

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА КОРОТКИХ БАЛОК И ИХ РАЗНОВИДНОСТЕЙ**

***Лаврова Ольга Владимировна,***

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

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции».*

***Голиков Алексей Алексеевич,***

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

*студент,*

***Очкин Игорь Анатольевич,***

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

*студент.*

### **Аннотация**

Статья посвящена анализу методов расчета коротких балок и их разновидностей на основе результатов ранее проведенных испытаний, полученных данных о характере работы и схемах разрушения указанных конструкций. По результатам расчета построены графические зависимости прочности и трещиностойкости рассмотренных конструкций от исследуемых параметров. Эти графики могут быть использованы в реальном проектировании.

**Ключевые слова:** короткая балка, перемычка над проходом, подкрановый ригель, прочность, трещиностойкость.

## **ANALYSIS OF CALCULATION METHODS FOR SHORT BEAMS AND THEIR VARIETIES**

***Olga Vladimirovna Lavrova,***

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the department "Building Structures"*

***Alexey Andreevich Golikov,***

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*Student,*

***Ochkin Igor Anatolyevich,***

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*student.*

## **Summary**

The article is devoted to the analysis of methods for calculating short beams and their varieties based on the results of previous tests, obtained data on the nature of the work and patterns of destruction of these structures. Based on the calculation results, graphical dependences of the strength and crack resistance of the structures under consideration on the parameters under study are constructed. These graphs can be used in real-world design.

**Keywords:** short beam, lintel above the passage, crane crossbar, strength, crack resistance.

В настоящее время балки, имеющие пролет среза менее 1,5, рассчитываются по аналогии с обычными балками [1] и потому требуют дополнительного изучения.

Для полного представления о характере работы и схемах разрушения коротких балок и их разновидностей целесообразно проиллюстрировать результаты проведенных испытаний [2]. На рис.1 показаны фотографии опытных образцов коротких балок и их разновидностей.

Установлено, что в коротких балках определяющую роль играют главные напряжения. Главные сжимающие напряжения концентрируются в пределах наклонных бетонных полос, ширина которых определяется размерами грузовых

и опорных площадок (рис.2). Главные растягивающие напряжения концентрируются у нижней грани балок в пределах горизонтального арматурного пояса. Указанные участки образуют замкнутый треугольный контур, который был представлен в виде стержневой модели (рис.3).

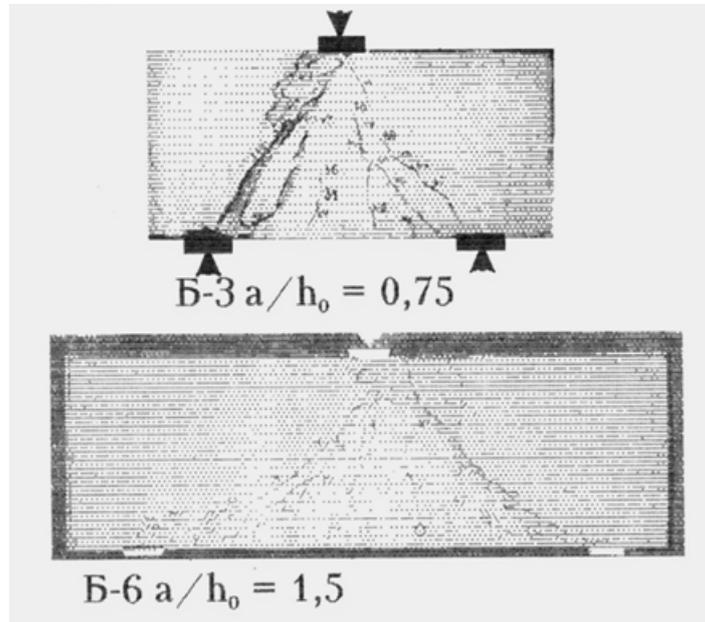


Рисунок 1 - Фотографии разрушений коротких балок и их разновидностей

На основе расчета стержневой модели, представленной на рис.3, определяются усилия, действующие в наклонных бетонных полосах и горизонтальном арматурном поясе:

$$S = 0,5 F / \sin \alpha , \quad (1)$$

$$T = 0,5 F / \operatorname{tg} \alpha , \quad (2)$$

где  $S$  - сжимающее усилие в наклонном бетонном подкосе,

$T$  - растягивающее усилие в горизонтальном арматурном поясе.

