

DOI:10.22337/2587-9618-2017-13-4-37-46

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ РАСЧЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А.И. Бедов¹, А.С. Салов², А.И. Габитов², Д.В. Кузнецов², Э.А. Садыкова²

¹ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
г. Москва, РОССИЯ

² Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, РОССИЯ

Аннотация: Рассмотрены области применения бетонов и арматуры повышенных классов по прочности в конструктивных элементах монолитного железобетонного каркаса. Предложены аналитические зависимости, критерии и граничные условия, численно описывающие взаимосвязь повышения прочности бетона и снижения расхода арматурной стали для изгибаемых и сжато-изгибаемых элементов. Разработаны расчетно-аналитические модели напряженно-деформированного состояния перекрытий монолитного железобетонного многоэтажного каркаса на основе проведенных многофакторных численных исследований для различных значений толщин перекрытий, пролетов, действующих нагрузок, классов бетона и арматуры. Выявлены расчетные параметры плит перекрытий, определяющие их несущую способность. На основе компьютерных технологий смоделировано оптимальное сечение железобетонного элемента по критерию снижения материалоемкости и рационального сочетания классов бетона и арматуры.

Ключевые слова: программные комплексы, компьютерное моделирование, железобетон, высокопрочные бетоны, высокий класс прочности, подбор оптимального сечения железобетонного элемента, рациональное сочетание классов бетона и арматуры

COMPUTER TECHNOLOGIES IN THE FORMATION OF COMPUTED MODELS OF MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

*Anatoliy I. Bedov¹, Aleksandr S. Salov², Azat I. Gabitov²,
Dmitriy V. Kuznetsov², Elza A. Sadykova²*

¹ National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, RUSSIA

² Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, RUSSIA

Abstract: The areas of application of concrete and reinforcement of higher grades for strength in structural elements of a monolithic reinforced concrete frame are considered. Analytic dependencies, criteria and boundary conditions are proposed that numerically describe the relationship between increasing the strength of concrete and reducing the consumption of reinforcing steel for bent and compressed-bent elements. Calculation-analytical models of the deformation state of overlaps of a monolithic reinforced concrete multi-storey frame have been developed on the basis of multifactor numerical studies carried out for various values of the thicknesses of ceilings, spans, operating loads, classes of concrete and reinforcement. Calculated parameters of slabs are determined, which determine their bearing capacity. On the basis of computer technology, the optimum section of a reinforced concrete element is modeled according to the criterion of reducing the material consumption and rational combination of classes of concrete and reinforcement.

Keywords: software complexes, computer modeling, reinforced concrete, high-strength concretes, high strength class, selection of the optimal section of the reinforced concrete element, rational combination of concrete classes and reinforcement

Развитие вычислительной техники в последние годы привело к возможности широкого использования численных методов определения напряжений и деформаций в элементах строительных конструкций. Среди таких методов наибольшее практическое значение имеет метод конечных элементов (МКЭ) [1]. В настоящее время в инженерной практике используется достаточно много комплексов, реализующих МКЭ.

В случае применения программных комплексов результаты расчетов сильно зависят от корректности применяемых расчетных моделей, в процессе реализации которых возникают многогранные вопросы компьютерного моделирования.

На сегодняшний день развитие вычислительной техники значительно упростило расчет сложных статически неопределимых систем. Это снизило материалоемкость и повлекло за собой увеличение объемов строительства зданий и сооружений с применением монолитных безбалочных каркасов [2].

Для каркасно-монолитных зданий применение бетонов повышенных и высоких классов прочности требует оценки их технико-экономической эффективности. Такая оценка применительно к железобетонным конструкциям целесообразна с учетом характера их нагружения и напряженно-деформированного состояния.

Существующий подход к определению эффективности повышения прочности бетона по критерию снижения расхода арматурной стали для сжатых и изгибаемых железобетонных элементов в дискретной форме представлен в отечественной и зарубежной литературе суммой примеров и не позволяет получить обобщающие представления о связи прочности бетона и расхода арматуры [3,4]. Несущая способность изгибаемого (балочного, плитного) элемента от действия изгибающего момента рассчитывается по формуле:

$$M_{ult} = R_{s0} A_{s0} \left(h_0 - \frac{R_{s0} A_{s0}}{2R_{b0}b} \right), \quad (1)$$

где R_{s0} , R_{b0} – расчетные сопротивления арматуры и бетона для исходного сечения; h_0 , b – рабочая высота и ширина прямоугольного сечения элемента; A_{s0} – площадь рабочей арматуры.

