

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КРИВИЗНЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА НАПРЯЖЕНИЯ В БЕТОНЕ

Узун И.А., Дорожкин В.В., Майстренко О.Ф. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

Рассмотрено влияние скорости изменения кривизны железобетонных элементов во времени на характерное значение градиента деформаций по высоте сжатой зоны K_{oc} . Значение K_{oc} используется для определения коэффициента $\bar{\gamma}_{bq}$, увеличивающего напряжения в бетоне сжатой зоны на 10...20%.

Методика измерения напряжений и деформаций эксплуатируемых железобетонных конструкций подробно описана в работе [1]. Основным фактором, влияющим на напряжения, является градиент деформаций по высоте сжатой зоны. Рассматриваем напряжения и деформации, развиваемые в бетоне сжатой зоны согласно диаграмме $\sigma_b - \epsilon_b$ с нисходящим участком. По результатам исследования [2] предложено корректировать параметры диаграмм $\sigma_b - \epsilon_b$ путем умножения напряжений $\hat{\sigma}_b$ и деформаций $\hat{\epsilon}_b$, соответствующих вершинам диаграмм, на коэффициенты $\bar{\gamma}_{bq}$ и $\bar{\gamma}_{bq}^2$ соответственно.

Коэффициент влияния градиента деформаций [2] предложено определять по формуле:

$$\bar{\gamma}_{bq} = 0,6 + 0,4 \cdot \sqrt[4]{K/K_{oc}}, \quad (1)$$

$$\bar{\gamma}_{bq} = 1 \dots 1,2,$$

где K_{oc} – характерное значение градиента деформаций укорочения

$$K_{oc} = \frac{1,06 + 0,02 \cdot (R_b / R_o)}{L_o}, \quad (2)$$

здесь сопротивление бетона сжатию R_b в МПа, $R_o = 10$ МПа, $L_o = 105$ см.

При кратковременном действии нагрузки для бетона классов В15...В50 $K_{oc} = (1,07 \dots 1,16) \cdot 10^{-5} \cdot \text{см}^{-1}$. При кривизне $K \leq K_{oc}$ коэффициент $\bar{\gamma}_{bq} = 1$.

В работе [3] предложена формула (3), позволяющая определять коэффициент $\bar{\gamma}_{bq}$ в процессе расчета

$$\bar{\gamma}_{bq} = 1,294 + 0,235 \cdot \lg \frac{\epsilon_b / \epsilon_{bo}}{x/x_0}, \quad (3)$$

$$\bar{\gamma}_{bq} = 1,1 \dots 1,2,$$

где $\epsilon_b \cdot 10^5$ – относительная деформация укорочения краевого волокна бетона, $\epsilon_{bo} = 100 \cdot 10^5$; x – высота сжатой зоны в см, $x_0 = 1$ см.

При длительном действии нагрузки коэффициент $\bar{\gamma}_{bq}$ дополнительно зависит от скорости изменения кривизны K железобетонного элемента dK/dt . С увеличением этой скорости параметр $K_{oc,t}$ уменьшается. Характерное значение градиента деформаций предложено [2] определять по формуле:

$$K_{oc,t} = \frac{1,06 + 0,02 \cdot (R_b / R_o)}{L_o} \cdot \sqrt{\frac{0,04 + \bar{\chi}}{0,01 \cdot \bar{\chi} + \chi^3}}, \quad (4)$$

где относительное значение скорости изменения кривизны во времени

$$\bar{\chi} = \chi / \chi_o, \quad (5)$$

здесь $\chi = dK/dt$, K – кривизна железобетонного элемента;
 $\chi_o = 1 \cdot 10^{-5} \cdot \text{см}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$

Расчет железобетонных конструкций ведется в шагово-итерационном процессе с учетом зависимости изменения внешней нагрузки во времени, который проводится в следующем порядке. Вначале определяется кривизна элемента K_1 в момент времени t_1 . Затем прикладывается ступень нагрузки в момент времени $(t_1 + \Delta t) = t_2$. Тогда скорость изменения кривизны во времени:

$$\frac{dK}{dt} = \chi \approx \frac{(K_2 - K_1)}{\Delta t}. \quad (6)$$

Точность определения величины χ будет тем ближе к истинному значению χ , чем меньше шаг по времени Δt . Такая процедура выполняется для каждого расчетного сечения, расположенного одно от другого на расстоянии, равном высоте сечения h . В случае нагружения с выдержкой на каждой ступени в формулу (4) подставляют значение χ , определенные по времени с учетом выдержки.

На основе изложенной теории [2,3] нами построен график зависимости характерного значения градиента деформаций K_{oc} от

относительного значения скорости изменения кривизны во времени $\bar{\chi} = \chi / \chi_0$ (см. рис. 1).

При увеличении скорости изменения кривизны во времени χ от 1 до 10 по сравнению со скоростью $\chi_0 = 1 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$ характерное значение градиента деформаций укорочения K_{oc} понижается соответственно с 1,154 до 0,33.

