



ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ РАСПОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ РАСЧЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ

Т. Н. Виноградова¹, А. В. Недорезов²

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.

E-mail: ¹ya.tnv-46@yandex.ua, ²nedorezov_a_v@mail.ru

Получена 4 марта 2019; принята 22 марта 2019.

Аннотация. Представлены результаты расчета железобетонных балок, имеющих ограниченное смещение опорных сечений в горизонтальном направлении. Расчеты выполнены с применением программного комплекса «Ли́ра-САПР» с учетом физической нелинейности деформирования материалов. Рассмотрены две расчетные модели однопролетной балки: в виде плоской схемы из пластин типа «балка-стенка» и в виде объемной схемы из объемных конечных элементов. Приведены диаграммы деформирования бетона и арматуры, использованные при выполнении нелинейных расчетов. Произведена количественная оценка точности результатов расчета по сравнению с результатами испытаний опытных балок. Приведены рекомендации по выбору расчетной модели конструкции для конкретных целей выполняемых расчетов.

Ключевые слова: балки, железобетон, распор, диаграммы, расчетная модель, несущая способность.

ОЦІНКА ТРИМКСТІ РОЗПІРНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК З ВИКОРИСТАННЯМ РІЗНИХ РОЗРАХУНКОВИХ МОДЕЛЕЙ

Т. М. Виноградова¹, А. В. Недорезов²

ДОН ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.

E-mail: ¹ya.tnv-46@yandex.ua, ²nedorezov_a_v@mail.ru

Отримана 4 березня 2019; прийнята 22 березня 2019.

Анотація. Представлені результати розрахунків залізобетонних балок, що мають обмежене зміщення опорних перерізів у горизонтальному напрямку. Розрахунки виконані із застосуванням програмного комплексу «ЛІРА-САПР» з урахуванням фізичної нелінійності деформування матеріалів. Розглянуто дві розрахункові моделі однопрогонувої балки: у вигляді плоскої схеми із пластин типу «балка-сті́нка» та у вигляді об'ємної схеми із об'ємних кінцевих елементів. Наведені діаграми деформування бетону та арматури, що використовувались при виконанні нелінійних розрахунків. Виконано кількісну оцінку точності результатів розрахунку у порівнянні з результатами випробувань дослідних зразків. Наведено рекомендації щодо вибору розрахункової моделі для конкретної мети виконання розрахунків.

Ключові слова: балки, залізобетон, розпір, діаграми, розрахункова модель, тривкість.

THE BEARING CAPACITY ASSESSMENT OF SPACER REINFORCED CONCRETE BEAMS FOR DIFFERENT CALCULATIONS MODELS

Tamara Vinogradova ¹, Andrii Nedoriezov ²

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,
2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 86123.*

E-mail: ¹ ya.tnv-46@yandex.ua, ² nedorezov_a_v@mail.ru

Received 4 March 2019; accepted 22 March 2019.

Abstract. The results of the calculation of reinforced concrete beams with a limited displacement of the support sections in the horizontal direction are presented. The calculations were performed using the Lyra-SAPR software package, taking into account the physical non-linearity of materials deformation. Two computational models of a single-span beam are considered: in the form of a flat scheme of beam-wall plates and in the form of a volume scheme of bulk finite elements. The diagrams of deformation of concrete and reinforcement used in the performance of nonlinear calculations are given. Produced a quantitative assessment of the accuracy of the calculation results compared with the test results experienced beams. Recommendations on the choice of the design model for the specific purposes of the calculations are given.

Keywords: beams, reinforced concrete, thrust, diagrams, design model, bearing capacity.

Формулировка проблемы

Реальные железобетонные конструкции зданий и сооружений, как правило, в опорных частях имеют связи, которые препятствуют свободному повороту или горизонтальному смещению опорных сечений при нагружении конструкций, что приводит к возникновению в конструкциях дополнительных усилий, влияющих на их несущую способность. Явление распора в изгибаемых железобетонных элементах исследовалось в целом ряде работ [1–7, 10–20, 23–25]. В последние годы в качестве несущих систем многоэтажных гражданских зданий широко применяют монолитные и сборно-монолитные железобетонные каркасы с плоскими дисками перекрытий. Сборно-монолитный каркас имеет плоские диски перекрытий, образованные традиционными многопустотными плитами толщиной 22 см и монолитными железобетонными ригелями, скрытыми в их плоскостях. При расчете сборных многопустотных плит необходимо учесть влияние распорных усилий, возникающих в них вследствие того, что торцы плит закреплены от горизонтальных перемещений монолитными ригелями и не могут свободно поворачиваться при изгибе плит. Возникающая продольная реакция, приложенная к нижней части торцевых сечений плит, оказывает благоприятный

эффект, уменьшая прогибы плит и положительные изгибающие моменты в их сечениях. Поэтому явление распора в изгибаемых железобетонных элементах продолжает интересовать исследователей.

Примерами таких связей могут быть:

- заанкеривание сборных железобетонных элементов на опорах;
- замоноличивание бетоном или раствором зазоров между торцами смежных сборных конструкций;
- окаймление монолитных многопролетных плит по контуру балками.

