

Е.А. Алешина, А.Ю. Борец, Д.Н. Алешин

Сибирский государственный индустриальный университет

АНАЛИЗ ДЕФОРМАТИВНОСТИ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

При эксплуатации железобетонных конструкций нередко возникают ситуации, когда при обеспеченной несущей способности деформации в элементах конструкций превышают предельно допустимые, то есть не выполняются требования эксплуатационной пригодности.

Цель настоящей работы – проанализировать результаты расчета по деформациям изгибаемых железобетонных элементов, армированных из расчета прочности.

На различных этапах существования (изготовления, транспортировки, монтажа, эксплуатации) элементов железобетонных конструкций наблюдаются разные стадии напряженно-деформированного состояния (НДС). При расчете изгибаемых железобетонных элементов по деформациям выбор методики определения кривизны изогнутой оси элемента (рис. 1) зависит от того, какую стадию НДС испытывает элемент в расчетном сечении.

Согласно правил [1] расчету изгибаемых элементов по деформациям предшествуют следующие этапы [2, 3]:

1 – определение геометрических характеристик приведенного сечения элемента (рис. 2);

2 – проверка по образованию и (при необходимости) по раскрытию трещин;

3 – анализ напряженно-деформированного состояния [4] и выбор методики расчета кривизны изогнутой оси элемента;

4 – расчет кривизны изогнутой оси элемента.

Если в результате анализа установлено, что у железобетонного элемента в растянутой зоне образуются трещины, то это означает, что элемент испытывает вторую стадию НДС – появление пластических деформаций в бетоне и в арматуре. В этом случае расчет кривизны изогнутой оси элемента проводится на основании правил [1] по формуле (1)

$$\left(\frac{1}{r}\right)_{\max} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 - \left(\frac{1}{r}\right)_2 + \left(\frac{1}{r}\right)_2, \quad (1)$$

где $\left(\frac{1}{r}\right)_1$ – кривизна от непродолжительного

действия всех нагрузок; $\left(\frac{1}{r}\right)_2$ – кривизна от не-

продолжительного действия постоянных и временных длительных нагрузок; $\left(\frac{1}{r}\right)_3$ – кривизна

от продолжительного действия постоянных и временных длительных нагрузок.

