

М. В. МОЗГОЛОВ
А. В. ТУРАНОВА

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОСЫХ КЕССОННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

ON THE EFFECTIVENESS OF OBLIQUE CAISSON REINFORCED CONCRETE FLOORS

Сравнивается распределение усилий в балках прямого и косоугольного монолитного железобетонного кессонного перекрытия квадратного в плане. Усилия в балках определены известными аналитическими способами и при помощи конечно-элементных моделей ПК SCAD. Расчеты показали, что усилия в балках косоугольного перекрытия, определенные аналитическим путем и с помощью компьютерных моделей, значительно отличаются, что свидетельствует о сложной работе пространственной системы, не учитываемой аналитическим методом расчета, основанным на теории расчета плит, опертых по контуру. Полученные данные свидетельствуют, что квадратное кессонное перекрытие с балками, установленными под углом 45° к опорному контуру, имеет большую жесткость и меньшие значения изгибающих моментов по сравнению с прямыми кессонами. При отношении сторон перекрытия $L_2 > 1,5 \cdot L_1$ для обеспечения эффекта опирания по контуру расположение балок по отношению к внешнему контуру должно быть под углом 45° .

Ключевые слова: железобетонное кессонное перекрытие, прямые и косые кессоны, изгибающие моменты, поперечные силы, конечно-элементная компьютерная модель

Плиты с отношением сторон $0,5 < L_2/L_1 < 2$ принято называть кессонными, или опертыми по контуру. Такая плита распределяет нагрузку по двум направлениям, что уменьшает изгибающие моменты и позволяет увеличивать пролеты. Различают кессонные перекрытия с большими панелями пролетом плиты 5–7 м и с малыми 0,7–2 м [1]. Система перекрестных балок, монолитно связанная с плитой малого пролета, образует разновидность ребристого перекрытия, называемого кессонным часторебристым. До широкого внедрения в практику проектирования ЭВМ такие перекрытия проектировали квадратной или прямоугольной формы в плане. Это было связано с «ручным» аналитическим способом определением усилий в конструкции, основанном на аналогии рабо-

The distribution of forces in the beams of a straight and oblique monolithic reinforced concrete caisson floor of a square plan is compared. The forces in the beams are determined by well-known analytical methods and using finite element models of the SCAD PC. The calculations showed that the forces in the beams of the oblique caisson floor, determined analytically and using computer models, differ significantly, which indicates the complex operation of the spatial system, which is not taken into account by the analytical calculation method based on the theory of calculating plates supported by the contour. The obtained data indicate that a square caisson floor with beams installed at an angle of 45° to the reference contour has greater rigidity and lower values of bending moments compared to straight caissons. When the ratio of the sides of the overlap $L_2 > 1,5 \cdot L_1$ to ensure the effect of supporting the contour, the location of the beams in relation to the outer contour should be at an angle of 45° .

Keywords: reinforced concrete caisson floor; straight and oblique caissons; bending moments, transverse forces; finite element computer model

ты плиты, опертой по контуру [1–7]. При современном проектировании и переходе проектировщиков на компьютерные методы расчета форма перекрытия может быть произвольной и при условии соблюдения принципов кессонной системы она будет более эффективной, чем балочная. Пролетные балки по отношению к сторонам квадратного перекрытия могут располагаться под углом 90° или 45° , в последнем случае кессоны называются косыми (рис. 1, 2).

Граничным условием расположения балок под углом 90° является соотношение сторон $L_2 > 1,5 \cdot L_1$ [2, 5, 6], так как от этого соотношения зависит распределение нагрузки на ортогональные балки: $q_1 + q_2 = q$, где q_1 и q_2 – составляющие общей нагрузки q , приходящиеся на балки 1-го и 2-го направлений. При данном соотношении,



Рис. 1. Схема прямого кессона.
 $B_{1к}, B_{2к}, B_{3к}, B_{1д}, B_{2д}, B_{3д}$ – рассчитываемые балки по короткому и длинному направлениям

