

Д.А. ПАНФИЛОВ
В.Ю. ЧЕГЛИЦЕВ
В.В. РОМАНЧИКОВ
Ю.В. ЖИЛЬЦОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГИБОВ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК НА ОСНОВЕ НЕЛИНЕЙНОЙ ДЕФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

**STUDIES OF DEFLECTIONS OF STATICALLY DETERMINED REINFORCED CONCRETE
 BEAMS BASED ON A NONLINEAR DEFORMATION MODEL**

Рассматриваются теоретические исследования статически определимых изгибаемых железобетонных балок прямоугольного сечения по показателям деформативности при действии кратковременной равномерно распределенной нагрузки. Теоретические исследования базируются на основных положениях нелинейной деформационной модели, учитывающей нелинейную работу бетона и арматуры с учетом дискретного трещинообразования. Приведены результаты расчета деформативности балок по методике СП 63.13330.2012, авторской методике, а также результаты численного эксперимента с выявлением напряженно-деформированного состояния статически определимых балок в виде конечно-элементной модели в программном комплексе «Лира САПР-2017R3» с использованием линейной и нелинейной постановки характеристик бетона и арматуры. По результатам теоретических исследований проведено сопоставление результатов расчета по методике действующего норматива с численным экспериментом, а также авторской методикой расчета. Все расчеты и схемы загрузки в данной методике приведены с учетом возможности проведения в дальнейшем экспериментальных исследований.

In this paper theoretical studies of statically determined bending reinforced concrete beams of rectangular cross-section on deformation indexes under the effect of a short-time uniformly distributed load are viewed. These theoretical studies are based on the main points of the nonlinear deformation model that takes into account the nonlinear work of concrete and fitments taking into account discrete cracking. The results of calculating the deformation of beams by the method of SP 63.13330.2012 and by authors' method are proposed as well as the results of a numerical experiment with the identification of the stress-strain state of statically determined beams in the form of a finite element model in the program complex «Lira CAD-2017R3» using a linear and non-linear setting of characteristics of concrete and reinforcement. Based on the results of theoretical studies, the calculation results by the methodology of the current standard with a numerical experiment, as well as with the authors' calculation methodology are compared. All calculations and loading schemes in this technique are given taking into account the possibility of further experimental studies.

Ключевые слова: железобетонная балка, деформативность, изгибаемые элементы, арматура, прогиб

Keywords: reinforced concrete beam, deformability, bending elements, fitments, deflection

Целью исследования, в продолжение проведенных исследований [1–6], является изучение методик расчета прогибов статически определимых железобетонных балок под действием равномерно распределенной нагрузки, а также сравнение результатов теоретического исследования.

Схема загрузки разработана с условием дальнейшего проведения экспериментальных исследований. Нагрузка принята эквивалентной равномерно распределенной. Расчетная схема исследуемых образцов представлена на рис. 1.

Объектом исследования служит статически определимая железобетонная балка с прямоугольным поперечным сечением $b=200$ мм, $h=400$ мм и

расчетным пролётом $L=3700$ мм. Образцы изготовлены из бетона класса В30 с использованием рабочей арматуры в растянутой зоне $2\varnothing 25$ А400. Схема армирования исследуемых образцов представлена на рис. 2.

В рамках теоретического исследования выполнен расчет по методике СП 63.13330.2012 [7]. В результате получен максимальный прогиб балки, равный 11,879 мм при нагрузке $P=56,404$ кН. Также было выполнено численное моделирование в программном комплексе «Лира САПР-2017R3». Расчет модели был произведен в линейной и нелинейной постановке характеристик бетона и арматуры. Результаты расчета прогибов и усилий в балках приведены на рис. 3–6.