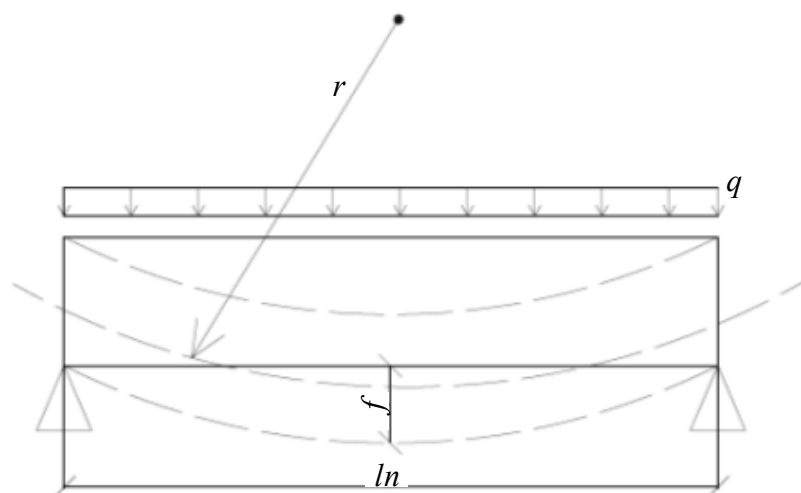


Рис. 1. Расчетная схема железобетонного элемента

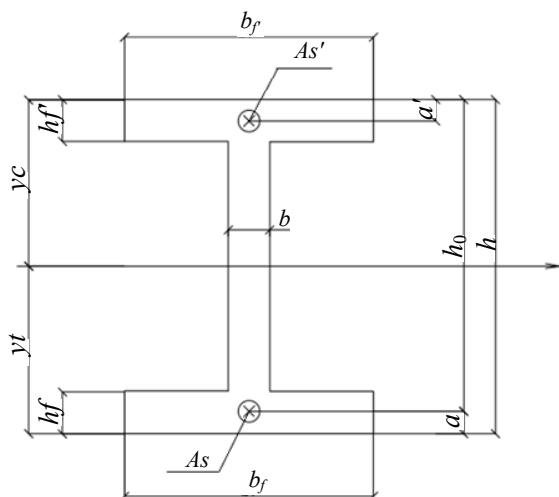
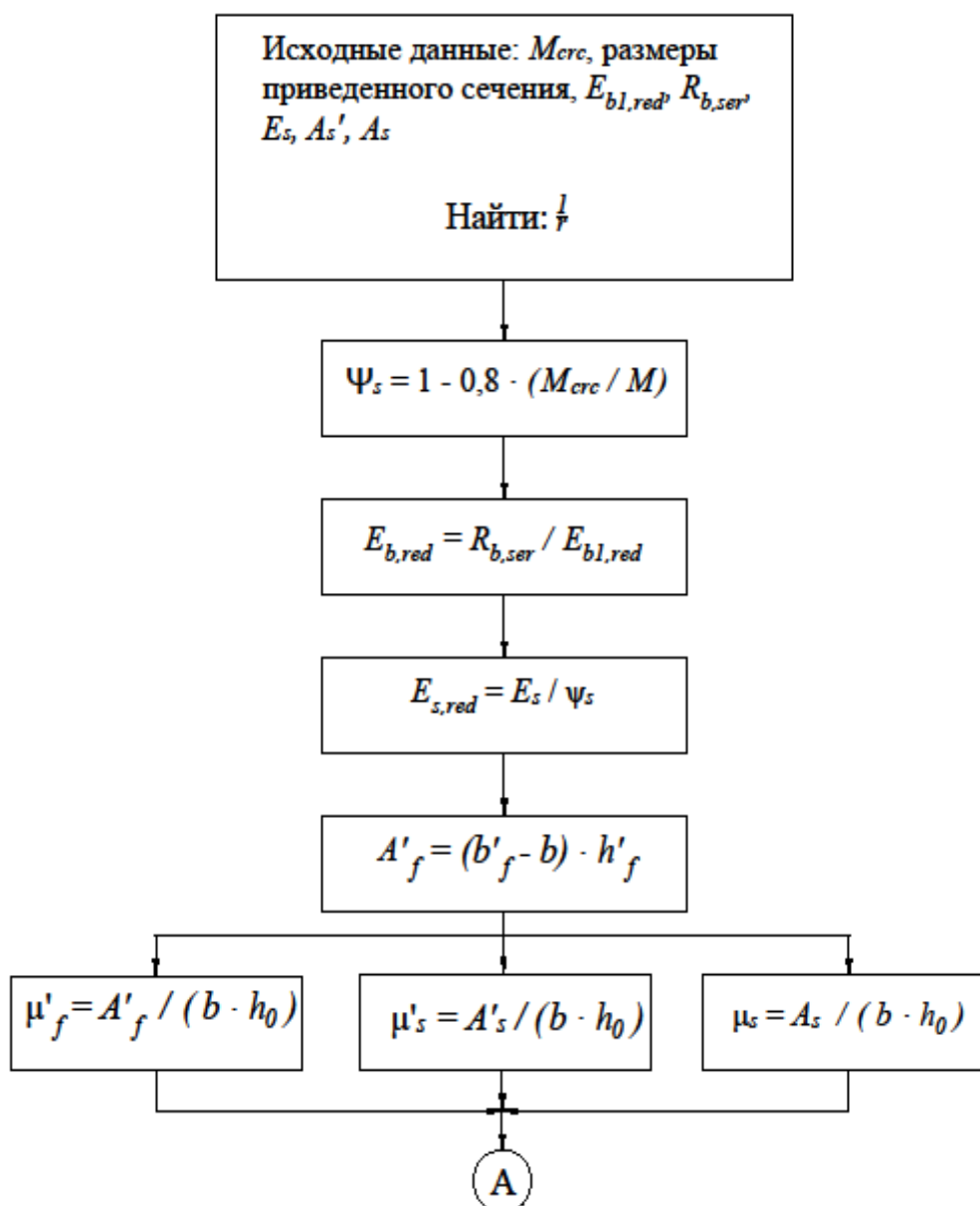