Указанные дополнительные усилия обычно не учитываются при проектировании конструкций. В ранее действовавших нормативных документах [16, 19] по проектированию неразрезных монолитных перекрытий для средних пролетов плит рекомендовалось уменьшать расчетный момент на 20 %, за счет возникающего распора, который в явном виде не учитывался. В последующих редакциях норм [20, 21, 22] это явление не учитывалось.

Цель публикации

Авторами была поставлена цель — выполнить расчет несущей способности железобетонных балок с распором для различных расчетных моделей и

произвести количественную оценку их точности по сравнению с результатами испытаний. Такая информация может быть полезна при выборе расчетной модели конструкции в зависимости от конкретной цели выполняемых расчетов.

Основной материал

Для расчетов были приняты конструкции балок и результаты их испытаний в лаборатории теории железобетона НИИЖБ Госстроя СССР [5].

Схема рассматриваемых балок приведена на рисунке 1, схема их испытания – на рисунке 2. Характеристики материалов представлены в таблице 1, характеристики механических свойств арматурной стали и бетона – в таблицах 2 и 3.

Опытные образцы-балки при одинаковых размерах поперечного сечения $b \times h = 200 \times 180$ мм различались содержанием продольной рабочей арматуры: 2Ø10 А-III и 2Ø20 А-III. При испытаниях балок варьировалась жесткость связей, препятствовавших свободному горизонтальному смещению опорных сечений балок. Связи имитировались тяжами из стержней диаметром 2Ø25 А-III, 2Ø32 А-III и 4Ø32 А-III, которые передавали обжатие с помощью закладных деталей на торцы опытных балок (рис. 2). Податливость связей $c = \frac{1}{k}$ (где $k = \frac{EA}{l}$) в горизонтальном направлении составляла соответственно: $C = 1,323 \cdot 10^{-5}$, $C = 0,778 \cdot 10^{-5}$ и $C = 0,389 \cdot 10^{-5}$ (м/кН).

Расчеты по определению теоретической нагрузки, вызывающей разрушение опытных конструкций, выполнены с использованием программного комплекса «Лира-САПР». Расчет выполнялся с учетом физической нелинейности деформирования материалов.

При расчете теоретической несущей способности указанных балок рассматривались две расчетные модели:

1-я расчетная модель была принята в виде плоской схемы, с моделированием бетона балки в виде физически нелинейного прямоугольного конечного элемента КЭ 221 типа «балка-стенка». Продольная рабочая арматура балок моделировалась физически нелинейным универсальным пространственным стержнем КЭ 210. В качестве связей, препятствующих свободному горизонтальному смещению опорных сечений, принимался одноузловой конечный элемент упругой связи КЭ 51, жесткость которого по направлению «Х» принималась эквивалентной жесткости реальных тяжей при испытаниях. Связь КЭ 51 устанавливалась на расстоянии 30 мм от нижней грани балок по обоим торцам балок.

Для описания нелинейных диаграмм деформирования бетона и стали применялся встроенный в ПК кусочно-линейный закон деформирования № 14. Параметры диаграмм деформирования бетона определялись с использованием выражений, представленных в работе [8] на основе варианта деформационной теории пластичности бетона,

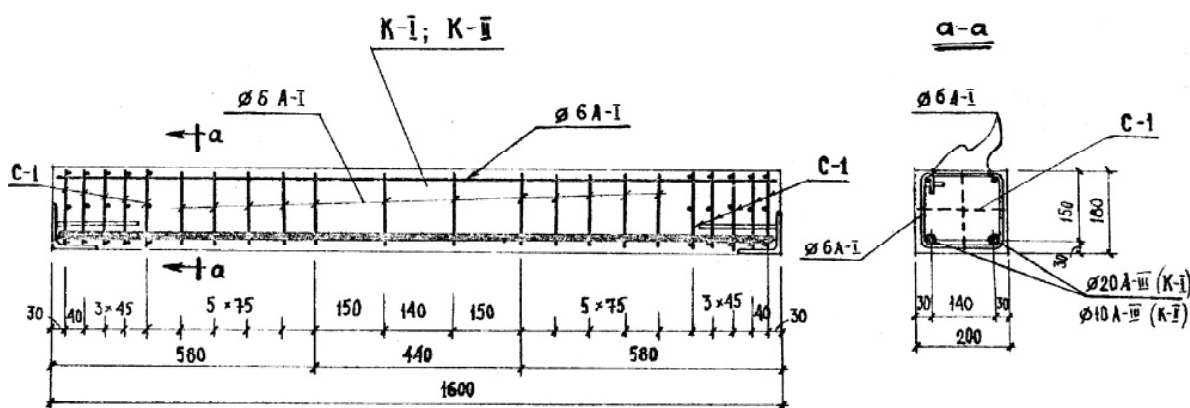


Рисунок 1. Геометрические характеристики и схема армирования балок.