Расчет прочности наклонных бетонных полос, т.е. расчет прочности коротких балок по сжатой зоне, производится по формуле

$$S < \gamma_b \varphi_b R_b b l_b, \quad (3)$$

где  $\gamma_b$  - опытный коэффициент;

$\varphi_b$  - коэффициент, учитывающий влияние бетона, окружающего расчетную бетонную полосу;

$l_b$  - ширина расчетной полосы, определяемая по формулам:

$$l_b^v = 0,5 \gamma_1 \varphi_b l_{sup}^v \sin \alpha, \quad l_b^n = \gamma_2 \varphi_b l_{sup}^n \sin \alpha;$$

здесь  $\gamma_1, \gamma_2$ - коэффициенты, учитывающие неравномерный характер

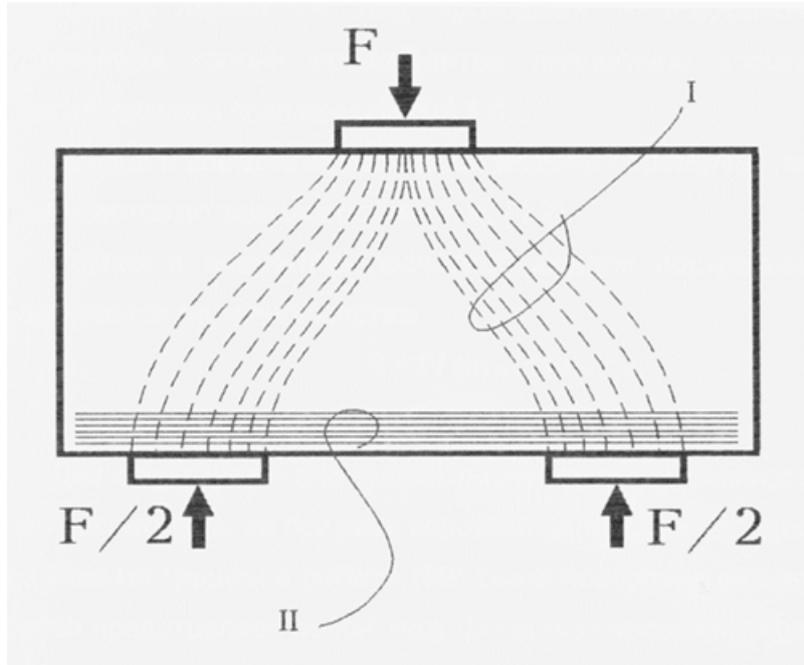


Рисунок 2 - Схема концентрации траекторий главных сжимающих (I) и растягивающих (II) напряжений в коротких балках

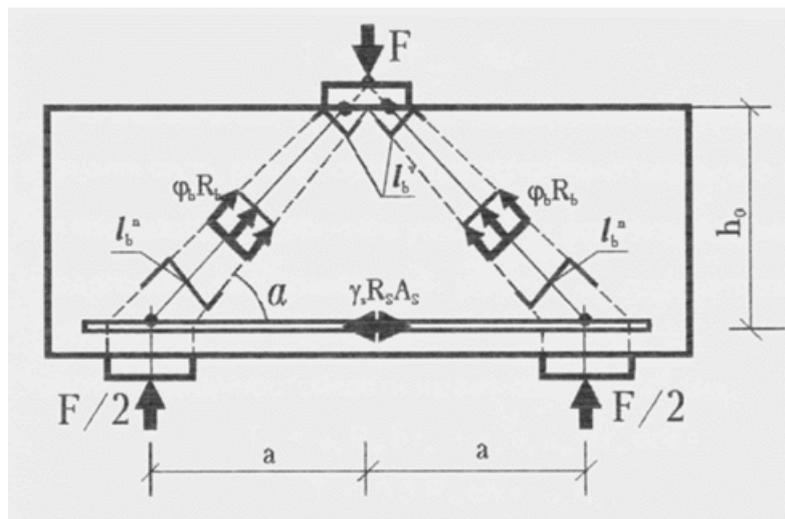


Рисунок 3 - Схема каркасно-стержневой модели при расчете прочности коротких балок с  $a/h_0 \leq 1,5$

распределения сжимающих напряжений в опорном сечении и наличие арматуры под грузовой площадкой.

