

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ВИЛЬНЮССКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА им. ГЕДЕМИНАСА
БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (УКРАИНА)
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ г. ЛЕЙРИИ (ПОРТУГАЛИЯ)
АРИЭЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (ИЗРАИЛЬ)
ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ (РОССИЯ)
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (РОССИЯ)

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

Электронный сборник статей
международной научной конференции,
посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета

(Новополоцк, 5-6 апреля 2018 г.)

Под редакцией
канд. техн. наук, доцента А. А. Бакатовича;
канд. техн. наук, доцента Л. М. Парфеновой

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2018

Редакционная коллегия:

А. А. Бакатович (председатель), Л. М. Парфенова (зам. председателя),
А. С. Катульская (отв. секретарь), Е. Д. Лазовский,
Т. И. Королева, В. Е. Овсейчик

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ [Электронный ресурс] : электронный сборник статей международной научной конференции, посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета, Новополоцк, 5–6 апр. 2018 г. / Полоцкий государственный университет ; под ред. А. А. Бакатовича, Л. М. Парфеновой. – Новополоцк, 2018. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Рассмотрены организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса. Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.

Компьютерный дизайн К. В. Чулковой, В. А. Крупенина.

Технический редактор О. П. Михайлова.

Компьютерная верстка Т. А. Дарьяновой.

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

УДК 624.046.2

НЕРАЗРУШАЮЩИЕ МЕТОДЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А.Р. Волик

Гродненский государственный университет им. Я. Купалы, Беларусь
email: a.volick@grsu.by

Представлены результаты определения несущей способности железобетонной изгибаемой балки: по проектным данным путем проведения расчетов; по фактическим данным, полученным разрушающими и неразрушающими методами, используя графики влияния единичных показателей и экспериментальным путем. Анализ полученных результатов несущей способности показал, что для определения несущей способности возможно использование только неразрушающих методов для определения геометрических и прочностных характеристик и графиков влияния единичных показателей вместо теоретических расчетов.

Ключевые слова: железобетонная балка, арматура, бетон, несущая способность, неразрушающие методы, разрушение.

NON-DESTRUCTIVE METHODS FOR EVALUATION OF BEARING CAPACITY OF BEND REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

A. Volik

Yanka Kupala State University of Grodno, Belarus
email: a.volick@grsu.by

The article presents the results of determination the bearing capacity of a reinforced concrete bend beam: on the design data by performing calculations; based on actual data obtained by destructive and non-destructive methods, using graphs and indicators of the impact of individual experimentation. Analysis of the bearing capacity results showed that for the determination of the bearing capacity can only use non-destructive methods for determination of geometric and strength characteristics and graphs of influence of unit index instead of theoretical calculations.

Keywords: reinforced concrete beam, reinforcement, concrete, bearing capacity, non-destructive methods, destruction.

Оценка качества железобетонных конструкций осуществляется как при изготовлении изделий и конструкций, так и при обследовании существующих зданий и сооружений [1 – 4]. При изготовлении железобетонных изделий и конструкций используют различные виды контроля – входной, операционный, приемочный и инспекционный. Операционный контроль осуществляется в ходе выполнения производственных операций и после их завершения с целью своевременного выявления дефектов и принятия мер по их устранению. При обследовании зданий и сооружений производят предварительное, общее и детальное обследование [5]. Детальное обследование выполняется с целью уточнения исходных данных, необходимых для выполнения поверочных расчетов и оценки технического состояния конструкции [6]. Как при операционном контроле, так и при детальном обследо-

вании зданий и сооружений используются разрушающие и неразрушающие методы контроля качества.

При разрушающем контроле изделий и конструкций дальнейшее их использование становится невозможным. При этом испытывают не только материалы, но и готовые конструкции: так для контроля качества серийно выпускаемых конструкций из партии обязательно отбираются образцы, предназначенные для испытания нагружением. В процессе детального обследования конструкций для определения несущей способности отбираются образцы бетона и арматуры для проведения физико-механических и физико-химических исследований в лабораторных условиях [7, 8], испытание конструкций нагружением практически не используется.

При проведении операционного контроля качества и детального обследования широко применяются неразрушающие методы контроля качества: механический (определение прочности бетона путем измерения пластической деформации или изменения упругого отскока, метод оценки местных разрушений) и физический (акустический, магнитный и электрический) методы. Каждому из методов неразрушающего контроля присуща определенная погрешность. Практика применения неразрушающих методов для определения прочности бетона показывает, что среднеквадратическая погрешность методов измерения пластической деформации и упругого отскока достигает 20 – 25%, метода оценки местных разрушений 15 – 20% и для физических методов до 25%.