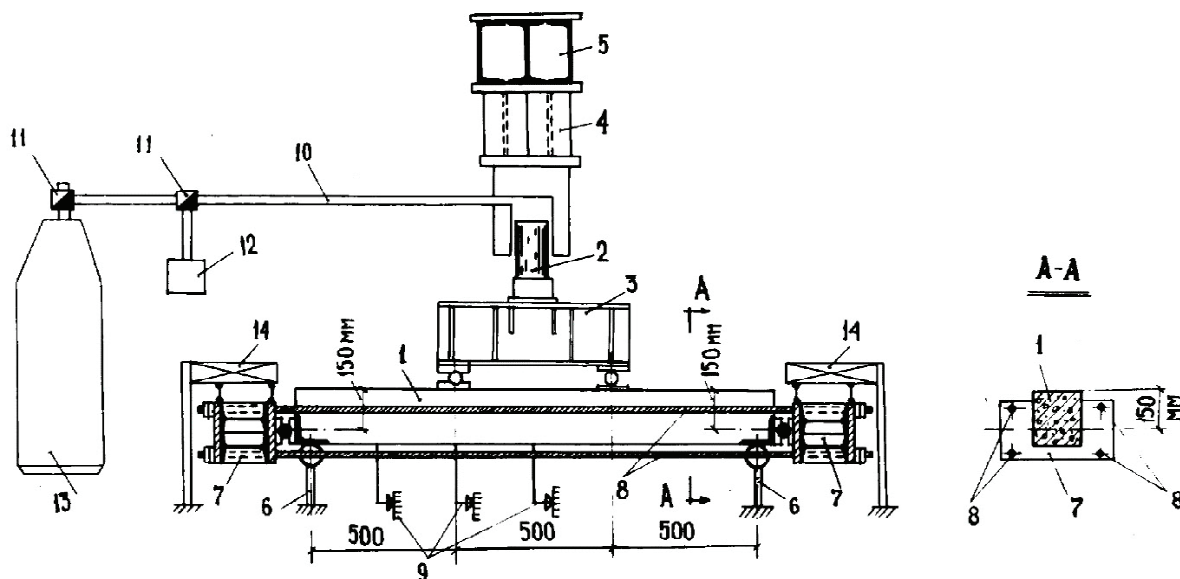


Рисунок 2. Схема испытаний балок: 1 – балка; 2 – домкрат; 3 – динамометрическая траверса; 4 – упорная тумба для домкрата; 5 – упорная балка рамы; 6 – динамометрические опоры; 7 – торцевые траверсы; 8 – динамометрические тяги; 9 – прогибомеры; 10 – инерционный трубопровод; 11 – кран-здвижка; 12 – масляный насос; 13 – аккумуляторная батарея; 14 – стеллаж для траверсы.

Таблица 1. Характеристики опытных балок

№ п/п	Шифр балок	Призменная прочность бетона, R_b , [МПа]	Количество, диаметр и класс продольной арматуры в растянутой зоне	Количество, диаметр и класс арматуры тяжей
1	БС-10-б	69,2	2 Ø10 А-III	2 Ø25 А-III
2	БС-10-в	48,7	2 Ø10 А-III	4 Ø32 А-III
3	БС-20-б	69,2	2 Ø20 А-III	2 Ø32 А-III
4	БС-20-в	48,7	2 Ø20 А-III	4 Ø32 А-III

Таблица 2. Характеристики свойств арматурной стали

№ п/п	Класс арматуры	Диаметр, мм	Предел текучести σ_T , МПа	Временное сопротивление σ_B , МПа	Относит. удлинение, %	Примечания
1	А-III	20	441,5	699	15,525	По результатам испытаний образцов
2		10	466,5	709	12,45	По результатам испытаний образцов

Таблица 3. Характеристики механических свойств бетона

№ п/п	Шифр балок	Призменная прочность R_b , [МПа]	Начальный модуль упругости E_0 , [МПа]	Предельные значения линейных компонентов деформаций		Коефф. Пуассона
				Сжатие, $\epsilon_{сж} \cdot 10^3$	Растяжение, $\epsilon_{ст} \cdot 10^5$	
1	БС-10-б, БС-20-б	69,2	41 400	-1,7	7,4	0,2
2	БС-10-в, БС-20-в	48,7	38 920	-2,0	10	0,2

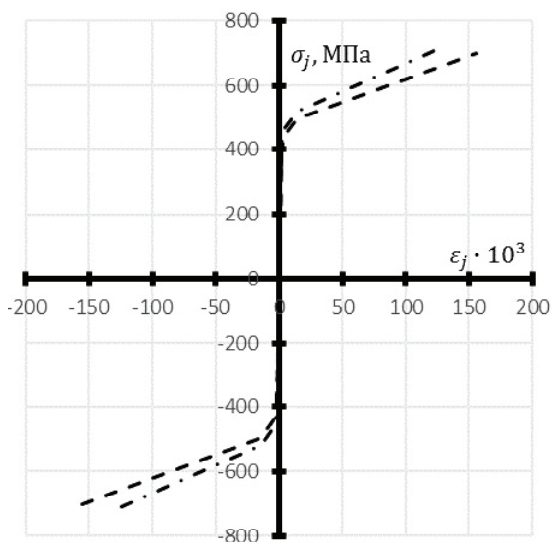
модифицированного на основе специальных экспериментально-теоретических исследований. Параметры диаграмм деформирования арматурной стали принимались с учетом результатов прессовых испытаний образцов арматурной стали, приведенных в таблице 2. Принятые диаграммы позволяют выполнять расчеты в ПК «Лири-САПР» для нелинейно деформируемых материалов. Указанные диаграммы представлены на рисунке 3–4.

Общий вид 1-й расчетной модели представлен на рисунке 5.

