

Сравнение методик расчетов одиночно армированных прямоугольных элементов по национальным приложениям Республики Беларусь и Великобритании

Гринев Е. В.

Научный руководитель: Гринев В. В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Введение. Как Республика Беларусь отказалась от СНБ 5.03.01-02, так и Великобритания отказалась от стандарта BS8110 с переходом на Еврокод 2. Моей задачей было сравнение методик расчета изгибаемых железобетонных элементов с одиночной арматурой.

В качестве источника, я использовал руководство для проектировщиков к Еврокоду 2: «Проектирование железобетонных конструкций.» Авторы Э.В. Биби, Р.С. Нараянан. Изданное в 2013 г. в МГСУ.

В п. 3.2.3 EN 1992-1-1 описываются три возможных варианта расчетов железобетона. Предпочтительным является использование графика «парабола-прямоугольник», однако допускается также и использование билинейного и прямоугольного графика. Эти три графика сравниваются на рис 1.

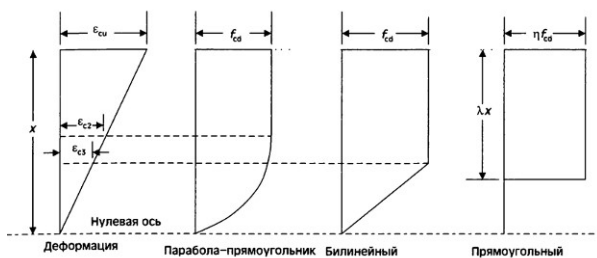


Рис. 1

Согласно положения норм проектирования расчет железобетонных конструкций по прочности сечений нормальных к продольной оси при действии изгибающих моментов и продольных сил может выполняться с использованием нескольких методов, область применения которых приведена в табл. 1.

Таблица 1

Метод расчета	Вид диаграммы деформирования бетона	Характер эпюры напряжений сжатой зоны	Область применения метода расчета
Общий деформационный	Парабол. с ниспадающей ветвью	Криволинейная	Расчет конструкции по прочности сечения любой формы с произвольным расположением арматуры при любой схеме приложения продольной силы и изгибающих моментов
Упрощенный деформационный	Параб. линейная	Парабола - прямоугольник	
	Билинейная	Трапецидальная	
Предельных усилий	Жесткопластическая	Прямоугольная	Расчет конструкций по прочности сечений, имеющих простую симметричную форму (прямоугольную, тавровую, двутавровую), с арматурой, сосредоточенной у наиболее растянутой и наиболее сжатой граней и усилиями, действующими в плоскости симметрии сечения элемента бетона класса не более С50/60.

В табл. 2 приведено сравнение трех идеализированных кривых на основе среднего напряжения при прямоугольной сжатой зоне и расстояния от сжатой грани до центра тяжести сжатой зоны бетона, как коэффициента положения нейтральной оси (β). Из табл. 2 следует, что результаты, полученные при помощи любой из трех упрощенных кривых, в большинстве случаев практически идентичны при прочности бетона до 50 Н/мм².

Таблица 2

Класс бетона	Парабола – прямоугольник		Билинейная, прямоугольник		Прямоугольник	
	Среднее напряжение, Н/мм ²	Коэффициент центра тяжести, β	Среднее напряжение, Н/мм ²	Коэффициент центра тяжести, β	Среднее напряжение, Н/мм ²	Коэффициент центра тяжести, β
12	5,51	0,416	5,10	0,389	5,44	0,40
16	7,34	0,416	6,80	0,389	7,25	0,40
20	9,18	0,416	8,50	0,389	9,07	0,40
25	11,47	0,416	10,63	0,389	11,33	0,40
30	13,76	0,416	12,75	0,389	13,60	0,40
35	16,06	0,416	14,88	0,389	15,87	0,40
40	18,35	0,416	17,00	0,389	18,13	0,40
45	20,64	0,416	19,13	0,389	20,40	0,40
50	22,94	0,416	21,24	0,389	22,67	0,40
55	23,19	0,393	22,10	0,374	23,93	0,39
60	23,58	0,377	22,88	0,363	25,03	0,39
70	24,86	0,360	24,55	0,349	26,78	0,38
80	27,1	0,355	26,51	0,342	27,94	0,36
90	29,75	0,353	28,44	0,337	28,56	0,35

Коэффициент a_{ss} описан в п. 3.1.6 EN 1992-1-1, он «используется чтобы учесть продолжительное сжатие и неблагоприятные эффекты, вызванные условиями приложения нагрузки». В п. 3.1.6 предлагается использовать значение $a_{ss} = 1.0$.