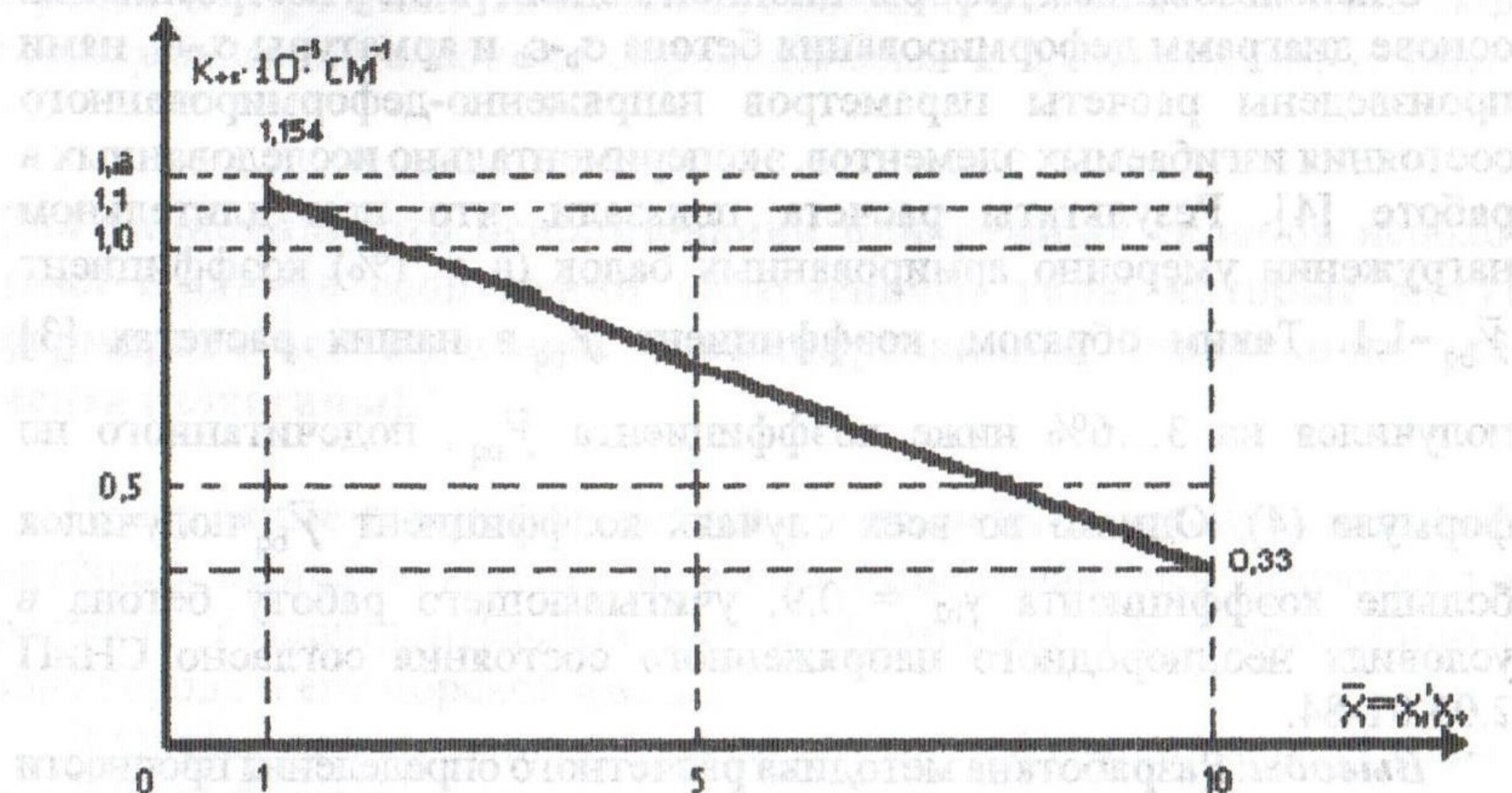


Рис.1 Зависимость характерного значения градиента деформаций K_{oc} от относительного значения скорости изменения кривизны во времени $\bar{\chi} = \chi / \chi_0$.