Расчет прочности коротких балок, армированных поперечной арматурой, по сжатой зоне выполняется по формуле

$$S < \gamma_s \varphi_b R_b b l_b + \gamma_s R_s b \mu_{sw} l_b \cos\Theta + \gamma_s \varphi_s R_s \mu_{sw} b s l_b \sin\Theta, \quad (4)$$

где  $\gamma_s$ ,  $\varphi_s$  - опытные коэффициенты.

Расчет прочности горизонтального арматурного пояса, т.е. расчет балок по растянутой зоне, осуществляется по формуле:

$$T < R_s A_s. \quad (5)$$

Расчет перемычек над проходами и подкрановых ригелей двухветвевых колонн производится аналогично расчету коротких балок. Расчетные схемы показаны на рис.4.

Усилия в элементах расчетной модели перемычек над проходами определяются по зависимостям (1), (2).

Усилия в элементах расчетной модели подкрановых ригелей вычисляются по зависимостям:

$$S = F / \sin\alpha (1 + l_1/l_2), \quad (6)$$

$$T = F / \operatorname{tg}\alpha (1 + l_1/l_2). \quad (7)$$

Рассмотрим расчет трещиностойкости на примере короткой балки. Для определения усилия образования трещин была построена расчетная модель [2], которая представляет собой модификацию каркасно-стержневой модели, принятую для расчета прочности; расчетная схема показана на рис.5.

Усилия в элементах модели определяются по формулам:

$$T_1 = 0,5 F_{\text{срс}} \operatorname{tg}(\alpha/2) / \sin\alpha, \quad (8)$$

$$T = 0,5 F_{s,\text{срс}} / \operatorname{tg}\alpha, \quad (9)$$

где  $F_{\text{срс}}$  - внешняя сила, при которой образуются наклонные трещины;

$F_{s,\text{срс}}$  - внешняя сила, при которой образуются вертикальные трещины;

$T^1$  - растягивающее поперечное усилие в наклонном элементе модели;

$T$  - продольное растягивающее усилие в горизонтальном поясе расчетной модели.

