

ХАРАКТЕР ОБРАЗОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ТРЕЩИН В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛКАХ ПРИ ДЕЙСТВИИ МАЛОЦИКЛОВОЙ НАГРУЗКИ¹

Бреднёв А.М., Пушкарь Н.В. (*Одесская государственная академия
строительства и архитектуры*)

В статье описывается характер образования и развития трещин, а также влияние относительной проекции наклонной трещины и технологической повреждённости на величину относительной поперечной силы трещинообразования по результатам испытания железобетонных балок по наклонным сечениям при действии малоциклового нагружения. Кроме того, сопоставляются экспериментальные данные двух авторов.

В реальных условиях эксплуатации на бетонные и железобетонные конструкции зданий и сооружений действуют нагрузки, которые могут за период эксплуатации достигнуть значений, близких к максимальным, от нескольких до сотен раз. Большинство конструкций подвержено малоцикловым нагружениям. Малоцикловыми нагружениями можно считать ветровые и снеговые максимальной интенсивности, сейсмические, волновые, аварийные и другие подобные нагрузки, причем они носят всегда случайный характер и заранее нельзя знать сколько раз за время эксплуатации конструкция будет подвергаться таким воздействиям. [1]

Малоцикловое воздействие нагрузки вызывает изменение прочностных и деформативных свойств бетона. При этом в бетоне происходит сдвиг микрочастиц, перераспределение усилий внутри материала и в некоторых случаях прочность его повышается.[2]

Известно, что характер трещинообразования и развития трещин в железобетонных изгибаемых элементах влияют на их деформации, прогибы и несущую способность. Исходя из этого, в данной статье рассматривается характер появления и развития нормальных и наклонных трещин в железобетонных балках при действии малоциклового нагружения, а также влияние на появление

¹ Работа выполнена под руководством д.т.н., профессора Дорофеева В.С.

наклонных трещин ряда исследуемых факторов: технологической повреждённости и относительной проекции наклонной трещины.

В качестве объектов испытания используются железобетонные балки размером $l \times h \times b$ - 120x15x10 см. Изготавливались 3 серии балок (по 2 балки в каждой серии) с коэффициентом армирования 0,75% для 1-й серии, 1,16% – для 2-й и 1,67% - для 3-й серии. Все балки изготовлены из бетона одного состава, но в несколько разных замесов.

Образцы имели разную степень технологической повреждённости, что можно объяснить влиянием случайных технологических факторов, таких как незначительное отличие в массе исходных компонентов между замесами и время вибрирования образцов. Все балки к моменту испытания имели одинаковый возраст.

Нагрузки производились циклами – до 12 циклов на каждый образец. На каждом цикле нагрузка принималась равной $0,85 F_{\text{разр}}$.

Величины внутренних усилий трещинообразования и разрушения балок представлены в табл.1.

В процессе испытаний экспериментальных образцов можно было наблюдать ряд закономерностей, которые в той или иной степени были характерны для всех балок.

Так, первые нормальные трещины в каждом образце возникали при 1 либо 2 цикле нагружения, при этом их длина находилась в пределах от 5 до 40 мм, но около 80% трещин имело длину 10-20 мм. Ширина раскрытия указанных трещин не превышала 0,05 мм. При дальнейших нагружениях количество и размеры наклонных трещин постепенно возрастали. Следует отметить, что у всех опытных образцов нормальные трещины до 4-5 циклов нагружения (у балки БЗ-2 до 8 цикла) развивались точно по траекториям технологических трещин и только потом они росли по вертикали, пересекая технологические блоки.

Первые наклонные трещины в образцах начали проявляться на 3-6 циклах испытаний (у балки БЗ-2 на 8 цикле). Длина их составляла от 5 до 60 мм, ширина раскрытия 0,03-0,08 мм. При дальнейших нагружениях их количество и размеры также увеличивались, как правило, по направлению от груза к опоре.

Разрушение балок происходило при достижении соответствующих нагрузок (см. табл. 1) по двум типам: от раздробления бетона сжатой зоны над вершиной наклонной трещины, а также из-за проскальзывания арматуры.