Национальное приложение Великобритании рекомендует использовать коэффициент $a_{ss} = 0.85$, как это рекомендуется в кодексе СЕВ (Европейского комитета по бетону). Нормы РБ рекомендуют $a_{ss} = 1.0$.

На рис. 2 показаны деформации и напряжения в прямоугольном сечении (балки и плиты с одиночной арматурой) для предельного состояния по несущей способности.

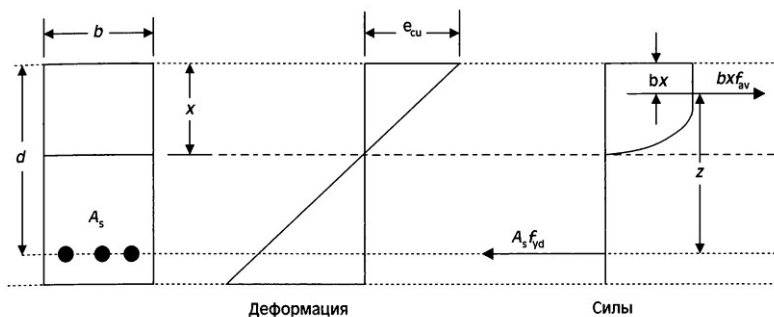


Рис. 2

Из рисунка 2 на основании равновесия осевых сил и моментов можно получить следующие уравнения:

$$f_{av}bx = f_{yd}A_s \quad \text{или} \quad x/d = pf_{yd}/f_{av}, \quad (1)$$

$$M = f_{av}bx(d - \beta x) \quad \text{или} \quad M/bd^2 = f_{av}(1 - \beta x/d)x/d, \quad (2)$$

где A_s – площадь растянутой арматуры;

f_{av} – среднее напряжение в сжатой зоне бетона;

f_{yd} – расчетный предел текучести стали;

β – отношение расстояния от центра тяжести сжатой зоны до сжатой грани к расстоянию до нейтральной оси;

p – коэффициент армирования (A_s/bd).

Для кривой «парабола – прямоугольник» и прочности бетона не выше 50 Н/мм^2 при частном коэффициенте надежности бетона $\gamma_c = 1,5$ и $\alpha_{cc} = 0,85$, верно следующее:

$$f_{av} = 0,459 f_{ck},$$

$$f_{yd} = f_{yk} / 1,5,$$

$$\beta = 0,416.$$

Характеристики для высокопрочных бетонов содержатся в табл. 2. Подставив x/d в уравнение (2) из уравнения (1), получим

$$pf_{yd} / f_{av} = \frac{1}{2}\beta - \sqrt{(1 / 4\beta^2 + K_{av} / \beta)},$$

$$K_{av} = M_d / bd^2 f_{av}.$$

Подставляя в это выражение значения β и f_{av} получаем

$$A_s = f_{ck} bd (0.633 - \sqrt{(0.4 - 1.46K / f_{yk})}),$$

$$K = M / bd^2 f_{ck}.$$

В п. 5.5 EN 1992-1-1 указаны предельные значения положения нейтральной оси в предельном состоянии по несущей способности, которое является функцией перераспределения, вытекающей из расчета. Для удобства здесь дублируется формула расчета таких предельных значений:

$$x / d \leq (\delta - 0.4) / (0.6 + 0.0014 / \epsilon_{cu}). \quad (3)$$

Для бетона класса по прочности C50 и ниже $\xi=x/d$ не должно превышать 0,45, а для бетона класса C55 и выше - это отношение не должно превышать 0,35.

В уравнении (3) δ – это отношение перераспределенного момента к моменту до перераспределения. Ограничение δ является функцией типа арматуры: для стали класса В и С $\delta > 0.70$, для стали класса А $\delta > 0.8$.

Предельные значения параметрического (относительного) момента $M_d/(bd^2 f_{cd})$ показаны на рис. 3. Наклонные части отношения для заданных прочностей бетона – это части отношения, описываемые приведенным выше уравнением, а вертикальные части отношения соответствуют предельным значениям положения нейтральной оси ($0,45d$ или $0,35d$) для заданной прочности бетона.