Производя подстановку

$$A_s = \mu_0 b h_0$$

в (1) (здесь μ_0 – коэффициент рабочего армирования для исходного сечения), получаем:

$$M_{ult} = R_{s0} \mu_0 b h_0 \left(h_0 - \frac{R_{s0} \mu_0 b h_0}{2R_{b0}b} \right). \quad (2)$$

Несущая способность вариантного сечения, отличающегося от исходного рабочей высотой сечения (h_{0i}), площадью рабочей арматуры (A_{si}) (коэффициентом рабочего армирования μ_i), расчетным сопротивлением бетона на сжатие для вариантного класса (R_{bi}) и арматуры на растяжение (R_{si}), при неизменности ширины прямоугольного сечения b , будет определяться зависимостью:

$$M_{ult} = R_{s0} \mu_0 b h_0 \left(h_0 - \frac{R_{s0} \mu_0 b h_0}{2R_{b0}b} \right)$$

$$M_{ult} = R_{si} \mu_i b h_{0i} \left(h_{0i} - \frac{R_{si} \mu_i b h_{0i}}{2R_{bi}b} \right). \quad (3)$$

Изменение прочностных характеристик и относительных расходов материалов при сопоставлении исходного и вариантного сечений можно учесть через коэффициенты изменения соответствующих параметров: a_s и a_b – расчетных сопротивлений для арматуры и бетона соответственно

$$a_s = \frac{R_{si}}{R_{s0}}, \quad a_b = \frac{R_{bi}}{R_{b0}}; \quad (4)$$

η_s и η_b – материалоемкости (расхода материала) для арматуры и бетона соответственно

$$\eta_s = \frac{\mu_{si}}{\mu_{s0}}, \quad \eta_b = \frac{h_{0i}}{h_0}. \quad (5)$$

Условие равнопрочности при этом получит вид:

$$\begin{aligned} R_{s0}\mu_0bh_0\left(h_0 - \frac{R_{s0}\mu_0h_0}{2R_{b0}}\right) &= \\ &= (R_{s0}a_s)(\mu_0\eta_s)b(h_0\eta_b)(h_0\eta_b - \\ &- \frac{(R_{s0}a_s)(\mu_0\eta_s)(h_0\eta_b)}{2R_{b0}a_b}) = \\ &= a_s\eta_s\eta_bR_{s0}\mu_0bh_0\left(\eta_bh_0 - \frac{a_s\eta_s\eta_bR_{s0}\mu_0h_0}{2R_{b0}a_b}\right). \quad (6) \end{aligned}$$

Введем параметр k_0 :

$$k_0 = \frac{R_{s0}}{2R_{b0}}. \quad (7)$$

Подставляя k_0 в (6), получаем:

$$1 - \mu_0k_0 = a_s\eta_s\eta_b\left(\eta_b - \frac{a_s\eta_s\eta_b\mu_0k_0}{a_b}\right). \quad (8)$$

Тогда взаимосвязь коэффициентов, характеризующих эффективность вариантного сечения с измененными параметрами - классом прочности бетона, расходом бетона, коэффициентом рабочего армирования и расчетным сопротивлением арматуры на растяжение, примет вид:

$$a_b = \frac{a_s^2\eta_s^2\eta_b^2\mu_0k_0}{a_s\eta_s\eta_b^2 - 1 + \mu_0k_0}. \quad (9)$$

Полученная зависимость (9) носит общий характер [5,6], представлена в безразмерных параметрах (таблица 1) и может быть использована для решения следующих задач:

1. снижение расхода арматурной стали за счет повышения класса прочности бетона на сжатие при неизменной прочности арматуры и неизменном расходе бетона ($a_s=1$, $\eta_b=1$);
2. снижение расхода арматурной стали за счет увеличения высоты рабочего сечения элемента, т.е. повышения удельного расхода бетона при неизменной прочности бетона и арматуры ($a_b=1$, $a_s=1$);
3. снижение удельного расхода бетона при повышении класса прочности бетона на сжатие при одинаковой прочности и неизменном расходе арматуры ($a_s=1$, $\eta_s=1$);
4. снижение расхода арматурной стали путем замены исходного класса стали (например А400) на повышенной прочности класса А500С при одинаковой прочности и неизменном расходе бетона ($a_b=1$, $\eta_b=1$).

Выполнено компьютерное моделирование оптимального вариантного сечения железобетонного элемента по критерию снижения материалоемкости и рационального сочетания классов бетона и арматуры [7,8]. Наложены ограничения по второй группе предельных состояний.

