

Техническое обследование зданий. Влияние погрешностей измерений параметров железобетонной балки

Л.Х. Сафина

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)

Аннотация: Статья посвящена оценке влияния ошибок при экспериментальном определении неразрушающими методами исходных данных для перерасчета несущей способности конструкций зданий. При проведении процедуры обследования технического состояния несущих конструкций зданий, долгое время находящихся в эксплуатации, одной из основных задач является определение их настоящей эксплуатационной пригодности и прогноз долговечности. Автор рассматривает возможные ошибки или погрешности натуральных измерений физико-механических и геометрических характеристик железобетонной балки (класса бетона и параметров армирования). Сравниваются степени их влияния на изменение несущей способности балки. Делается вывод о наибольшем влиянии на фактическое значение несущего изгибающего момента M_{ult} (до 34,5 процента) от неверного определения диаметра рабочей арматуры. Ошибки при определении класса бетона остаются в пределах 1 процента; от точности определения толщины защитного слоя - в пределах 1,5 процента, и они оказывают существенно меньшее влияние на величину M_{ult} .

Ключевые слова: обследование натуральных конструкций, неразрушающие методы контроля, расчет конструкций на изгиб, параметры армирования.

С начала 90-х годов прошлого века, когда в России возникли серьезные экономические проблемы и новое строительство затормозилось, на первый план в отрасли вышли работы по капитальному ремонту и реконструкции зданий [1-3]. Началась массовая перепланировка, приспособление для текущих нужд различных строительных объектов. В этот момент особенно востребованными оказались работы по обследованию технического состояния и оценке эксплуатационной пригодности существующих сооружений [4-6].

Проведение исследования технического состояния существующего здания можно уподобить (представить аналогично) процессу проектирования нового здания, рассматривая отдельно его составные части, включая грунты основания. Единственное отличие заключается в том, что все исходные данные обязательно определяются (подтверждается) натурным

экспериментом. С начала проводятся изыскательские работы и уточняются механические и гидрогеологические свойства основания, его несущая способность. Параллельно исследуется состояние конструкций подземной части здания и фундаментов. Исходная информация берется из существующей проектной документации, но должна быть проверена и подтверждена или уточнена физическими испытаниями и натурными измерениями. Для этого пробиваются шурфы, отбираются образцы, широко используются геофизические методы и т.п. [4,5]

Затем переходят к исследованиям надземной части, также, как для подземных конструкций, определяются геометрические параметры – пролеты, высоты, сечения, взаимное расположение всех конструктивных элементов, составляются обмерные чертежи. В случае отсутствия проектных документов на здание, обмерные чертежи строят полностью по натурным измерениям. Определяются физико-механические характеристики материалов, например, в случае железобетонных конструкций – класс бетона, армирование, класс, вид и размер сечений арматуры. Одновременно фиксируются и классифицируются дефекты и повреждения всех элементов здания. Параллельно проводится уточнение фактических нагрузок, действующих на несущие конструкции здания, в частности, для определения постоянных нагрузок на перекрытия проводят их вскрытие.

Для определения физико-механических параметров и дефектоскопии конструкций используются разрушающие и неразрушающие прямые и косвенные методы различной физической природы [6-8].

Таким образом, геометрия – размеры, взаимное расположение элементов и осей, состояния стыков и сопряжений конструкций, позволяет составить расчетную схему; прочностные, упругие и другие характеристики материалов, а также действующие по факту нагрузки, позволяют приступить к перерасчету. В случае обнаружения дефектов и повреждений, в расчете их

необходимо учесть, чтобы ценить степень их влияния на эксплуатационные качества здания [6,7]. Некоторые данные используют в BIM-технологиях [9].

Получение достоверных исходных данных для расчета (называемого перерасчетом) несущих конструкций существующего в длительной эксплуатации здания – отдельная большая и сложная задача (проблема) [10,11]. Автор предполагает рассмотреть различные возможные ошибки или погрешности натуральных измерений и их последствия (оценив степени их влияния на точность расчета).

