

**ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С УЧЕТОМ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОВРЕЖДЕННОСТИ**

Постернак С.А. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Приводятся результаты экспериментальных исследований влияния на поперечную силу трещинообразования начальной технологической поврежденности, выявленной по поверхности железобетонных балок через коэффициенты технологической поврежденности, определенные по площади и характерных линиях, и количества и качества (дисперсности) минерального наполнителя.

Известно, что состав бетона влияет на структуру, прочностные и деформативные свойства железобетонных конструкций, работающих под влиянием внешних воздействий. К одним из важных структурных параметров можно отнести технологические трещины, возникающие в период технологической переработки бетона в изделия на всех уровнях структурных неоднородностей. Технологические трещины, являясь структурными параметрами бетона, определяют поврежденность конструкций, и тем самым их эксплуатационную надежность. Поэтому работа железобетонных изгибаемых элементов под действием поперечных сил и изгибаемых моментов, характер разрушений по наклонным сечениям и условия их прочности и трещиностойкости зависят от технологической поврежденности бетона. Применение наполнителей, оптимальных по виду, количеству и дисперсности, позволяет управлять начальной технологической поврежденностью бетонных и железобетонных конструкций, что позволяет повышать их физико-технические характеристики. В этой области проведено недостаточно исследований, и в основном, на образцах малых размеров. На их основе не представляется возможным определение влияния начальной поврежденности на работу натуральных конструкций, например, балок, являющихся наиболее распространенным видом железобетонных конструкций. Учитывая, что актуальным остаётся вопрос экономии материальных ресурсов при одновременном обеспечении надёжности конструкций, возникла необходимость исследования влияния технологической поврежденности на прочность и трещиностойкость изгибаемых

элементов по наклонным сечениям с различной дисперсностью и количеством минеральных наполнителей [1...8].

Начало стадии III напряженно-деформированного состояния определяется образованием наклонных трещин, что приводит к значительным качественным и количественным изменениям напряженно-деформированного элемента в целом, бетона и продольной арматуры в частности. Образование наклонных трещин зависит от поперечной силы в момент трещинообразования, поэтому важно изучить влияние на поперечную силу трещинообразования начальной технологической поврежденности, а также количества и качества (дисперсности) минерального наполнителя.

Основная цель статьи заключается в исследовании влияния на относительную поперечную силу трещинообразования начальной технологической поврежденности, определенной по поверхности железобетонных балок и выраженную через коэффициенты технологической поврежденности, определенные по площади и характерным линиям, и количества и качества (дисперсности) минерального наполнителя.

Для получения искомых результатов был выполнен эксперимент, методика проведения которого, состав бетонной смеси, характеристики используемых материалов и опытных образцов приведены в работах [6,8]. Методика исследования начальной технологической поврежденности бетонных образцов и железобетонных элементов, оценка технологической поврежденности при помощи коэффициентов технологической поврежденности по площади (Kn_s) и характерным линиям (Kn_L), а также их обоснование и физический смысл представлены в работах [6,7]. Результаты определения технологической поврежденности по поверхности образцов балок представлены в таблице 1.

Опытные изгибаемые элементы армировались сварными пространственными каркасами с продольной рабочей арматурой периодического профиля класса А400С и диаметром 10мм (рисунок 1).