Проведенные сравнительные испытания конструкций нагружением и неразрушающими методами [3, 6, 8] приводят к разным выводам о техническом состоянии конструкций. Поэтому целью данных исследований является изучение и сравнительный анализ методов контроля несущей способности железобетонной балки.

Качество железобетонных конструкций определяется целым рядом показателей, основным из которых является несущая способность, которая зависит от множества единичных показателей качества, из которых основными являются прочность бетона, геометрические характеристики сечения, прочность и площадь рабочей арматуры. Определение несущей способности при различных сочетаниях плюсовых и минусовых отклонений фактических геометрических и прочностных показателей от проектных данных необходимо рассматривать совместно, что позволяют сделать графики влияния, в которых комплексный показатель (в данном случае разрушающий момент) определяется по зависимости от единичных показателей качества.

Для построения графиков влияния прочностных и геометрических параметров на несущую способность были проведены теоретические исследования несущей способности железобетонной балки сечением 60×120 мм из бетона класса С25/30, армированной стержнями Ø10 класса S500.

Расчеты проводились по общему деформационному методу при помощи программного продукта «Beta». По результатам расчетов был построен график зависимости разрушающих моментов от прочностных и геометрических характеристик (рис. 1). Имея фактические значения единичных показателей, по графику можно определить фактическое значение разрушающего момента, причем график учитывает изменение единичных показателей качества от проектного значения и в сторону уменьшения, и в сторону увеличения.

Анализ теоретических расчетов показал, что наиболее существенно влияет на несущую способность балки изменение площади сечения арматуры: при уменьшении диаметра арматуры от проектного значения 10 мм до 6 мм несущая способность балки уменьшается на 60 %, при увеличении до 12 мм – увеличивается на 30 %, при увеличении до 20 мм несущая способность балки увеличивается на 54,5 %.

При уменьшении прочности арматуры от проектного 435 МПа до 218 МПа разрушающий момент балки снижается на 48,3 %.

Изменение прочности бетона от проектного значения 16,67 МПа до 10,67 МПа оказывает незначительное влияние на несущую способность нормальных сечений (уменьшение на 9,81%), а при уменьшении прочности до 8,0 МПа несущая способность уменьшается на 24,7%. Увеличение прочности бетона до 40% приводит к незначительному (до 5%) увеличению несущей способности.

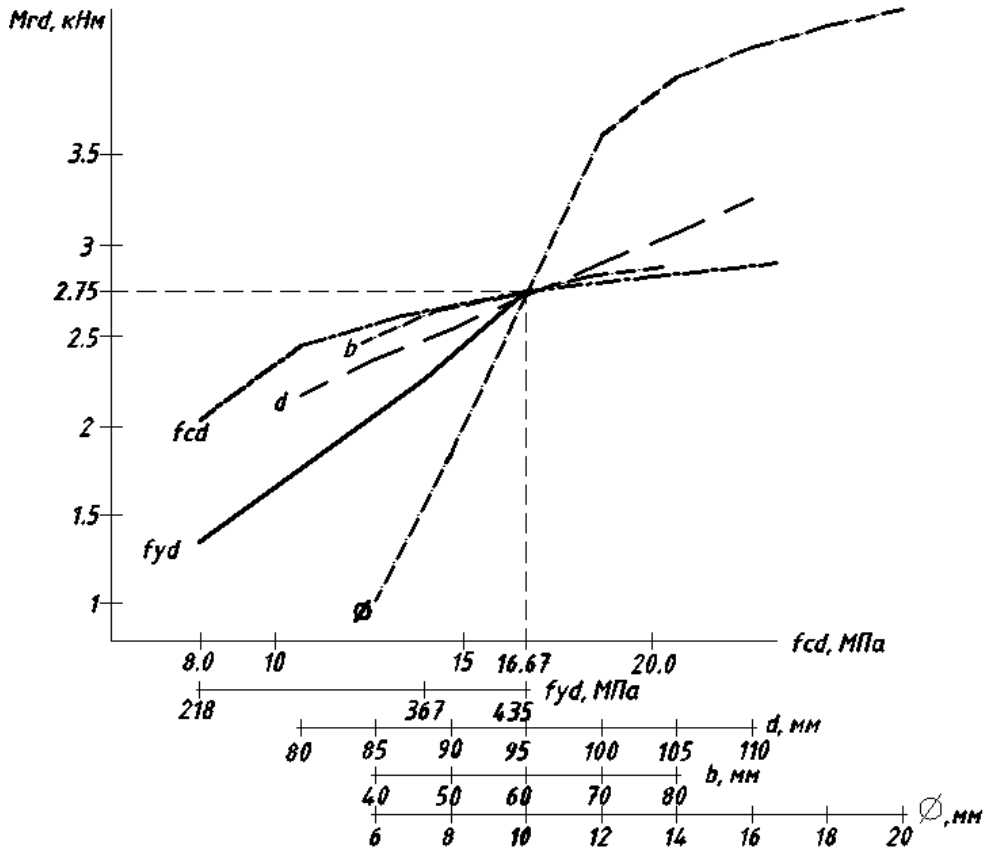


Рисунок 1. – График зависимости разрушающих моментов от прочностных и геометрических характеристик балки

При изменении рабочей высоты сечения от 80 см до 110 см при проектном значении 95 см несущая способность изменяется на 20%. При изменении ширины сечения балки от проектного значения 60 см до 50 см несущая способность балки уменьшится незначительно (на 3,6 %); а до 40 см – уменьшится до 9,81 %. При увеличении ширины балки до 80 см несущая способность балки незначительно увеличится (до 4,7 %).

