

## К вопросу о применении высокопрочного бетона в сжатых элементах высотных зданий

*А.В. Федоров, В.Н. Аксенов*

*Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону*

**Аннотация:** В данной статье на примере 20-этажного жилого здания в городе Ростове-на-Дону продемонстрирована эффективность применения высокопрочных бетонов для проектирования железобетонных колонн. Представлены результаты расчета колонн из бетона разных классов прочности. Представлены колонны в двух вариациях. Первый: 600x600 мм В25 – со второго подземного по десятый этаж, 500x500 мм В25 – с одиннадцатого по двадцатый этаж; второй вариант: 500x500 мм В60 – со второго подземного по седьмой этаж, 400x400 мм В60 – с восьмого по одиннадцатый, 400x400 мм В25 – с двенадцатого по двадцатый. Анализ результатов исследования показал технико-экономическую эффективность применения бетонов высоких классов прочности (в частности, бетона класса В60) за счет повышения прочностных характеристик сжатых элементов, уменьшения размеров поперечного сечения и веса колонн, экономии арматуры, обуславливающих сокращения стоимости элементов в целом.

**Ключевые слова:** высокопрочный бетон, сжатые элементы, строительство высотных зданий, колонна, Лира-САПР, расчёт конструкций.

Бетон является одним из основных материалов, применяемых в строительстве. Предпосылками столь широкого использования бетонов во всех отраслях строительства стали следующие факторы: огромные запасы сырья для производства вяжущих и заполнителей бетона (учитывая также возможность использования для этих целей отходов промышленных производств), конструктивная совместимость с различными строительными, отделочными материалами, возможность регулирования строительно-технических свойств бетонов при помощи модификаторов, придания железобетонным конструкциям необходимых эксплуатационных и архитектурных свойств. И все это при сравнительной простоте технологии, что также является ее преимуществом [1, с. 6].

Ввиду широкой распространенности и неоспоримых достоинств этого строительного материала, актуальна теоретическая и практическая работа в направлении его совершенствования, а также снижения трудовых и материальных затрат при строительстве. Одно из наиболее актуальных

---

направлений развития строительного производства – использование высокопрочного бетона в качестве основного строительного материала для конструкций. Экономически наиболее целесообразно использовать бетоны высоких классов прочности, прежде всего, в конструкциях, работающих на сжатие (таковы, к примеру, железобетонные колонны). Отметим, что в общем объеме строительных конструкций доля сжатых железобетонных элементов составляет почти четверть [2]. Максимальный класс бетона, предусмотренный в России (согласно Своду правил СП 63.13330.2012) – В100.

Авторы, работавшие над данной проблематикой, указывают, что применение бетонов высоких классов, в свою очередь, значительно увеличивает прочностные характеристики сжатых элементов. Кроме того, благодаря им возможно значительно уменьшить размеры сечения и вес таких конструкций, а также количество используемой арматуры, снизив, тем самым, общие затраты на строительство [3-7].

Экономическая эффективность применения высокопрочных бетонов оценивается на примере расчета многоэтажного жилого дома в г. Ростове-на-Дону на улице Горького (рис. 1). Для выполнения расчета использовался программный комплекс ЛИРА-САПР 2013. Расчётная схема включает в себя все железобетонные конструкции здания, размеры конечных элементов приняты оптимальными для схемы данных размеров [8, 9]. При описании работы конструкций из высокопрочного бетона использовались данные [10, 11].

В высотных зданиях, возводимых из монолитного железобетона, наиболее армированные конструкции – это колонны первых этажей. В этой связи в данной работе авторы фокусируются на анализе эффективности данных конструкций, что важно для определения критериев эффективного применения бетонов высокого класса прочности в строительстве в целом.

---

Расчет армирования выполнен в соответствии с требованиями свода правил СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003».