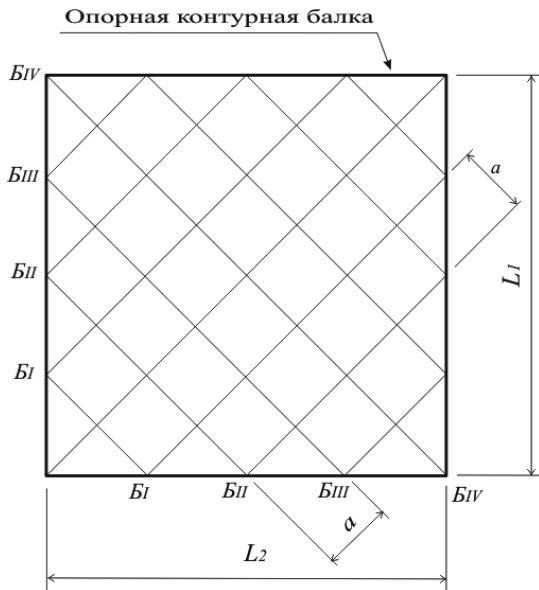


Рис. 2. Схема косо́го кессона.
 $B_I-B_{IV}, B_{II}-B_{IV}, B_{III}-B_{III}, B_{IV}-B_{IV}$ – рассчитываемые балки

шарнирном опирании перекрытия по контуру и одинаковой жесткости балок EI нагрузка на короткие балки составит:

$$q_1 = q \cdot \frac{L_2^4}{L_1^4 + L_2^4} = q \cdot \frac{(1,5 \cdot L_1)^4}{L_1^4 + (1,5 \cdot L_1)^4} = 0,835 \cdot q.$$

Остаток нагрузки перейдет на длинные балки: $q_2 = q - 0,835 \cdot q = 0,165 \cdot q$. При соотношении $L_2 = 2 \cdot L_1$ перекрытие практически становится балочным, т. е. работает по короткому направлению, длинные балки нагрузку не воспринимают. Таким образом, при размерах перекрытия, близкого к квадратному, расположение балок может быть как прямым, так и ди-

агональным. При размерах сторон $L_2 > 1,5 \cdot L_1$ балки рекомендуется размещать под углом 45° , а при соотношении $L_2 \geq 2 \cdot L_1$ для обеспечения работы перекрытия по контуру балки должны располагаться только диагонально.

Целью настоящей работы является изучение напряженного состояния балок прямых и косых кессонов, работающих в одинаковых (близких) условиях, путем сравнения изгибающих моментов и поперечных сил, вычисленных при помощи аналитических способов [1–7] и компьютерных моделей [8–14], а также сравнения прогибов, полученных на ЭВМ (см. таблицу).

В качестве изучаемой конструкции выбрано квадратное в плане перекрытие размером $9,0 \times 9,0$ м. Первый вариант предусматривает прямое расположение ортогональных балок, устанавливаемых с шагом 1,5 м в обоих направлениях. По второму варианту балки размещаются диагонально с шагом 1,591 м. Перекрытие работает на равномерно распределенную нагрузку 1 Т/м^2 с шарнирным опиранием по контуру. В качестве конечного элемента перекрытия принят стержневой элемент – тавровая балка высотой 460 мм, с шириной ребра 200 мм, толщиной полки 60 мм, шириной полки 1500 мм в первом варианте и 1591 мм – во втором. В нашем случае ширина полки балок в соответствии с требованиями п. 8.1.11 СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» принимается равной расстоянию между осями балок. В соответствии с требованиями п. 6.2.5 СП. 430.1325800.2018 «Монолитные конструктивные системы. Правила проектирования» и п. 2.1.1.1 Методического пособия [15] для учета упругопластических свойств бетона при расчете для всех балок компьютерных моделей начальный модуль упругости бетона класса В25 умножался на коэффициент 0,2 для участков с трещинами и 0,3 для участков без трещин (балки опорного контура). Для учета жесткости узлов [14] монолитных балок в местах их пересечения были установлены жесткие вставки размером, равным ширине балок. Наиболее полный метод определения усилий в балках прямых кессонных перекрытий представлен в работе [3].

