

УДК 624.074

**МЕТОД ОБРАТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЖАТЫХ БЕТОННЫХ ПОЛОС В РИГЕЛЯХ С ПОДРЕЗКОЙ МНОГОЭТАЖНЫХ КАРКАСОВ**

***Комаров Виктор Александрович,***

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

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

***Валишина Марина Рустамовна,***

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

*магистрант.*

***Кокорина Виктория Николаевна,***

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

*магистрант*

**Аннотация**

Рассмотрены особенности напряженно-деформированного состояния опорных зон ригелей с подрезкой. Предложены аналоговые стержневые и каркасно-стержневые модели прочности сжатых бетонных полос между опорными и грузовыми площадками (условными и физическими).

Дана методологическая структура метода обратного моделирования (копирования) схем разрушения сжатых бетонных полос, включающая в себя систему факторных корректировок расчетных зависимостей.

**Ключевые слова:** ригели с подрезкой, опорные и грузовые площадки (условные и физические), сжатые полосы, метод обратного моделирования схем разрушения.

# REVERSE SIMULATION METHOD OF COMPRESSED CONCRETE STRIPS IN BARS WITH CUTTING OF MULTI-STOREY FRAMES

***Komarov Viktor Alexandrovich,***

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

*Candidate of Sciences, Associate Professor, Professor of the department “Building Structures”.*

***Valishina Marina Rustamovna,***

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

*undergraduate student.*

***Kokorina Victoria Nikolaevna,***

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

*undergraduate student.*

## **Abstract**

The features of the stress-strain state of the support zones of crossbars with undercutting are considered. Analogue rod and frame-rod models of the strength of compressed concrete strips between support and cargo platforms (conditional and physical) are proposed.

The methodological structure of the method of inverse modeling (copying) of the destruction schemes of compressed concrete strips is given, which includes a system of factor corrections of calculated dependencies.

**Keywords:** crossbars with undercutting, support and load platforms (conditional and physical), compressed strips, method of inverse modeling of fracture schemes.

Методологическая структура метода обратного моделирования включает все без экспериментальную базу факторного исследования ригелей подрезкой.

Проведенный анализ результатов физического и численного эксперимента позволяет считать, что прочность консольных опор ригелей с

подрезкой определяется прочностью сжатых бетонных полос, расположенных между грузовыми и опорными площадками.

Выявленная специфика напряженно—деформированного состояния исследуемых ригелей с подрезкой согласуется с принципом моделирования прочности сжатых бетонных полос коротких балок. Поэтому целесообразно совершенствовать метод расчета прочности консольных опор ригелей с подрезкой при оценке фактического сопротивления сжатых бетонных полос между наклонными трещинами и создания единого подхода к расчету прочности бетонных полос, на основе построения аналоговых стержневых (АСМ) и каркасно-стержневых (АКСМ) моделей.

Совершенствование методологии построения стержневых и каркасно-стержневых моделей осуществляется на основе новой оценки напряженного состояния и введения гипотез образования условных внутренних промежуточных опор, формирующих наклонные сжатые полосы бетона.

В качестве условных опор приняты узлы сопряжения продольной и поперечной сосредоточенной арматуры. Предлагается также гипотеза о появлении условных грузовых площадок, образуемых при трансформировании эпюр распределения главных сжимающих напряжений. Они формируют полосы и способствуют концентрации главных сжимающих напряжений в пределах соответствующих наклонных полос бетона.

При построении стержневой модели предлагается предусмотреть три наклонных стержня, имитирующих наклонные полосы бетона, образовавшиеся над опорной площадкой и двухуровневыми узлами сопряжения продольной арматуры ригеля с пакетом хомутов, расположенных за подрезкой. Используя известный принцип построения моделей, ключевые точки моделей в этом случае предлагается определять на уровне верхней грани элемента при пересечении с осями наклонных полос бетона. Нижние ключевые точки на уровне продольной арматуры при пересечении с осями наклонных полос.

На рис.1а показана стержневая модель сопротивления бетонных полос при опорной части ригеля с подрезкой. При уменьшении пролета среза

сокращается число расчетных полос, тем самым происходит модификация стержневой модели АСМ.

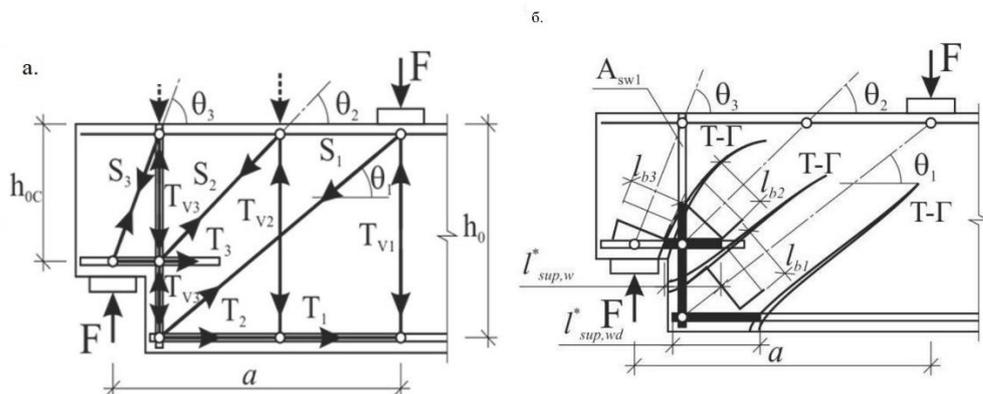


Рисунок 1 – Аналоговые расчетные модели:

а. стержневая (АСМ); б.каркасно-стержневая (АКСМ)

Определение усилий в элементах стержневых моделей осуществляется на основе предпосылки, что узлы сопряжения стержней модели принимаются шарнирными.

Усилия в стержневой модели ригеля с подрезкой определяются по следующим зависимостям:

$$S_i = \frac{F}{\sin \theta_i}, \quad (1)$$

$$T_i = \frac{F}{\operatorname{tg} \theta_i}. \quad (2)$$

$S_i$  – сжимающие усилия в наклонных сжатых стержнях модели СМ.  $T_i$  – растягивающие усилия в горизонтальных стержнях модели. Величины, входящие в уравнения (1) и (2) показаны на рис.1а.

Принцип построения расчетных моделей АКСМ заключается в определении ширины бетонных полос и положения расчетного сечения, а также в определении схемы предельных усилий (рис. 1а,б). Предельным состоянием расчетной сжатой полосы бетона между наклонными трещинами является достижение главными сжимающими напряжениями предельных значений  $\gamma_b R_b$ ; в арматуре – предельных напряжений при растяжении  $\gamma_s R_s$ . Величину расчетного предельного напряжения предлагается определять по критерию

прочности бетона А.Н. Гвоздева и А.С. Залесова с учетом влияния растягивающих напряжений в поперечном направлении, а также с учетом влияния касательных напряжений в пролете среза. Ширина расчетных полос бетона определяется размерами физических и условных опорных площадок. Ширина условных площадок определяется длиной эпюры с максимальными значениями главных сжимающих напряжений.

Наиболее опасными расчетными сечениями бетонных полос являются опорные сечения. В этой зоне бетон испытывает продольное сжатие и поперечное растяжение. Величина растягивающих напряжений значительно снижается при перемещении сечения бетонной полосы в сторону верхней грани элемента. В общем случае условия прочности бетонных полос между наклонными трещинами в ригелях с подрезкой имеет следующий вид:

$$S_i \leq \gamma \gamma_b R_b l_{bi} \cdot b_i, \quad (3)$$

$$\text{где } l_{bi} = \frac{l_{\text{sup}i}}{\sin \theta_i}, \quad (4)$$

для бетонных полос, расположенных над опорными площадками и

$$l_{bi} = \frac{l_{\text{sup},wi}^*}{\sin \theta_i}, \quad (5)$$

для бетонных полос, расположенных над условными опорами – узлами сопряжения поперечной и продольной арматуры. Толщина сжатых полос бетона принимается равной:

$$b_{bi} = \gamma_{bi} b, \quad (6)$$

где  $b$  – ширина сечения ригеля с подрезкой;  $\gamma_{bi}$  – коэффициент, учитывающий неравномерный характер распределения напряжений по ширине элемента, в условных промежуточных опорах.

Метод обратного моделирования включает в себя систему факторных корректировок расчетных зависимостей. Анализ полученных зависимостей и принятых предпосылок показал, что основными в этом случае факторами являются  $\theta_i$  – угол наклона сжатых полос,  $l_{\text{sup},wi}^*$  – размеры условных опорных

площадок, а также размеры ширины бетонных полос при их опирании на условные внутренние опоры. Конечным элементом методологической структуры метода МОМ является пофакторная корректировка расчетных зависимостей. Методологическая структура метода обратного моделирования показана на рис. 2.

