

УДК 624

**ОЦЕНКА ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ
КОРОТКИХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК
ПРИ РАЗРУШЕНИИ ПО СЖАТОЙ ЗОНЕ**

Снежкина Ольга Викторовна,

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г.Пенза,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Математика и
математическое моделирование».*

Ладин Роман Акбарович,

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г.Пенза,*

аспирант.

Киселев Артем Анатольевич,

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г.Пенза,*

аспирант.

Аннотация

Предложена методика оценки трещиностойкости коротких железобетонных балок при изменении пролета среза от 0,25 до 1,5 на основе экспериментальных данных.

Ключевые слова: железобетонные балки, усилия трещинообразования, регрессионный анализ.

**EVALUATION OF THE CRACK RESISTANCE OF
A SHORT REINFORCED CONCRETE BEAMS
WITH DESTRUCTION IN THE COMPRESSED ZONE**

Snezhkina Olga Viktorovna,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

Candidate of Sciences, Associate Professor of the department «Mathematics and mathematical modeling».

Ladin Roman Akbarovich,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

post-graduate student.

Kiselev Artem Anatolyevich,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

post-graduate student.

Abstract

Proposed method of evaluation of crack resistance of reinforced concrete short beams when you change the span of cut from 0.25 to 1.5 based on experimental data.

Keywords: reinforced concrete beams, the cracking effort, regression analysis.

При проектировании строительных конструкций значительной проблемой является отсутствие в нормативной литературе методики расчета трещиностойкости коротких железобетонных элементов. Ниже приведена оценка трещиностойкости коротких железобетонных балок по наклонной граничной трещине, выделяющей наклонные сжатые полосы бетона на основе экспериментальных данных, проведенных авторами [1,2]. Результаты экспериментальных исследований приведены в таблице 1.

Рассмотрим построение модели для оценки трещиностойкости коротких железобетонных балок при разрушении по сжатой зоне на основе регрессионного анализа. Систематизация собранного материала по образованию и развитию трещин в коротких балках позволила сделать вывод о том, что одним из основных факторов, влияющих на усилие образования трещин, является пролет среза a/h_0 . Характер изменения величины усилия образования трещин, в зависимости от пролета среза a/h_0 показан на рисунке 1.

Таблица 1 – Результаты экспериментальных исследований

марка образцов	a/h_0	μ_s %	μ_{sw} %	R_{bn} кг/см ²	$F_{срс}$ накл. тр. кг · 10 ⁻³	тип наклонной трещины	вид разрушения
Б—1	0,25	0,85	0	220	46	Т—О	по сжатой зоне
Б—2	0,5	0,85	0	220	45	Т—О	по сжатой зоне
Б—3	0,75	0,85	0	220	40	Т—Г	по сжатой зоне
Б—4	1,0	0,85	0	220	35	Т—Г	по сжатой зоне
Б—5	1,25	0,85	0	220	28	Т—Г	по сжатой зоне
Б—6	1,5	0,85	0	220	23	Т—Г	по сжатой зоне

