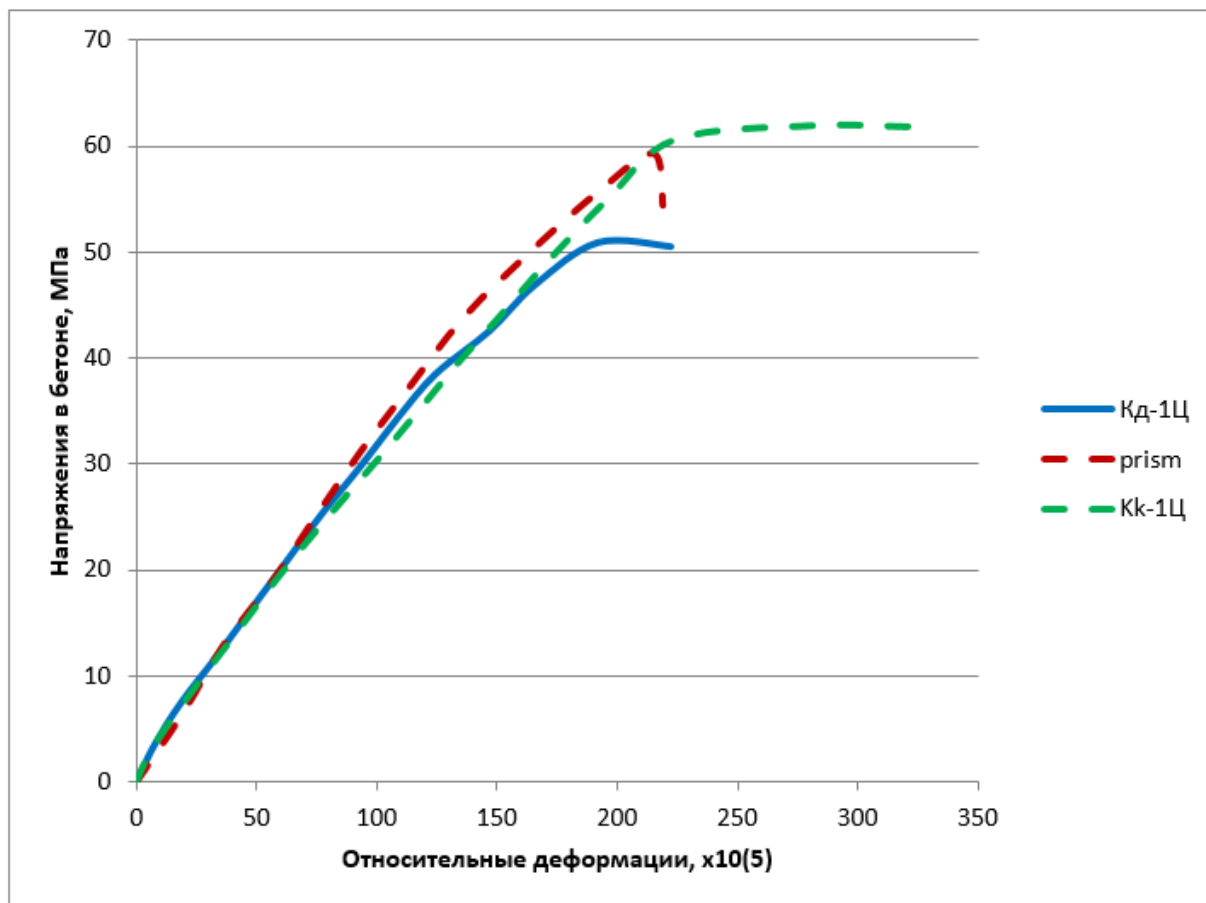


Рис. 3. – Диаграмма «расчетное напряжение в бетоне – относительная деформация» при центральном осевом сжатии колонн:

КД-1Ц – колонна длиной 240 см;

Кк-1Ц – колонна длиной 120 см;

prism – диаграмма «напряжения-деформации» бетонной призмы

Здесь наблюдается аналогичная ситуация. В колоннах с небольшой гибкостью отмечены более высокие значения напряжений в бетоне по сравнению с колоннами высокой гибкости.

