

УДК 624.07

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕТОНА В СЖАТЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Корякина Е.Е., Аксенов В.Н.

*Ростовский государственный строительный университет, Ростов-на-Дону,
e-mail: koryakina_evgeniya@mail.ru, Aksenov.v.n@mail.ru*

Анализ отечественных и зарубежных исследований в области проектирования из высокопрочного бетона показал, что использование бетонов высоких классов прочности позволяет существенно повысить прочностные характеристики сжатых элементов, значительно уменьшить размеры сечения и вес таких конструкций. На примере 23-этажного жилого здания в городе Ростове-на-Дону была показана эффективность применения высокопрочных бетонов для проектирования железобетонных колонн. Представлены и проанализированы результаты расчета колонн первых этажей из бетона разных классов прочности, выявлена технико-экономическая эффективность их применения. Колонны были представлены в четырех вариациях: 600х600 В25; 600х600 В80; 500х500 В80; 400х400 В80. Результаты расчета показали, что применение бетона класса В80 существенно снижает стоимость элементов в целом, за счет уменьшения размеров поперечного сечения колонн, а также снижения расхода арматуры.

Ключевые слова: технико-экономическая эффективность, высокопрочный бетон, высотные здания, монолитный каркас, колонны

ABOUT EFFICIENCY OF HIGH-STRENGTH CONCRETE IN COMPRESSED ELEMENTS OF HIGH-RISE BUILDINGS

Koryakina E.E., Aksenov V.N.

*Rostov State University of Civil Engineering, Rostov-on-Don, e-mail: koryakina_evgeniya@mail.ru,
Aksenov.v.n@mail.ru*

International practice of construction and scientific researches in the field of buildings design shown that using of high-strength concrete in columns of high-rise buildings is expedient. A 23-storey apartment building is used as example to demonstrate the economic efficiency of application of high-strength concrete for designing reinforced concrete columns. The ground floor columns calculations for different types of concrete strength are carried out and analyzed. The economic and technical efficiency of application of high-strength concrete is presented. Four different types of columns are considered: 600 mmx600 mm (B25), 500 mmx500 mm (B80), 400 mmx400 mm (B80). It is shown that the use of high-strength concrete for the columns leads to decreasing of overall construction cost, due to reducing of cross-sectional dimensions of columns and of the expense of reinforcement as well.

Keywords: value engineering, high-strength concrete, high-rise building, monolithic frame, column

Одним из ведущих направлений в строительной области считается исследование новых и совершенствование уже известных строительных материалов и конструкций. Целью таких изысканий является возможность снижения стоимости материалов и строительства в целом, уменьшения затрат труда. Тогда одним из путей дальнейшего развития строительного производства становится применение высокопрочного бетона в качестве основного строительного материала для конструкций. Использование бетонов высоких классов прочности экономически целесообразно в первую очередь в конструкциях, работающих на сжатие [1].

Сжатые железобетонные элементы, например железобетонные колонны, составляют практически четверть от общего объема строительных конструкций, поэтому вопросы проектирования таких конструкций из высокопрочных бетонов весьма актуальны.

Анализ отечественных и зарубежных исследований в этой области показал, что использование бетонов высоких классов позволяет существенно повысить прочностные характеристики сжатых элементов, значительно уменьшить размеры сечения и вес таких конструкций, а также количество используемой арматуры и, как следствие, снизить затраты на строительство в целом [2, 4]. Учитывая, что при строительстве высотных зданий из монолитного железобетона наиболее армированными конструкциями являются колонны первых этажей, перспективным направлением исследований будет являться выявление критериев эффективного применения высокопрочных бетонов, а также анализ экономической эффективности таких конструкций. В настоящее время практически во всех европейских нормах прочность бетона на сжатие по-прежнему остаётся основной классификационной характеристикой. В соответствии с требованиями

европейских норм [6] к высокопрочным бетонам относят бетоны, имеющие прочность на сжатие более $R_{cub} = 60$ МПа ($f_{ck} = 50$ МПа), приготовленные по традиционным технологиям на портландцементном вяжущем и качественных рядовых заполнителях. В японских нормах [7] установлены три группы бетонов, исходя из значения их нормативного сопротивления сжатию: обычные конструкционные бетоны (18..36 МПа), высокопрочные бетоны «1» (36..60 МПа), высокопрочные бетоны «2» (более 60 МПа). В России предусмотрен максимальный класс бетона В100 в соответствии с СП 63.13330.2012 [5].