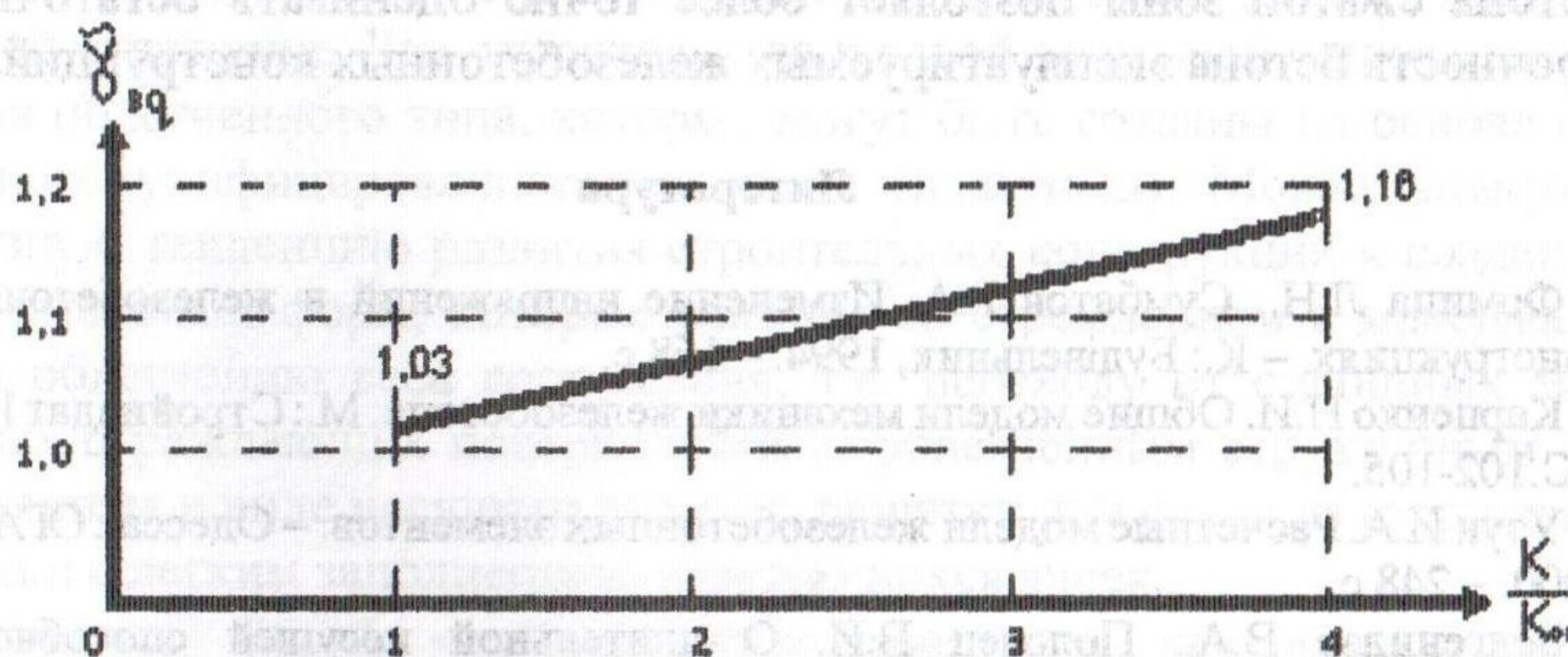


Рис.2. Зависимость коэффициента влияния градиента деформаций укорочения $\bar{\gamma}_{bq}$ от отношения значений градиентов деформаций укорочения K / K_{oc} .

На рис.2 показан график зависимости коэффициента влияния градиента деформаций укорочения $\bar{\gamma}_{bq}$ от отношения значений градиентов деформаций укорочения K/K_{oc} , изменяемых от 1 до 4. Видно, что коэффициент $\bar{\gamma}_{bq}$ при этом увеличивается соответственно от 1,03 до 1,16.

С использованием деформационной модели [2,3,5], построенной на основе диаграмм деформирования бетона $\sigma_b-\epsilon_b$ и арматуры $\sigma_s-\epsilon_s$, нами произведены расчеты параметров напряженно-деформированного состояния изгибаемых элементов, экспериментально исследованных в работе [4]. Результаты расчета показали, что при длительном нагружении умеренно армированных балок ($\mu = 1\%$) коэффициент $\bar{\gamma}_{bq} = 1,1$. Таким образом, коэффициент $\bar{\gamma}_{bq}$ в наших расчетах [3] получился на 3...6% ниже коэффициента $\bar{\gamma}_{bq}$, подсчитанного по формуле (4). Однако во всех случаях коэффициент $\bar{\gamma}_{bq}$ получился больше коэффициента $\gamma_{b2} = 0,9$, учитывающего работу бетона в условиях неоднородного напряженного состояния согласно СНиП 2.03.01-84.

Выводы: Разработана методика расчетного определения прочности сжатой зоны с учетом изменения кривизны эксплуатируемых железобетонных конструкций. Установлено, что увеличение скорости изменения кривизны во времени повышает прочность бетона сжатой зоны от 3 до 16%. Дифференцируемый учет увеличения прочности бетона сжатой зоны позволяет более точно оценивать остаточную прочность бетона эксплуатируемых железобетонных конструкций.

Литература

1. Фомица Л.Н., Сумбатов Р.А. Изменение напряжений в железобетонных конструкциях. – К.: Будівельник, 1994. – 168 с.
2. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. М.: Стройиздат 1996. – С.102-105.
3. Узун И.А. Расчетные модели железобетонных элементов. – Одесса.: ОГАСА, 2000. – 248 с.
4. Зедгенидзе В.А., Половец В.И. О длительной несущей способности изгибаемых элементов // Бетон и железобетон. – 1977. - №11. – С.40-41.
5. Узун И.А., Дорожкин В.В. Оценка несущей способности изгибаемых элементов / Всеукраїнська науково-технічна конференція. – К. : НДБК.-2001. – С. 697-702.