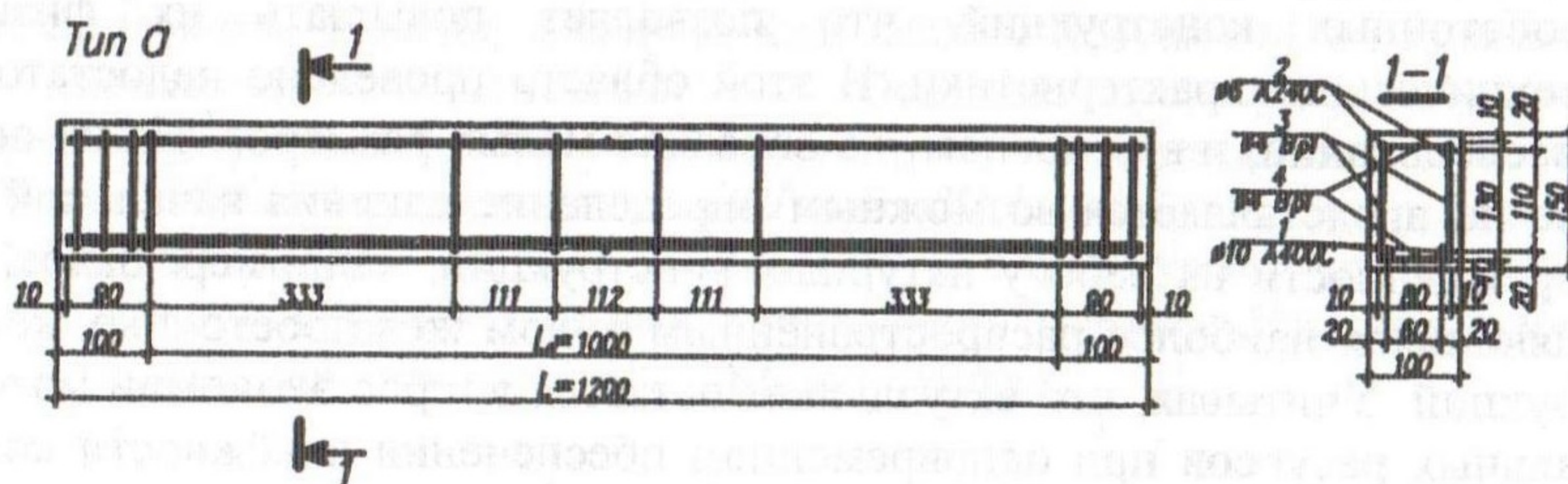


Рис. 1. Схема армирования.

На приопорных участках $1/3L_0 = 333\text{мм}$ поперечное армирование отсутствует, что обусловлено изучением работы бетона в зоне совместного действия изгибающего момента и поперечной силы, $\alpha=2,56h_0$ и $\mu_s=1,2\%$.

Таблица 1.

Коэффициенты начальной технологической поврежденности (Kn_L, Kn_s) и длины начальных технологических трещин (T_0), определенные по образцам-балкам

№ опыта	Поперечная линия ($L_l=15\text{см}$)		Наклонная линия ($L_l=36,5\text{см}$)		Наклонная линия ($L_l=31,1\text{см}$)		Площадь ($S=225\text{см}^2$)	
	T_0 , см	Kn_L , см/см	T_0 , см	Kn_L , см/см	T_0 , см	Kn_L , см/см	T_0 , см	Kn_s , см/см ²
1	43,7	0,343	98,5	0,370	83,0	0,375	268	1,19
2	48,8	0,307	102,0	0,358	88,0	0,353	250	1,11
3	56,6	0,265	127,5	0,286	104,0	0,299	160	0,71
4	49,2	0,305	140,6	0,260	114,0	0,273	203	0,90
5	52,8	0,284	124,0	0,294	105,0	0,296	207	0,92
6	58,4	0,257	144,0	0,253	119,5	0,260	133	0,59
7	48,4	0,310	114,5	0,319	96,0	0,324	252	1,12
8	47,5	0,316	112,0	0,326	93,0	0,334	227	1,01
9	49,2	0,305	141,0	0,259	118,0	0,264	167	0,74

Экспериментальные балки испытывались на изгиб с целью получения опытных значений усилий и деформаций, характеризующих прочность и трещиностойкость по наклонным сечениям. Они испытывались по статической схеме как однопролетные, свободно опертые, нагруженные сосредоточенными силами расположенными на $L_0/3$ от опор. Схема нагружения представлена на рисунке 2. Результаты определения внутренних усилий трещинообразования и разрушения