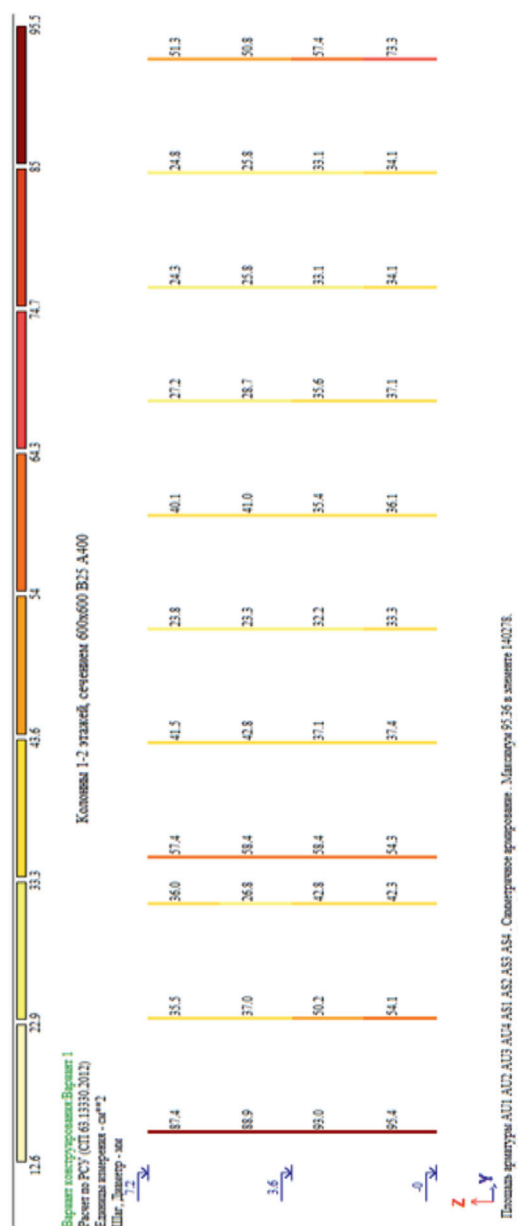


Рис. 1. Армирование колонн 1 и 2 этажей по осям 6, 7. Сечение 600х600, бетон В25

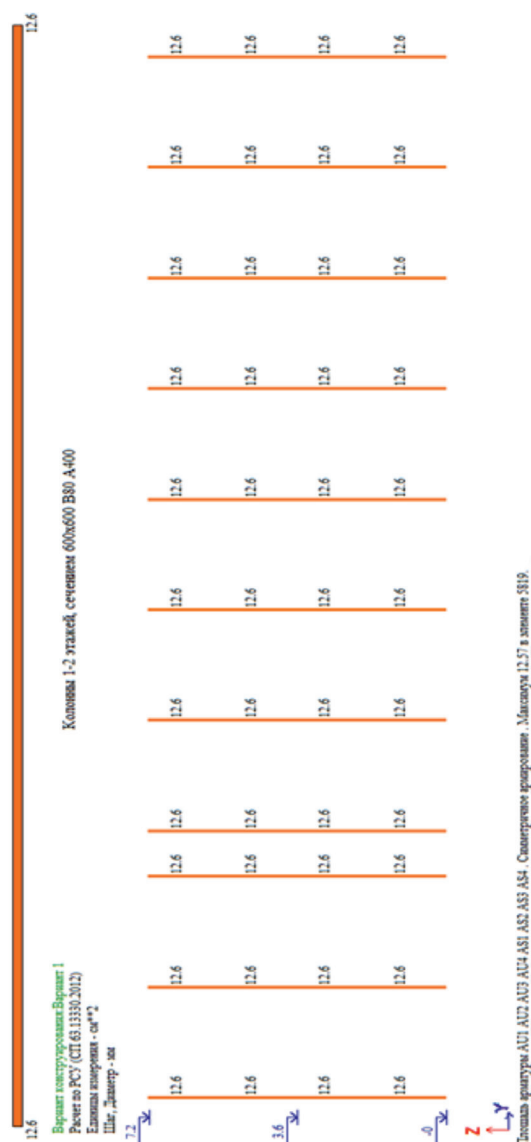


Рис. 2. Армирование колонн 1 и 2 этажей по осям 6, 7. Сечение 600х600, бетон В80

Для оценки экономической эффективности применения высокопрочных бетонов в строительстве высотных зданий был проведен расчет многоэтажного жилого дома в городе Ростове-на-Дону по улице Стадионная. Расчет был выполнен в программном комплексе ЛИРА-САПР 2013. В расчете 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 кровле, а также ветровое воздействие как сумма статической и динамической составляющих. Расчет армирования выполнен в соответствии с требованиями СП

63.13330.2012 [5]. Для наглядности результатов в данной статье рассмотрено армирование только колонн первого и второго этажей.

На первом этапе расчета колонны были приняты по аналогии с другими подобными проектами: сечение колонн первых этажей 600х600 мм, класс бетона для всех конструкций В25, класс рабочей арматуры А400. На рис. 1 приведена суммарная площадь армирования сечения колонн, то есть сумма площадей всей арматуры в углах и у граней колонн. Для каждой колонны представлены 4 значения $A_{s,tot}$: в уровне низа и верха первого, а затем второго этажей.

Для наглядной картины эффективности применения высокопрочных бетонов пересчитаем нашу схему с учетом замены бетона В25 на бетон В80. Сечение колонн оставим без изменений. Результаты отображены на рис. 2.

Из представленных выше рисунков можно отметить существенное снижение расхода арматуры – до 75 %. Кроме того, следует

отметить, что армирование колонн на рис. 2 подобрано из конструктивных требований, а не требуется по расчету. С целью снижения расхода бетона был выполнен третий этап расчетов – сечение колонн уменьшено до 500х500 мм. Результаты расчета представлены на рис. 3.

Из рис. 3 мы видим, что арматура в колоннах принята скорее по конструктивным требованиям, чем по расчету, поэтому на четвертом этапе расчета еще раз уменьшим сечение колонн – до 400х400 мм. Далее пересчитаем нашу схему с новыми данными. Результаты отображены на рис. 4.

Для определения экономической эффективности принятых решений данные расчетов сведены в таблицу. В ней проанализирован суммарный расход материалов (бетона и арматуры) на строительство колонн 1 и 2 этажей. Стоимость бетона принята по данным завода-изготовителя товарного бетона [3]. Стоимость 1 т арматуры А400 принята актуальной на момент написания статьи – 25 тр.