Загружение балки вертикальной сосредоточенной в третях пролета узловой нагрузкой выполнялось методом последовательных приближений в долях от ожидаемой разрушающей нагрузки (в обеих расчетных схемах).

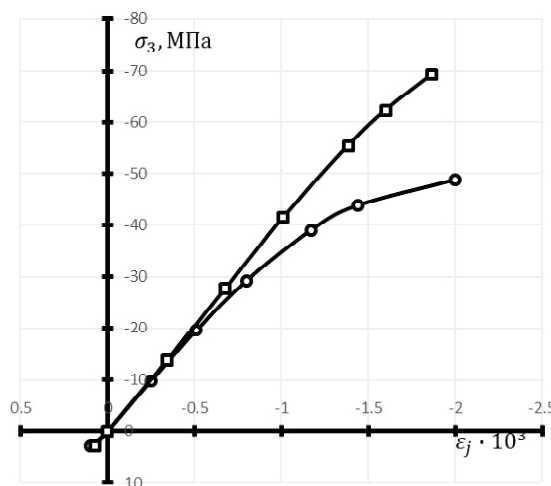
За критерий разрушения балки в расчетах принималось достижение:

- напряжениями в бетоне сжатой зоны предельных значений (табл. 3) (только для 1-й расчетной модели);
- напряжениями либо деформациями в бетоне сжатой зоны предельных значений с



Класс арматуры А-III			
Диаметр, мм			
10 мм		20 мм	
Напряжения, МПа	Деформации, $\varepsilon_j \cdot 10^3$	Напряжения, МПа	Деформации, $\varepsilon_j \cdot 10^3$
-709,0	-124,5	-699,0	-155,25
-518,732	-14,4	-496,532	-14,4
-466,5	-4,3325	-441,5	-4,2075
-419,85	-2,09925	-397,35	-1,98675
0	0	0	0
419,85	2,09925	397,35	1,98675
466,5	4,3325	441,5	4,2075
518,732	14,4	496,532	14,4
709,0	124,5	699,0	155,25

Рисунок 3. Диаграммы деформирования для арматуры класса А-III диаметром 10 и 20 мм.



Призменная прочность R_b , [МПа]			
48,7		69,2	
Напряжения, МПа	Деформации, $\varepsilon_j \cdot 10^3$	Напряжения, МПа	Деформации, $\varepsilon_j \cdot 10^3$
-48,7	-2,00	-69,2	-1,867
-43,83	-1,44	-62,28	-1,6
-38,96	-1,17	-55,36	-1,384
-29,22	-0,8	-41,52	-1,011
-19,48	-0,51	-27,68	-0,677
-9,74	-0,25	-13,84	-0,343
0	0	0	0
3	0,1	3	0,074

Рисунок 4. Диаграммы деформирования, принятые в расчетах для бетонов балок.

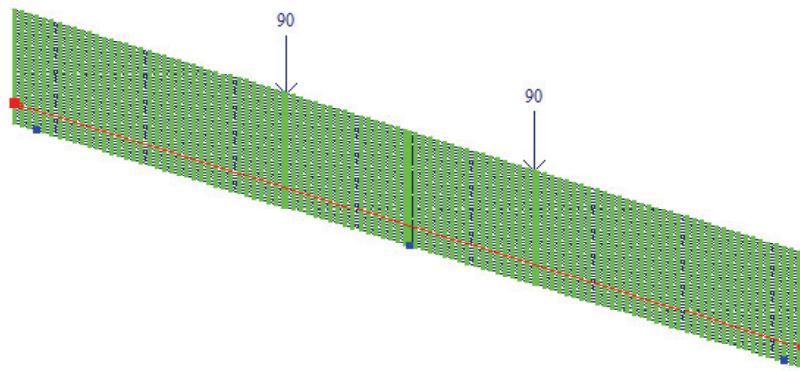


Рисунок 5. Плоская конечно-элементная модель балок, испытанных с распором.

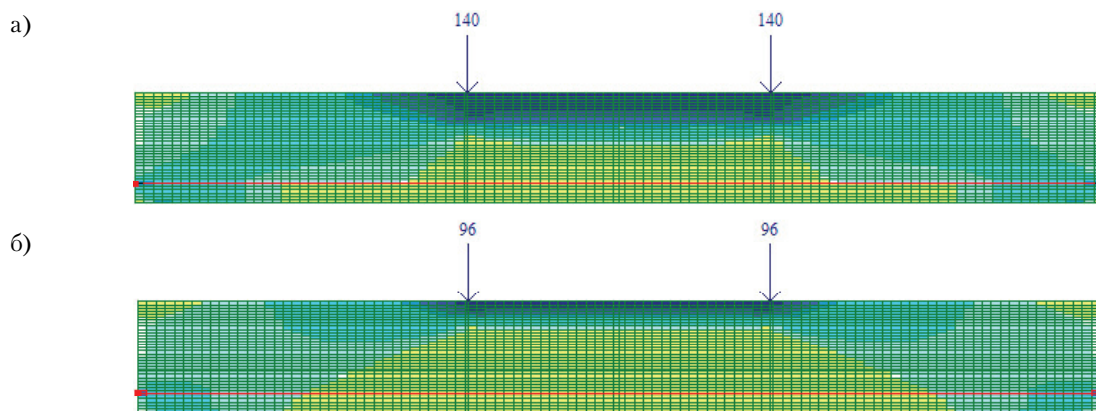


Рисунок 6. Мозаика напряжений в бетоне балки БС-20-Б (а) и БС-10-Б в стадии разрушения по результатам расчета в ПК «ЛИРА-САПР» для 1-й расчетной модели.