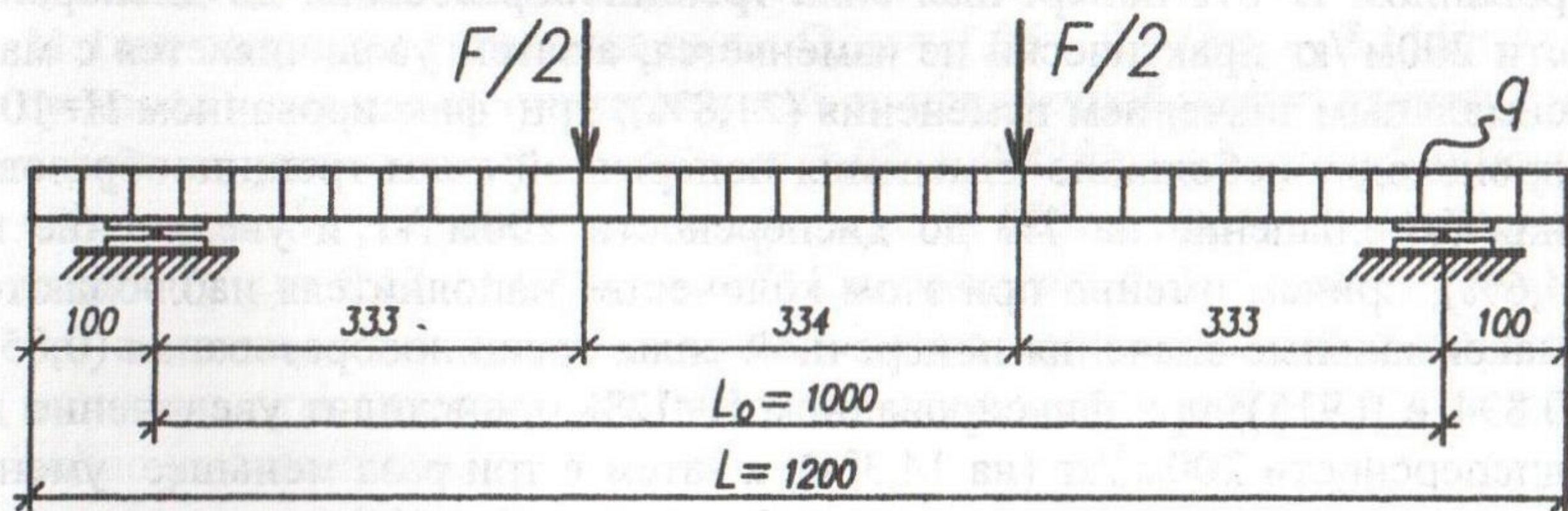


Рис.2. Схема нагружения.

железобетонных балок представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Трещинообразование и разрушение железобетонных балок

№ опыта	$Q_{crc,exp}$ Н	$\frac{Q_{u,exp}}{Q_{b,exp}}$ Н	$\frac{Q_{crc,exp}}{Q_{u,exp}}$	$Q'_{crc} = \frac{Q_{crc,exp}}{R_{bt}bh_0}$	$M_{crc,exp}$ Н*М	$M_{u,exp}$ Н*М
1	12500	18000	0,694	0,714	4163	5994
2	13250	21750	0,609	0,717	4412	7243
3	17250	29250	0,590	0,873	5744	9740
4	17500	30250	0,579	0,915	5828	10073
5	16500	29700	0,556	0,855	5495	9890
6	18000	32250	0,558	0,894	5994	10739
7	13000	22000	0,591	0,697	4329	7326
8	15250	27250	0,560	0,797	5078	9074
9	14750	23500	0,628	0,767	4912	7826

Величина относительной поперечной силы трещинообразования (Q'_{crc}) в зависимости от количества и качества наполнителя изменяется в пределах от 0,697 до 0,915 (на 31,3%) и представлена в таблице 2.

Влияние количества наполнителя (Н) на относительную поперечную силу трещинообразования отражено на рисунке 3А. При изменении Н от 8 до 10% при постоянных дисперсностях $S_y=100,200$ и $300\text{м}^2/\text{кг}$ наблюдается увеличение Q'_{crc} (при максимальном изменении 28,2% для Н от 8 до 10% и $S_y=100\text{м}^2/\text{кг}$), а при изменении Н от 10 до 12% уменьшение по всем дисперсностям (при максимальном изменении 31,3% для Н от 10 до 12% и $S_y=100\text{м}^2/\text{кг}$).

Влияние S_y на Q'_{crc} представлено на рисунке 3Б. При изменении дисперсности от 100 до $300\text{м}^2/\text{кг}$ наблюдается следующее: при фиксированном Н=8% поперечная сила трещинообразования до дисперсности $200\text{м}^2/\text{кг}$ практически не изменяется, а затем увеличивается с максимальным значением изменения (21,8%); при фиксированном Н=10% происходят небольшие изменения поперечной силы трещинообразования (уменьшение на 7% до дисперсности $200\text{м}^2/\text{кг}$ и увеличение на 4,6%), причем именно при этом количестве наполнителя наблюдаются максимальные значения поперечной силы трещинообразования (0,855; 0,894 и 0,915); при фиксированном Н=12% происходит увеличение до дисперсности $200\text{м}^2/\text{кг}$ (на 14,3%), а затем в три раза меньшее уменьшение поперечной силы трещинообразования (на 4%);

Максимальные значения величины относительной поперечной силы трещинообразования ($Q'_{сгс}$) получены при изменении дисперсности от 100 до 300 м²/кг и фиксированном значении количества наполнителя 10%.