В настоящей статье рассматривается степень влияния на оценку несущей способности ошибок при определении параметров железобетонного изгибаемого элемента: завышение/занижение класса бетона балки; неточности определения диаметра и толщины защитного слоя рабочей арматуры балки. Исследование проводилось в соответствии с СП 63.13330.2018 (Бетонные и железобетонные конструкции) по формулам (1) и (2) для железобетонной балки с рабочей арматурой без преднапряжения. Сечение балки – прямоугольное шириной $b=250$ мм, высотой $h=600$ мм.

$$M_{ult} = R_b \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5x) \quad (1)$$

$$x = \frac{R_s \cdot A_s}{R_b \cdot b} \quad (2)$$

При определении прочности железобетонной балки расчет на изгиб от действия поперечной нагрузки проводился по нормальным сечениям, вычислялись наибольшие изгибающие моменты, которые может выдержать балка с армированием растянутой зоны тремя стержнями арматуры класса А400 ($R_s=350$ МПа) и диаметрами $\varnothing 14$ мм, $\varnothing 16$ мм, $\varnothing 20$ мм, $\varnothing 22$ мм или $\varnothing 25$ мм. Рассматриваются классы бетона балки В10, В12,5, В15, В20, В25, В30 и В35 со значениями $R_b= 6$ МПа, 7,5 МПа, 8,5МПа, 11,5 МПа, 14,5 МПа, 17 МПа и 19,5 МПа соответственно.

В таблице 1 приведены значения наибольших изгибающих моментов M_{ult} для рассматриваемых классов бетона и вариантов армирования, а также величины расхождения (в процентах) M_{ult} при ошибке определения:

- диаметра арматуры (попарно диаметры:
14 мм и 16 мм, 16 мм и 20 мм, 20 мм и 22 мм, 22 мм и 25 мм;
- толщины защитного слоя, изменяющего значения h_0 .

Таблица №1

Сравнение значений наибольших изгибающих моментов M_{ult}

h_0 , см	Несущая способность балки по изгибающему моменту M_{ult} , МПа					R_b , МПа	d 14/16, %	d 16/20, %	d 20/22, %	d 22/25, %
	d 14	d 16	d 20	d 22	d 25					
56,2	82,2	103,8	149,1	171,2	201,1	6	20,8	30,4	12,9	14,9
56,0	81,8	103,3	148,4	170,4	200,1	6	20,8	30,4	12,9	14,9
55,5	81,0	102,3	146,7	168,4	197,5	6	20,8	30,3	12,8	14,8
56,2	83,9	106,7	156,3	181,8	218,9	7,5	21,4	31,7	14,0	16,9
56,0	83,6	106,3	155,6	181,0	217,8	7,5	21,4	31,7	14,0	16,9
55,5	82,8	105,3	154,0	179,0	215,3	7,5	21,4	31,7	14,0	16,8
56,2	84,7	108,1	159,7	186,8	227,2	8,5	21,6	32,3	14,5	17,8
56,0	84,4	107,7	159,1	186,0	226,2	8,5	21,6	32,3	14,5	17,8
55,5	83,6	106,7	157,4	184,0	223,6	8,5	21,6	32,2	14,4	17,7
56,2	86,3	110,9	166,4	196,6	243,5	11,5	22,1	33,4	15,3	19,3
56,0	86,0	110,4	165,7	195,8	242,5	11,5	22,1	33,4	15,3	19,3
55,5	85,2	109,4	164,1	193,8	239,9	11,5	22,1	33,3	15,3	19,2
56,2	87,3	112,5	170,3	202,3	253,1	14,5	22,4	34,0	15,8	20,1
56,0	86,9	112,0	169,6	201,5	252,0	14,5	22,4	34,0	15,8	20,1
55,5	86,1	111,0	168,0	199,5	249,5	14,5	22,4	33,9	15,8	20,0
56,2	87,8	113,4	172,5	205,5	258,5	17	22,6	34,3	16,1	20,5
56,0	87,5	112,9	171,8	204,7	257,4	17	22,6	34,3	16,1	20,5
55,5	86,7	111,9	170,2	202,7	254,9	17	22,5	34,3	16,0	20,5
56,2	88,2	114,0	174,1	207,9	262,5	19,5	22,7	34,5	16,2	20,8
56,0	87,9	113,6	173,5	207,1	261,4	19,5	22,7	34,5	16,2	20,8
55,5	87,1	112,6	171,8	205,1	258,9	19,5	22,7	34,5	16,2	20,8

Сравнение значений наибольших изгибающих моментов M_{ult} представлено на рис.1 и рис.2.