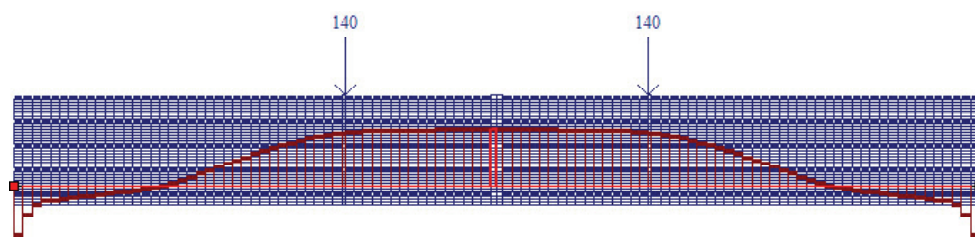


Рисунок 7. Эпюра усилия в продольной арматуре балки БС-20-Б в стадии разрушения по результатам расчета в ПК «ЛИРА-САПР» для 1-й расчетной модели.

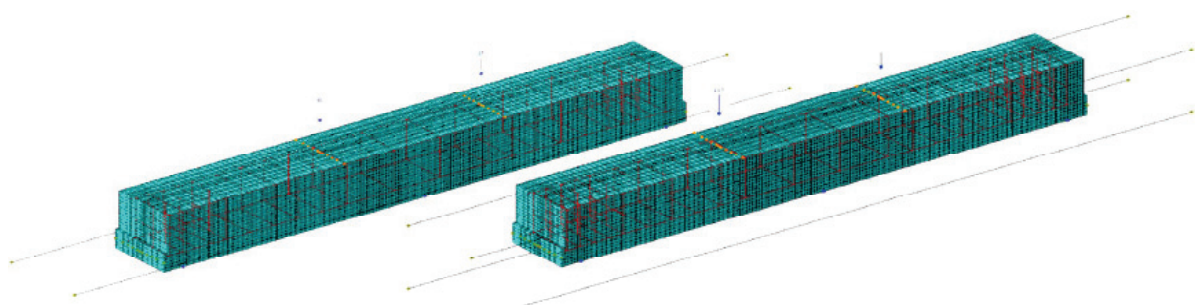


Рисунок 8. Конечно-элементные модели балок БС-10-б (БС-20-б) (а) и БС-10-в (БС-20-в) (б), принятые во 2-й расчетной модели.

учетом не одноосного напряженного состояния по критериям прочности [9] (только для 2-й расчетной модели);

- напряжениями в продольной арматуре предела текучести стали согласно таблицы 2.

На рисунке 6 приведена мозаика напряжений в бетоне для балок среднеармированной (а) и слабоармированной (б) в стадии разрушения, на рисунке 7 эпюра усилий в продольной арматуре, полученных по результатам расчета 1-й расчетной модели.

Во 2-й расчетной модели моделирование бетона балки выполнено с помощью объемных физически нелинейных универсальных пространственных 8-узловых изопараметрических конечных элементов (КЭ, тип 236), моделирование продольной арматуры – физически нелинейными шаговыми КЭ ферменного стержня (тип 204). Для описания нелинейных диаграмм деформирования бетона и стали применялся встроенный в ПК кусочно-линейный закон деформирования № 14. Параметры диаграмм деформирования бетона определялись с использованием выражений, представленных в работе [8] на основе варианта деформационной теории пластичности бетона, модифицированного на основе специальных экспериментально-теоретических исследований.

Общий вид расчетной модели представлен на рисунке 8.

Результаты расчета несущей способности балок с учетом нелинейной работы материалов в ПК «Лири-САПР 2013» для 1-й и 2-й расчетных моделей приведены в таблице 4.

Выводы

1. Проведенные теоретические исследования на двух типах расчетных моделей показали, что обе расчетные модели отображают реальный характер напряженного состояния железобетонных балок при наличии в них распора.
2. Результаты расчета несущей способности рассмотренных балок с использованием плоской конечно-элементной расчетной схемы отличаются от ее экспериментальных значений максимум на 27,6 % и минимум на 6,5 %. Такой диапазон погрешностей обусловлен тем, что в такой модели отсутствует учет не одноосного напряженного состояния в бетоне конструкции, которое оказывает заметное влияние на несущую способность конструкции.
3. При использовании объемной конечно-элементной модели более полно учитывается реальное напряженное состояние конструкции, поэтому расчетная погрешность по отношению к экспериментальным данным не имеет большого разброса. В приведенных расчетах она составила 10 %.
4. В результате проведенных исследований может быть рекомендовано использование плоской конечно-элементной модели для предварительной, первичной оценки влияния распора на несущую способность балочных конструкций. У такой расчетной модели есть немаловажное преимущество перед объемной – расчет конструкции продолжается в течение нескольких минут в отличие от объемной, где он длится несколько часов (в нашем варианте это 7 часов).