Теоретические исследования позволяют сделать вывод, что максимальное влияние на несущую способность железобетонной балки оказывает изменение площади сечения и прочностные характеристики арматуры, минимальное – изменение ширины сечения балки.

Для исследования несущей способности изгибаемых элементов разрушающими методом была испытана серия опытных балок размерами 60×120×1000 мм, изготовленных на заводе КПД ОАО «Гродножилстрой» из бетона класса С25/30. Балки армированы сварными каркасами, изготовленными при помощи точечной сварки. В растянутой зоне балок расположена металлическая арматура Ø10 класса S500. Поперечная арматура Ø10 класса S240 установлена с шагом 50 мм, арматура сжатой зоны – Ø6 класса S240. Одновременно с бал-

ками из того же бетона были изготовлены контрольные кубы для определения фактических прочностных характеристик.

Испытания опытных балок производили по балочной схеме с приложением сосредоточенных усилий в третях пролета.

Теоретическое значение несущей способности железобетонной балки, определенное по проектным данным, составило $M_{rd} = 2,75$ кНм, разрушающий момент опытных балок БО-1, БО-2 по результатам эксперимента – 3,75 кНм, что составило 136% по отношению к проектным данным. Несущая способность опытной балки БО-3 по результатам эксперимента – 4,47 кНм, что превысило проектные данные на 162%.

Фактический класс бетона экспериментальных балок по результатам испытания кубов на прессе ИП6084-1000-0 составил С27,1/33,9. Для определения прочностных характеристик бетона неразрушающими методами (ударно импульсный, пластических деформаций, ультразвуковой метод) использовались приборы ИПС-МГ4, молоток Кашкарова, УКС-МГ4 [9, 10]. Анализ результатов сопоставления прочности разрушающими и неразрушающими методами показал (рис. 2), что максимальную прочность бетона показал разрушающий метод – среднее значение прочности бетона составило 38,35 МПа. Все результаты прочности, определенные при помощи неразрушающих методов, показали значения меньше на 7 – 32 %, чем при разрушении.

Максимально приближены к значениям, полученным разрушающим методом, данные прочности бетона, определенные методом пластических деформаций, где отклонения составили 7 – 10 %. Максимальный разброс прочностных значений показал ультразвуковой метод. Максимальное отклонение (более 30 %) имеют значение прочности, полученные ударно-импульсным методом.

По результатам испытания среднее значение физического предела текучести арматурной стали, использованной для армирования экспериментальных балок, составило $f_{ym} = 538$ МПа.