Таблица 1

Внутренние усилия трещинообразования и разрушения
железобетонных балок по наклонным сечениям

Мар- ка балки	$Q_{crc,exp},$ H	$Q_{u,exp} =$ $Q_{b,exp}$ H	$M_{crc,exp},$ HxM	$M_{u,exp},$ HxM	$\frac{M_{crc,exp}}{M_{u,exp}}$
1	2	3	4	5	6
Б1-1	14700	23000	4851	7590	0,64
Б1-2	15400	23500	5082	7755	0,65
Б2-1	15100	24000	4983	7920	0,63
Б2-2	15100	24000	4983	7920	0,63
Б3-1	14900	23000	4917	7590	0,65
Б3-2	15500	24000	5115	7920	0,65

Проекции наклонных (критической и некритической) трещин составляли 15-25 см, углы наклона трещин находились в пределах 31-46°.

Сравнивая результаты испытаний соответствующих по коэффициенту армирования балок на статику, проведённых Пушкарь Н.В. в 2001 году [5], а также Бреднёвым А.М. в 2005 году при действии малоцикловых нагрузок, можно сделать следующие выводы.

Наблюдается схожесть динамики образования и развития как нормальных, так и наклонных трещин. Кроме того, разрушение балок в экспериментах Пушкарь Н.В. происходило по тем же причинам, что и в испытаниях Бреднёва А.М.

В экспериментах Пушкарь Н.В. наблюдается большой разброс величин проекций на горизонтальную ось наклонных трещин (12-26 см), а также углов их наклона (30-65°). В качестве причин данного факта можно назвать большее количество железобетонных балок у Пушкарь Н.В., а также различный вид нагружения опытных образцов авторов статьи.

Внутренние усилия трещинообразования опытных образцов в экспериментах Бреднёва А.М. приведены в таблице 2.

Величина относительной поперечной силы трещинообразования для указанных балок изменяется от 0,68 до 0,79 (на 16%).

Внутренние усилия трещинообразования опытных образцов

Марка балки	$\frac{Q_{,crc,exp}}{R_{bt} \cdot b \cdot h_0}$
Б1-1	0.75
Б1-2	0.79
Б2-1	0.68
Б2-2	0.68
Б3-1	0.76
Б3-2	0.79

Рассматривая зависимость относительной поперечной силы трещинообразования от относительной проекции наклонной трещины ($c_{o,exp}/h_0$), следует отметить, что в экспериментальных балках при увеличении последней величины от 1,41 до 1,85 (на 31%) значения относительной поперечной силы образования наклонных трещин увеличиваются от 0,68 до 0,79 (на 16%) при наибольшем отклонении –1,68 (рис.1).