Рис. 2. Приведенное сечение железобетонного элемента

Для расчета соответствующего значения кривизны изогнутой оси железобетонного элемента $\left(\frac{1}{r}\right)_i$ в сечении с трещинами в растянутой зоне

был разработан алгоритм [3], представленный на рис. 3. В алгоритме приняты следующие обозначения: M – изгибающий момент от соответствующей нагрузки; M_{cr} – момент образования трещин; $\varepsilon_{bl,red}$ – относительные деформации бетона при соответствующей продолжительности действия нагрузки; геометрические параметры приведенного сечения показаны на рис. 1; остальные обозначения приняты в соответствии с правилами [1].

Для анализа деформативности была принята выборка железобетонных элементов двутаврового сечения, работающих по балочной схеме



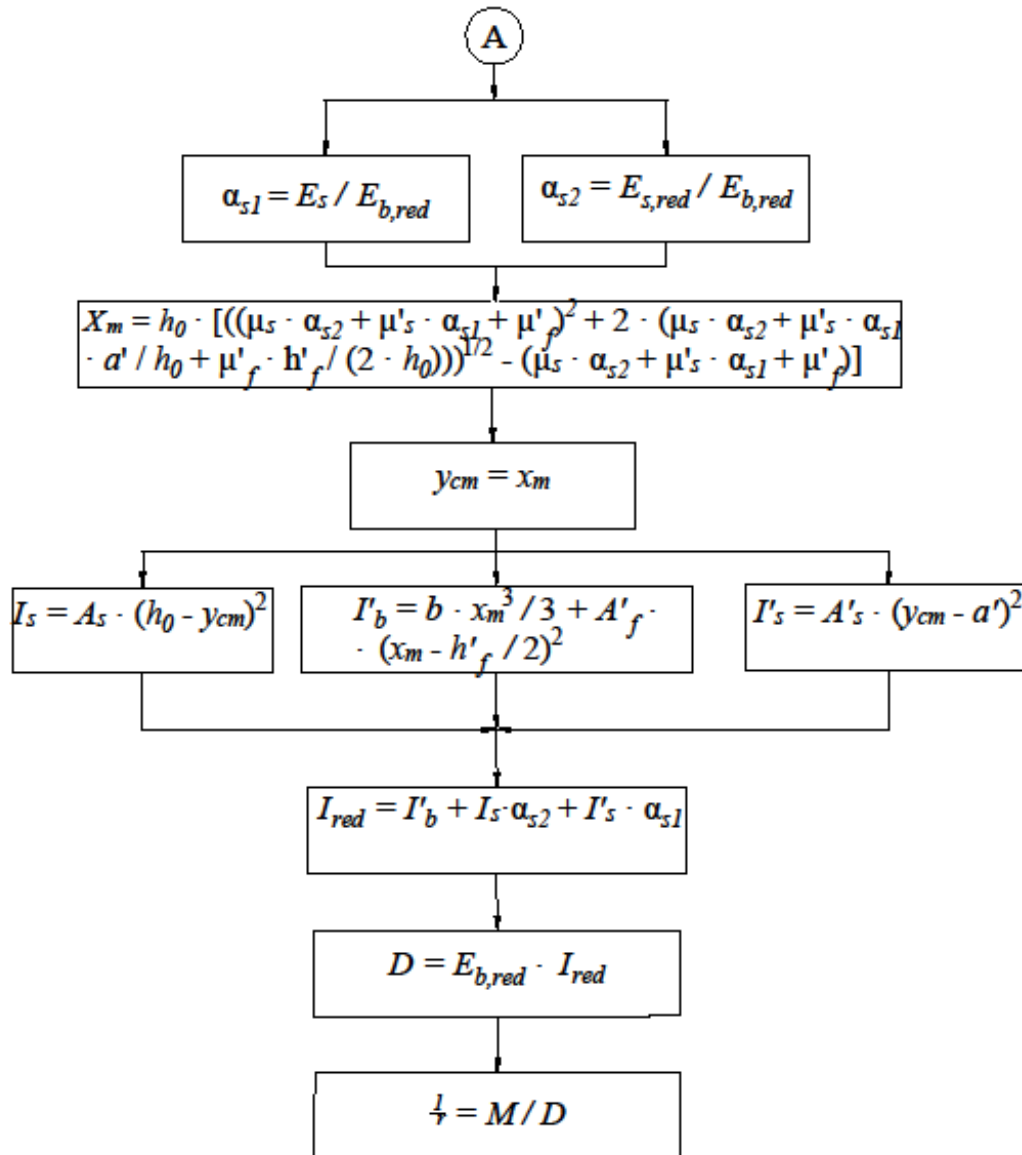


Рис. 3. Алгоритм расчета кривизны изогнутой оси железобетонного элемента с трещинами в растянутой зоне

(рис. 1), с расчетными пролетами l_0 от 5,0 до 6,3 м и номинальной шириной поперечного сечения от 1100 до 1600 мм. Величина изгибающего момента M от полной нормативной нагрузки варьировалась в пределах от 10,10 до 55,22 кН/м², от постоянной и длительной нормативной нагрузки – от 8,05 до 46,60 кН/м². Армирование полок принято на основании расчета прочности нормальных сечений: верхней (растянутой) полки ($n \times d_s$) – в стадии эксплуатации, нижней (сжатой) полки ($n \times d'_s$) – в стадии транспортировки и монтажа. Все элементы испытывали вторую стадию НДС, то есть в растянутой зоне элементов образовались трещины, но ширина их раскрытия не превышала предельно допустимых значений.