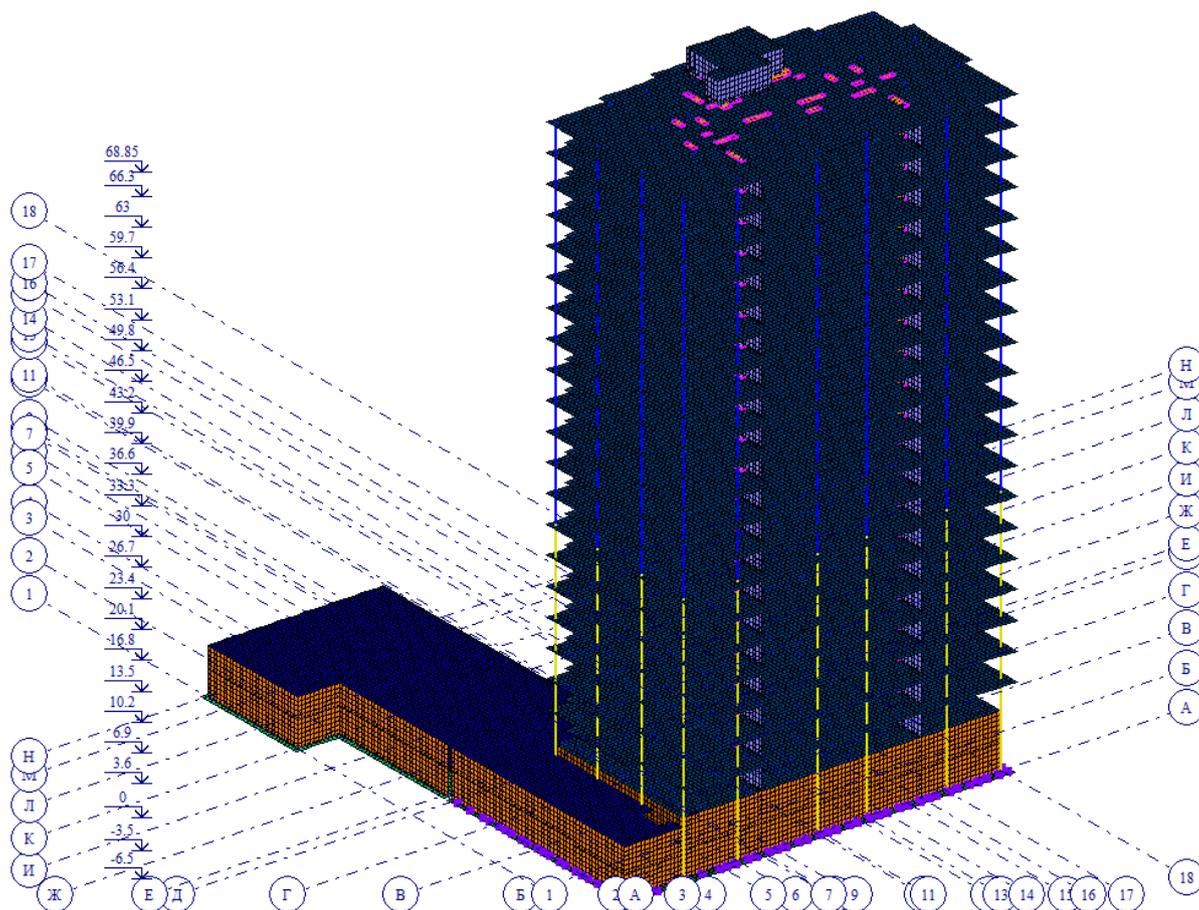


Рис.1. Расчетная модель 20-этажного жилого здания

Учтены все эксплуатационные нагрузки и воздействия на здание: постоянные нагрузки от собственного веса каркаса; вес ограждающих конструкций, полов и т. п.; полезные нагрузки на перекрытиях; снеговая нагрузка на покрытия; ветровое воздействие как сумма статической и динамической составляющих.

В целях данного исследования проанализировано армирование всех колонн. Однако для наглядности и компактности представления результатов на рисунках 2, 3 показано армирование колонн только по оси «А».