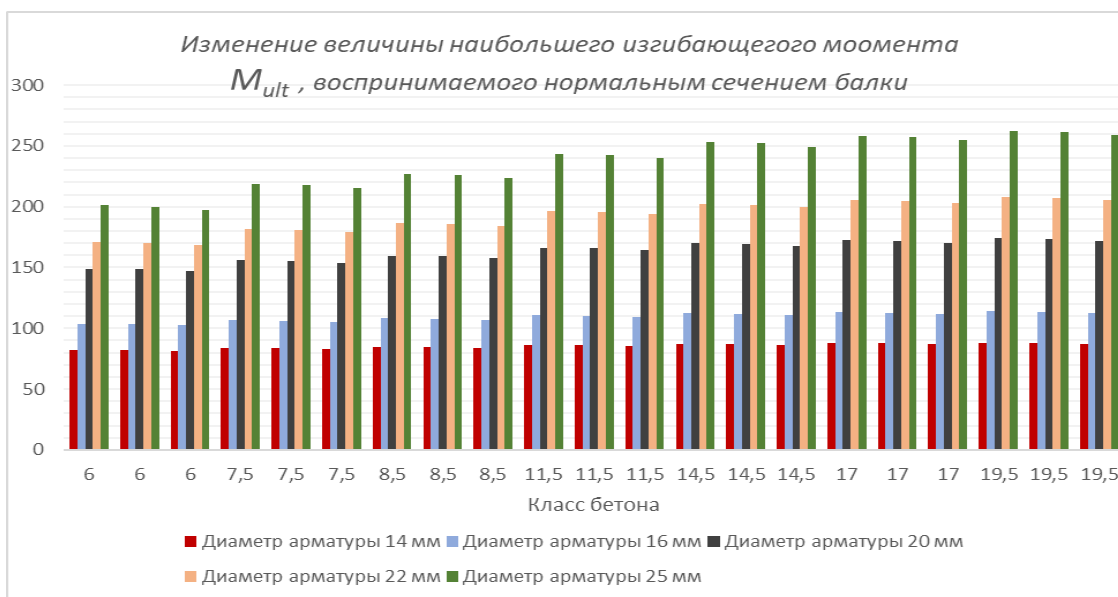


Рис. 1. – Сравнение значений наибольших изгибающих моментов M_{ult} для разных классов бетона и диаметров арматурных стержней

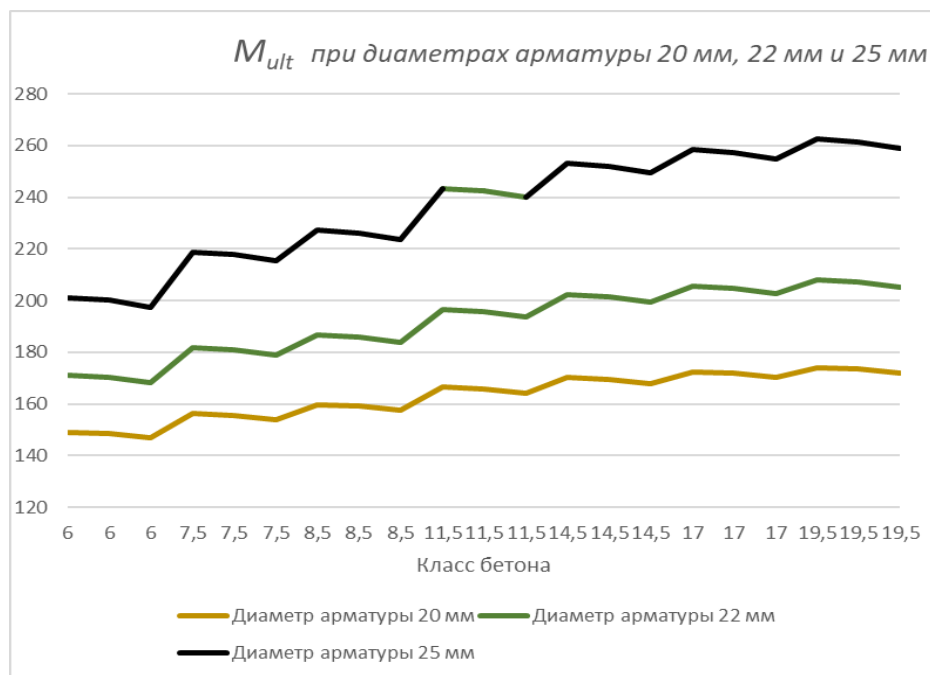


Рис. 2. – Характер изменения значений наибольших изгибающих моментов M_{ult} в зависимости от изменений толщины защитного слоя и h_0

Анализируя результаты исследования, приведенные на рис.1, рис.2 и в таблице 1, можно видеть, что наибольшее влияние на величину M_{ult} оказывают ошибки при определении диаметра арматуры. Например, если вместо фактического диаметра $\varnothing 16$ мм был получен $\varnothing 20$ мм, то

фактический расчетный несущий изгибающий момент оказывается ниже полученного на 30,4...34,5% в зависимости от точности определения толщины защитного слоя и класса бетона в конструкции.

Выводы.

