

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубец, Л. В. Инновационные технологии в разведении и селекции племенного скота: монография / Л. В. Голубец, А. С. Дешко, И. С. Кысса, Е. К. Стецкевич. – Гродно: ГГАУ, 2019. – 430 с. – ISBN 978-958-537-148-0.
2. Effects of different reproduction techniques: AI, MOET or IVP, on health and welfare of bovine offspring / A. M. Wagtendonk-de Leeuw [et al.] // Theriogenology. – 2000. – Vol. 53(2). – P. 575–597.
3. Galli, C. Bovine embryo technologies / C. Galli, R. Duchi, G. Crotti, P. Turini, N. Ponderato, S. Colleoni, I. Lagutina, G. Lazzari // Theriogenology. – 2003. – Vol. 59. – P. 599–616.

УДК 620.191.33:691.328.1

**МОДЕЛЬ, УСТАНОВЛИВАЮЩАЯ СВЯЗЬ
МЕЖДУ ПРОГИБОМ И ШИРИНОЙ
РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИН НОРМАЛЬНОГО ОТРЫВА**

Ю. С. Дордюк, заведующий кафедрой ЭиОС, канд. техн. наук, БрГТУ

Резюме – представлена аналитическая зависимость, связывающая среднюю ширину раскрытия трещины нормального отрыва и относительный прогиб в железобетонных элементах, основанная на основных теоретических положениях блочной модели.

Resume – an analytical dependence is presented that relates the average crack opening width of normal separation and the relative deflection in reinforced concrete elements, based on the main theoretical provisions of the block model.

Введение. Прогиб является одним из важнейших параметров при оценивании эксплуатационной надежности железобетонного элемента. В силу того, что фактические значения воздействий на элемент в ряде случаев определить нелегко, оценка прогибов железобетонных балок существующими методами является сложной [1]. Посредством зависимости между шириной раскрытия трещины и прогибом косвенное оценивание прогиба в конструктивном элементе возможно непосредственно из условия трещинообразования без учета фактических нагрузок, действующих на элемент.

Основная часть. Для установления связи между средней шириной раскрытия трещин нормального отрыва и относительным прогибом конструктивного элемента были использованы основные теоретические положения блочной модели, в которую было включено дополнительное допущение о линейном распределении относительных деформаций и напряжений в арматурном стержне по длине участка между трещинами [2].

Полученная аналитическая зависимость, связывающая среднюю ширину раскрытия трещин нормального отрыва (w_m , мм) и относительный прогиб элемента (a / L_0), имеет вид:

$$\frac{a}{L_0} = \alpha_0 \cdot \frac{w_m}{(1 - \beta_0) \cdot 300} \cdot \delta, \quad (1)$$

где $\beta_0 = \alpha_e \rho_l \left(\sqrt{1 + \frac{2}{\alpha_e \rho_l}} - 1 \right)$; a – максимальный прогиб конструктивного элемента; L_0 – длина расчетного пролета; α_0 – коэффициент, учитывающий схему приложения нагрузок и граничные условия (условия закрепления на опорах); w_m – средняя ширина раскрытия трещин нормального отрыва; 300 – максимальное расстояние между трещинами в эксплуатационной стадии, мм; в общем случае следует писать в формуле S_{\max} ; δ – относительная высота сечения элемента.

Было выполнено сравнение авторской модели (1) с моделью, предложенной *J. O. Kang* и др. [3], устанавливающей связь между шириной раскрытия трещин нормального отрыва и прогибом железобетонных свободно опертых балок. Сравнение производили, основываясь на результатах параметров статистической оценки ошибки моделирования в соответствии с Приложением D ТКП EN 1990 [4], на фоне собственной базы опытных данных, сформированной из 17 результатов испытаний балок. Результаты сравнения статистических параметров ошибки моделирования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение статистических параметров расчетных моделей

Модель, источник	Статистические параметры ошибки моделирования	
	b	V _δ , %
Авторская модель	1,024	19,2
Kang и др. [3]	1,337	24,3

Источник: собственная разработка.

Заключение. Таким образом, как видно из таблицы 1, статистические параметры расчетных моделей достаточно близки, но авторская модель обладает меньшей степенью неопределенности. Вместе с тем обе представленные модели позволяют адекватно рассчитывать прогиб. Однако авторская модель обладает меньшим коэффициентом вариации ошибки моделирования ($V_\delta = 19,2\%$), проста в применении и имеет ясное физическое объяснение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mezzina, M. Decisional trees and fuzzy logic in the structural safety assessment of damaged R.C. buildings / M. Mezzina, G. Uva, R. Greco // 13thWorld Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, 1–6 August 2004. – Vancouver, 2004. – P. 149–159.
2. Яловая, Ю. С. Зависимость между шириной раскрытия трещин нормального отрыва и прогибом в железобетонных балках / Ю. С. Яловая, В. В. Тур // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: материалы Международных академических чтений, Курск, 15 нояб. 2019 г. / Курс. гос. ун-т; под ред. проф. С.И. Меркулова. – ЗАО «Университетская книга», 2019. – С. 201–208.
3. Kang, J. O. Correlation between crack widths and deflection in reinforced concrete beams / J. O. Kang, K. S. Kim, D. H. Lee, S. B. Lee // Journal of the Korea institute for structural maintenance and inspection. – 2010. – Vol. 14. – P. 184–192.
4. Еврокод. Основы проектирования строительных конструкций = Еўракод. Асновы праектавання будаўнічых канструкцый: ТКП EN 1990-2011 (02250) (EN 1990:2002, IDT) (с изм.). – Введ. 01.07.12. – Минск: Стройтехнорм, 2012. – 86 с.

УДК 621.865.8

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИЙ РОБОТОВ-МАНИПУЛЯТОРОВ
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ**

И. Э. Илюшин, доцент кафедры АТПиП, БГУТ

Резюме – предложен новый метод моделирования траекторий роботов-манипуляторов в технологическом процессе лазерной резки. Метод учитывает сложные геометрические характеристики роботизированных комплексов лазерной резки, а также технологические ограничения. Эффективность метода подтверждается результатами тестирования.

Resume – a new method for modeling the trajectories of robotic manipulators in the technological process of laser cutting is proposed. The method takes into account the complex geometric characteristics of robotic laser cutting systems, as well as technological limits. The effectiveness of the method is confirmed by the test results.

Введение. Целью исследования является разработка нового эффективного метода моделирования траекторий роботов-манипуляторов (РМ) в технологическом процессе лазерной резки. Необходимость в этом возникает при модернизации автоматизированных производств в машиностроении с применением РМ, а также при оптимизации существующих роботизированных технологических комплексов (РТК) для лазерной резки. При этом существующие подходы не учитывают ряд геометрических характеристик РТК, а также ограничения, обусловленные технологией процесса лазерной резки [1–3].

Основная часть. Моделирование траекторий осуществляется в конфигурационном пространстве РМ – пространстве, в котором в качестве условных координат выступают углы поворота звеньев и ориентации