

УДК 624.072

**ОСНОВЫ РАСЧЕТА КОНСОЛЕЙ КОЛОНН, ПЕРЕМЫЧЕК НАД
ПРОХОДАМИ И ПОДКРАНОВЫХ РИГЕЛЕЙ ДВУХВЕТВЕВЫХ
КОЛОНН НА ОСНОВЕ АНАЛОГОВЫХ СТЕРЖНЕВЫХ И КАРКАСНО-
СТЕРЖНЕВЫХ МОДЕЛЕЙ**

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.

Аннотация

Статья посвящена решению задачи по расчету консолей колонн, перемычек над проходами и подкрановых ригелей двухветвевых колонн. Расчет указанных конструкций производится на основе разработанных каркасно-стержневых моделей и сопровождается расчетными зависимостями для расчета прочности. Эти зависимости экспериментально обоснованы и могут быть использованы в реальном проектировании указанных конструкций.

Ключевые слова: консоли колонн, перемычки над проходами в колоннах, подкрановые ригели двухветвевых колонн, расчетная каркасно-стержневая модель, расчетная зависимость.

BASICS OF CALCULATION OF CONSOLES, COLUMNS, LINTELS OVER THE AISLES OF COLUMNS, CRANE CROSSBARS OF TWO-BRANCHED COLUMNS, BASED ON ANALOG ROD AND FRAME-ROD MODELS

Lavrova Olga Vladimirovna,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

Candidate of Sciences, Associate Professor of the department "Building Structures".

Golikov Alexey Alekseevich,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

student.

Annotation

The article is devoted to solving the problem of calculating column consoles, lintels over aisles and crane crossbars of two-branched columns. The calculation of these structures is based on the developed frame-rod models and is accompanied by calculated dependencies for strength calculation. These dependencies are experimentally substantiated and can be used in the actual design of these structures.

Keywords: column consoles, lintels over aisles in columns, crane crossbars of two-branched columns, calculated frame-rod model, calculated dependence.

Оценка характера сопротивления консолей колонн, перемычек над проходами колонн, подкрановых ригелей двухветвевых колонн на основе экспериментальных данных показала, что перечисленные конструкции следует отнести к классу коротких элементов. Их сопротивление хорошо описывают аналоговые стержневые и каркасные модели.

Разработана методология построения аналоговых стержневых (АСМ) и каркасно-стержневых (АКСМ) моделей, которая базируется на копировании схем разрушения названных железобетонных конструкций.

Согласно основным положениям СНиП 52-01-2003 расчет усилий, действующих в консолях колонн, перемычках над проходами колонн, подкрановых ригелях двухветвевых колонн, узлов соединения колонн с

балками рекомендуется производить по аналоговым стержневым моделям, рис. 1, 2, 3.

Задачей расчета стержневых моделей является определение сжимающих усилий в наклонных элементах моделей АСМ-S и горизонтальных растягивающих усилий в арматурном поясе – Т.

Консоли колонн. Наклонное сжимающее усилие S определяется по формуле:

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

где F – внешняя сила, передаваемая на консоль колонны;

α – угол наклона наклонного стержня модели АСМ, рис.1а, определяемый по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha = h_0 / (a + 0,5l_{sup}) \quad (2)$$

здесь h_0 – рабочая высота сечения консоли колонны;

a – расстояние от грани ствола колонны до равнодействующей внешней силы F ;

l_{sup} – длина площадки передачи нагрузки.

Горизонтальное растягивающее усилие T определяется по формуле:

$$T = S \cdot \cos \alpha = F / \operatorname{tg} \alpha \quad (3)$$

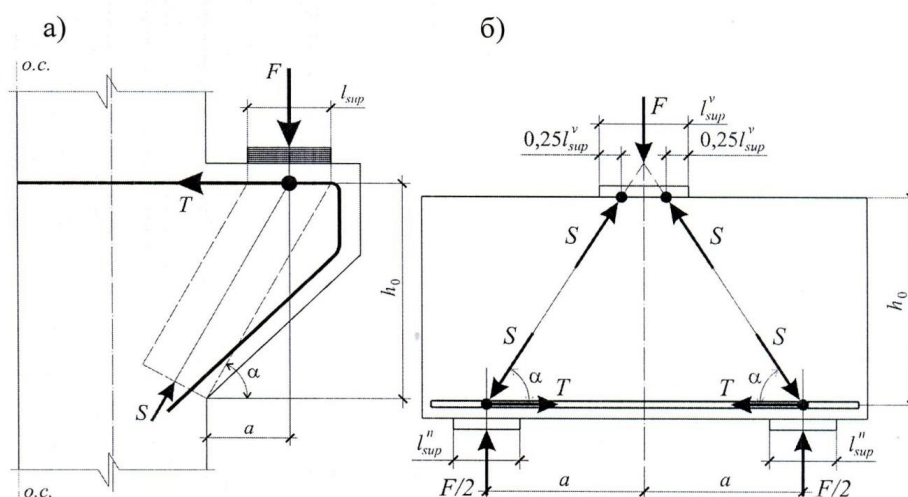


Рисунок 1 – Расчетные аналоговые стержневые модели - АСМ консолей колонн (а) и коротких балок (б)

Короткие балки. Поскольку перемычки над проходами в колоннах и подкрановые ригели двухветвевых колонн являются разновидностями короткой балки, целесообразно вначале рассмотреть построение аналоговой стержневой модели короткой балки, а затем особенности построение аналоговых стержневых моделей перемычек над проходами в колоннах и подкрановых ригелей двухветвевых колонн.