В табл. 1 представлены данные о расчетной и фактической несущей способности колонн, а также значение условной критической силы по п. 8.1.15 СП 63.13330 Бетонные и железобетонные конструкции.

Таблица № 1

Несущая способность колонн, кН

Колонна	Несущая способность					
	Расчетная			Ncr	Фактическая N <sub>э</sub>	Относительная $\frac{N_2}{R_b b h}$
	$N = R_{bn} \cdot A_b + R_{sc} \cdot A_{sc}$	$N = R_{bn} \cdot A_b + \epsilon_{sc} \cdot E_{sc} \cdot A_{sc}$ без учета текучности арматуры	$N = R_{bn} \cdot A_b + \epsilon_{sc}^* \cdot E_{sc} \cdot A_{sc}$ с учетом текучности арматуры			
Кк-1	2073 (86%)	2181 (91%)	2114 (88,1%)	3276,76	2400	1,312
Кк-2	2073 (92,5%)	2181 (96%)	2114 (94,4%)		2240	1,225
Кд-1	2073 (117%)	2181 (124%)	2114 (120%)	819,19	1765	0,965
Кд-2	2073 (121%)	2181 (127%)	2114 (123%)		1720	0,941

Анализ результатов табл. 1 показывает, что при расчётной оценке несущей способности колонны нормы недооценивают её для коротких стоек и переоценивают для гибких.

Отмеченное показывает необходимость корректировки нормативных подходов для конструкции из бетона каркасной структуры.

На рис. 4 представлены данные об отклонении оси колонны длиной 240 см в зависимости от уровня нагружения.

Отклонение небольшие, существенно меньше, чем в колоннах из обычного бетона. Это объясняется главным образом повышением жёсткости сечения вследствие использования бетона каркасной структуры.

Проведённые исследования показывают, что поведение железобетонных стоек из бетона каркасной структуры под нагрузкой отличается от аналогичных конструкций из обычного бетона. Это касается также и расчётной оценки несущей способности таких элементов.