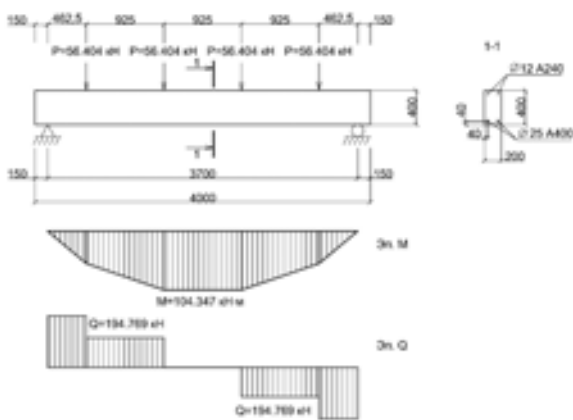


Рис. 1. Расчетная схема исследуемых образцов

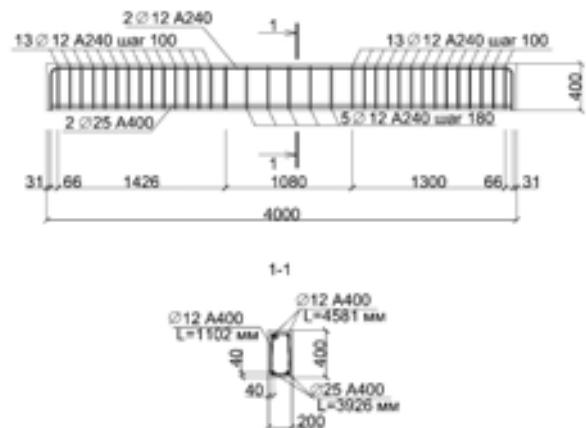


Рис. 2. Схема армирования исследуемых образцов

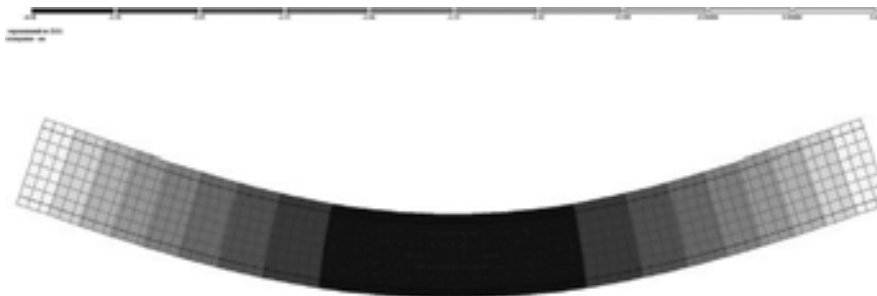


Рис. 3. Прогиб балки при линейной постановке численного эксперимента в ПК «Лира САПР-2017R3»

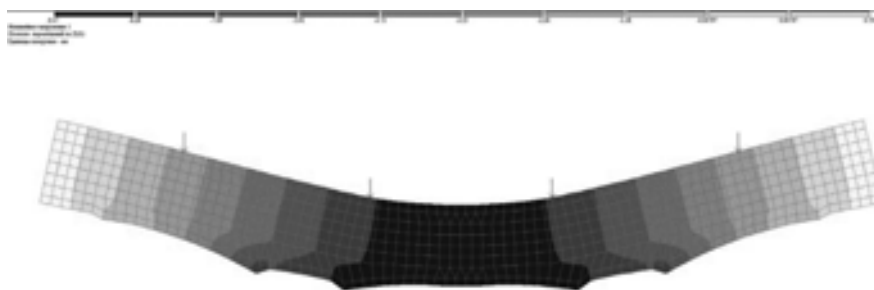


Рис. 4. Прогиб балки при нелинейной постановке численного эксперимента в ПК «Лира САПР-2017R3»

Для линейного расчета принимался 10-й тип конечного элемента – универсальный пространственный стержень; для нелинейного конечного элемента – 201-й тип – физически нелинейный стержневой конечный элемент. Параметры нелинейности бетона и арматуры представлены на рис. 7 и 8.

В результате моделирования численного эксперимента в ПК «Лира САПР- 2017» прогиб изгибаемой железобетонной балки составил: в линейной постановке – 4,08 мм; в нелинейной постановке – 9,47 мм.