Наибольший пролетный изгибающий момент M_1^{max} в балке $B_{3к}$ и момент M_2^{max} в балке $B_{3д}$ определяются по следующим формулам:

$$M_1^{max} = \alpha_1 \cdot q_1 \cdot a \cdot L_1^2, \tag{1}$$

$$M_2^{max} = \alpha_2 \cdot q_2 \cdot b \cdot L_2^2, \tag{2}$$

где α_1 и α_2 – коэффициенты, зависящие от характера распределения нагрузки и вида опорных закреплений. При равномерно распределенной нагрузке на перекрытие и шарнирно-опертых балках $\alpha = 1/8$; в балках с заделкой $\alpha = 1/16$;

$$q_1 + q_2 = q; \quad (3)$$

$$q_1 = \frac{K_2}{K_1 + K_2} \cdot q; \quad (4)$$

$$q_2 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} \cdot q; \quad (5)$$

$$K_1 = S_1 \cdot \alpha_1 \cdot L_1^4 \cdot \frac{1}{B_1}; \quad (6)$$

$$K_2 = S_2 \cdot \alpha_2 \cdot L_2^4 \cdot \frac{1}{B_2}; \quad (7)$$

где S_1 и S_2 – коэффициенты, зависящие от характера распределения нагрузки и вида закрепления. При равномерно распределенной нагрузке и шарнирно-опертых балках $S = 5/48$; в балках с заделкой $S = 1/16$; B_1, B_2 – жесткость перекрытия по 1-му и 2-му направлениям соответственно.

При квадратном в плане перекрытии, квадратных кессонах, одинаковых условиях опирания и геометрии балок получаем: $q_1 = 0,5 \cdot q$; $q_2 = 0,5 \cdot q$; $a = b$; $L_1 = L_2 = L$.

При шарнирно-опертых по периметру перекрытия максимальный изгибающий момент в центральных балках составит:

$$M_1^{max} = M_2^{max} = 0,125 \cdot 0,5 \cdot q \cdot a \cdot L^2. \quad (8)$$

Пролетные моменты в остальных балках определяются из условия пропорциональности их прогибов:

$$M_x = n_x \cdot M_1^{max}; \quad (9)$$

$$M_y = n_y \cdot M_2^{max}; \quad (10)$$

$$n_x = 16/5 \cdot (\eta_x - 2 \cdot \eta_x^3 + \eta_x^4); \quad (11)$$

$$n_y = 16/5 \cdot (\eta_y - 2 \cdot \eta_y^3 + \eta_y^4); \quad (12)$$

$$\eta_x = x/L_2; \quad (13)$$

$$\eta_y = y/L_1; \quad (14)$$

где x или y – расстояния от опоры до рассматриваемой балки.

Максимальная поперечная сила в средних балках 1-го и 2-го направлений определяется по формуле [1]:

$$Q_1^{max} = 0,5 \cdot q_1 \cdot a \cdot L_1; \quad (15)$$

$$Q_2^{max} = 0,5 \cdot q_2 \cdot b \cdot L_2. \quad (16)$$

Поперечные силы в остальных балках определяются с учетом коэффициентов n_x и n_y аналогично изгибающим моментам [1, 6].

При квадратном в плане перекрытии и квадратных кессонах для средних балок получаем:

$$Q_1^{max} = Q_2^{max} = 0,5 \cdot 0,5 \cdot q \cdot a \cdot L. \quad (17)$$

Так как конструкция симметричная в плане, рассматриваем три балки: B_3 – центральная балка, расположенная от опоры на расстоянии 4,5 м; B_2 – балка, расположенная от опоры на

расстоянии 3,0 м; B_1 – балка, расположенная от опоры на расстоянии 1,5 м.

Максимальный изгибающий момент для балки B_3 :

$$M_{B3}^{max} = 0,125 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,5 \cdot 9^2 = 7,594 \text{ Тм.}$$

Для вычисления моментов в балке B_2 определяем коэффициенты:

$$\eta_x = 3/9 = 1/3;$$

$$n_x = 16/5 \cdot (1/3 - 2 \cdot (1/3)^3 + (1/3)^4) = 0,869;$$

$$M_{B2}^{max} = n_x \cdot M_{B3}^{max} = 0,869 \cdot 7,594 = 6,599 \text{ Тм.}$$