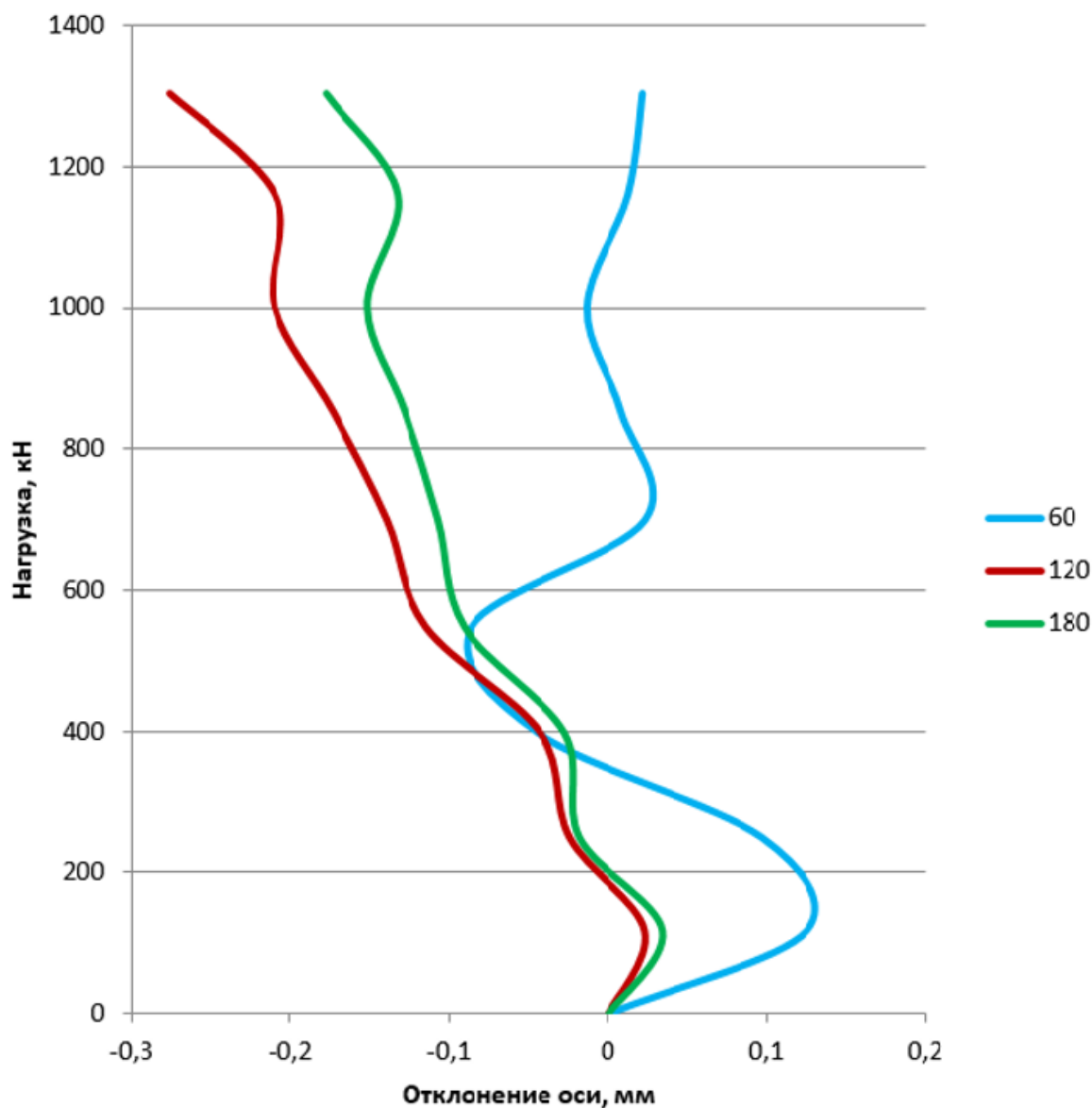


Рис.4. – Отклонение оси колонны в зависимости от уровня нагружения 60...180 – расстояние от нижней точки до точки фиксации смещения оси, см

### Литература

1. Шестакова, Е. Б. Цифровые технологии в строительстве: Учебное пособие. Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2022. 208 с.
2. Цыганкова, Л. А. Перспективы развития строительного производства в условиях массовой цифровизации России // Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: Материалы XII Национальной конференции с

- международным участием, Саратов, 21–22 апреля 2022 года. Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2022. С. 290-293.
3. Khobot E. I., Knyshova P. I., Demochkin T. E. Technical solutions for reinforcing concrete structures // Journal of Critical Reviews. 2020. Vol. 7. No 9. pp. 796-801.
  4. Gorbaneva, E. P., Mishchenko A. V. BIM technologies to optimize the catch-up schedule for the implementation of the construction schedule plan, taking into account external stochastic impacts // Real Estate: Economics, Management. 2022. No 1. Pp. 58-67.
  5. Фонтокина В. А., Савенко А. А., Самарский Е. Д. Роль BIM-технологий в организации и технологии строительства // Вестник евразийской науки. 2022. Т. 14. № 1. URL: [esj.today/PDF/06ECVN122.pdf](http://esj.today/PDF/06ECVN122.pdf)
  6. Петров К. С., Швец Ю. С., Корнилов Б. Д., Шелкоплясов А. О. Применение BIM-технологий при проектировании и реконструкции зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона. 2018. № 4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5255](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5255)
  7. Георгиев, С. В., Соловьева А. И., Меретуков З. А. Сравнение методов усиления железобетонных стоек с точки зрения экономической эффективности // Инженерный вестник Дона. 2022. № 2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7485](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7485)
  8. Асатрян, Л. В. Эффективность строительства с применением технологии преднапряжения железобетона // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2008. № 2(109). С. 55-57.
  9. Корякина, Е. Е. Об эффективности использования высокопрочного бетона в сжатых элементах высотных зданий // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 2-1. С. 23-26.
-