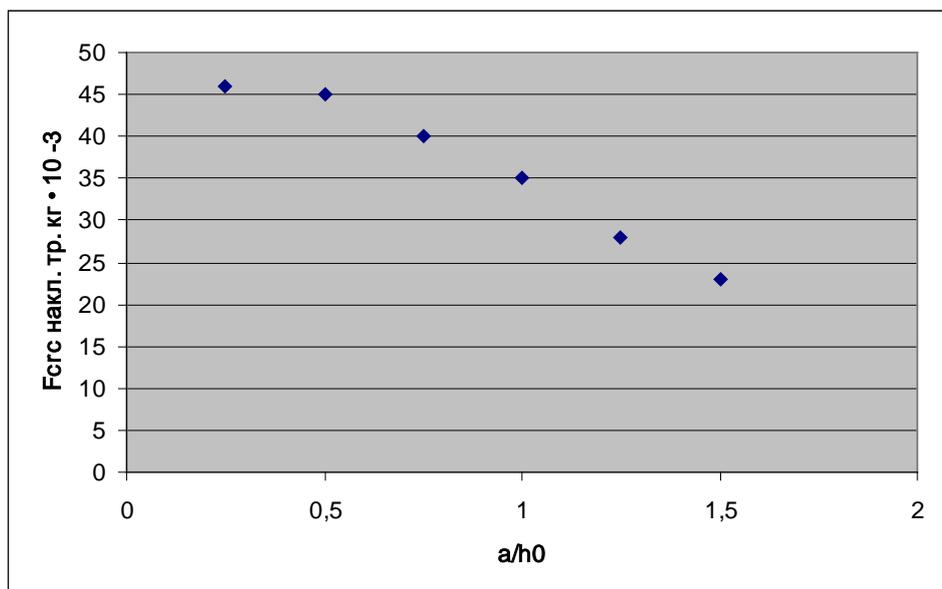


Рисунок 1 – Влияние пролета среза a/h_0 на усилие образования трещин

Известно, что все множество видов функциональных связей делится на линейные и нелинейные модели. Линейные регрессионные модели являются в целом теоретически лучше обоснованными и предпочтительными из-за простоты построения. Однако, при моделировании многих физических процессов, наилучшие результаты показывают нелинейные функции. Визуальный анализ диаграммы рассеивания экспериментальных исследований (рисунок 1) позволяет выявить структуру зависимости между исследуемыми величинами и выдвинуть две гипотезы: как о существовании линейной зависимости, так и о слабой нелинейности при малых пролетах среза.

Линейная регрессионная модель. Определение параметров уравнения регрессии

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x \quad (1)$$

основано на методе наименьших квадратов и осуществлено в среде MS Excel в следующей последовательности: «Сервис» → «Анализ данных» → «Регрессия». Результаты расчетов представлены на рисунке 2.

	L	M	N	O	P	Q	R
7	Регрессионная статистика						
8	Множествен	0,984673935					
9	R-квадрат	0,969582758					
10	Нормирован	0,961978447					
11	Стандартная	1,810024993					
12	Наблюдения	6					
13							
14	Дисперсионный анализ						
15		<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>	
16	Регрессия	1	417,7285714	417,7285714	127,5043605	0,000350532	
17	Остаток	4	13,1047619	3,276190476			
18	Итого	5	430,8333333				
19							
20		<i>Коэффициенты стандартная ошибка-статистика</i>			<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>
21	Y-пересечен	53,26666667	1,685041566	31,61148528	5,9687E-06	48,58824126	57,94509207
22	Переменная	-19,54285714	1,730714924	-11,2917829	0,000350532	-24,34809212	-14,73762216

Рисунок 2 – Вывод итогов линейной регрессии

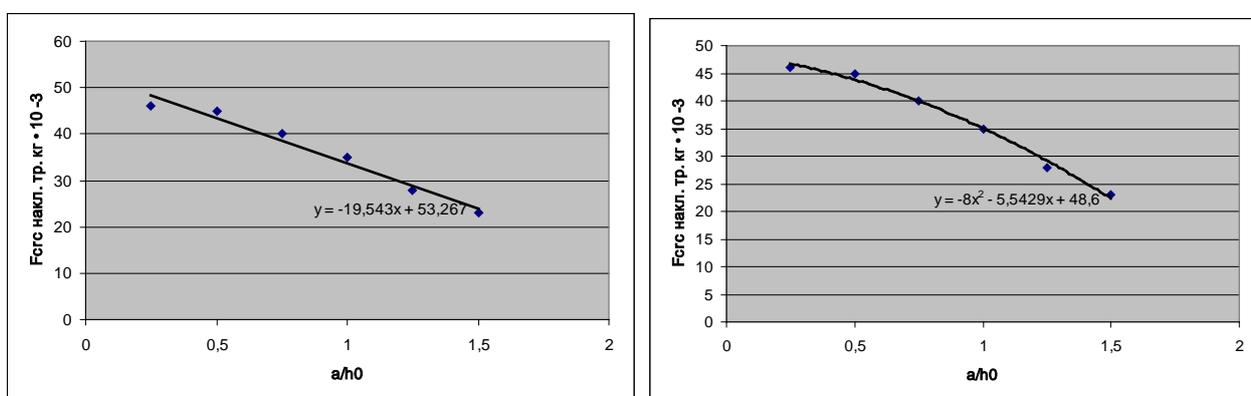
Как следует из результатов расчета (рисунок 2), полученная модель