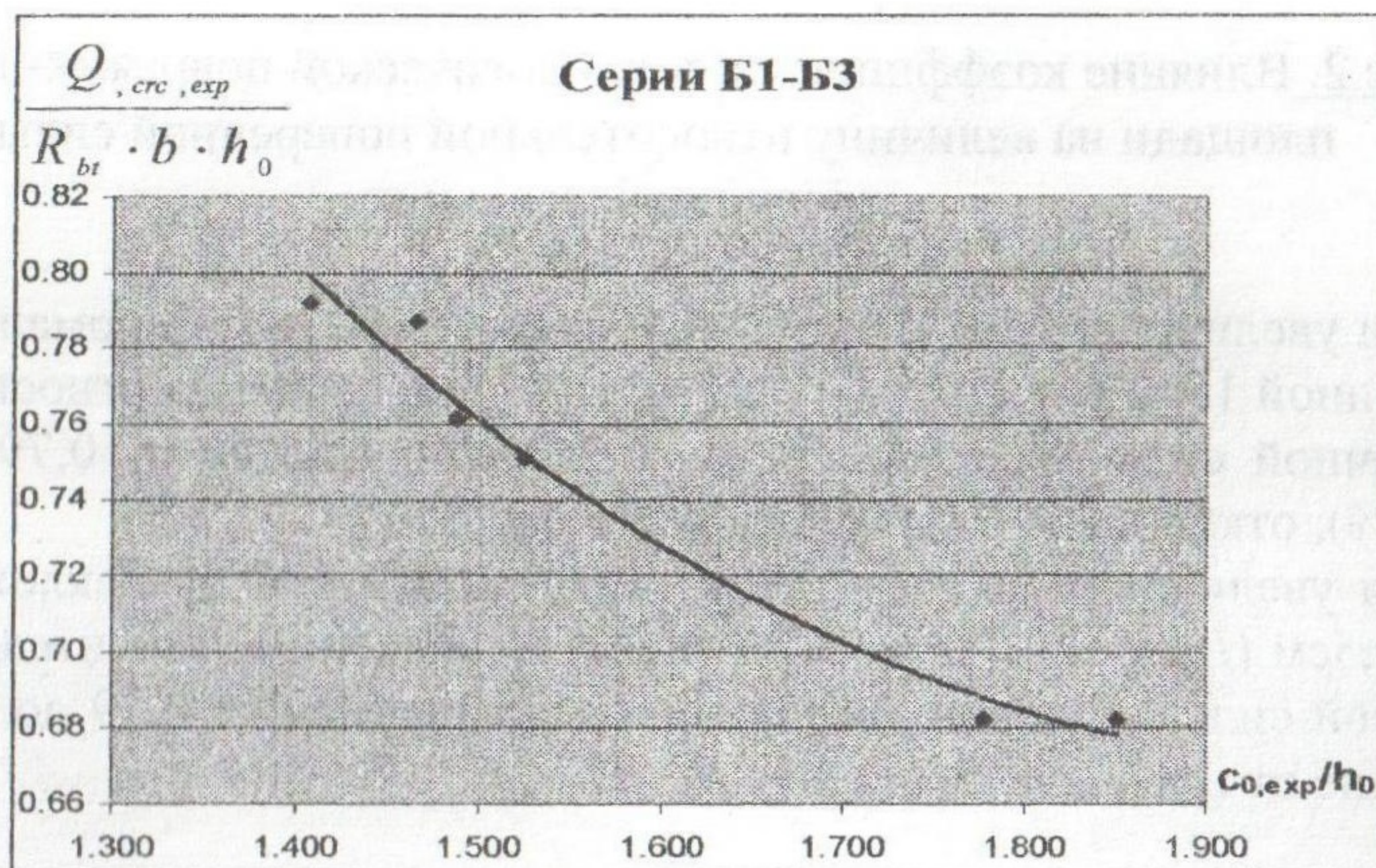


Рис.1. Влияние относительной проекции наклонной трещины на величину относительной поперечной силы трещинообразования

Изучая влияние коэффициента технологической повреждённости на величину относительной поперечной силы трещинообразования, отметим, что в балках серий Б1, Б2, Б3 при увеличении коэффициента повреждённости по площади ($K_{пл}$) от 0,76 до 0,92 (на 21%) значения относительной поперечной силы трещинообразования уменьшаются от 0,79 до 0,68 (на 16%), отклонение от графика – 3,02 (рис. 2).