10. Krishan A. L., Narkevich M. Yu., Sagadatov A. I., Rimshin V. I. The strength of short compressed concrete elements in a fiberglass shell // Magazine of Civil Engineering. 2020. No 2(94). P. 3-10
  11. Изотов, Ю. Л., Изотова Т. Ю. Расчет внецентренно сжатых элементов прямоугольного сечения при малых эксцентриситетах // Бетон и железобетон. 2006. № 1. С. 14-18.
  12. Мордовский, С. С., Шарафутдинов К. Б. Экспериментальные исследования по изучению влияния поперечного армирования на прочность сжатых железобетонных элементов // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10. № 4(41). С. 21-28.
  13. Мкртчян, А. М. Расчет железобетонных колонн из высокопрочного бетона по недеформированной схеме // Научное обозрение. 2013. № 9. С. 258-263.
  14. Уваров, В. В., Манака Ж. В. Новые эффективные материалы при проектировании железобетонных и каменных конструкций // Инженерный вестник Дона. 2019. № 4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2019/5836](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2019/5836)
  15. Кузнецова, Е. В., Антонова Д. А., Макаренко В. О. Выбор эффективных конструктивных решений при проектировании промышленных зданий // Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: Материалы X Национальной конференции с международным участием, Саратов, 23–24 апреля 2020 года. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2020. С. 119-124.
  16. Аксенов В.Н., Маилян Д.Р., Аксенов Н.Б. Железобетонные колонны из высокопрочного бетона. Монография. Ростов н/Д, РГСУ, 2012, 167 с.
  17. Аксенов В.Н., Маилян Д.Р., Блягоз А.М., Хутыз А.М. Особенности расчета железобетонных колонн из высокопрочного бетона по нормативным методам // Новые технологии. - 2012. - №4. С. 36-43.
-

18. Аксёнов В.Н., Маилян Д.Р. Работа железобетонных колонн из высокопрочного бетона // Бетон и железобетон. 2008. №6. С. 5-8.
19. Несветаев, Г. В., Халезин С. В. О прочности бетона с каркасной структурой // Интернет-журнал Науковедение. 2015. Т. 7. –№ 3(28). С. 116. URL: [naukovedenie.ru/PDF/92TVN315.pdf](http://naukovedenie.ru/PDF/92TVN315.pdf)
20. Несветаев, Г. В., Халезин С. В. Деформационные свойства бетонов с каркасной структурой // Интернет-журнал Науковедение. 2015. Т. 7. № 4(29). С. 89. URL: [naukovedenie.ru/PDF/118TVN415.pdf](http://naukovedenie.ru/PDF/118TVN415.pdf)
21. Халезин С.В. Прочность, деформационные свойства и морозостойкость бетонов каркасной структуры, полученных погружением крупного заполнителя в растворную составляющую. Автореф. канд. тех. наук, Махачкала, 23 с.
22. Сетков В.И., Сербин Е.П. Строительные конструкции //ИНФРА-М. 2005. 448 с.
23. Тихонов И. Н., Мешков В. З., Расторгуев Б. С. Проектирование армирования железобетона // 2015. 274 с.
24. Маилян Д.Р., Аскарлов Б.А., Хасанов С.С. Рекомендации по учету изменения механических свойств бетона от предварительного обжатия. Ташкент, 1985. 28 с.