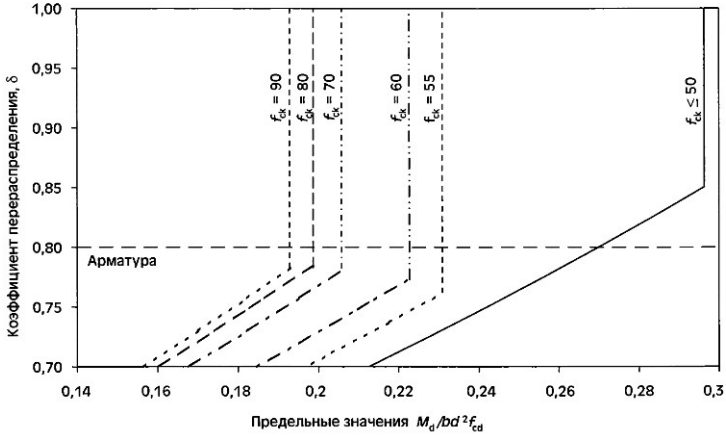


Рис. 3.

Формулы для определения площади арматуры можно представить в виде расчётных графиков. На рис. 4 указан коэффициент армирования $A_s f_{yc} / b d f_{cd}$, выраженный через безразмерный параметр для момента $M / b d^2 f_{cd}$. Следует отметить, что параметр $M / b d^2 f_{cd}$ не может превышать величину, большую предельных значений на рис. 3. На верхней шкале графика на рис. 4 показаны значения x/d при достижении предельного состояния по несущей способности.

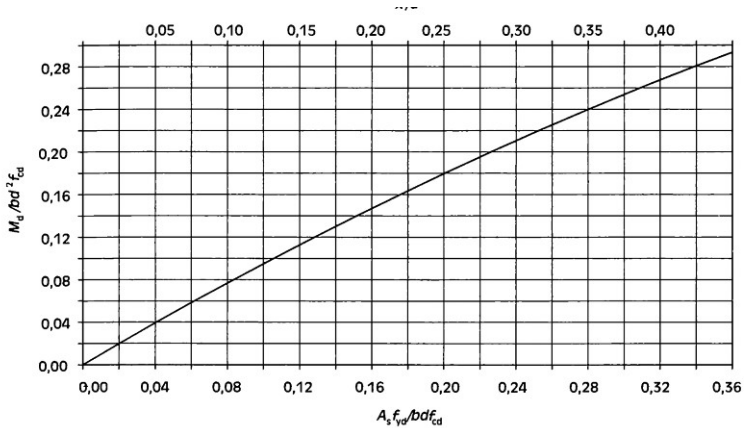


Рис. 4

Вывод. Метод определения площади растянутой арматуры отличаются только коэффициентом $a_{cc} = 1$ в белорусских нормах, а в английских равным 0.85.

При определении предельного положения нейтральной оси подходы отличаются, национальные нормы РБ предлагают сравнивать значение относительного момента α_m с $\alpha_{m,lim}$, выраженного через относительные деформации бетона и арматуры, а нормы Великобритании кроме этого учитывают коэффициент перераспределения моментов δ (п 5.5 EC 2).

УДК 624.012.45

История изобретения железобетона и развития его производства

Очеретянский И. С.

Научный руководитель: Гринев В. В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Введение. Римляне оставили миру очень важное изобретение – бетон. Они использовали его, например, для водовода, проложенного по самому большому из построенных ими мостов длиной 275 метров и высотой 49 метров, перекинутому через реку Гардон у города Ним свыше 2000 лет назад. И сегодняшняя наша жизнь без бетона немислима. Его можно встретить повсюду, но часто он служит нам даже незримо: мосты, тоннели, улицы, дома обязаны ему своими достоинствами. Особенно ценными являются такие его специфические качества как прочность, гибкость, влаго и шумонепроницаемость и пожаростойкость.

По влиянию на развитие мировой цивилизации изобретение железобетона смело можно поставить в один ряд с открытием электричества, появлением автомобиля или авиации. Железобетон постоянно совершенствуется и не собирается сдавать своих позиций. Тем более, что по праву считается одним из самых экономичных, надежных и долговечных материалов. Он сохранит свою лидирующую роль в строительстве и в XXI веке.