Исходными параметрами для выбора оптимального решения при использовании программы являются класс прочности бетона и арматуры, процент армирования и решение требуемой задачи по изменению класса бетона или арматуры. Программа позволяет рассчитать на выходе оптимальный расход арматурной стали вариантного сечения при применении высокопрочных бетонов классов до В90 [9,10,11]. Расчет ведется при одной и той же несущей способности изгибаемого элемента.

Программа позволяет выполнить вариантную количественную оценку расхода арматурной стали для изгибаемых железобетонных элементов без преднапряжения при изменении прочности бетона на сжатие и класса арматурной стали (рис. 1).

Таблица 1. Результаты решения основных задач по оценке эффективности применения бетонов и арматурных сталей повышенных и высоких классов прочности в изгибаемых (плитных) элементах

№	Содержание задачи	Относительные параметры				Формулы взаимосвязи параметров, характеризующих эффект	
		a_s	a_b	η_s	η_b		
1	Эффективность повышения прочности бетона по критерию снижения расхода арматурной стали при неизменном расходе бетона	1	a_b	η_s	1	$a_b = \frac{\eta_s^2 \mu_0 k_0}{\eta_s + \mu_0 k_0 - 1}$	$\eta_s = \frac{a_b \pm \sqrt{a_b^2 - 4\mu_0 k_0 + 4\mu_0^2 k_0^2 a_b}}{2\mu_0 k_0}$
2	Оптимизация соотношения удельных расходов бетона и арматуры в плитных элементах	1	1	η_s	η_b	$\eta_b = \sqrt{\frac{\mu_0 k_0 - 1}{\eta_s^2 \mu_0 k_0 - \eta_s}}$	$\eta_s = \frac{\eta_b \pm \sqrt{\eta_b^2 - 4\mu_0 k_0 + 4\mu_0^2 k_0^2}}{2\mu_0 k_0 \eta_b}$
3	Эффективность повышения прочности бетона по критерию снижения расхода бетона	1	a_b	1	η_b	$a_b = \frac{\eta_b^2 \mu_0 k_0}{\eta_b^2 - 1 + \mu_0 k_0}$	$\eta_b = \sqrt{\frac{a_b \mu_0 k_0 - a_b}{\mu_0 k_0 - a_b}}$
4	Снижение расхода арматурной стали путем замены исходного класса стали по прочности на повышенный класс при одинаковой прочности и неизменном расходе бетона	a_s	1	η_s	1	$\eta_s = \frac{1 \pm \sqrt{1 - 4\mu_0 k_0 + 4\mu_0^2 k_0^2}}{2\mu_0 k_0 a_s}$	
5	Эффективность повышения прочности бетона и арматурной стали по критерию снижения расхода арматурной стали при неизменном расходе бетона	a_s	a_b	η_s	1	$\eta_s = \frac{a_b \pm \sqrt{a_b^2 - 4\mu_0 k_0 a_b + 4\mu_0^2 k_0^2 a_b}}{2\mu_0 k_0 a_s}$	

Область применения программы – проектирование монолитных балочных и безбалочных перекрытий. Расчет ведется при одной и той же несущей способности изгибаемого элемента.