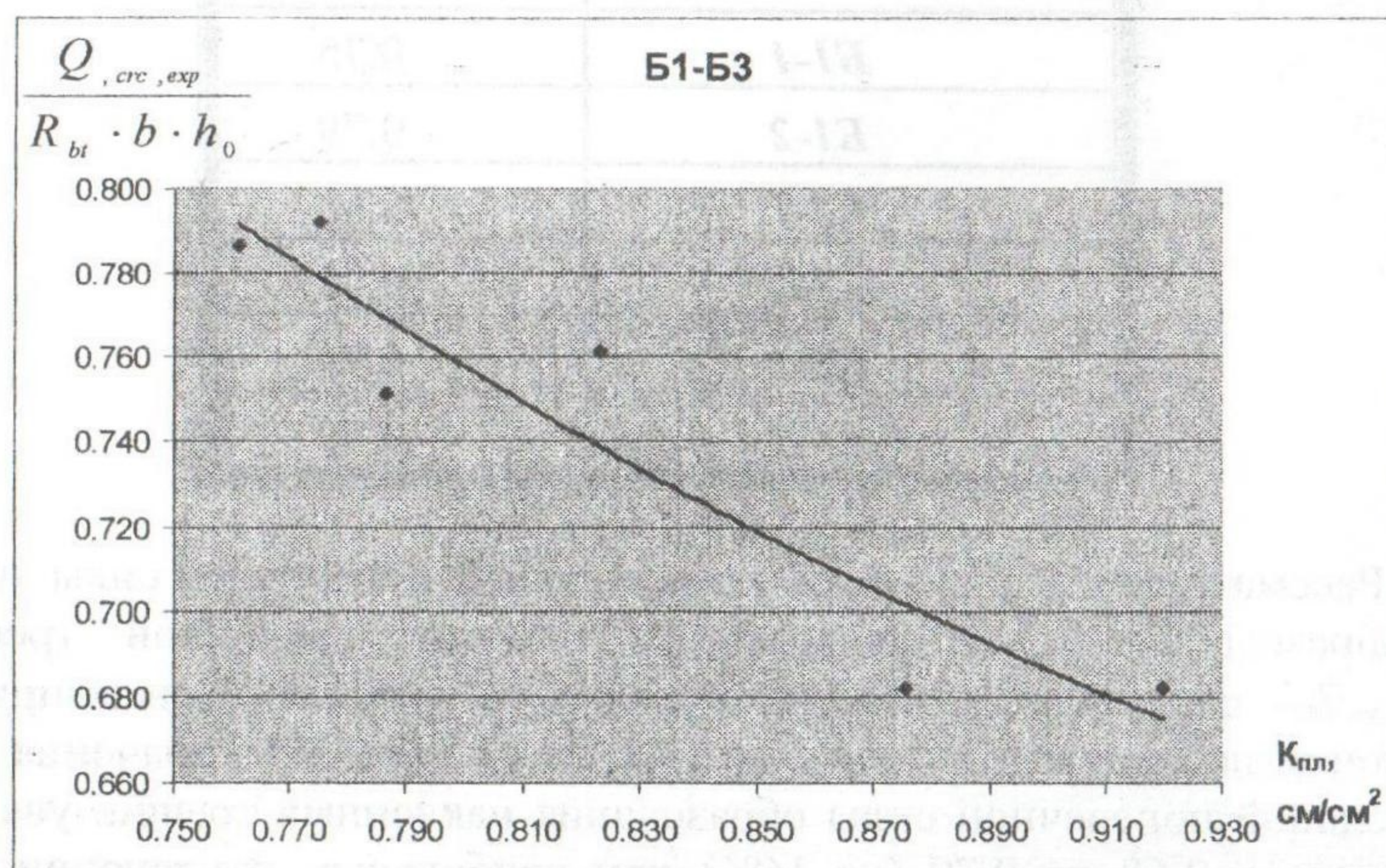


Рис.2. Влияние коэффициента технологической повреждённости по площади на величину относительной поперечной силы трещинообразования

При увеличении коэффициента повреждённости по нормальной линии длиной 15см (K_{15}) от 1,43 до 1,68 (на 17%) значения относительной поперечной силы трещинообразования уменьшаются от 0,79 до 0,68 (на 16%), отклонение от графика – 3,16 (рис. 3).

При увеличении коэффициента повреждённости по наклонной линии 29,5см ($K_{29,5}$) от 1,28 до 1,77 (на 38%) значения относительной поперечной силы трещинообразования уменьшаются от 0,79 до 0,68, отклонение от графика – 3,21 (рис. 4).