Определяем коэффициенты для балки B_1 :

$$\eta_x = 1,5/9 = 1/6;$$

$$n_x = 16/5 \cdot (1/6 - 2 \cdot (1/6)^3 + (1/6)^4) = 0,506;$$

$$M_{B1}^{max} = n_x \cdot M_{B3}^{max} = 0,506 \cdot 7,594 = 3,843 \text{ Тм.}$$

Определяем поперечную силу в приопорной зоне балок:

$$\text{балка } B_3: Q_{B3}^{max} = 0,5 \cdot 0,5 \cdot q \cdot a \cdot L = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,5 \cdot 9 = 3,375 \text{ Т;}$$

$$\text{балка } B_2: Q_{B2}^{max} = 0,869 \cdot 3,375 = 2,933 \text{ Т;}$$

$$\text{балка } B_1: Q_{B1}^{max} = 0,506 \cdot 3,375 = 1,708 \text{ Т.}$$

Выполним аналитический расчет косоугольного квадратного кессонного перекрытия по методике [4, 7]:

$$M_{BI}^{max} = 0,0713 \cdot q \cdot a \cdot L^2 = 0,0713 \cdot 1,0 \cdot 1,591 \cdot 3,182^2 = 1,149 \text{ Тм;}$$

$$M_{BII}^{max} = 0,0385 \cdot q \cdot a \cdot L^2 = 0,0385 \cdot 1,0 \cdot 1,591 \cdot 6,364^2 = 2,481 \text{ Тм;}$$

$$M_{BIII}^{max} = 0,0427 \cdot q \cdot a \cdot L^2 = 0,0427 \cdot 1,0 \cdot 1,591 \cdot 9,546^2 = 6,191 \text{ Тм;}$$

$$M_{BIV}^{max} = 0,0389 \cdot q \cdot a \cdot L^2 = 0,0389 \cdot 1,0 \cdot 1,591 \cdot 12,728^2 = 10,026 \text{ Тм;}$$

$$Q_{BI}^{max} = 0,570 \cdot q \cdot a \cdot L \cdot 0,5 = 0,570 \cdot 1,0 \cdot 1,591 \cdot 3,182 \cdot 0,5 = 1,443 \text{ Т;}$$

$$Q_{BII}^{max} = 0,308 \cdot q \cdot a \cdot L \cdot 0,5 = 0,523 \cdot 1,0 \cdot 1,591 \cdot 6,364 \cdot 0,5 = 2,648 \text{ Т;}$$

$$Q_{BIII}^{max} = 0,341 \cdot q \cdot a \cdot L \cdot 0,5 = 0,293 \cdot 1,0 \cdot 1,591 \cdot 9,546 \cdot 0,5 = 2,225 \text{ Т;}$$

$$Q_{BIV}^{max} = 0,311 \cdot q \cdot a \cdot L \cdot 0,5 = 0,293 \cdot 1,0 \cdot 1,591 \cdot 12,728 \cdot 0,5 = 2,967 \text{ Т.}$$

Проверим равновесие расчетных схем.

Прямой кессон. Грузовая площадь балок: $A = 9,0 \cdot 9,0 - (1,5 \cdot 0,75 \cdot 0,5 \cdot 24) = 67,5 \text{ м}^2$. Суммарная нагрузка на балки $F = q \cdot A = 1,0 \cdot 67,5 = 67,56 \text{ Т}$. Аналитическая модель: $Q = 1,708 \cdot 8 + 2,933 \cdot 8 + 3,375 \cdot 4 = 50,628 \text{ Т}$. Ошибка – 25 %, равновесие не соблюдается. Модель SCAD: $Q = 2,6 \cdot 8 + 3,74 \cdot 8 + 4,11 \cdot 4 = 67,16 \text{ Т}$. Отклонение – 0,5 %, равновесие соблюдается.

Косой кессон. Грузовая площадь балок: $A = 9,0 \cdot 9,0 - (2,25 \cdot 0,466 \cdot 0,5 \cdot 16) = 72,612 \text{ м}^2$. Суммарная нагрузка на балки $F = q \cdot A = 1,0 \cdot 72,612 =$

72,612 Т. Аналитическая модель: Ошибка – 14 %, равновесие не соблюдается. Модель SCAD: $Q = 2,79 \cdot 8 + 3,18 \cdot 8 + 2,79 \cdot 8 + 0,68 \cdot 4 = 72,8$ Т. Отклонение +0,3 %, равновесие соблюдается.