Программа позволяет рассчитать на выходе оптимальный расход арматурной стали

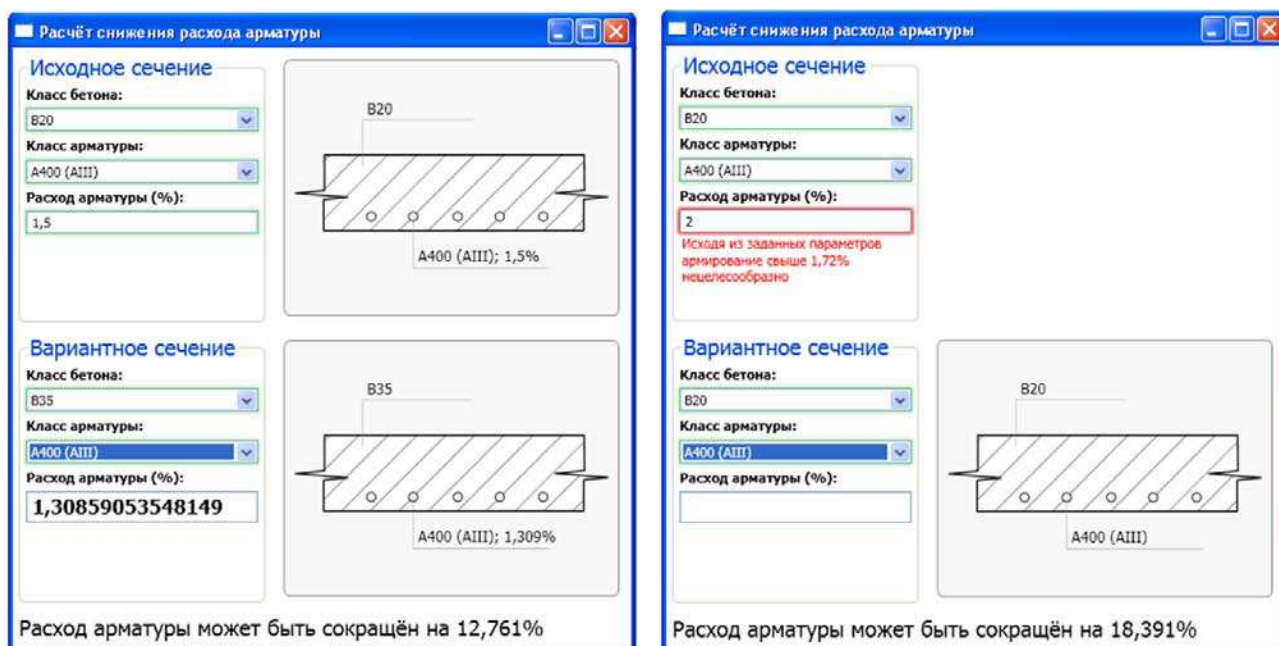


Рисунок 1. Графический интерфейс пользователя программы «Расчет эффективного расхода арматурной стали для вариантного сечения изгибаемого железобетонного элемента».

В последней зарегистрированной программе расчет осуществляется по всем четырем параметрам сечения: рабочая высота сечения (h_{0i}), площадь рабочей арматуры (A_{si}) (коэффициент рабочего армирования (μ_i)), расчетные сопротивления бетона на сжатие для вариантного класса (R_{bi}) и арматуры на растяжение (R_{si}).

Пользователь должен выбрать параметр вариантного сечения, который он хочет изменить (класс бетона, класс арматуры, расход бетона или арматуры). Алгоритм программы и графический интерфейс представлены на рис. 2.

Предлагаемый аппарат позволяет оперативно выполнить количественную оценку эффективности и выявить рациональные области применения бетонов повышенной прочности в изгибаемых железобетонных элементах для технико-экономического обоснования на стадии проектирования, что особенно важно при проектировании каркасно-монолитных объектов [12].

На основе использования программных комплексов SCAD-Office и ЛИРА-САПР были определены основные усилия,

произведены расчеты несущей способности элементов каркаса и определены характеристики армирования.

Данные анализа по снижению расхода рабочей арматуры А400, а также по арматуре А500С указывают на то, что использование бетонов особо высоких классов прочности дает максимальный эффект для изгибаемых (плитных) элементов около 25%. Из этого анализа также следует, что предельным уровнем повышения прочности бетона при исходном классе В20-В25 следует считать класс прочности В40-В50 [13,14]. Применение бетонов классов прочности выше В50-В60 в изгибаемых (плитных) элементах с целью снижения расхода арматурной стали неэффективно, что подтверждается данными рисунков 3.

Расчеты по второй группе предельных состояний (деформации и трещиностойкость) выявили в окончательной форме рациональные области применения бетонов повышенных классов по прочности на сжатие и арматуры А500С в зависимости от толщины изгибаемых элементов и расхода (%) рабочей арматуры