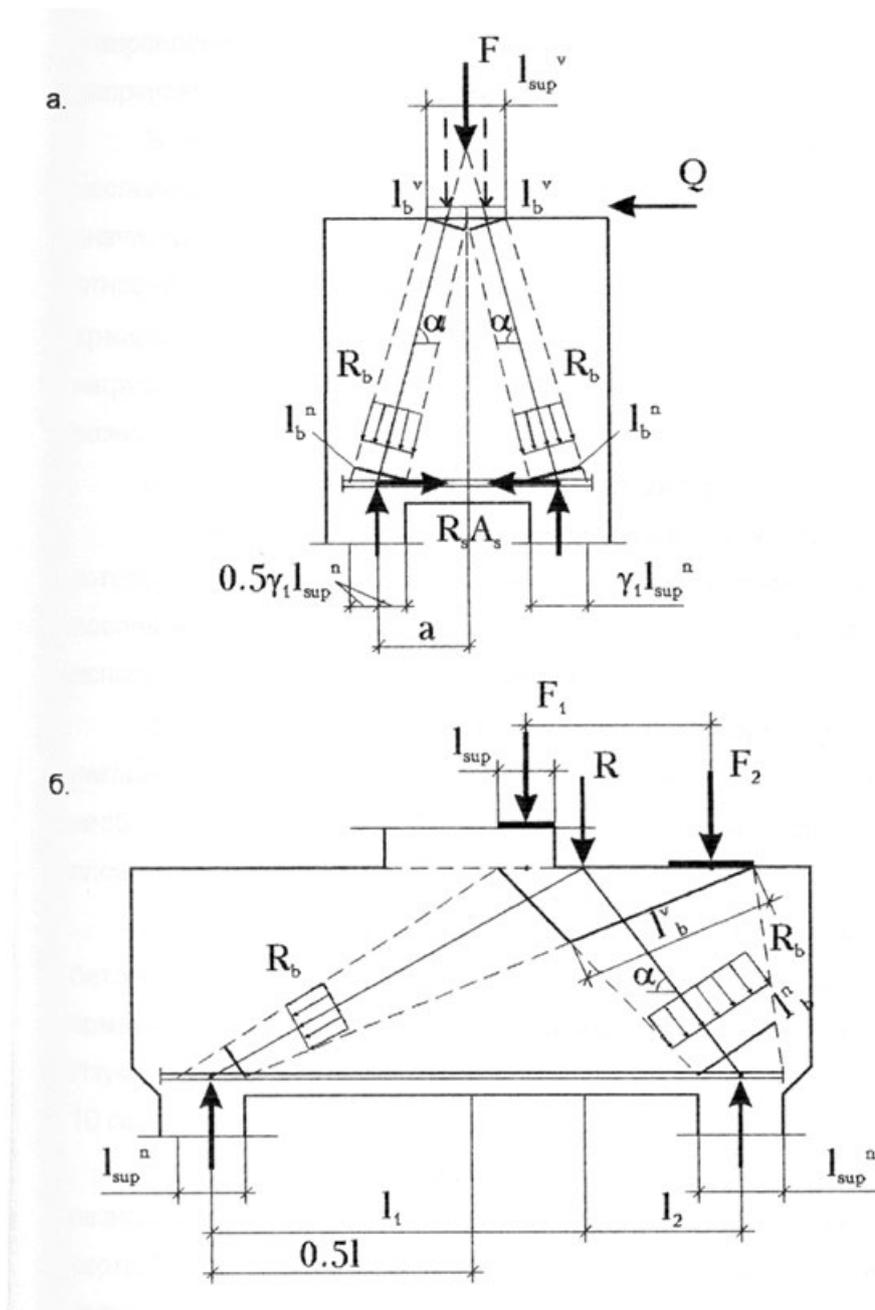


Рисунок 4 - Расчетная схема перемычек над проходами (а.) и подкрановых ригелей колонн (б.)

Условие трещиностойкости имеет следующий вид:

$$T_1 < \omega_{bt} R_{bt} b l_{bt} + \gamma_s \sigma_s \mu_{sw} b l_{bt} \cos\theta, \quad (10)$$

$$T < 0,5 R_{bt} bh + \sigma_s A_s, \quad (11)$$

где  $l_{bt}$  - длина трещины;

$\sigma_s$  - напряжения в арматуре;

$\mu_{sw}$  - процент поперечного армирования;

$\theta$  - угол между направлением соответствующего вида поперечной арматуры и направлением наклонной сжатой полосы.

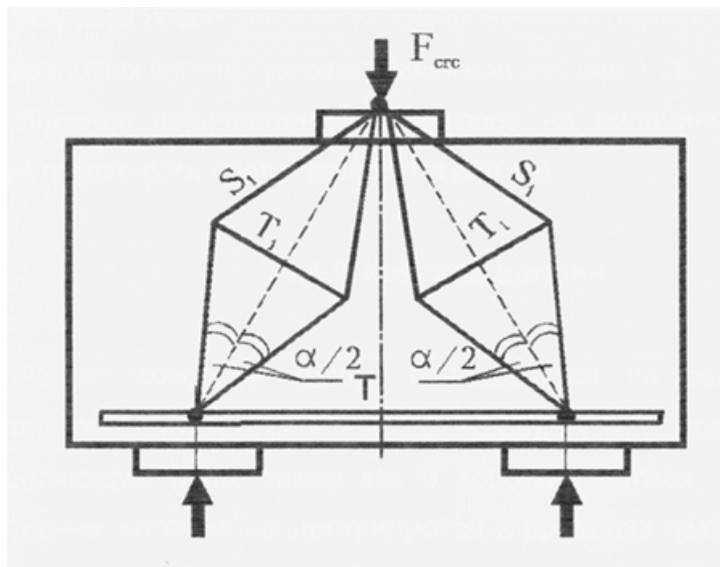


Рисунок 5 - Расчетная модель для определения трещиностойкости коротких балок

При изучении методов расчета коротких балок необходимо рассмотреть факторы, которые оказывают значительное влияние на их работу. К таким факторам относятся пролет среза, размеры грузовых площадок, поперечное армирование, количество и шаг поперечной арматуры, схемы нагружений, новые схемы армирования коротких балок и их разновидности.