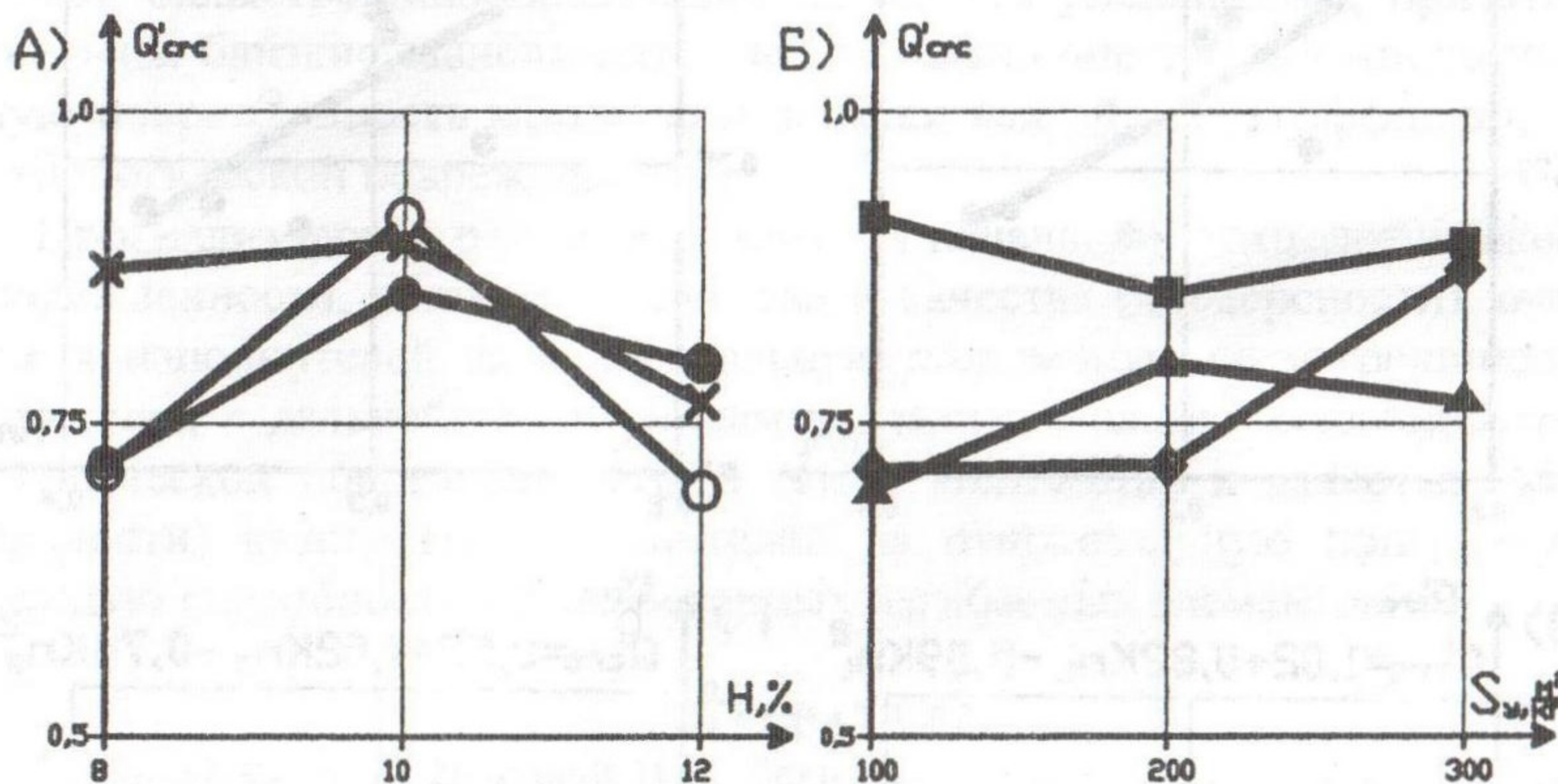


Рис.3. Влияние на относительную поперечную силу трещинообразования

- | | |
|--|--|
| <p>А) количества наполнителя</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ — дисперсность наполнителя $S_{y1}=100 \frac{\text{м}^2}{\text{кг}}$ ● — дисперсность наполнителя $S_{y1}=200 \frac{\text{м}^2}{\text{кг}}$ × — дисперсность наполнителя $S_{y1}=300 \frac{\text{м}^2}{\text{кг}}$ | <p>Б) дисперсности наполнителя</p> <ul style="list-style-type: none"> ● — количество наполнителя $H=8\%$ ■ — количество наполнителя $H=10\%$ ▲ — количество наполнителя $H=12\%$ |
|--|--|