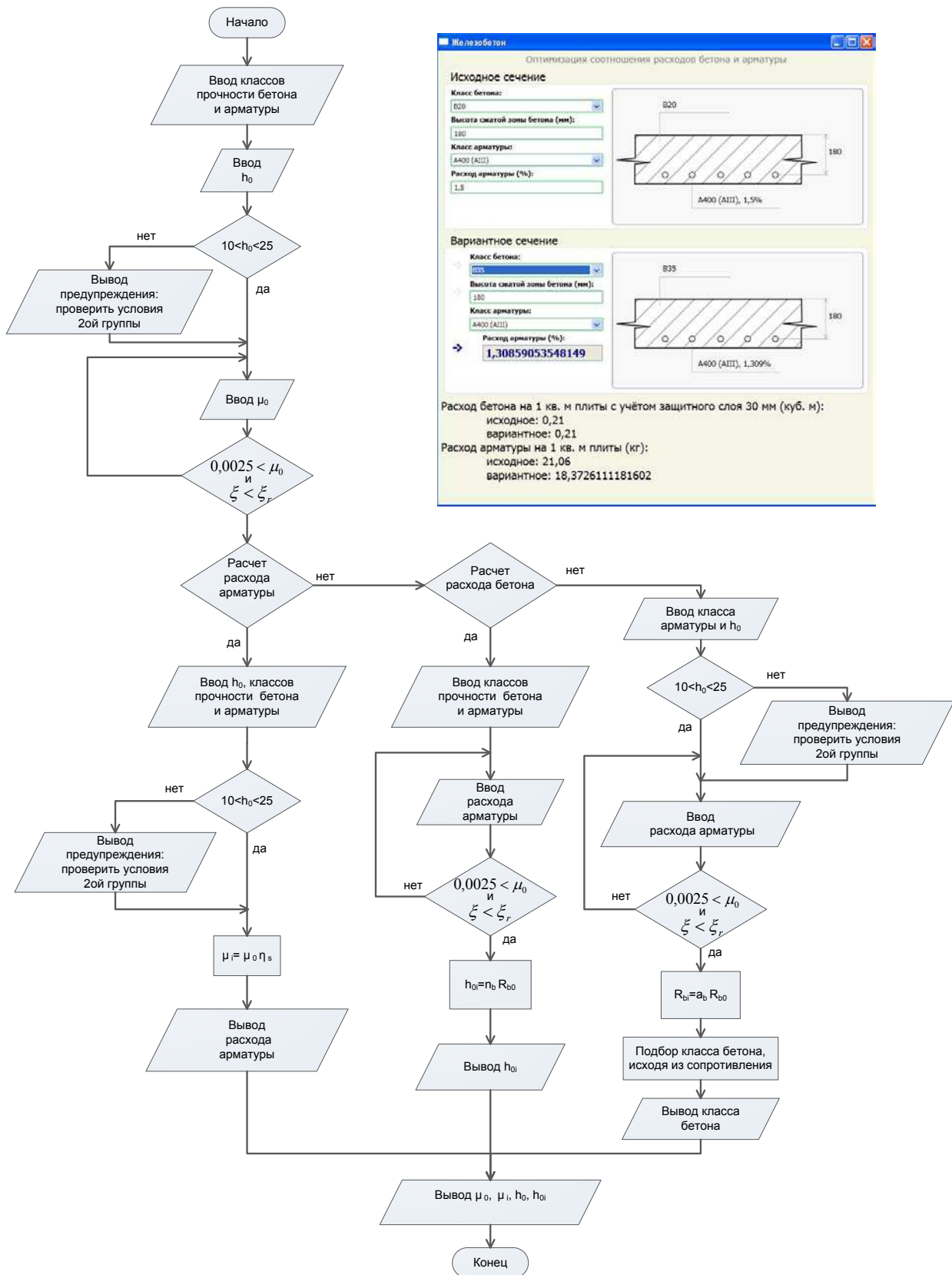


Рисунок 2. Блок-схема и графический интерфейс пользователя разработанной программы для ЭВМ.