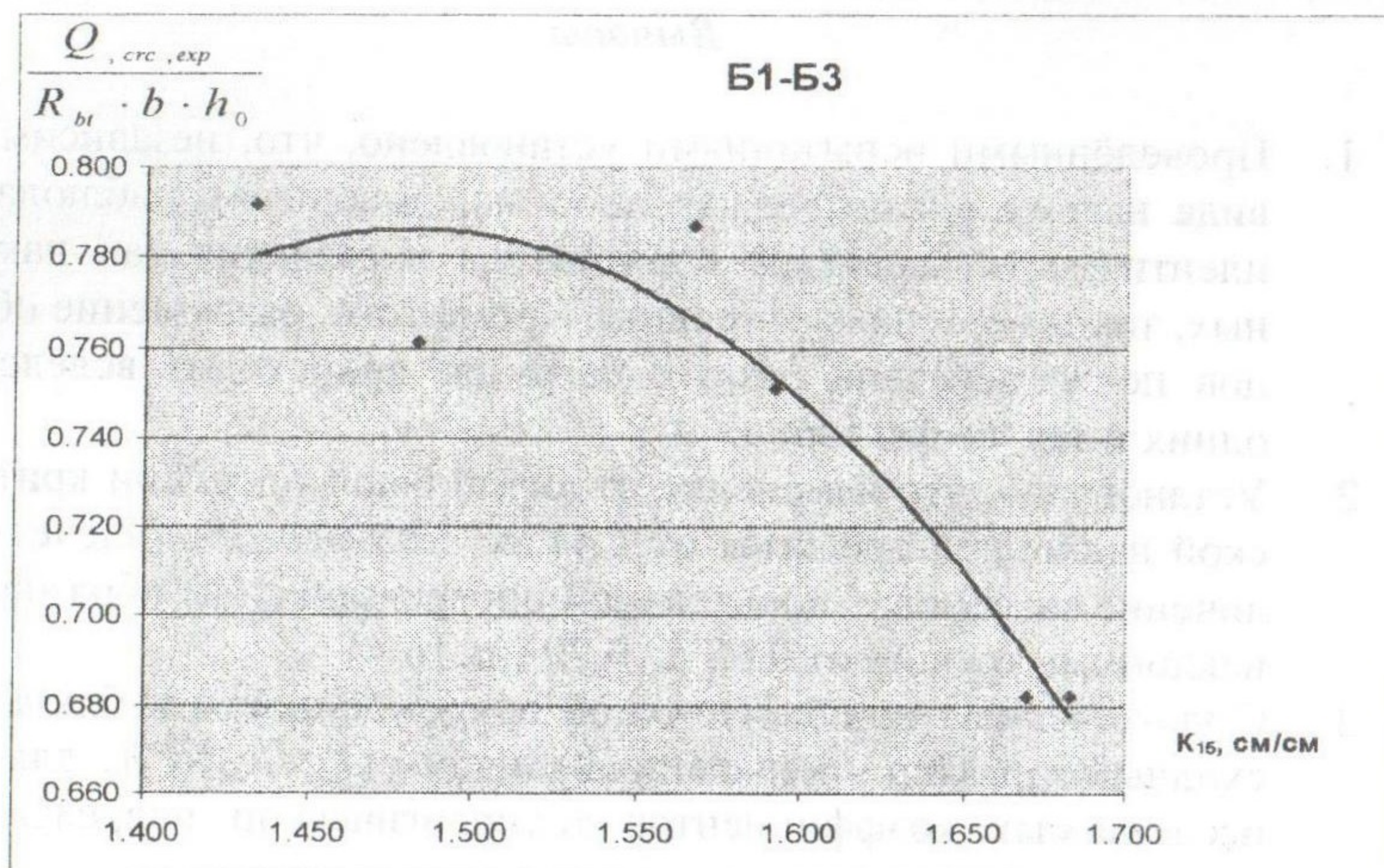


Рис.3. Влияние коэффициента технологической повреждённости по линии 15 см на величину относительной поперечной силы трещинообразования