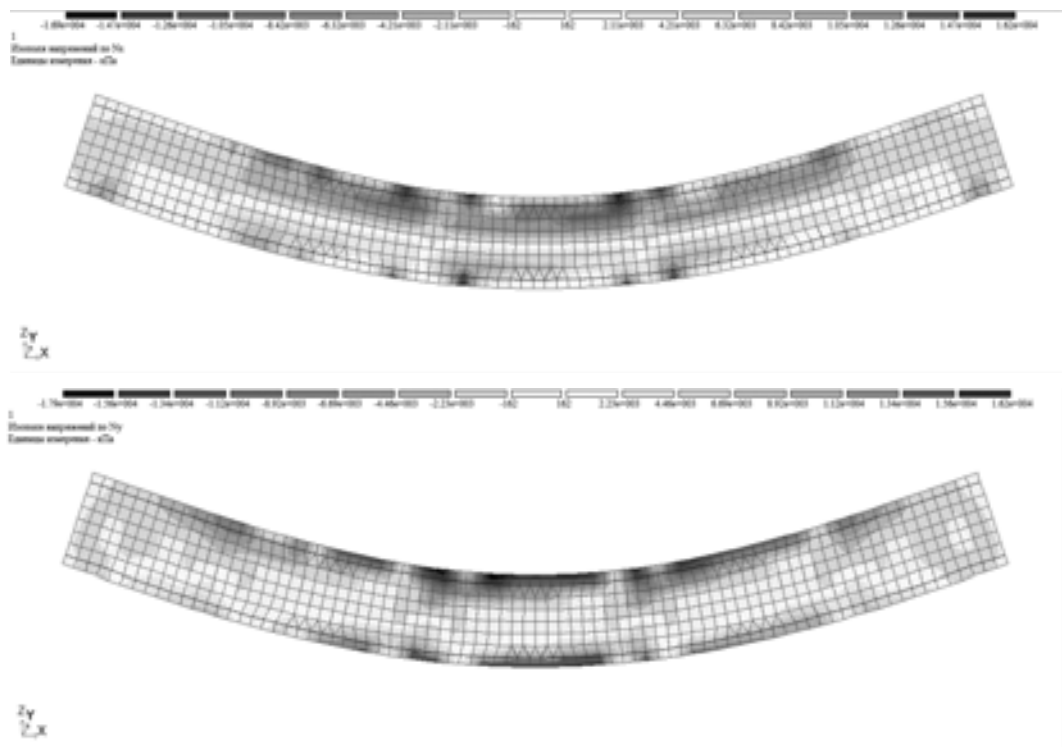


Рис.5. Изгибные моменты N_x (сверху) и N_y (снизу) в линейной постановке

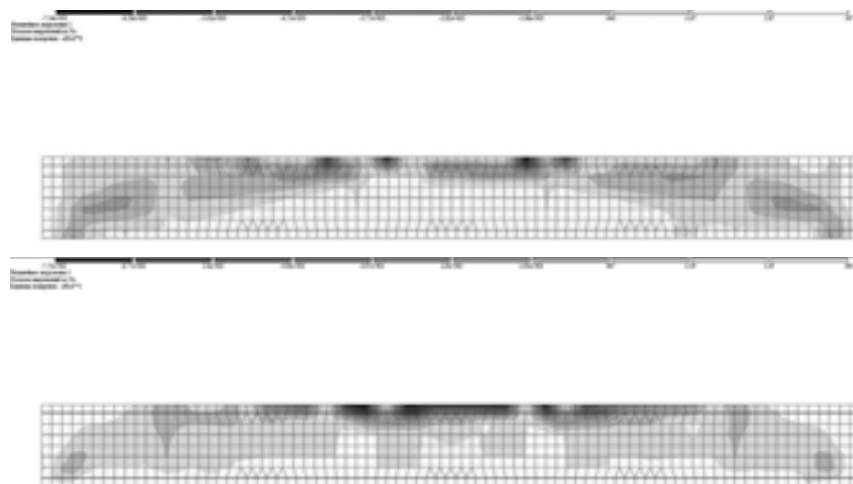


Рис. 6. Изополя напряжений N_x (сверху) и N_y (снизу) в нелинейной постановке

В результате проведенных теоретических исследований можно сделать вывод, что значение прогиба изгибаемой статически определимой железобетонной балки при равномерно распределенном нагружении, полученное в нелинейном расчете в ПК «Лира САПР-2017R3», показало наилучшую схо-

димость с данными расчета по авторской методике и нормативным значением (табл. 1). Проведенные исследования подтверждают, что учет нелинейных свойств бетона и арматуры влияет на точность расчета прогибов.