Таблица 4. Результаты расчета балок

№ п/п	Шифр балок	Опытная величина разрушающей нагрузки F_p^{on} , кН	Для 1-й расчетной модели		Для 2-й расчетной модели	
			Расчетная величина разрушающей нагрузки $F_p^{расч.1}$, кН	$F_p^{расч.1} / F_p^{on}$	Расчетная величина разрушающей нагрузки $F_p^{расч.2}$, кН	$F_p^{расч.2} / F_p^{on}$
1	БС-10-б	71,71	91,5	1,276	78,78	1,099
2	БС-10-в	99,08	105,5	1,065	108,99	1,1
3	БС-20-б	127,59	140,0	1,098	140,28	1,1
4	БС-20-в	136,85	125,0	0,913	150,54	1,1

Литература

1. Азизов, Т. Н. Конструкция и расчет железобетонных перекрытий с высоким эффектом пространственной работы [Текст] / Т. Н. Азизов, А. Г. Азизова, Sark Al Ghabban // Building innovations – 2018 : сб. науч. пр. за материалами I Міжнар. азербайджансько-української конф. (24–25 травня 2018, м. Баку). – Баку, 2018. – С. 107–110.
2. Варламов, А. А. Анализ экспериментальных данных исследования работы сборно-монолитного перекрытия с новым вариантом шпоночного стыка [Текст] / А. А. Варламов, О. В. Никитина // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Т. 15, № 3. С. 20–25.
3. Галютдинов, Д. Р. Влияние распора на прочность и деформативность железобетонных конструкций при статическом и кратковременном динамическом нагружении [Текст] / Д. Р. Галютдинов // Избранные доклады 60-й университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых. – Томск : Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2015. – С. 3–7.
4. Дербенцев, И. С. Метод определения усилия распора при сдвиге монолитных шпоночных межпанельных вертикальных стыков [Текст] / И. С. Дербенцев, А. А. Карякин // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1. С. 257–257.
5. Виноградова, Т. Н. Влияние распора на работу железобетонных балочных конструкций при кратковременных динамических воздействиях [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Виноградова Тамара Николаевна. – М. : [б. и.], 1977. – 20 с.
6. Зайцев, Л. Н. Влияние распора на распределение усилий, несущую способность и деформативность статически неопределимых железобетонных балок [Текст] / Л. Н. Зайцев // Трещиностойкость и деформативность обычных и предварительно напряженных железобетонных конструкций : сб. трудов НИИЖБ ; [Ред. А. А. Гвоздев]. – М. : Стройиздат, 1965. – С. 137–168.
7. Зулпуев, А. М. Исследования железобетонных плит, закрепленных от горизонтальных смещений [Текст] / А. М. Зулпуев, Б. С. Ордобаев, Ш. С. Абдыкеева // Известия ВУЗов Кыргызстана. 2014. № 11. С. 34–36.
8. Корсун, В. И. Вариант описания закономерностей упругопластического и псевдопластического деформирования бетона в условиях объемного напряженного состояния [Текст] / В. И. Корсун, А. Н. Недорезов // Современное промышленное и гражданское строительство. 2014. Т. 10, № 2. С. 96–124.
9. Корсун, В. И. Сопоставительный анализ критериев прочности для бетонов [Текст] / В. И. Корсун, А. Н. Недорезов, С. Ю. Макаренко // Современное промышленное и гражданское строительство. 2014. Т. 10, № 1. С. 65–78.

Reference

1. Azizov, T. N. Design and calculation of reinforced concrete floors with a high effect of spatial work [Text] / T. N. Azizov, A. G. Azizova, Sark Al Ghabban // Building innovations – 2018 : collection of proceedings for materials of the Ist International Azerbaijani-Ukrainian Conf. (24–25 May 2018, Baku city). – Baku, 2018. – P. 107–110. (in Russian)
2. Varlamov, A. A. Analysis of experimental data on the study of the operation of precast-monolithic overlap with a new variant of keyway [Text] / A. A. Varlamov, O. V. Nikitina // In: *Proceeding of the South Ural State University*. Series: Building and Architecture. 2015. Vol. 15, № 3. P. 20–25. (in Russian)
3. Galyautdinov, D. R. The influence of thrust on the strength and deformability of reinforced concrete structures under static and short-term dynamic loading [Text] / D. R. Galyautdinov // Selected reports of the 60th university scientific and technical conference of students and young scientists. – Tomsk : Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering, 2015. – P. 3–7. (in Russian)
4. Derbentsev, I. S. The method for determining the thrust force during a shear of monolithic keyways interpanel vertical joints [Text] / I. S. Derbentsev, A. A. Karyakin // In: *Modern problems of science and education*. 2014. № 1. P. 257–257. (in Russian)
5. Vinogradova, T. N. Influence of thrust on the work of reinforced concrete girder structures with short-term dynamic effects [Text] : author. abstract of Ph.D. thesis / Vinogradova Tamara. – M. : [s. l.], 1977. – 20 p. (in Russian)
6. Zaitsev, L. N. The influence of thrust on the distribution of forces, bearing capacity and deformability of statically indeterminable reinforced concrete beams [Text] / L. N. Zaitsev // Fracture resistance and deformability of conventional and prestressed concrete structures : sat. works NIIZHB ; [Ed. A. A. Gvozdev]. – M. : Stroizdat, 1965. – P. 137–168. (in Russian)
7. Zulpuev, A. M. Studies of reinforced concrete slabs fixed from horizontal displacements [Text] / A. M. Zulpuev, B. S. Ordobaev, Sh. S. Abdykeev // In: *News VNZ of Kyrgyzstan*. 2014. № 11. P. 34–36. (in Russian)
8. Korsun, V. I. A variant of the description of the regularities of elastoplastic and pseudoplastic deformation of concrete under the conditions of a volumetric stress state [Text] / V. I. Korsun, A. N. Nedorezov // In: *Modern industrial and civil construction*. 2014. Vol. 10, № 2. P. 96–124. (in Russian)
9. Korsun, V. I. Comparative analysis of strength criteria for concrete [Text] / V. I. Korsun, A. N. Nedorezov, S. Yu. Makarenko // In: *Modern industrial and civil construction*. 2014. Vol. 10, № 1. P. 65–78. (in Russian)
10. Korsun, V. I. Influence of thrust on the bearing capacity of reinforced concrete beams [Text] / V. I. Korsun, A. V. Nedorezov, T. N. Vinogradova // Modern methods