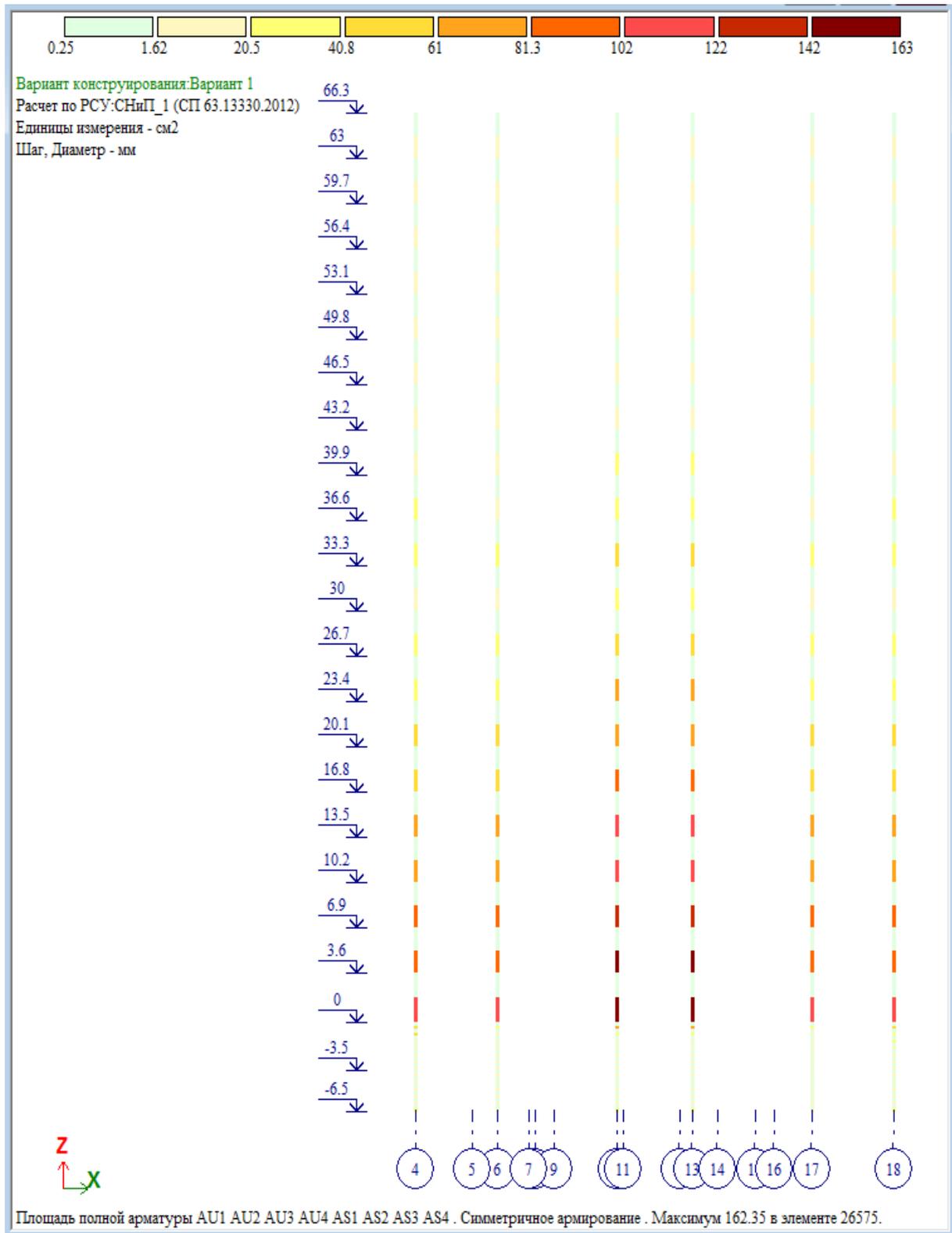


Рис. 2. Армирование колонн по оси А. Сечение 600х600 мм (со второго подземного по десятый этаж) и 500х500 мм (с одиннадцатого по двадцатый этаж), бетон В25.