Эпюры изгибающих моментов M_y в балках прямого и косоугольного кессонных перекрытий, полученные в ПК SCAD (версия 21.1.3.1 от 14.04.2017 для вузов), представлены на рис. 3, 4.

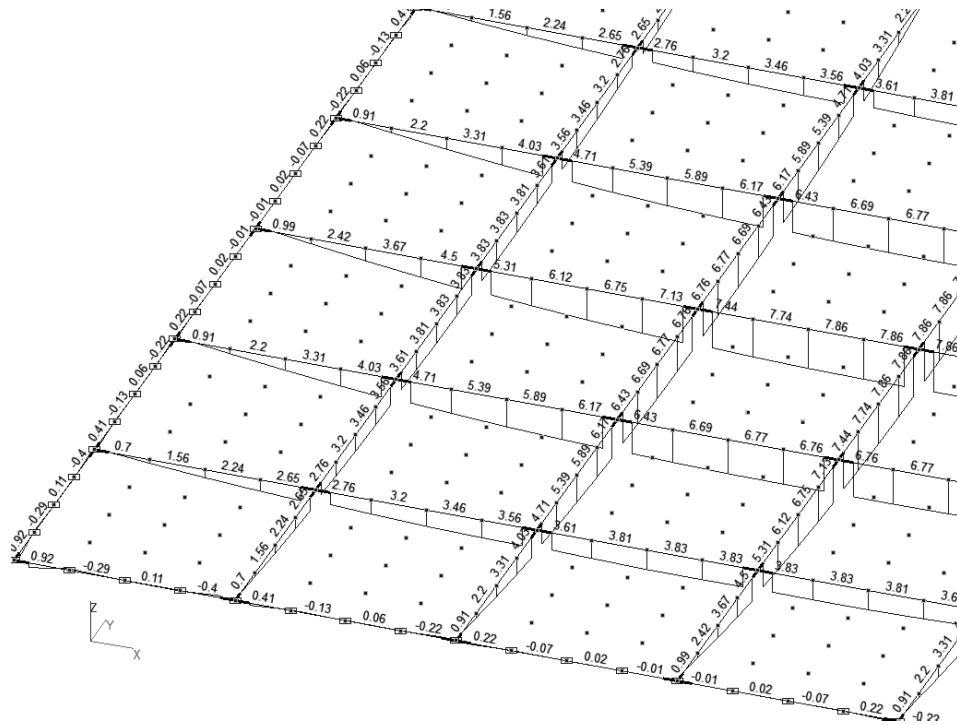


Рис. 3. Эпюры изгибающих моментов M_y в балках прямого кессона модели SCAD

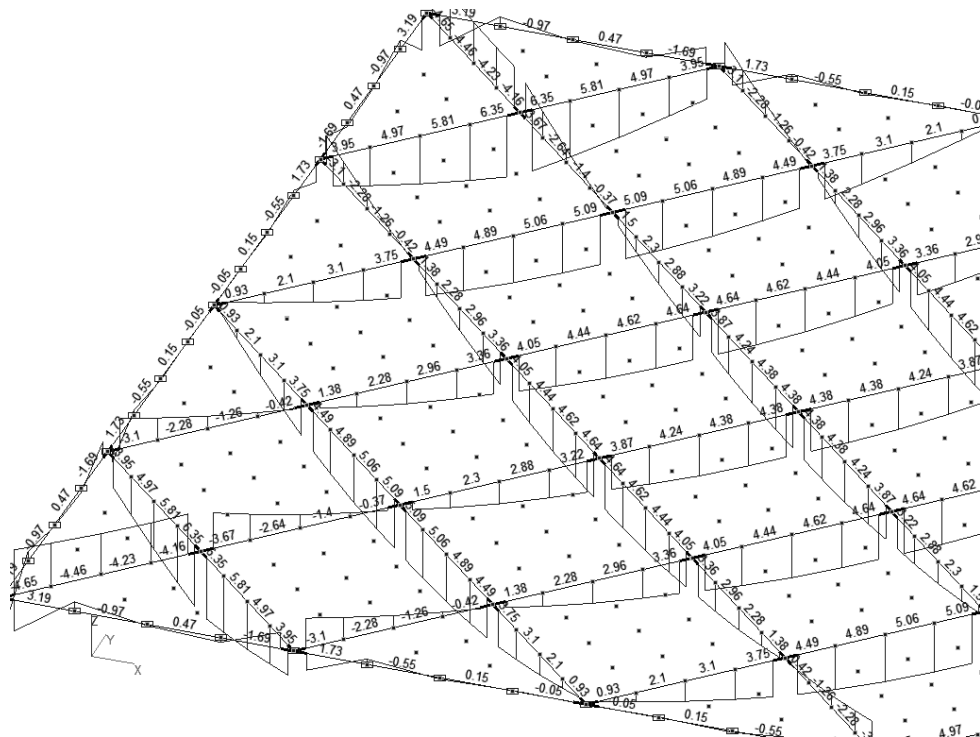


Рис. 4. Эпюры изгибающих моментов M_y в балках косоугольного кессона модели SCAD

Сравнение усилий в балках прямого и косоугольного кессонного перекрытия, полученные аналитическими методами и с помощью компьютерных моделей

Балка	Прямой кессон				Балка	Косой кессон			
	Методика [3,5,6]		SCAD			Методика [4,7]		SCAD	
	M_y, T_m	Q_z, T	M_y, T_m	Q_z, T		M_y, T_m	Q_z, T	M_y, T_m	Q_z, T
Б _I	3,84	1,708	3,83 0 %	2,6 +52,2 %	Б _I	1,149	1,443	6,35 +453 %	2,79 +93,4 %
Б _{II}	6,6	2,933	6,76 +2,4 %	3,74 +27,5 %	Б _{II}	2,481	2,648	5,09 +105 %	3,18 +20 %
Б _{III}	7,6	3,375	7,86 +3,4 %	4,11 +21,8 %	Б _{III}	6,191	2,225	4,64 -25 %	2,79 +25,4 %
					Б _{IV}	10,026	2,967	4,38 -56,3 %	0,68 -77,1 %

Выводы. 1. Значения изгибающих моментов, полученные аналитическим путем и при помощи компьютерной модели ПК SCAD, при расчете прямого квадратного кессонного перекрытия совпадают, отклонения не превышают +3,4 % при расчете на ЭВМ, что свидетельствует о достоверности созданной конечно-элементной компьютерной модели.