Результаты расчета деформаций (прогибов) изгибаемых железобетонных элементов с трещинами в растянутой зоне представлены в таблице.

Проведенные расчеты показывают, что в 29 % случаев прогиб не превышает предельно допустимого значения; в 71 % случаев прогиб превышает предельно допустимое значение.

В большинстве случаев армирование изгибаемых железобетонных элементов с трещинами в растянутой зоне, принятое из расчета по несущей способности, недостаточно для обеспечения требований второй группы предельных состояний (по деформациям). Для уменьшения прогибов железобетонных элементов рекомендуется на стадии проектирования применять следующие меры: увеличить высоту сечения h ; повысить класс бетона R_b ;

Результаты расчета элементов

Элемент	Размеры, мм					$n \times d_s$, мм	$n \times d'_s$, мм	M , кН·м		Предельно Допустимый прогиб, f_{ult} , мм	Прогиб элемента от нагрузки, f , мм	*
	b_f	b'_f	h_0	b	l_0			от полной нагрузки	от постоянной плюс длительной нагрузки			
1	1380	1360	200	359	5900	8 Ø 14A400	8 Ø 5Bp500	55,22	40,86	3,93	4,87	–
2	1280	1260	200	359	5900	7 Ø 10A400	7 Ø 3Bp500	28,16	19,28	3,40	2,79	+
3	1180	1190	200	302	6300	7 Ø 16A400	7 Ø 4Bp500	69,70	46,60	4,20	8,90	–
4	1080	1060	200	459	5700	7 Ø 12A400	7 Ø 5Bp500	38,78	29,40	3,80	1,60	+
5	1380	1360	200	358	5100	8 Ø 12A400	8 Ø 3Bp500	36,50	26,00	3,60	6,60	–