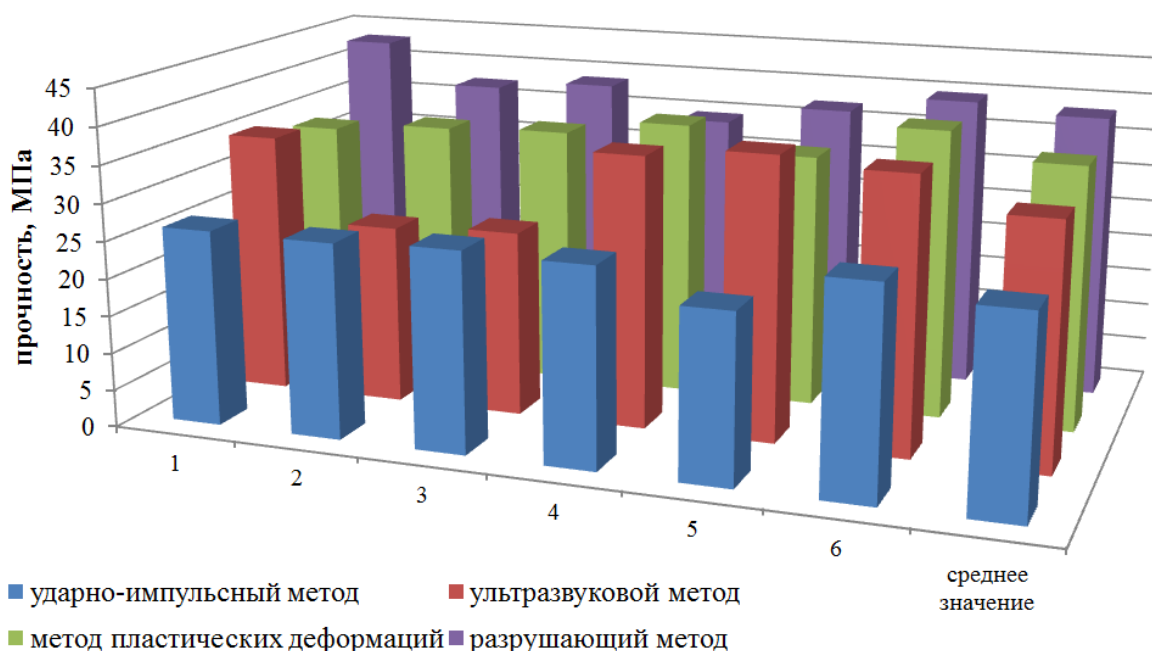


Рисунок 2. – Результаты испытаний прочности бетона разрушающими и неразрушающими методами

Анализ значений разрушающих моментов железобетонных балок (табл. 1), определенных теоретически по графикам влияния единичных показателей с использованием фактических прочностных характеристик материалов, геометрических параметров, позволяет сделать выводы, что:

- при использовании характеристик, определенных разрушающими методами, величина разрушающего момента M_{Rd} составила $3,39 \div 3,50$ кНм, что превышает проектное значение на 25 %, но меньше экспериментальных данных на 19 %;
- при использовании характеристик, определенных неразрушающими методами, величина разрушающего момента M_{Rd} составила $3,02 \div 3,11$ кНм, что превышает проектное значение на 11 %, но меньше экспериментальных данных на 34 %.

Таблица 1 – Величины разрушающего изгибаемого момента

Показатели	Конструкция	Величина разрушающего момента, M_{Rd} , кНм
Экспериментальные данные	БО-1	3,75
	БО-2	3,75
	БО-3	4,47
Теоретическое значение, рассчитанное по проектным данным	БО	2,75
Теоретическое значение, определенные по графикам влияния по данным, полученным разрушающими методами	БО-1	3,43
	БО-2	3,51
	БО-3	3,40
Теоретическое значение, определенные по графикам влияния по данным, полученным неразрушающими методами	БО	3,11*
	БО	3,06**
	БО	3,06***
	БО	3,02****

Примечание: * – при определении прочности бетона методом пластических деформаций; ** – при определении прочности бетона методом скалывания ребра; *** – при определении прочности бетона ультразвуковым; **** – при определении прочности бетона ударно-импульсным методом

Вывод. Проведённые теоретические и экспериментальные исследования показали, что для определения несущей способности железобетонной балки возможно использование фактических данных прочностных характеристик материалов и геометрических характеристик балок, определенных неразрушающими методами, и графиков влияния единичных показателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бербеков, Ж.В. Неразрушающие методы контроля прочности бетона / Ж.В. Бербеков // Молодой ученый. – 2012. – № 11. – С. 20–23.
2. Джонс, Р. Неразрушающие методы испытаний бетонов / Р. Джонс, И. Фэкзоару. – М. : Стройиздат, 1974. – 292 с.
3. Золотухин, Ю.Д. Испытание строительных конструкций / Ю.Д. Золотухин. – М. : Стройиздат, 1983. – 210 с.
4. Каневский, И.Н. Неразрушающие методы контроля : учеб. пособие / И.Н. Каневский, Е.Н. Сальникова. – Владивосток : Изд-во ДВГТУ, 2007. – 243 с.

5. Лазовский, Д.Н. Проектирование реконструкции зданий и сооружений : учеб.-метод. комплекс : в 3 ч. / Д.Н. Лазовский. – Новополюк : ПГУ, 2008. – Ч. 2 : Оценка состояния и усиление строительных конструкций. – 336 с.

6. Обследование и испытание зданий и сооружений / О.В. Лужин [и др.] – М. : Стройиздат, 1987. – 264 с.

7. Улыбин, А.В. О выборе методов контроля прочности бетона построенных сооружений / А. В. Улыбин // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – № 4. – С. 10–15.

8. Штенгель, В.Г. О корректном применении неразрушающего контроля в обследованиях железобетонных конструкций длительно эксплуатирующихся сооружений / В.Г. Штенгель // В мире неразрушающего контроля. – 2009. – № 3. – С. 56–62.

9. Бетоны. Правила контроля прочности бетона : ГОСТ 18105-86. – Введен 1987-01-01 впервые. – М. : Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и оценке соответствия в строительстве (МНТКС), 2007. – 15 с.

10. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов : ГОСТ 18353-79.. – Введен 1980-06-30 впервые.– М. : МНТКС, 2015. – 40 с.