2. Отклонения поперечных сил в балках прямого квадратного кессонного перекрытия, полученные аналитическим путем и в компьютерной модели, указывают на сложную работу пространственной конструкции. Равновесие расчетной схемы перекрытия, рассчитываемой по известным аналитическим формулам, не соблюдается. Равновесие компьютерной модели соблюдается.

3. Усилия в балках косоугольного кессонного перекрытия, определенные по известным аналитическим формулам и с помощью компьютерной модели, значительно отличаются, что свидетельствует о сложной работе конструкции, не учитываемой при аналитическом методе расчета, основанном на теории расчета плит, опертых по контуру. Крайние короткие балки для длинных диагональных балок являются упругими опорами, превращают их в многопролетную неразрезную конструкцию и значительно уменьшают пролетный изгибающий момент.

4. При увеличении общей длины балок косоугольного кессонного перекрытия по сравнению с прямым в $137,8/126 = 1,09$ раза его прогиб уменьшился в $28 \text{ мм}/17 \text{ мм} = 1,65$ раза, что свидетельствует о большей жесткости конструкции косоугольного типа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Линович Л.Е.* Расчет и конструирование частей гражданских зданий. К.: Будівельник, 1972. 664 с.
 2. *Вахненко П.Ф., Хилобок В.Г., Андрейко Н.Т., Яровой М.Л.* Расчет и конструирование частей жилых и общественных зданий: справочник проектировщика. К.: Будівельник, 1987. 424 с.

3. *Давыдов С.С., Жиров А.С., Иванова И.И.* Руководство по железобетонным и каменным конструкциям. М.: МИИТ, 1975. 248 с.