Коротко остановимся на значении каждого фактора.

Величина пролета среза обуславливает границы, в пределах которых правомочно применение каркасно-стержневой модели. В последние годы было установлено [2], что эта модель может быть использована для балок с пролетом среза менее 1,5.

Размеры грузовых площадок влияют на ширину расчетных сжатых наклонных бетонных полос, следовательно, их изучение было необходимым. Исследовалось [2,3] влияние длины грузовой площадки, равной 10, 20, 30 и 40 см.

Изучалось [2,3] влияние на прочность наклонных бетонных полос поперечной арматуры. Испытывалась поперечная арматура в виде горизонтальных, вертикальных хомутов и в виде сеток. Исследовались шаг и диаметр указанной арматуры. Шаг принимался равным 5 и 10 см, диаметр изменялся от 6 до 8 мм.

Исследовалась [2,3] схема нагружения балок и их разновидностей. Изучалась схема сосредоточенного нагружения балки вертикальной нагрузкой при центральном и внецентренном расположении силы, (см. рис.6).

Проводились испытания схемы нагружения коротких балок равномерно распределенной нагрузкой, а также схемы совместного действия вертикальных и горизонтальных сил [2].

Изучались новые варианты армирования перемычек над проходами и подкрановых ригелей двухветвевых колонн [2].

Влияние перечисленных факторов на величины разрушающих усилий графически представлено на рис.7.