1. Наибольшее влияние на несущую способность балки (по максимальному изгибающему моменту M_{ult}) оказывают ошибки при измерении диаметра арматуры неразрушающими методами.
2. Для исследованных вариантов армирования и классов бетона балки (от В10 до В35) в результате ошибки при измерении диаметра арматуры, фактический несущий момент M_{ult} оказывается завышенным. Превышение достигает 34,5%.
3. Ошибки при определении класса бетона оказывают меньшее влияние на расчетный M_{ult} (в пределах 1%). Точность измерения толщины защитного слоя влияет на расчетный M_{ult} в пределах 1,5%.
4. С возрастанием класса бетона балки усиливается влияние ошибок и погрешностей измерения диаметров арматурных стержней.

Литература

1. Бедов А.И., Знаменский В.В., Габитов А.И. Оценка технического состояния, восстановление и усиление оснований и строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений. – М. АСВ. 2014. 704 с.
2. Афанасьев А.А., Матвеев Е.П. Реконструкция жилых зданий. Часть 1. Технологии восстановления эксплуатационной надежности жилых зданий. – М. 2008. URL: files.stroyinf.ru/Data1/53/53641/index.htm.
3. Ransom W.H. Building Failures, Diagnosis and Avoidance. 2d Ed. Spon. New York. 1987. 184 p.

4. Кунин Ю.С., Котов В.И., Сафина Л.Х. Снижение эксплуатационных качеств здания в результате ошибок проектирования. Часть 1. // Научное обозрение. 2017. №7. С.39-44.

5. Кунин Ю.С., Котов В.И., Сафина Л.Х. Снижение эксплуатационных качеств здания в результате ошибок проектирования. Часть 2. // Научное обозрение. 2017. №7. С.45-49.

6. Головин Н.Г., Бедов А.И., Силантьев А.С., Воронов А.А. Стесненная усадка бетона как фактор развития дефектов в монолитных перекрытиях многоэтажных зданий. // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. - №1. С.46-50.

7. Штенгель В.Г. О корректном применении НК в обследованиях железобетонных конструкций длительно эксплуатирующихся сооружений // В мире НК. – 2009. – №3. С. 56-62.

8. Кириленко А.М. Диагностика железобетонных конструкций и сооружений. М. Архитектура-С. 2013. 365 с.

9. Asgari Z., Pour Rahimian F. Advanced Virtual Reality Applications and Intelligent Agents for Construction Process Optimisation and Defect Prevention. Procedia Engineering. Volume 196, 2017, Pages 1130-1137.

10. Сафина Л.Х. Особенности контроля прочности сталефибробетона на сжатие в возведённых конструкциях. Инженерный вестник Дона, 2021, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/6995.

11. Бандурин М.А. Мониторинг и расчёт остаточного ресурса аварийных мостовых проездов через водопроводящие сооружения. Инженерный вестник Дона, 2012, №4, ч.1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1260.

References

1. 1. Bedov A.I., Znamenskij V.V., Gabitov A.I. Ocenka texnicheskogo sostoyaniya, vosstanovlenie i usilenie osnovanij i stroitelnyx konstrukcij ekspluatiruemyx zdaniy i sooruzhenij. [Assessment of the technical condition, restoration and strengthening of foundations and building structures of operated buildings and structures]. M. ASV. 2014. 704 p.
 2. 2. Afanasev A.A., Matveev E.P. Rekonstrukciya zhilyx zdaniy. Chast 1. Texnologii vosstanovleniya ekspluatacionnoj nadezhnosti zhilyx zdaniy. [Reconstruction of residential buildings. Part 1. Technologies for restoring the operational reliability of residential buildings.] M. 2008. URL: files.stroyinf.ru/Data1/53/53641/index.htm.
 3. Ransom W.H. Building Failures, Diagnosis and Avoidance. 2d Ed. Spon. New York. 1987/ 184 p.
 4. Kunin Yu.S., Kotov V.I., Safina L.X. Nauchnoe obozrenie. 2017. №7. pp.39-44.
 5. Kunin Yu.S., Kotov V.I., Safina L.X. Nauchnoe obozrenie. 2017. №7. pp.45-49.
 6. Golovin N.G., Bedov A.I., Silantev A.S., Voronov A.A. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo. 2015. №1. pp.46-50.
 7. Shtengel V.G. V mire NK. 2009. №3. pp. 56-62.
 8. Kirilenko A.M. Diagnostika zhelezobetonnyx konstrukcij i sooruzhenij. [Diagnostics of reinforced concrete constructions and structures]. M. Arhitektura-S. 2013. 365 p.
 9. Asgari Z., Pour Rahimian F. Advanced Virtual Reality Applications and Intelligent Agents for Construction Process Optimisation and Defect Prevention. Procedia Engineering. Volume 196, 2017, Pages 1130-1137.
 10. Safina L.X. Inzhenernyj vestnik Dona, 2021, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/6995.
-



11. Bandurin M.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №4, ch.1. URL:
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1260.