4. *Дыховичный Ю.А., Максименко В.А., Кондратьев А.Н., Крейтан В.Т., Сканава А.Н., Вайнштейн М.С.* Жилые и общественные здания: краткий справочник инженера-конструктора. М.: Стройиздат, 1991. 656 с.

5. *Залигер Р.* Железобетон его расчет и проектирование / пер. с нем.; под ред. проф. П.Я. Каменцева. М. –Л.: Изд-во ГНТИ, 1931. 671 с.

6. *Малахова А.Н.* Монолитные кессонные перекрытия зданий // Вестник МГСУ. 2013. № 1. С. 79–86.

7. *Улицкий И.И., Ривкин С.А., Самолетов М.В., Дыховичный А.А., Френкель М.М., Кретов В.И.* Железобетонные конструкции. К.: Будівельник, 1972. 992 с.

8. *Городецкий А.С., Батрак Л.Г., Городецкий Д.А., Лазнюк М.В., Юсипенко С.В.* Расчет и проектирование конструкций высотных зданий из монолитного железобетона. К.: Изд-во «Факт», 2004. 106 с.

9. *Городецкий А.С., Евзеров И.Д.* Компьютерные модели конструкций. К.: Изд-во «Факт», 2005. 344 с.

10. *Городецкий А.С., Барабаш М.С., Сидоров В.Н.* Компьютерное моделирование в задачах строительной механики. М.: Изд-во АСВ, 2016. 337 с.

11. *Картиловский В.С., Криксунов Э.З., Маляренко А.А., Фиалко С.Ю., Перельмутер А.В., Перельмутер М.А.* SCAD Office. Версия 21. Вычислительный комплекс SCAD++. М.: Изд-во «СКАД СОФТ», 2015. 848 с.

12. *Перельмутер А.В., Сливкер В.И.* Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. М.: ДМК Пресс, 2007. 600 с.

13. *Скорук Л.* Поиск эффективных расчетных моделей ребристых железобетонных плит и перекрытий // CADmaster. 2004. № 3. С. 78–83.

14. *Семенов А.А., Габитов А.И., Маляренко А.А., Порываев И.А., Сафиуллин М.Н.* Вычислительный комплекс SCAD в учебном процессе. Статический расчет. М.: Изд-во АСВ СКАД СОФТ, 2016. 242 с.

15. *Плоские безбалочные железобетонные перекрытия: методическое пособие.* Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации // ФАУ «Федеральный центр нормирования, стандартизации и оценки соответствия в строительстве» [Электронный ресурс]. М.: 2017. 138 с. – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293739/4293739389.pdf> (accessed 2017)