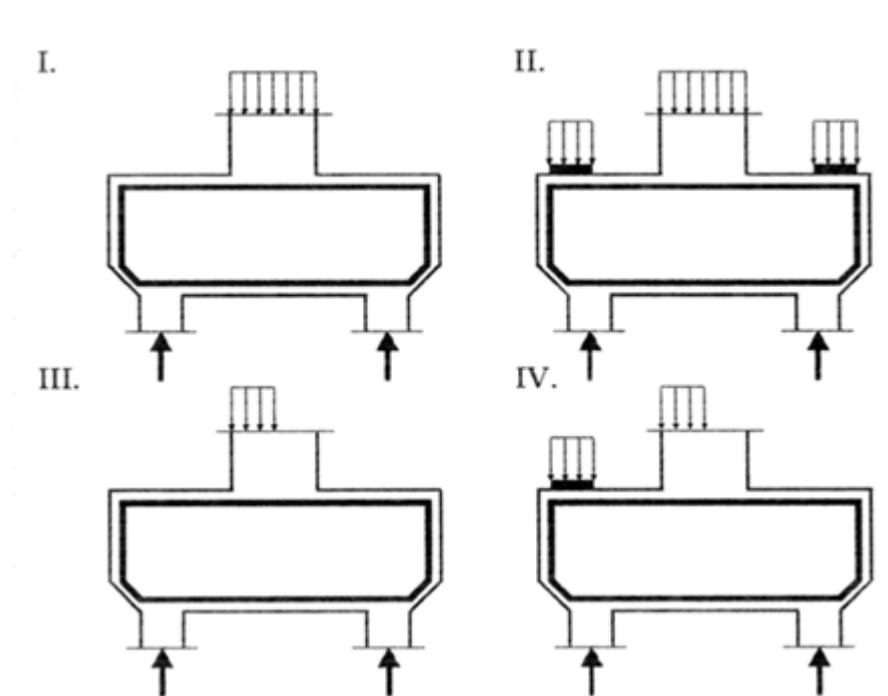


Рисунок 6 - Схемы нагружения подкрановых ригелей

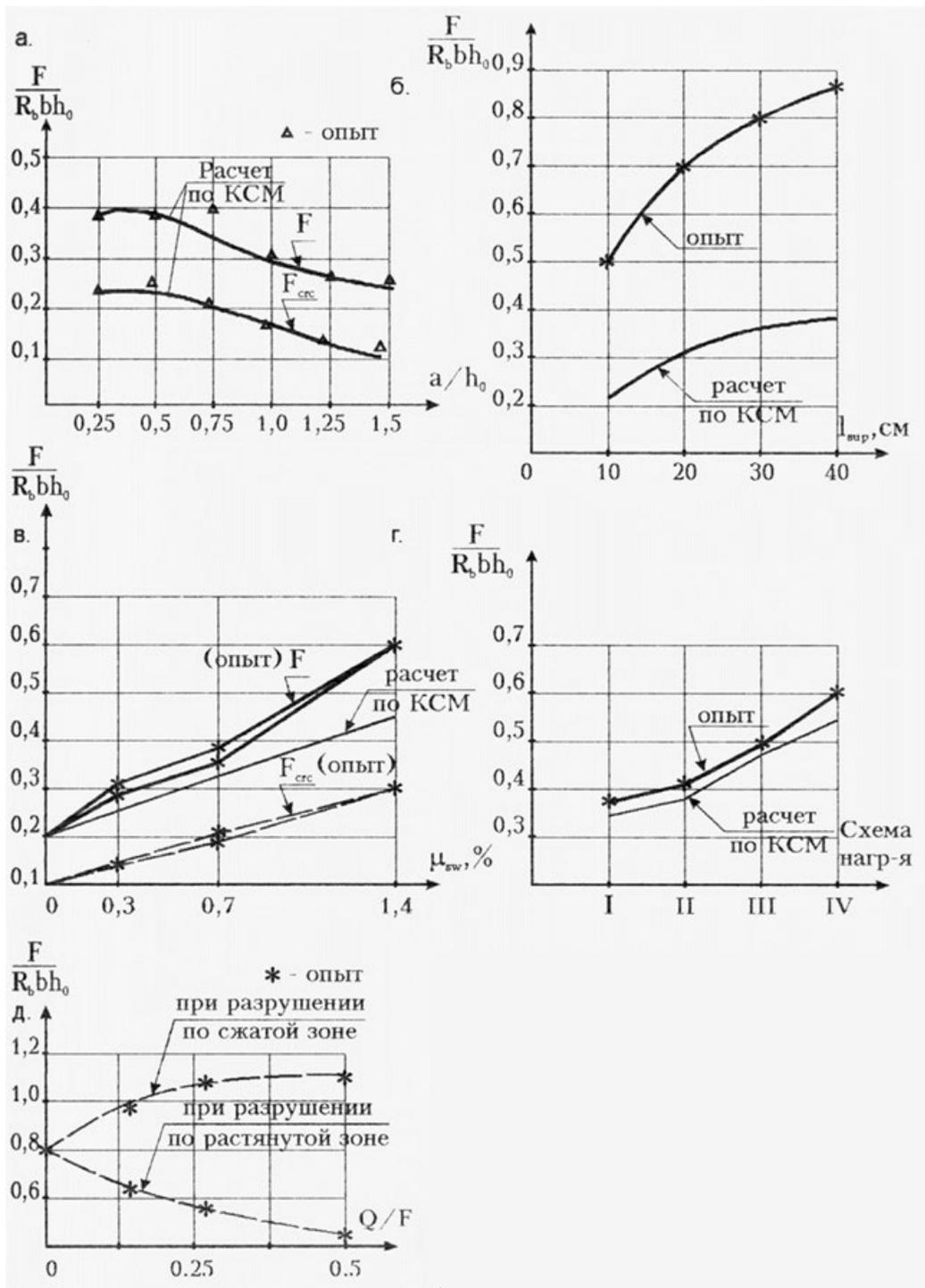


Рисунок 7 - Влияние различных факторов на величину разрушающей силы, а также на величину усилий образования трещин в коротких балках: а – пролет

среза  $a/h_0$ , б – размеры грузовых площадок, в – вид и кол-во поперечной арматуры, г – схемы нагружения (см рис. 6), д – совместное действие F и Q

### **Библиографический список:**

1. СП 63.13330.2018 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения».

2. Лаврова О.В. Методика расчета прочности железобетонных коротких балок, усиленных на основе каркасно-стержневой модели // Региональная архитектура и строительство. 2019. № 4. С. 482.

3. Электронный научный журнал «Моделирование и механика конструкций» №16, 2022 г.