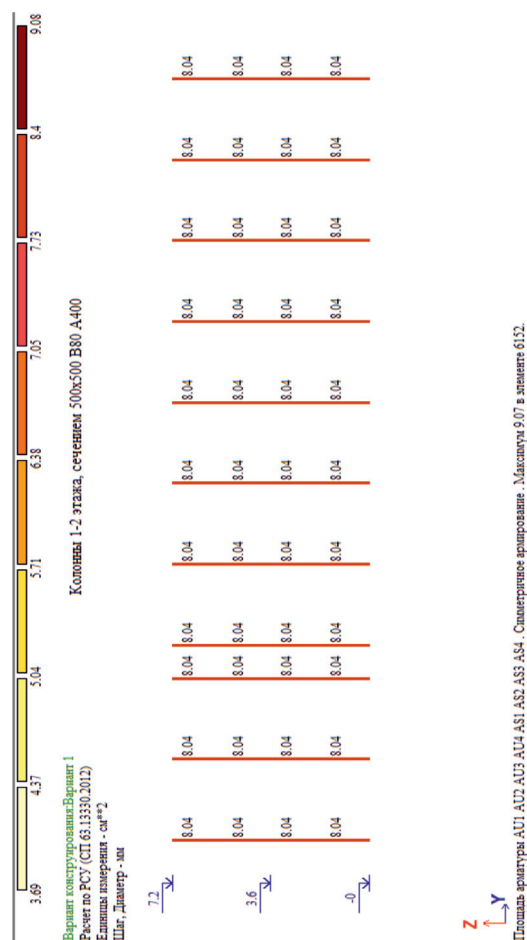


Рис. 3. Армирование колонн 1 и 2 этажей по осям 6, 7. Сечение 500х500, бетон В80

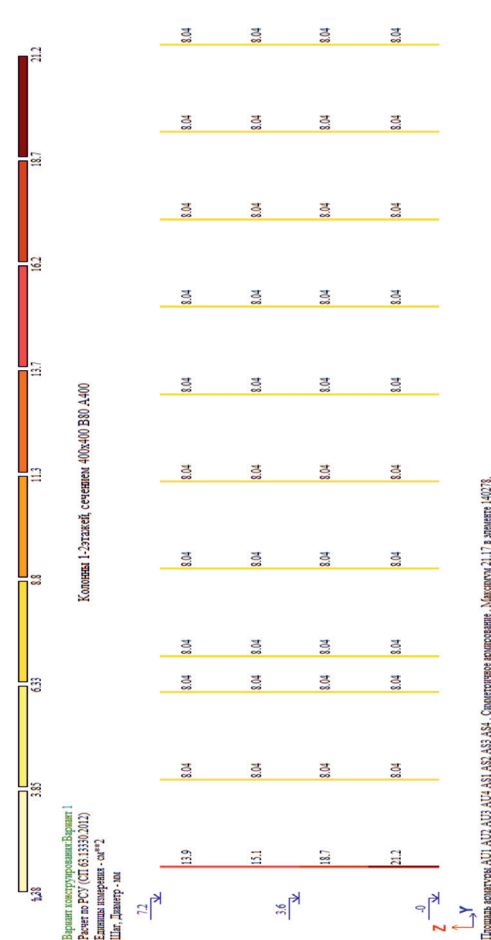


Рис. 4. Армирование колонн 1 и 2 этажей по осям 6, 7. Сечение 400х400, бетон В80

К определению эффективности применения высокопрочного бетона

Класс бетона	Сечение колонны, мм	Суммарная площадь арматуры, см ²	Масса арматуры, кг	Объём бетона, м ³	Цена 1 м ³ бетона, тыс. руб	Суммарная стоимость материалов, тыс. руб	Экономия на стоимости материалов, %
1–2 этажи							
B25	600 х 600	1055,5	5965,7	28,5	3,55	250,3	–
B80	600 х 600	277,2	1566,7	28,5	6,3	218,8	12,6
B80	500 х 500	176,9	1000,0	19,8	6,3	149,7	40,2
B80	400х400	195,9	1107,2	12,7	6,3	107,7	57,0

Рассмотрев и проанализировав результаты, по приведенным в таблице данным следует сделать вывод о том, что несмотря на существенный рост стоимости бетона, при замене класса В25 на бетон класса В80 экономический эффект достигается за счёт уменьшения размеров поперечного сечения колонн и снижения расхода арматуры. Так, уменьшив размеры поперечного сечения колонн с 600х600 мм до 400х400 мм и заменив бетон В25 на В80, затраты на материалы для изготовления колонн первых этажей здания удалось снизить на 57%. Отсюда следует вывод, что применение высокопрочного бетона в колоннах экономически эффективно при строительстве высотных зданий.

Список литературы

1. Аксенов В.Н., Маилян Д.Р., Мкртчян А.М. Железобетонные колонны из высокопрочного бетона: Монография. – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2012. – 167 с.
2. Аксёнов В.Н., Маилян Д.Р. Работа железобетонных колонн из высокопрочного бетона // Бетон и железобетон. – 2008. – № 6. – С. 5–8.
3. ЮВТКОМ. Производство и доставка бетона [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://betonexpert.ru/> (дата обращения: 15.12.2015).
4. Мкртчян А.М., Аксенов В.Н. Отличия расчёта колонн из высокопрочного бетона по нормам // «Инженерный вестник Дона». – 2013. – № 4. URL: ivdon.ru/rumagazine/archive/n4y2013/2131.3.
5. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003.
6. Comité Euro-International du béton. Code-moèle CEB-FIP pour les structures en béton (version de référence) // Bulletin d'information № 124/125. – Paris, 1978.
7. Uppal I.Y., Kemp K.O. The effect of longitudinal gradients of compressive stress upon the failure of concrete. – Magazine of Concrete Research. – 1971. – Vol. 23. – № 74.