REFERENCES

1. Linovich L.E. *Raschet i konstruirovaniye chastey grazhdanskikh zdaniy* [Calculation and construction of parts of civil buildings]. Kiev, Builder Publ, 1972. 664 p.
2. Vahnenko P.F., Hilobok V.G., Andrejko N.T., Jarovoj M.L. *Raschet i konstruirovaniye chastey zhilyh i obshchestvennykh zdaniy. Spravochnik proektirovshhika* [Calculation and construction of parts of residential and public buildings. The designer's reference book.] Kiev, Builder Publ, 1987. 424 p.
3. Davydov S.S., Zhironov A.S., Ivanova I.I. *Rukovodstvo po zhelezobetonnyim i kamennym konstruksiyam* [Guide to reinforced concrete and stone structures]. Moscow, Kurs lektsiy. MИТ, 1975. 248 p. (unpublished).
4. Dykhovichnyy Yu.A., Maksimenko V.A., Kondrat'ev A.N., Kreytan V.T., Skanavi A.N., Vaynshteyn M.S. *Zhilye i obshchestvennyye zdaniya. Kratkiy spravochnik inzhenera – konstruktora* [Residential and public buildings. Design engineer's Quick Reference Guide.] Moscow, Stroyizdat Publ, 1991. 656 p.
5. Zaliger R. Reinforced concrete its calculation and design. Translated from the German by prof. P. Ya. Kamentsev (Russ. ed.: Zaliger R. *Zhelezobeton ego raschet i proektirovaniye. Perevod s nemetskogo pod red. prof. P.Ya. Kamentseva*. Moscow, GNTI Publ., 1931. 671 p.)
6. Malakhova A.N. Monolithic caisson floors of buildings. *Bulletin of the MGSU*, 2013, no. 1, pp. 79 – 86. (in Russian).
7. Ulitskiy I.I., Rivkin S.A., Samoletov M.V., Dykhovichnyy A.A., Frenkel' M.M., Kretov V.I. *Zhelezobetonnye konstruksii* [Reinforced concrete structures]. Kiev, Builder Publ, 1972. 992 p.
8. Gorodetskiy A.S., Batrak L.G., Gorodetskiy D.A., Laznyuk M.V., Yusipenko S.V. *Raschet i proektirovaniye konstruksiy vysoznykh zdaniy iz monolitnogo zhelezobetona* [Calculation and design of structures of high-rise buildings made of monolithic reinforced concrete]. Kiev, Fact Publ, 2004. 106 p.
9. Gorodetskiy A.S., Evzerov I.D. *Komp'yuternyye modeli konstruksiy* [Computer models of structures]. Kiev, Fact Publ, 2005. 344 p.
10. Gorodetskiy A.S., Barabash M.S., Sidorov V.N. *Komp'yuternoe modelirovaniye v zadachakh stroitel'noy mekhaniki* [Computer modeling in problems of structural mechanics.]. Moscow, ACB Publ, 2016. 337 p.
11. Karpilovskiy V.S., Kriksunov E.Z., Malyarenko A.A., Fialko S.Yu., Perel'muter A.V., Perel'muter M.A. *SCAD Office. Versiya 21. Vychislitel'nyy kompleks SCAD ++* [SCAD Office. Version 21. The SCAD ++computing complex.]. Moscow, SCUD SOFTWARE Publ, 2015. 848 p.
12. Perel'muter A.V., Slivker V.I. *Raschetnyye modeli sooruzheniy i vozmozhnost' ikh analiza* [Design models of structures and the possibility of their analysis]. Moscow, DMK Press Publ, 2007. 600 p.
13. Skoruk L. *Poisk effektivnykh raschetnykh modeley rebristykh zhelezobetonnykh plit i perekrytiy* [Search for effective computational models of ribbed reinforced concrete slabs and floors.]. CADmaster, 2004, no. 3, pp. 78 – 83.
14. Semenov A.A., Gabitov A.I., Malyarenko A.A., Poryvaev I.A., Safiullin M.N. *Vychislitel'nyy kompleks SCAD v uchebnom protsesse. Sticheskiy raschet* [The SCAD computing complex in the educational process. Static calculation.]. Moscow, ACB Publ, SCUD SOFTWARE Publ, 2016. 242 p.
15. *Ploskie bezbalochnyye zhelezobetonnyye perekrytiya. Metodicheskoe posobie* [Flat girderless reinforced concrete floors. Methodological guide.]. Moscow, Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation. FAA "Federal Center for Standardization, Standardization and Conformity Assessment in Construction", 2017. 138 p. Available at: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293739/4293739389.pdf> (Accessed 2017).

Об авторах:

МОЗГОЛОВ Михаил Валентинович

кандидат технических наук, доцент
Московский политехнический университет
Коломенский институт (филиал)
140402, г. Москва, Коломна,
ул. Октябрьской революции, 408
E-mail: mvmozgologov@yandex.ru

ТУРАНОВА Арина Владиславовна

магистрант 1-го года обучения
направления «Строительство»
Российский университет дружбы народов
117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6
E-mail: arina.turanova@mail.ru

MOZGOLOV Mikhail V.

PhD in Engineering Science, Associate Professor
Moscow Polytechnic University
Kolomna Institute (branch)
140402, Moscow Region, Kolomna, October Revolution
str., 408
E-mail: mvmozgologov@yandex.ru

TURANOVA Arina V.

Master's Degree Student
Peoples' Friendship University of Russia
117198, Russia, Moscow, Miklukho-Maklaya str., 6
E-mail: arina.turanova@mail.ru

Для цитирования: Мозголов М.В., Туранова А.В. Об эффективности косых кессонных железобетонных перекрытий // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 3. С. 20–25. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.03.03.

For citation: Mozgologov M.V., Turanova A.V. On the Effectiveness of Oblique Coffered Reinforced Concrete Floors. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 3, pp. 20–25. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.03.03.