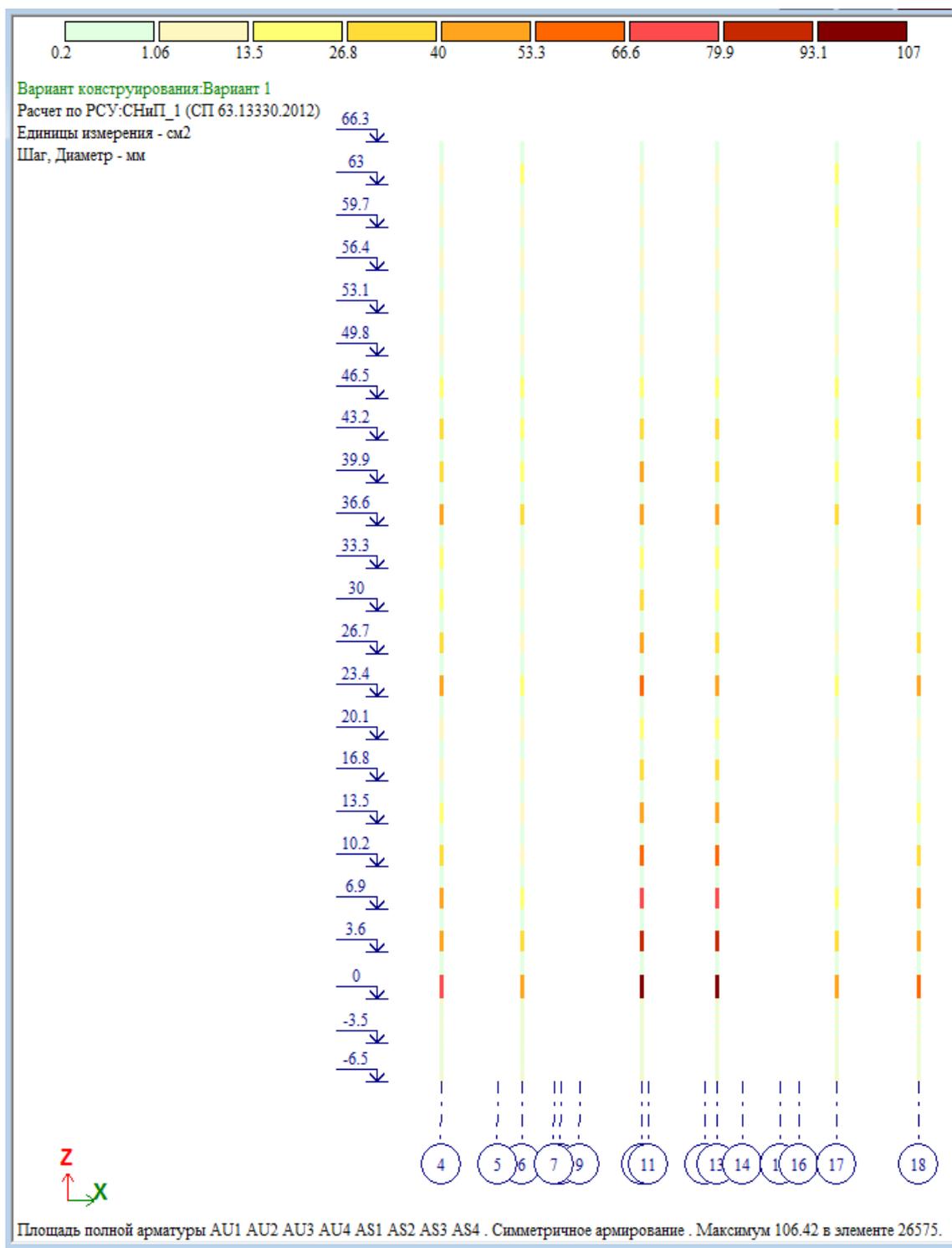


Рис. 3. Армирование колонн по оси А. Сечение 500x500 мм, бетон В60 (со второго подземного по седьмой этаж), 400x400 мм, бетон В60 (с восьмого по одиннадцатый этаж), 400x400 мм, бетон В25 (с двенадцатого по двадцатый этаж)

Итак, первоначально для расчета колонны были запроектированы в следующем виде (вариант 1): сечение колонн первых этажей 600x600 мм – со второго подземного по десятый этаж; 500x500 мм – с одиннадцатого по двадцатый этаж. Для всех конструкций: класс бетона В25, класс рабочей арматуры А500. Суммарная площадь армирования сечения колонн (сумма площадей всей арматуры в углах и у граней колонн) представлена на рисунке 2.

Затем схема была рассчитана с учетом оптимального применения высокопрочного бетона В60 (вариант 2). Это позволило уменьшить сечение колонн, что наглядно показывает эффективность применения высокопрочных бетонов. Результаты данного расчета и границы применения бетонов разных классов приведены на рис. 3.

В таблице №1 представлены результаты анализа суммарного расхода бетона и арматуры на строительство колонн. Стоимость бетона и арматуры рассчитана по данным заводов-изготовителей [12, 13].

Таблица №1

Экономия стоимости материалов за счет применения высокопрочного бетона

Вариант расчета	Масса арматуры, кг	Цена 1 тонны арматуры А500, руб.	Объем бетона, м <sup>3</sup>	Цена 1 м <sup>3</sup> бетона, руб.	Суммарная стоимость материалов, тыс. руб.	Экономия на стоимости материалов, %
1	31139,4	38 000	541,9	3900 (В25)	3296,7	–
2	20546,81	38 000	114,1	3900 (В25)	2747,8	16,6
			230,1	6619 (В60)		

Замена бетона класса В25 на бетон класса В60 позволила достичь экономического эффекта, связанного с экономией путем уменьшения размеров поперечного сечения колонн и снижения расхода арматуры. Уменьшение размеров поперечного сечения колонн с 600x600 мм до 400x400 мм и замена бетона В25 на высокопрочный В60 позволила на 16,6 % снизить

затраты на материалы для изготовления колонн и увеличить полезную площадь здания. Таким образом, можно сделать вывод об экономической целесообразности использования бетона высокого класса прочности (в частности, В60) в колоннах высотных зданий, подтвержденной материалами исследования.