### References

1. Shestakova, E. B. Cifrovye tehnologii v stroitel'stve: Uchebnoe posobie [Digital technologies in construction]. Moskva : Aj Pi Ar Media, 2022. 208 P.
  2. Cygankova, L. A. Materialy XII Nacional'noj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, Saratov, 21–22 aprelja 2022 goda. Saratov: FGBOU VO Saratovskij GAU, 2022. pp. 290-293
  3. Khabot E. I., Knyshova P. I., Demochkin T. E. Journal of Critical Reviews. 2020. Vol. 7. No 9. pp. 796-801.
-



4. Gorbaneva, E. P., Mishchenko A. V. Real Estate: Economics, Management. 2022. No 1. pp. 58-67.
  5. Fontokina V. A., Savenko A. A., Samarskij E. D. Vestnik evrazijskoj nauki. 2022. T. 14. № 1. URL: [esj.today/PDF/06ECVN122.pdf](http://esj.today/PDF/06ECVN122.pdf)
  6. Petrov K. S., Shvec Ju. S., Kornilov B. D., Shelkopljasov A. O. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018. № 4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5255](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5255)
  7. Georgiev, S. V., Solov'eva A. I., Meretukov Z. A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, № 2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7485](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7485)
  8. Asatrjan, L. V. Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tehnologii XXI veka. 2008. № 2(109). pp. 55-57.
  9. Korjakina, E. E. Sovremennye naukoemkie tehnologii. 2016. № 2-1. pp. 23-26.
  10. Krishan A. L., Narkevich M. Yu., Sagadatov A. I., Rimshin V. I. Magazine of Civil Engineering. 2020. No 2(94). pp. 3-10
  11. Izotov, Ju. L., Izotova T. Ju. Beton i zhelezobeton. 2006. № 1. pp. 14-18.
  12. Mordovskij, S. S., Sharafutdinov K. B. Gradostroitel'stvo i arhitektura. 2020. T. 10. № 4(41). pp. 21-28.
  13. Mkrtchjan, A. M. Nauchnoe obozrenie. 2013. № 9. pp. 258-263.
  14. Uvarov, V. V., Manaka Zh. V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, № 4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2019/5836](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2019/5836)
  15. Kuznecova, E. V., Antonova D. A., Makarenko V. O. Materialy H Nacional'noj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, Saratov, 23–24 aprelja 2020 goda. Saratov: Saratovskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. N.I. Vavilova, 2020. pp. 119-124.
  16. Aksenov V.N., Mailjan D.R., Aksenov N.B. Zhelezobetonnye kolonny iz vysokoprochnogo betona. Monografija [Reinforced concrete columns made of high-strength concrete]. Rostov n/D, RGSU, 2012, 167 P.
-



17. Aksenov V.N., Mailjan D.R., Bljagoz A.M., Hutyž A.M. Novye tehnologii. - 2012. №4. pp. 36-43.
18. Aksjonov V.N., Beton i zhelezobeton. 2008. №6. pp. 5-8.
19. Nesvetaev, G. V., Halezin S. V. Internet-zhurnal Naukovedenie. 2015. T. 7. № 3(28). P. 116. URL: [naukovedenie.ru/PDF/92TVN315.pdf](http://naukovedenie.ru/PDF/92TVN315.pdf)
20. Nesvetaev, G. V., Halezin S. V. Internet-zhurnal Naukovedenie. 2015. T. 7. № 4(29). P. 89. URL: [naukovedenie.ru/PDF/118TVN415.pdf](http://naukovedenie.ru/PDF/118TVN415.pdf)
21. Halezin S.V. Prochnost', deformatsionnye svoystva i morozostojkost' betonov karkasnoj struktury, poluchennyh pogruzheniem krupnogo zapolnitelja v rastvornuju sostavljajushhuju. [Strength, deformation properties and frost resistance of frame structure concretes obtained by immersion of a large aggregate in a mortar component.] Avtoref. kand. teh. nauk, Mahachkala, 23 P.
22. Setkov V.I., Serbin E.P. Stroitel'nye konstrukcii [Building construction]. INFRA-M. 2005. 448 p.
23. Tihonov I. N., Meshkov V. Z., Rastorguev B. S. Proektirovanie armirovanija zhelezobetona [Design of reinforced concrete reinforcement]. 2015. 274 p.
24. Mailjan D.R., Askarov B.A., Hasanov S.S. Rekomendacii po uchetu izmenenija mehanicheskikh svoystv betona ot predvaritel'nogo obzhatija. Tashkent, 1985. 28 P.