- 27 -

6	1480	1460	200	459	5900	8 Ø 14A400	8 Ø 3Bp500	45,86	31,02	3,93	5,54	–
7	1080	1060	200	345	5000	6 Ø 10A400	6 Ø 3Bp500	26,90	17,80	3,60	6,60	–
8	1580	1560	200	302	5900	7 Ø 10A400	7 Ø 3Bp500	23,95	17,47	3,93	5,44	–
9	1380	1360	200	359	5000	8 Ø 10A400	8 Ø 3Bp500	10,10	8,05	3,35	1,30	+
10	1380	1360	200	359	4900	8 Ø 8A400	8 Ø 5Bp500	25,16	19,15	3,27	6,23	–
11	1080	1060	200	345	6300	8 Ø 12A400	8 Ø 5Bp500	41,87	33,59	4,20	6,70	–
12	1580	1560	200	416	5900	9 Ø 14A400	9 Ø 5Bp500	52,91	42,99	3,93	3,60	–
13	1180	1160	200	302	4400	6 Ø 10A400	6 Ø 3Bp500	24,24	19,30	3,60	6,68	–
14	1480	1460	200	316	5400	8 Ø 12A400	8 Ø 3Bp500	39,42	30,62	3,60	6,68	–

П р и м е ч а н и е: "+" – прогиб не превышает предельно допустимого значения; "–" – прогиб превышает предельно допустимое значение.

увеличить площадь сечения арматуры (количество стержней); применить предварительное напряжение арматуры.

Выводы. Выполнен расчет по деформациям изгибаемых железобетонных элементов с трещинами в растянутой зоне, армированных на основании расчета по несущей способности. Проведен анализ результатов расчета, в результате которого установлено, что в большинстве случаев армирование изгибаемых железобетонных элементов с трещинами в растянутой зоне, принятое из расчета по несущей способности, недостаточно для обеспечения требований второй группы предельных состояний (по деформациям). Предложены меры на стадии проектирования для уменьшения прогибов железобетонных элементов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01 – 2003. С изменением № 1. – М., 2015.
2. Поправка И.А., Борец А.Ю., Алёшина Е.А. Разработка алгоритмов расчета изгибаемых железобетонных элементов по деформациям. – В кн.: Наука и инновации в современных условиях. Сборник статей Международной научно-практической конференции (20 января 2017 г., Казань). В 4 ч. Ч. 3. – Уфа: АЭТЕРНА, 2017. С. 73 – 77.
3. Поправка И.А., Борец А.Ю., Алёшина Е.А. Разработка алгоритма расчета кривизны изогнутой оси железобетонного элемента с трещинами в растянутой зоне. – В кн.: Новая наука: стратегии и векторы развития: Международное научное периодическое издание по итогам Международной научно-практической конференции (8 марта 2017 г., Магнитогорск). В 3 ч. Ч. 2. – Стерлитамак: АМИ, 2017. С. 118 – 121.
4. Поправка И.А., Архипова А.С., Алёшина Е.А. Анализ трещиностойкости изгибаемых железобетонных элементов. – В кн.: Новая наука: от идеи к результату. Международное научное периодическое издание по итогам Международной научно-практической конференции (22 октября 2016 г., Сургут). В 3 ч. Ч. 3. – Стерлитамак: АМИ, 2016. С. 88 – 91.
5. Истерин Е.В., Татарников Д.В., Алёшина Е.А. Разработка алгоритма расчета ширины раскрытия нормальных трещин железобетонных элементов. – В кн.: Приоритеты и научное обеспечение технологического прогресса. Сборник статей Международной научно-практической конференции (10 октября 2016 г., Нижний Новгород). – Уфа: АЭТЕРНА, 2016. С. 52 – 54.
6. СП 20.13330.2016. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07 – 85*. Утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 3 декабря 2016 г. № 891/пр и введен 04.06.2017 г.

© 2018 г. *Е.А. Алёшина, А.Ю. Борец,
Д.И. Алёшин*
Поступила 9 июля 2018 г.