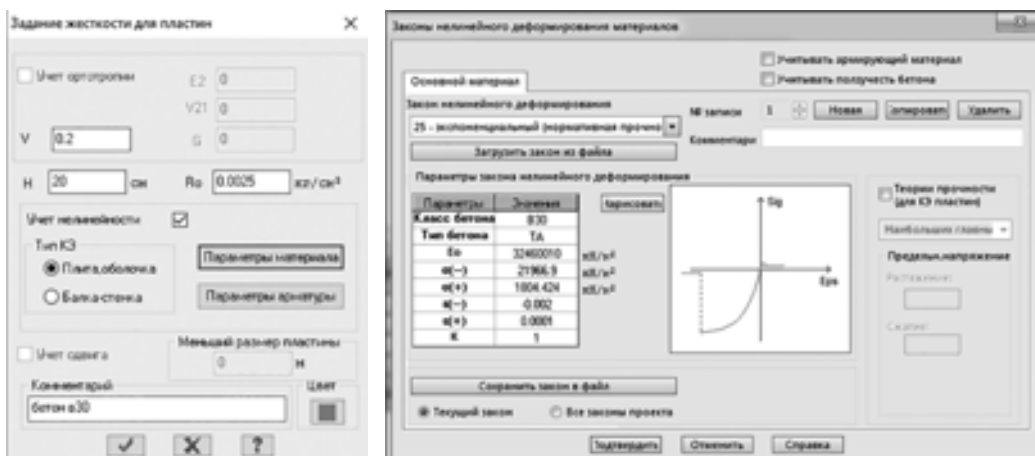


Рис. 7. Параметры нелинейности бетона



Рис.8. Параметры нелинейности арматуры

Сводная таблица результатов теоретического исследования

Таблица 1

Основные показатели	Расчет железобетонной балки согласно СП 63.13330.2012 [7]	Расчет железобетонной балки по авторской методике	Расчет изгибаемой железобетонной балки в ПК «Лира САПР-2017R3»	
			линейный	нелинейный
Прогиб, мм	13,25	12,96	4,33	12,47
Отклонение от нормативных значений, %	–	2,18	67,3	5,88

На основании проведенных теоретических исследований, с учетом ранее проведенной работы [1–6], планируется выполнение экспериментальных исследований с целью уточнения методики расчета прогибов изгибаемых статически определимых железобетонных балок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Панфилов Д.А., Худяев Е.Н. Исследования прогибов изгибаемых железобетонных балок при равномер-

но распределенной нагрузке // Современные проблемы расчета и проектирования железобетонных конструкций многоэтажных зданий: сборник докладов Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения П.Ф. Дроздова (15 октября 2013 г.)/ Московский гос. строит. ун-т. М., 2013. С. 175–179.

2. Панфилов Д.А., Худяев Е.Н. Теоретические и экспериментальные исследования прогибов изгибаемых железобетонных статически определимых балок при кратковременном равномерно распределенном нагружении // Актуальные проблемы архитектуры и строи-

тельства: материалы Международной научно-практической конференции. Самара, 2014. С. 9–14.

3. *Panfilov D.A., Pischulev A.A., Romanchikov V.V.* The methodology for calculating deflections of statically indeterminate reinforced concrete beams (based on nonlinear deformation model) // *Procedia Engineering*. 2016. Т. 153. С. 531–536.

4. *Panfilov D.A., Pischulev A.A.* The analysis of deflections of pre-stressed reinforced concrete beams exposed to short duration uniform loading // *Procedia Engineering*. 2015. Т. 111. С. 619–625.

5. *Panfilov D.A., Pischulev A.A.* The methodology for calculating deflections of reinforced concrete beams exposed to short duration uniform loading (based on nonlinear deformation model) // *Procedia Engineering*. 2014. Т. 91. С.188–193.

6. *Murashkin G., Murashkin V., Panfilov D.* An Improved Technique of Calculating Deflections of Flexural Reinforced Concrete Elements Made of Conventional and High-Strength Concrete/ G. Murashkin, V. Murashkin, D. Panfilov // *Journal of Civil Engineering and Architecture/ USA*. Feb.2013. Vol. 7, №.2 (Serial No.63). Pp.125–131.

7. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СП 52-101-2003 / Минрегион развития РФ. М., 2011. 161 с.

Об авторах:

ПАНФИЛОВ Денис Александрович

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительных конструкций Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. 8-909-343-19-86 E-mail : panda-w800i@yandex.ru

PANFILOV Denis A.

PhD in Engineering Sciences, Associate Professor of the Building Structures Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. 8-909-343-19-86 E-mail : panda-w800i@yandex.ru

ЧЕГЛИНЦЕВ Владимир Юрьевич

магистрант 2-го года обучения факультета промышленного и гражданского строительства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. 8-927-751-24-86

CHEGLINTSEV Vladimir Yu.

Master's Degree Student of the Faculty of Industrial and Civil Engineering Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. 8-927-751-24-86

РОМАНЧИКОВ Вячеслав Викторович

старший преподаватель кафедры строительных конструкций Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. 8 (937)-070-19-02 E-mail : romanchikoff@mail.ru

ROMANCHIKOV Vyacheslav V.

Senior Lecturer of the Building Structures Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. 8-937-070-19-02 E-mail : romanchikoff@mail.ru

ЖИЛЬЦОВ Юрий Викторович

старший преподаватель кафедры строительных конструкций Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. 8 (908)-386-35-21

ZHILTSOV Yury V.

Senior Lecturer of the Building Structures Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. 8-908-386-35-21

Для цитирования: Панфилов Д.А., Чеглицев В.Ю., Романчиков В.В., Жильцов Ю.В. Исследование прогибов статически определимых железобетонных балок на основе нелинейной деформационной модели // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №4. С. 9-13. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.2.

For citation: *Panfilov D.A., Cheglintsev V.Yu., Romanchikov V.V., Zhiltsov Yu.V.* Studies of deflections of statically determined reinforced concrete beams based on a nonlinear deformation model // *Urban construction and architecture*. 2017. V.7, 4. Pp. 9-13. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.2.