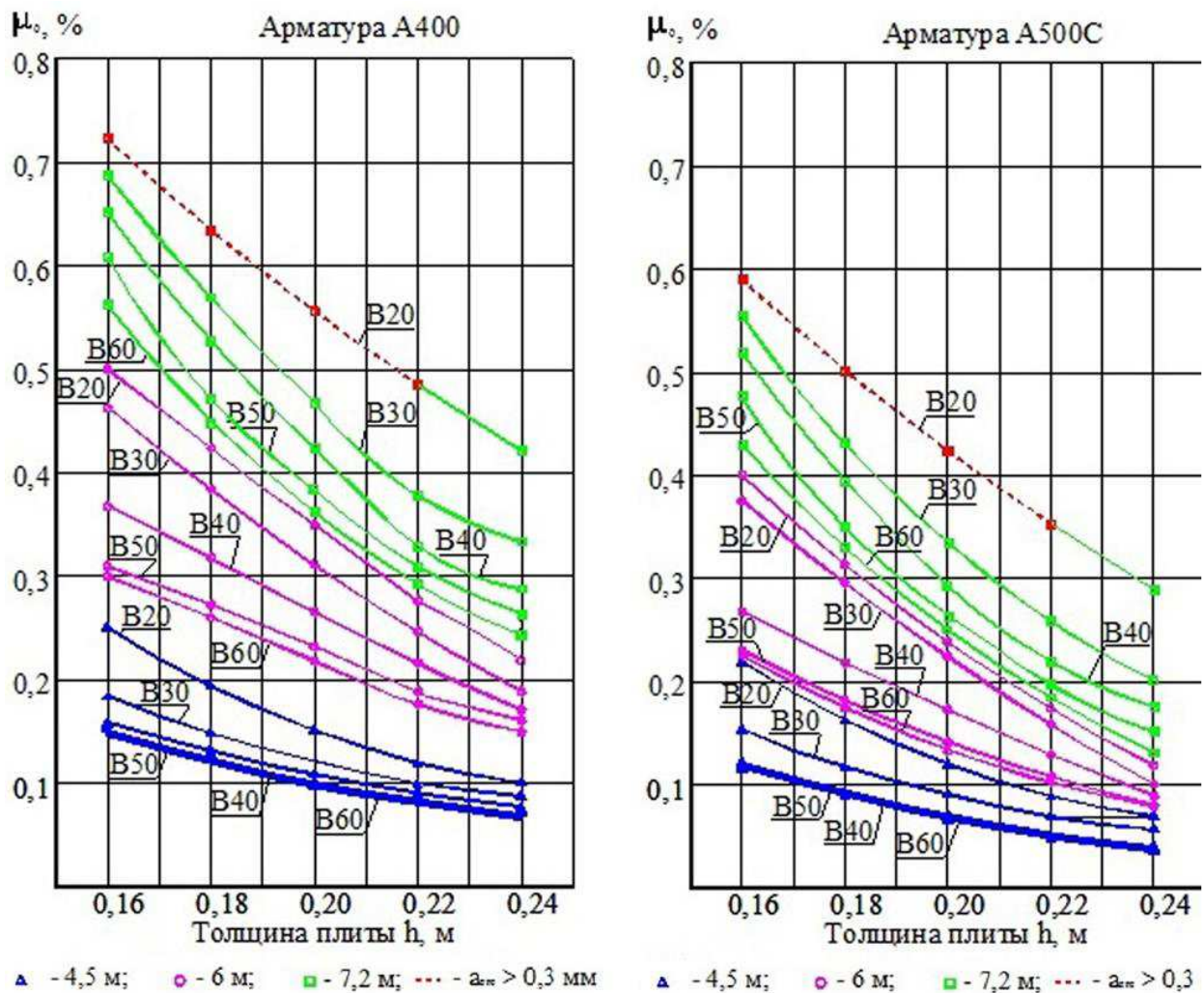


Рисунок 3. Зависимости процента армирования от толщины плиты, класса прочности бетона и сетки колонн каркаса.

[14]. Результаты этих расчетов представлены на рис. 3.

В ходе анализа проведенных многофакторных исследований и предложенных расчетных моделей напряженно-деформированного состояния монолитных железобетонных элементов удалось существенно уточнить расчетные параметры, определяющие несущую способность этих элементов. На основе проведенных исследований с использованием экономико-математических методов разработаны и зарегистрированы в Роспатенте РФ автоматизированные программные комплексы, позволяющие

оперативно решать задачи оптимизации расчета и конструирования монолитного железобетонного каркаса.

Таким образом, можно сделать вывод, что для снижения расхода арматурной стали при пролетах до 6 м оптимальным является применение бетонов классов по прочности на сжатие - до В40, а при пролетах свыше 6 м – до В50. Результаты исследований применены при проектировании и строительстве ряда каркасно-монолитных зданий повышенной этажности в Республике Башкортостан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Перельмутер А.В., Сливкер В.И.** Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. – М.: СКАД СОФТ, 2011. – 736 с.
2. **Замалиев Ф.С.** Экспериментальные исследования пространственной работы сталежелезобетонных конструкций. // Вестник МГСУ, 2012, №12, с. 53-60.
3. **Бедов А.И., Бабков В.В., Габитов А.И., Сахибгареев Р.Р., Салов А.С.** Монолитное строительство в Республике Башкортостан: от теории к практике. // - Вестник МГСУ, 2013, №10, с. 110-121.
4. **Тамразян А.Г.** Бетон и железобетон: проблемы и перспективы. // Промышленное и гражданское строительство, 2014, №7, с. 51-54.
5. **Браун В.** Расход арматуры в железобетонных элементах. – М.: Стройиздат, 1993. – 144 с.
6. **Бедов А.И., Салов А.С., Бабков В.В., Габитов А.И., Недосеко И.В.** Оптимальное проектирование железобетонных изгибаемых элементов в составе монолитного каркаса при варьировании классов прочности бетона и арматуры // В сборнике: Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия под редакцией А.Г. Тамразяна, Д.Г. Копаницы. 2016, с. 503-507.
7. **Салов А.С.** Расчет оптимального вариантного сечения и вариантного армирования изгибаемого железобетонного элемента по критерию снижения материалоемкости и рационального сочетания классов бетона и арматуры: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011613598; правообладатель ГОУ ВПО УГНТУ; заявл. 21.03.2011; зарег. 05.05.2011.
8. **Бедов А.И., Гайсин А.М., Габитов А.И.** Компьютерное моделирование работы под нагрузкой высокопустотных керамических стеновых изделий и кладок на их основе. // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, 2017, №3(369), с. 215-220.
9. **Shah S.P., Ahmad S.H.** High performance concrete: Properties and applications. // McGraw-Hill, Inc. 1994, 403 pages.
10. **Калашников В.И.** Расчет составов высокопрочных самоуплотняющихся бетонов. // Строительные материалы, 2008, №10, с. 4-6.
11. **Батраков В.Г.** Модификаторы бетона: новые возможности и перспективы. // Строительные материалы, 2006, №10, с. 4-7.
12. **Кабанцев О.В.** Расчет конструкций многоэтажных и высотных железобетонных зданий с учетом изменения основных параметров расчетной модели в режимах возведения и эксплуатации. // Бетон и железобетон - взгляд в будущее. Научные труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону: в 7 томах. М: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2014, с. 282-292.
13. **Сеськин И.Е., Баранов А.С.** Влияние суперпластификатора С-3 на формирование прочности пресованного бетона. // Строительные материалы, 2013, №1, с. 32-33.
14. **Панибратов Ю.П., Секо Е.В., Балберов А.А.** Экономическая оценка результатов энергосберегающих мероприятий в строительстве. // Academia. Архитектура и строительство, №2, 2012, с. 123-127.