Установлены зависимости начальной (технологической) поврежденности на относительную поперечную силу трещинообразования. Данные зависимости являются нелинейными, парными, квадратичными уравнениями. При влиянии технологической поврежденности выраженной: через Kn_L , определенный по наклонной линии длиной 36,5 см, получено уравнение вида: $Q'_{сгс} = 1,43 - 2,64Kn_L + 1,89Kn_L^2$ (рисунок 4А); через Kn_L , определенный по наклонной линии длиной 31,1 см, получено уравнение вида: $Q'_{сгс} = 1,06 - 0,17Kn_L - 2,11Kn_L^2$ (рисунок 4Б); через Kn_L , определенный по поперечной линии длиной 15 см, получено уравнение вида: $Q'_{сгс} = 1,02 + 0,82Kn_L - 5,09Kn_L^2$ (рисунок 4В); через Kn_s , определенный по площади 225 см², получено уравнение вида: $Q'_{сгс} = 0,52 + 1,02Kn_s - 0,74Kn_s$ (рисунок 4Г). Данные зависимости показывают, что с увеличением технологической поврежденности величина относительной поперечной силы трещинообразования нелинейно уменьшается.

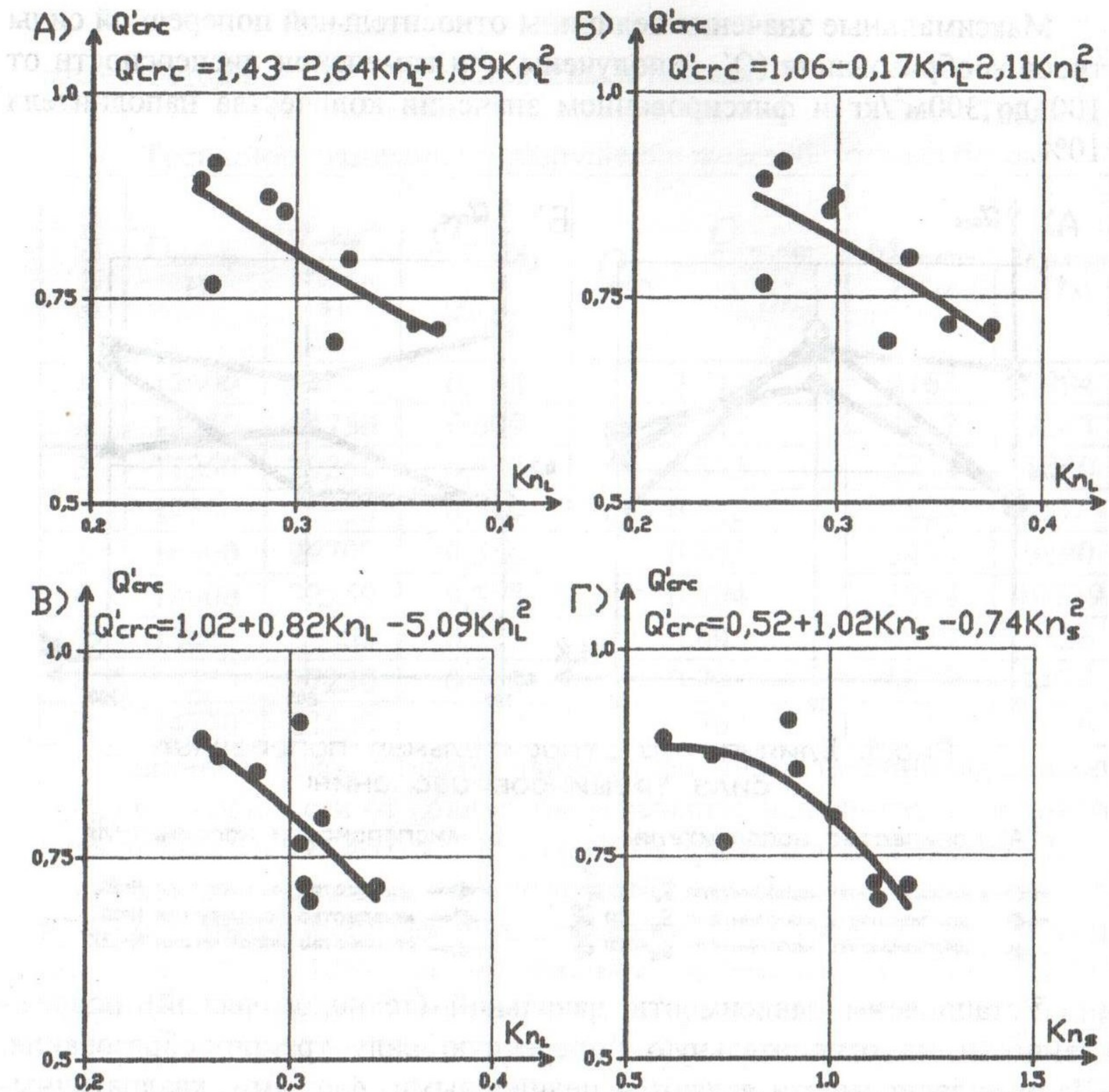


Рис.4. Зависимость относительной поперечной силы трещинообразования от технологической поврежденности, измеренной по:

А – наклонной линии балки (36,5см); Б – наклонной линии балки (31,1см); В – поперечной линии балки (15см); Г – площади балки (225см²);

Анализ полученных результатов показывает, что подтверждается участие наполнителей в организации структуры, образовании и развитии трещин, а значит, и в формировании начальной технологической поврежденности, на которую оказывают влияние, как количество, так и качество (дисперсность) кварцевых наполнителей, а также влиянии начальной технологической поврежденности на величину относительной поперечной силы трещинообразования. Направленное применение

наполнителей дает возможность в достаточно широких пределах изменять начальную (технологическую) поврежденность, что позволяет более полно использовать потенциальные свойства бетона. С увеличением технологической поврежденности величина относительной поперечной силы трещинообразования нелинейно уменьшается, при этом получены близкие зависимости, следовательно оценивать технологическую поврежденность можно при помощи каждого из коэффициентов технологической поврежденности.