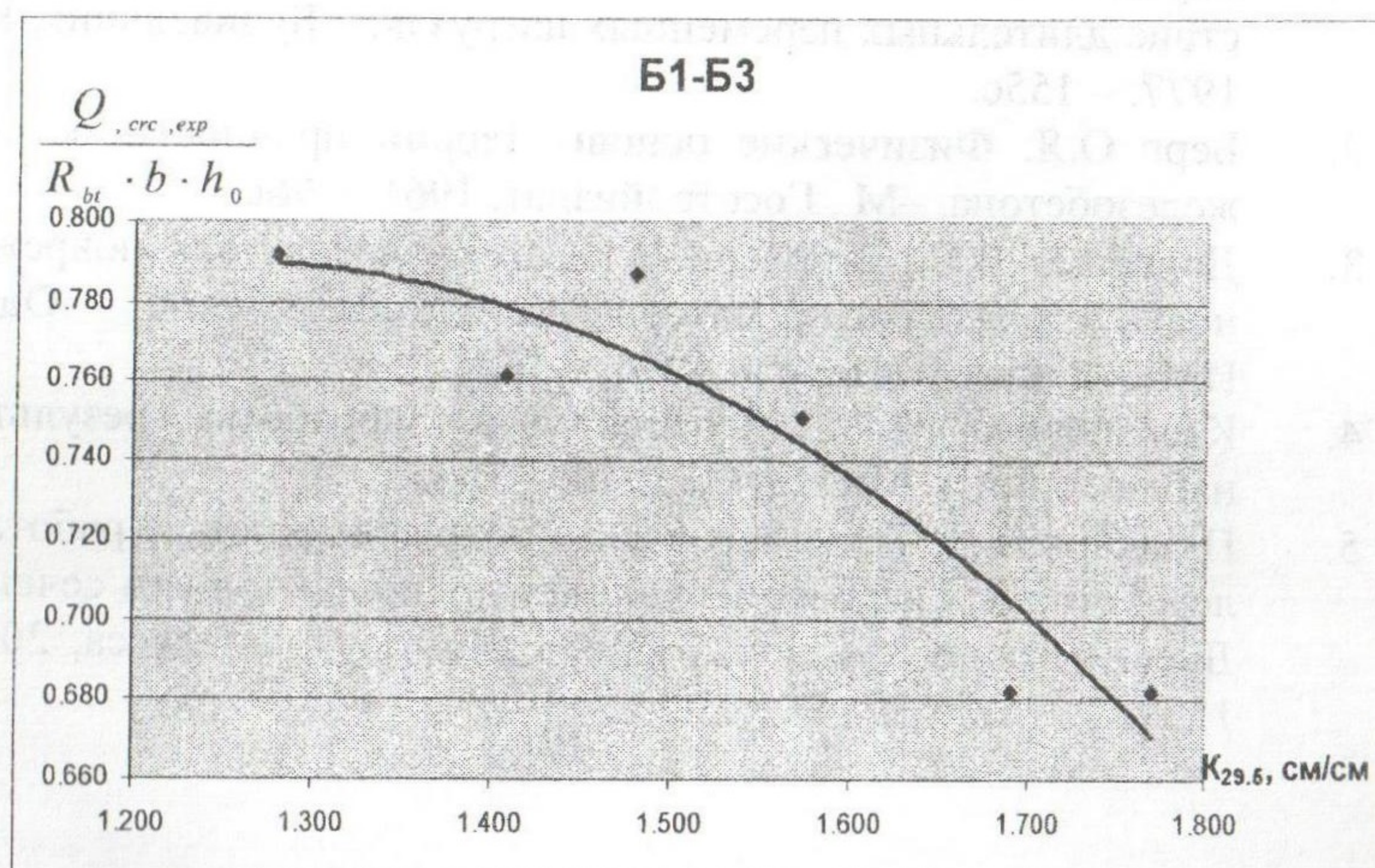


Рис.4. Влияние коэффициента технологической повреждённости по линии 29,5 см на величину относительной поперечной силы трещинообразования

Выводы

1. Проведёнными испытаниями установлено, что, независимо от вида нагрузки (статическая либо малоцикловая), наблюдается идентичность характера образования и развития как наклонных, так и нормальных трещин. Кроме того, разрушение образцов после действия разных нагрузок происходит вследствие одних и тех же факторов.
2. Установлено, что изменение относительной проекции критической наклонной трещины от 1,41 до 1,85 (на 31%) влечет увеличение значения относительной поперечной силы образования наклонных трещин от 0,68 до 0,79 (на 16%)
3. С увеличением технологической повреждённости наблюдается сходный характер уменьшения величины $Q_{crc}/R_{bt}*b*h_o$, для всех исследуемых коэффициентов технологической поврежденности.

Литература

1. Барашиков А.Я. Расчёт железобетонных конструкций на действие длительных переменных нагрузок. – Будивельник, Киев, 1977. – 155с.
2. Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. – М., Госстройиздат, 1961. – 96с.
3. Дорофеев В.С., Выровой В.Н., Технологическая поврежденность строительных материалов и конструкций. – Одесса: ИМК «Город мастеров», 1998. – 165с.
4. Кассандрова О.Н., Лебедев В.В. Обработка результатов наблюдений. – М.: Наука, 1970. – 104с.
5. Пушкарь Н.В. Технологическая поврежденность и работа железобетонных изгибаемых элементов по наклонным сечениям. Дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – Одесса, 2001. – 153 с