REFERENCES

1. **Perel'muter A.V., Slivker V.I.** Raschetnye modeli sooruzheniy i vozmozhnost' ikh

- analiza [Design models of structures and the possibility of their analysis]. Moscow, SKAD SOFT, 2011, 736 pages.
2. **Zamaliyev F.S.** Eksperimental'nye issledovaniya prostranstvennoy raboty stalezhelezobetonnykh konstruksiy [Experimental studies of the spatial work of composite structures]. // Vestnik MGSU, 2012, Number 12, pp. 53-60.
 3. **Bedov A.I., Babkov V.V., Gabitov A.I., Sakhibgareev R.R., Salov A.S.** Monolitnoe stroitel'stvo v Respublike Bashkortostan: ot teorii k praktike [Monolithic construction in the Republic of Bashkortostan: from theory to practice]. // Vestnik MGSU, 2013, Number 10, pp. 110-121.
 4. **Tamrazyan A.G.** Beton i zhelezobeton: problemy i perspektivy [Concrete and reinforced concrete: problems and prospects]. // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo, 2014, Number 7, pp. 51-54.
 5. **Braun V.** Raskhod armatury v zhelezobetonnykh elementakh [Expenditure of reinforcement in reinforced concrete elements]. Moscow, Stroyizdat, 1993, 144 pages.
 6. **Bedov A.I., Salov A.S., Babkov V.V., Gabitov A.I., Nedoseko I.V.** Optimal'noe proektirovanie zhelezobetonnykh izgibaemykh elementov v sostave monolitnogo karkasa pri var'irovani klassov prochnosti betona i armatury [Optimum design of reinforced concrete bending elements in a monolithic frame structure with varying strength classes of concrete and reinforcement]. // V sbornike: Sovremennye problemy rascheta zhelezobetonnykh konstruksiy, zdaniy i sooruzheniy na avariynye vozdeystviya pod redaktsiyey A.G. Tamrazyana, D.G. Kopanitsy, 2016, pp. 503-507.
 7. **Salov A.S.** Raschet optimal'nogo variantnogo secheniya i variantnogo armirovaniya izgibaemogo zhelezobetonnogo elementa po kriteriyu snizheniya materialoemkosti i ratsional'nogo sochetaniya klassov betona i armatury [Calculation of the optimal variant section and variant reinforcement of the bent ferro-concrete element by the criterion of decreasing the material consumption and rational combination of classes of concrete and reinforcement]. Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 2011613598; pravoobladatel' GOU VPO UGNTU; zayavl. 21.03.2011; zareg. 05.05.2011.
 8. **Bedov A.I., Gaysin A.M., Gabitov A.I.** Komp'yuternoe modelirovanie raboty pod nagruzkoy vysokopustotnykh keramicheskikh stenovykh izdeliy i kladok na ikh osnove [Computer modeling of work under load of high-vacuum ceramic wall articles and clutches on their basis]. // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti, 2017, Number 3(369), pp. 215-220.
 9. **Shah S.P., Ahmad S.H.** High performance concrete: Properties and applications // McGraw-Hill, Inc. 1994. 403 p.
 10. **Kalashnikov V.I.** Raschet sostavov vysokoprochnykh samouplotnyayushchikh-sya betonov [Calculation of compositions of high-strength self-compacting concretes]. // Stroitel'nye materialy, 2008, Number 10, pp. 4-6.
 11. **Batrakov V.G.** Modifikatory betona: novye vozmozhnosti i perspektivy [Modifiers of concrete: new opportunities and prospects]. // Stroitel'nye materialy, 2006, Number 10, pp. 4-7.
 12. **Kabantsev O.V.** Raschet konstruksiy mnogoetazhnykh i vysotnykh zhelezobetonnykh zdaniy s uchetom izmeneniya osnovnykh parametrov raschetnoy modeli v rezhimakh vozvedeniya i ekspluatatsii [Structural analysis of multi-storey and high-rise concrete buildings taking into account changes in the basic parameters of the design model in the modes of erection and operation]. // Beton i zhelezobeton - vzglyad v budushchee. Nauchnye trudy III Vserossiyskoy (II Mezhdunarodnoy) konferentsii po betonu i zhelezobetonu: v 7 tomakh. M: Natsional'nyy issledovatel'skiy