Проанализировав результаты влияния начальной (технологической) поврежденности, а также количества и качества (дисперсности) кварцевых наполнителей на относительную поперечную силу трещинообразования, в дальнейшем перейдем к анализу влияния начальной технологической поврежденности, а также количества и качества (дисперсности) кварцевых наполнителей на относительную поперечную несущую способность железобетонных изгибаемых элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дорофеев В.С., Выровой В.Н. Технологическая поврежденность строительных материалов и конструкций: Монография. – О.: Город мастеров, 1998. – 168с.
2. Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости / В.И. Соломатов, В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, А. В. Сиренко. - К.: Будивельник, 1991. – 144 с.
3. Дорофеев В.С., Выровой В.Н., Соломатов В.И. Пути снижения материалоемкости строительных материалов и конструкций: Учебное пособие. – К.: УМК ВО, 1989. – 79 с.
4. Выровой В.Н., Дорофеев В.С. Методические рекомендации. Материалоемкость строительных конструкций. – Одесса: ОИСИ, 1990г. – 70с.
5. Соломатов В.И., Выровой В.Н., Дорофеев В.С. Методические рекомендации. Основы композиционных строительных материалов. – Харьков: ХИ-ИГХ, 1990г. – 52с.
6. Постернак С.А., Олейник Н.В., Постернак И.М. Влияние количества и качества наполнителя на начальную технологическую поврежденность // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. пр. – Рівне: УДУВГП, – 2003. – вип. 9. – С. 105 – 111.
7. Постернак С.А., Постернак А.А., Олейник Н.В., Постернак И.М. Оценка технологической поврежденности бетонных призм // Будівельні конструкції: Зб. наук. пр. – К.: НДІБК. – 2003. – вип. 58. – С. 84 – 89.
8. Постернак С.А., Олейник Н.В., Постернак И.М. Влияние количества и качества наполнителя на прочность и деформативность бетонных призм // Вестник ОГАСА. вип. 9, - Одесса, 2003. – с. 163 – 168.