### Литература

1. Шевченко В.А. Технология и применение специальных бетонов. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2012. 202 с.
2. Аксенов В.Н., Маилян Д.Р., Мкртчян А.М. Железобетонные колонны из высокопрочного бетона: монография. Ростов-на-Дону: РГСУ, 2012. 167 с.
3. Аксенов В.Н., Маилян Д.Р. Работа железобетонных колонн из высокопрочного бетона // Бетон и железобетон. 2008. № 6. С. 5–8.
4. Мкртчян А.М., Аксенов В.Н. Отличия расчета колонн из высокопрочного бетона по нормам // Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2131.3](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2131.3).
5. Маилян Д.Р., Несветаев Г.В., Халезин С.В., Горцевской А.А. Деформационные свойства и параметрические точки бетонов каркасной структуры // Инженерный вестник Дона, 2018, №2 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4941](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4941).
6. Mailyan D., Aksenov V., Aksenov N. Energy-Efficient Reinforced Concrete Columns Made of Concrete, Grade B90...B140 // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2018, Vol. 692, pp. 536–543 (doi.org/10.1007/978-3-319-70987-1).
7. Wisena Perceka, Wen-Cheng Liao, Yo-de Wang. High Strength Concrete Columns under Axial Compression Load: Hybrid Confinement Efficiency of High Strength Transverse Reinforcement and Steel Fibers // Materials (Basel). 2016, Vol. 264 (doi: 10.3390/ma9040264).

8. Аксенов Н.Б., Задорожная А.В. Исследование влияния параметров триангуляции в среде ПК САПФИР на результаты расчёта // Инженерный вестник Дона, 2017, №2 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4077](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4077).

9. Аксенов Н.Б., Акоюн С.А. Анализ влияния параметров сетки конечных элементов на результаты подбора продольной арматуры в монолитном безбалочном перекрытии // Инженерный вестник Дона, 2017, №1 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4038](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4038).

10. Мкртчян А.М., Аксенов В.Н., Маилян Д.Р., Блягоз А.М., Сморгунова М.В. Особенности конструктивных свойств высокопрочных бетонов // Новые технологии. 2013. № 3. С. 135–143.

11. Мкртчян А.М., Аксенов В.Н. Аналитическое описание диаграммы деформирования высокопрочных бетонов // Инженерный вестник Дона, 2013, №3 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1818](http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1818).

12. Атлант Бетон. Изготовление бетонных смесей URL: [atlantbeton.ru/](http://atlantbeton.ru/) (дата обращения: 15.03.2018).

13. Металл-Дон – комплекс строительных заводов URL: [metall-don.ru/](http://metall-don.ru/) (дата обращения: 15.03.2018).

### References

1. Shevchenko V.A. Tekhnologiya i primeneniye special'nyh betonov [Technology and application of special concretes]. Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2012. 202 p.

2. Aksenov V.N., Mailyan D.R., Mkrтчyan A.M. Zhelezobetonnye kolonny iz vysokoprochnogo betona: monografiya [Reinforced concrete columns made of high-strength concrete: monograph]. Rostov-on-Don: RGSU, 2012. 167 p.

3. Aksenov V.N., Mailyan D.R. Beton i zhelezobeton. 2008, № 6, pp. 5–8.

4. Mkrтчyan A.M., Aksenov V.N. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2131.3](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2131.3).



5. Mailyan D.R., Nesvetaev G.V., Halezin S.V., Gorcevskoj A.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2018, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4941](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4941).

6. Mailyan D., Aksenov V., Aksenov N. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2018, Vol. 692, pp. 536–543 ([doi.org/10.1007/978-3-319-70987-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-70987-1)).

7. Wisena Perceka, Wen-Cheng Liao, Yo-de Wang. Materials (Basel). 2016, Vol. 264 (doi: [10.3390/ma9040264](https://doi.org/10.3390/ma9040264)).

8. Aksenov N.B., Zadorozhnaya A.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4077](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4077).

9. Aksenov N.B., Akopyan S.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4038](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4038).

10. Mkrtchyan A.M., Aksenov V.N., Mailyan D.R., Blyagoz A.M., Smorgunova M.V. Novye tekhnologii, 2013, № 3, pp. 135–143.

11. Mkrtchyan A.M., Aksenov V.N. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №3. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1818](http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1818).

12. Atlant Beton. Izgotovlenie betonnyh smesej [Atlant Beton. Production of concrete mixtures]. URL: [atlantbeton.ru/](http://atlantbeton.ru/).

13. Metal-Don – kompleks stroitel'nyh zavodov [Metal-Don – complex of construction plants]. URL: [metall-don.ru//](http://metall-don.ru/).