Moskovskiy gosudarstvennyy stroitel'nyy universitet, 2014, pp. 282-292.

13. **Ses'kin I.E., Baranov A.S.** Vliyanie superplastifikatora S-3 na formirovanie prochnosti pressovannogo betona [Influence of the superplasticizer S-3 on the formation of the strength of pressed concrete]. // *Stroitel'nye materialy*, 2013, Number 1, pp. 32-33.
14. **Panibratov Yu.P., Seko E.V., Balberov A.A.** Ekonomicheskaya otsenka rezul'tatov energosberegayushchikh meropriyatiy v stroitel'stve [Economic evaluation of the results of energy-saving measures in construction]. // *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*, Number 2, 2012, pp. 123-127.

Бедов Анатолий Иванович, профессор, кандидат технических наук, профессор кафедры железобетонных и каменных конструкций, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет; 129337, Россия, Москва, Ярославское шоссе, дом 26; тел. +7(495)781-99-88; e-mail: gbk@mgsu.ru.

Салов Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильные дороги и технология строительного производства»; Уфимский государственный нефтяной технический университет; 450062, Приволжский федеральный округ, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1; тел. +7(347) 243-19-77, тел/факс +7(347) 243-14-19; e-mail: salov@list.ru.

Габитов Азат Исмагилович, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры строительных конструкций; Уфимский государственный нефтяной технический университет; 450062, Приволжский федеральный округ, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1; тел. +7(347) 243-19-77, тел/факс +7(347) 243-14-19; e-mail: azat7@ufanet.ru.

Кузнецов Дмитрий Валерьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций; Уфимский государственный нефтяной технический университет; 450062, Приволжский федеральный округ, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1; тел. +7(347) 243-19-77, тел/факс +7(347) 243-14-19; e-mail: alex.03@mail.ru.

Садыкова Эльза Альбертовна, инженер УНИР; Уфимский государственный нефтяной технический

университет; 450062, Приволжский федеральный округ, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1; тел. +7 (347) 243-19-77, тел/факс (347) 243-14-19; e-mail: sadykovaelza@gmail.com.

Anatoliy I. Bedov, Professor, Ph.D., Professor of Department of Reinforced Concrete and Masonry Structures, National Research Moscow State University of Civil Engineering; 26, Yaroslavskoe Shosse, Moscow, 129337, Russia; phone +7(495)781-99-88; e-mail: gbk@mgsu.ru.

Aleksandr S. Salov, Ph.D., Associate Professor of Department of Roads and Technology of Construction Production, Ufa State Petroleum Technological University; 1, Ulitsa Kosmonavtov, Ufa, 450062, Russia; phone +7 (347) 243-19-77, phone/fax +7(347) 243-14-19; e-mail: salov@list.ru.

Azat I. Gabitov, Professor, Dr.Sc., Professor of Department of Building Structures, Ufa State Petroleum Technological University; 1, Ulitsa Kosmonavtov, Ufa, 450062, Russia; phone +7 (347) 243-19-77, phone/fax +7(347) 243-14-19; e-mail: azat7@ufanet.ru.

Dmitriy V. Kuznetsov, Ph.D., Associate Professor of Department of Building Structures, Ufa State Petroleum Technological University; 1, Ulitsa Kosmonavtov, Ufa, 450062, Russia; phone +7 (347) 243-19-77, phone/fax +7(347) 243-14-19; e-mail: alex.03@mail.ru.

Elza A. Sadykova, Engineer, UNIR, Ufa State Petroleum Technological University; 1, Ulitsa Kosmonavtov, Ufa, 450062, Russia; phone +7 (347) 243-19-77, phone/fax +7(347) 243-14-19; e-mail: sadykovaelza@gmail.com.