10. Корсун, В. И. Влияние распора на несущую способность железобетонных балок [Текст] / В. И. Корсун, А. В. Недорезов, Т. Н. Виноградова // Современные методы расчета железобетонных и каменных конструкций по предельным состояниям: сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения профессора, автора методики расчета железобетонных конструкций по стадии разрушения, основоположника советской научной школы теории железобетона, основателя и первого заведующего кафедрой железобетонных конструкций Московского инженерно-строительного института (МИСИ) А. Ф. Лолейта (г. Москва, 30 ноября 2018 г.) / под ред. проф. А. Г. Тамразяна; М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. – Москва: Издательство МИСИ – МГСУ, 2018. – С. 180–186.
11. Краснощеков, Ю. В. Распорность элементов конструктивных систем как случайное явление [Текст] / Ю. В. Краснощеков, А. А. Комлев // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2014. № 1(35). С. 45 – 49.
12. Кумпяк, О. Г. Экспериментальные исследования опертых по контуру железобетонных плит с распором [Текст] / О. Г. Кумпяк, З. Р. Галяутдинов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 3. С. 113–120.
13. Марков, А. А. Повышение несущей способности безбалочных перекрытий [Текст] / А. А. Марков // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения. 2009. № 50. С. 359–365.
14. Попов, Н. Н. Динамический расчет железобетонных конструкций [Текст] / Н. Н. Попов, Б. С. Расторгуев. – М.: Стройиздат, 1974. – 207 с.
15. Родин, С. В. Реализация распора в расчетах прочности плитных фундаментов [Текст] / С. В. Родин, Д. А. Калафатов // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. 2013. № 49. С. 218–224.
16. Руководство по расчету статически неопределимых железобетонных конструкций / НИИ бетона и железобетона Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1975. – 192 с.
17. Симбиркин, В. Н. Расчет напряженно-деформированного состояния железобетонных элементов, работающих с распором [Текст] / В. Н. Симбиркин // Вестник НИЦ Строительство. 2010. № 2. С. 84–94.
18. Суслов, И. А. Определение несущей способности железобетонных прямоугольных окомтуренных плит с учетом влияния распора [Текст] / И. А. Суслов // Вестник Липецкого государственного технического университета. 2016. № 3. С. 42–48.
19. СНиП II-B.1-62. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования [Текст]. – for calculating reinforced concrete and masonry structures by limit states: collection reports of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 150th anniversary of the professor, author of the methodology for calculating reinforced concrete structures at the stage of destruction, founder of the Soviet scientific school of reinforced concrete theory, founder and first head of the department of reinforced concrete structures Moscow Institute of Civil Engineering (MICE) AF Loleyta (Moscow, November 30, 2018) / Ed. prof. A. G. Tamrazyana; M-in science and higher education Ros. Federation, Moscow Nat. Research State Construction Institute – Moscow: MISI Publishing House – MGSU, 2018. – P. 180–186. (in Russian)
20. Krasnoshchekov, Yu. V. The prolific nature of the elements of structural systems as a random phenomenon [Text] / Yu. V. Krasnoshchekov, A. A. Komlev // In: *Proceeding of the Siberian State Automobile and Highway Academy*. 2014. № 1(35). P. 45 – 49. (in Russian)
21. Kumpyak, O. G. Experimental studies of reinforced concrete slabs supported by a contour with a thrust [Text] / O. G. Kumpyak, Z. R. Galyautdinov // In: *Proceeding of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2015. № 3. P. 113–120. (in Russian)
22. Markov, A. A. Increasing the bearing capacity of non-slab floors [Text] / A. A. Markov // In: *Building. Materials Science. Engineering*. Series: Innovative technologies of the life cycle of housing and civil, industrial and transport objects. 2009. № 50. P. 359–365. (in Russian)
23. Popov, N. N. Dynamic calculation of reinforced concrete structures [Text] / N. N. Popov, B. S. Rastorguev. – M.: Stroyizdat, 1974. – 207 p. (in Russian)
24. Rodin, S. V. Realization of thrust in calculations of the strength of slab foundations [Text] / S. V. Rodin, D. A. Kalafatov // In: *Proceeding of the Odesko State Academy of Buda and Architects*. 2013. № 49. P. 218–224. (in Russian)
25. Guidelines for the calculation of statically indeterminate reinforced concrete structures / Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete. State Committee for Construction of the USSR. – M.: Stroyizdat, 1975. – 192 p. (in Russian)
26. Simbirkin, V. N. Calculation of the stress-strain state of reinforced concrete elements working with thrust [Text] / V. N. Simbirkin // In: *Proceeding of the SIC Construction*. 2010. № 2. P. 84–94. (in Russian)
27. Suslov, I. A. Determination of bearing capacity of reinforced concrete rectangular contoured plates taking into account the influence of thrust [Text] / I. A. Suslov // In: *Proceeding of the Lipetsk State Technical University*. 2016. № 3. P. 42–48. (in Russian)
28. СНиП II-B.1-62. Concrete and reinforced concrete structures. Design standards [Text]. – Replaced with СНиП II-21-75; enter 1963–01–01. – M.: SCC Publishing House, 1962. – 100 p. (in Russian)