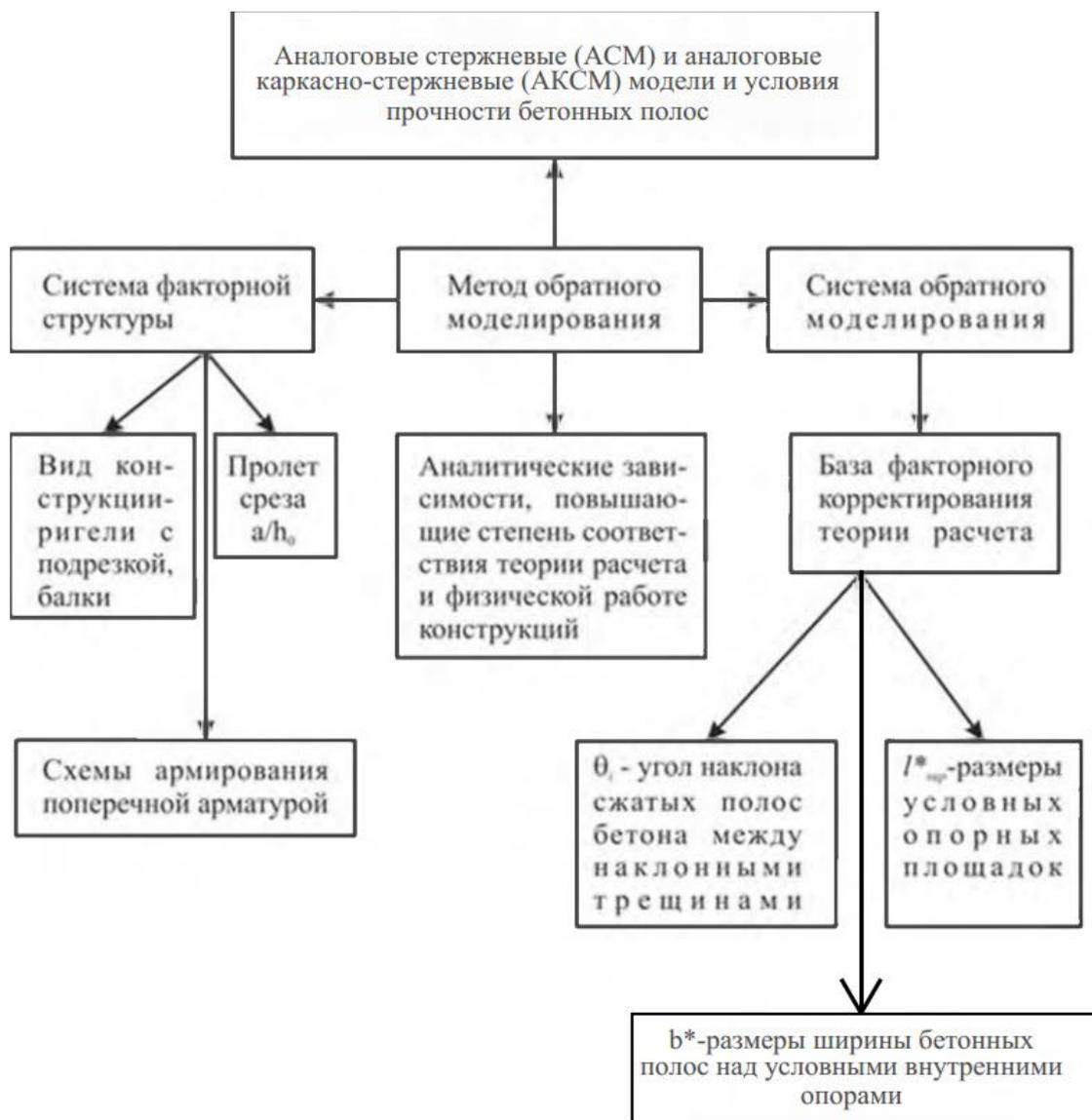


Рисунок 2 - Методологическая структура метода обратного моделирования бетонных полос ригелей с подрезкой

Важной особенностью внутренних опорных площадок является неравномерный характер распределения главных сжимающих напряжений между опорами – узлами сопряжения поперечной и продольной арматуры по

ширине сечения ригелей или балок. Для учета влияния этого фактора предлагается в расчетные зависимости (5), (6) ввести рабочую ширину:

$$b^* = \gamma_{b,\text{sup}} \cdot b \quad (7)$$

Корректирующая зависимость имеет следующий вид:

$$\gamma_{b,\text{sup}} = \sqrt{\frac{\ell_{\text{sup},\ell}^* \cdot \ell_{\text{sup},b}^*}{bh}}; \quad (8)$$

где  $\ell_{\text{sup},\ell}^*$  и  $\ell_{\text{sup},b}^*$  – размеры условных опорных площадок.

Вывод: метод обратного моделирования обеспечивает сближение результатов практического расчета опытных величин и физической работы конструкции на основе факторного моделирования (копирования) схем разрушения сжатых бетонных полос ригелей с подрезкой.

#### **Библиографический список:**

1. Комаров В.А. Экспериментальная теория сопротивления ригелей с подрезкой. Монография М. Спутник+, 2013, 199с.
2. Физический эксперимент консольных опор железобетонных ригелей многоэтажных каркасов / В.А. Комаров, О.В. Болдырева // Материалы VIII Академических чтений РААСН – Международной научно-технической конференции, 2014, с.122-125.
3. Комаров В.А. Работа поперечной арматуры в сжатых полосах бетона консольных опор ригелей / В.А. Комаров, О.В. Болдырева // Региональная архитектура и строительство, 2016, №3, с.95-99.
4. Комаров В.А. Стержневые модели бетонных полос консольных опор / В.А. Комаров, О.В. Болдырева // Региональная архитектура и строительство, 2018, №4(37), с.118-123.
5. Комаров В.А. напряженно-деформированное состояние консольных опор балок с подрезкой / О.В. Болдырева, А.Ю. Трегуб // Региональная архитектура и строительство, 2021, №1, с.95-103.