$$\hat{y} = 53,266 - 19,543x \quad (2)$$

имеет очень высокие показатели адекватности:

- коэффициент детерминации $R^2=0,969$;
- уровень значимости F-критерий составляет 0,00035 (существенно меньше 0,01);
- уровень значимости t-критерия составляет 5,9687E-06 (существенно меньше 0,01).

Таким образом, полученная линейная модель имеет очень хорошие показатели качества, но имеет существенный недостаток – не описывает нелинейность функции при малых значениях пролета среза (рисунок 3.а).



а) линейная

б) квадратичная

Рисунок 3 – Полиномиальная аппроксимация усилия образования наклонных трещин $F_{срс}$

Нелинейная регрессионная модель. Определение параметров уравнения регрессии

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 \quad (3)$$

основано на методе наименьших квадратов и осуществлено аналогично в среде MS Excel (рисунок 4).

	K	L	M	N	O	P	Q
39	<i>Регрессионная статистика</i>						
40	Множественный F	0,99561348					
41	R-квадрат	0,9912462					
42	Нормированный F	0,98541033					
43	Стандартная оши	1,12122382					
44	Наблюдения	6					
45							
46	<i>Дисперсионный анализ</i>						
47		<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>	
48	Регрессия	2	427,0619048	213,5309524	169,854167	0,000819021	
49	Остаток	3	3,771428571	1,257142857			
50	Итого	5	430,8333333				
51							
52		<i>Коэффициент стандартная оши-статистика</i>			<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>
53	Y-пересечение	48,6	2,005706146	24,23086757	0,00015407	42,21694789	54,98305211
54	Переменная X 1	-5,5428571	5,248751066	-1,05603354	0,36847537	-22,24672558	11,16101129
55	Переменная X 2	-8	2,936053161	-2,7247463	0,0722597	-17,34383153	1,343831533

Рисунок 4 – Вывод итогов нелинейной регрессии

Как следует из результатов расчета (рисунок 4), полученная модель

$$\hat{y} = 48,6 - 5,543x - 8x^2 \quad (4)$$

имеет следующие показатели адекватности:

- коэффициент детерминации $R^2=0,991$, что на 99% объясняет изменение усилий трещинообразования при изменении пролета среза;
- уровень значимости F-критерий составляет 0,00082 (меньше 0,01), что указывает на высокую значимость модели.

Таким образом, полученная нелинейная модель (полином второй степени, рисунок 3.б) имеет высокие показатели качества. Недостаток модели – не все коэффициенты являются значимыми (P -значение больше 0,05). Однако, отбрасывание коэффициента β_1 , как малозначимого, приведет к смещению экстремума функции, что не соответствует опытным данным, поэтому модель (4) без внесенных изменений принимаем за расчетную.

Библиографический список:

1. Скачков Ю.П., Снежкина О.В., Кочеткова М.В., Корнюхин А.В. Определение схем разрушения и трещинообразования коротких железобетонных балок по экспериментальным данным // Региональная архитектура и строительство. 2013. № 3. С. 74-81.

2. Баранова Т.И., Скачков Ю.П., Снежкина О.В., Ладин Р.А. Моделирование работы коротких железобетонных балок // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2014. № 2 (36). С. 54-60.

3. Снежкина О.В., Корнюхин А.В., Кочеткова М.В. Короткие балки. Моделирование физической работы: монография. Пенза: ПГУАС, 2011. 124 с.