- Заменен на СНиП II-21-75; введ. 1963–01–01. – М. : Гостройиздат, 1962. – 100 с.
20. СНиП II-21-75. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования [Текст]. – Заменен на СНиП 2.03.01-84*: Бетонные и железобетонные конструкции БСТ 12-84 (стр. 11); введ. 01.01.1977. – М. : Стройиздат, 1976. – 89 с.
 21. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования [Текст]. – Заменен на СНиП 2.03.01-84*: Бетонные и железобетонные конструкции; введ. 1986–01–01. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 80 с.
 22. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. – Введ. 2013-01-01. – М. : Минстрой России, 2012. – 155 с.
 23. Шаленный, В. Т. Совершенствование технологии возведения многоэтажного сборно-монолитного каркаса с перекрытиями из многоспустотных плит [Текст] / В. Т. Шаленный, И. В. Головченко // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. 2015. Вип. 2015–6(116) Технологія, організація, механізація і геодезическе забезпечення будівництва. С. 5–10.
 24. Янкевич, М. А. К расчету железобетонных балок и плит, работающих с распором [Текст] / М. А. Янкевич // Строительные конструкции. – Томск : ТГСУ, 1982. – С. 25–30.
 25. Christiansen, K. P. The effect of membrane stresses on the ultimate strength of the interior panel in a reinforced concrete slab [Text] / K. P. Christiansen // *The Structural Engineer*. 1963. Vol. 41, № 8. P. 261–265.
 20. SNiP II-21-75. Concrete and reinforced concrete structures. Design standards [Text]. – Replaced with SNiP 2.03.01-84*: Concrete and reinforced concrete structures BST 12-84 (p. 11); enter 1977–01–01. – М. : Stroyizdat, 1976. – 89 p. (in Russian)
 21. SNiP 2.03.01-84*. Concrete and reinforced concrete structures. Design standards [Text]. – Replaced with SNiP 2.03.01-84*: Concrete and reinforced concrete structures; enter 1986–01–01. – М. : TsITP SCC of the USSR, 1989. – 80 p. (in Russian)
 22. SP 63.13330.2012. Concrete and reinforced concrete structures. key points. Updated edition of SNiP 52-01-2003. – Enter 2013-01-01. – М. : Minstroy of Russia, 2012. – 155 p. (in Russian)
 23. Shalenny, V. T. Improvement of the technology of erection of a multi-storey precast-monolithic frame with multi-hollow slabs [Text] / V. T. Shalenny, I. V. Golovchenko // In: *Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*. 2015. Issue 2015–6(116) Technology, organization, mechanization and geodetic support of construction. № 6. P. 5–10. (in Russian)
 24. Yankelevich, M. A. To the calculation of reinforced concrete beams and slabs, working with thrust [Text] / M. A. Yankelevich // *Building structures*. – Tomsk : TSGU, 1982. – P. 25–30. (in Russian)
 25. Christiansen, K. P. The effect of membrane stresses on the ultimate strength of the interior panel in a reinforced concrete slab [Text] / K. P. Christiansen // In: *The Structural Engineer*. 1963. Vol. 41, № 8. P. 261–265.

Виноградова Тамара Николевна – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: совершенствование методов расчета железобетонных конструкций; оценка технического состояния и проектирование железобетонных конструкций.

Недорезов Андрей Владимирович – ассистент кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: экспериментальные исследования процессов деформирования и разрушения бетона при сложных напряженных состояниях.

Виноградова Тамара Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри залізобетонних конструкцій ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: удосконалення методів розрахунку залізобетонних конструкцій; оцінка технічного стану і проектування залізобетонних конструкцій.

Недорезов Андрій Володимирович – асистент кафедри залізобетонних конструкцій ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: експериментальні дослідження процесів деформування і руйнування бетону в умовах складних напружених станів.

Vinogradova Tamara – Ph.D. (Eng.), Associate Professor of Reinforced Concrete Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of methods of calculation of reinforced concrete elements; estimation of technical state and design of reinforced concrete constructions.

Niedoriezov Andrii – assistant of the Reinforced Concrete Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: experimental studies of concrete deformation and fracture under complex stress states.