Наклонные сжимающие усилия S аналоговой стержневой модели короткой балки (рис.1, б) определяются по формуле:

$$S = 0,5 \cdot F / \sin \alpha \quad (4)$$

где F – внешняя сила, передаваемая на консоль колонны;

α – угол наклона наклонного стержня модели АСМ (рис.1,б), определяемый по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha = h_0 / (a + 0,25l_{sup}) \quad (5)$$

здесь h_0 – рабочая высота сечения балки;

a – расстояние от равнодействующей внешней силы F до опорной реакции;

l_{sup} – длина площадки передачи нагрузки.

Горизонтальное растягивающие усилие T определяется по формуле:

$$T = S \cdot \cos \alpha = 0,5F / \operatorname{tg} \alpha \quad (6)$$

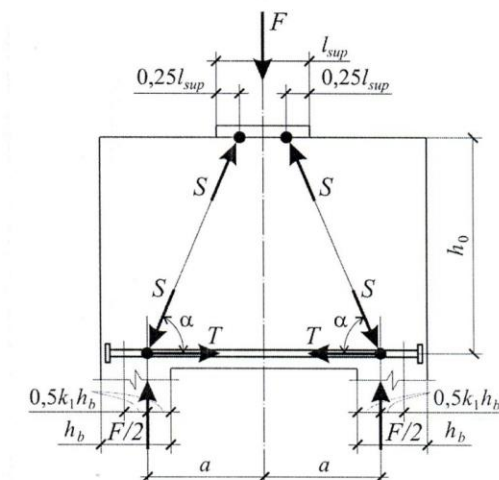


Рисунок 2 – Расчетная аналоговая стержневая модель – АСМ перемычек над проходами колонн

Перемиčky над проходами в колоннах. Особенность построения аналоговой стержневой модели перемиčky над проходами в колоннах является положение нижних ключевых точек стержневой модели, расположенных на пересечении рабочей продольной арматуры с опорными реакциями. Центр приложения опорных реакций в перемичках смещен в сторону внутренних граней опор-ветвей (рис. 2), поскольку ширина опор-ветвей уменьшена до величины $k_1 \cdot h_b$, где k_1 – коэффициент, учитывающий неравномерный характер распределения сжимающих напряжений в местах сопряжения перемиčky с опорами – ветвями, равный

$$k_1 = (l_{\text{sup}} / 4a) + 0,65 \quad (7)$$

Расчетные зависимости для сжимающих – S и растягивающих – T усилий в элементах стержневой модели перемичек над проходами в колоннах аналогичны расчетным зависимостям коротких балок.

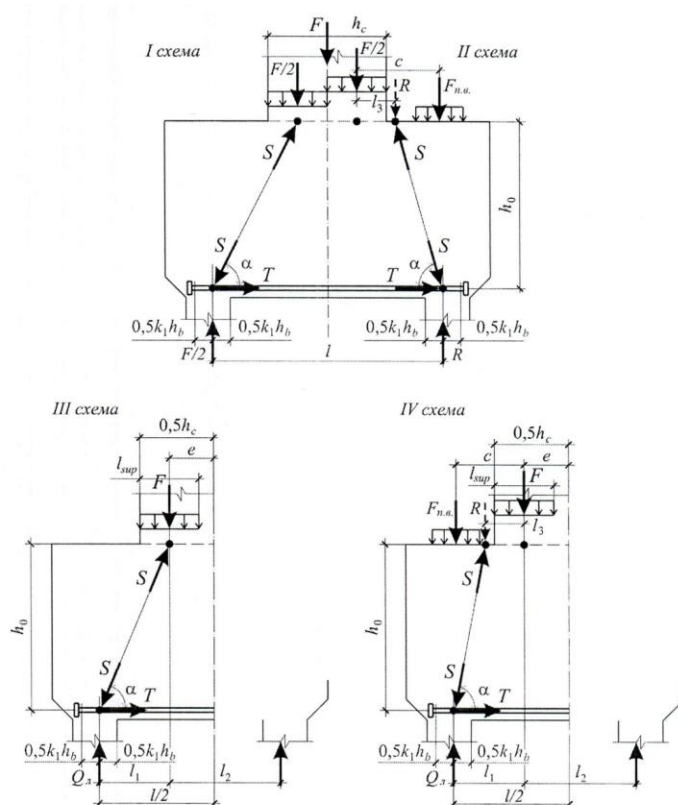


Рисунок 3 – Расчетные аналоговые стержневые модели – АСМ подкрановых ригелей двухветвевых колонн при различных схемах нагружения

Подкрановые ригели двухветвевых колонн. Особенности построения аналоговых стержневых моделей подкрановых ригелей двухветвевых колонн связаны с разнообразием схем нагружений.

Принципиальных отличий в работе подкрановых ригелей и коротких балок не установлено, поэтому в основу построения аналоговых стержневых моделей подкрановых ригелей был принят подход, предлагаемый для коротких балок.

По аналогии с перемычками, центр приложения опорных реакций (нижние ключевые точки) смещен в сторону внутренних граней опор-ветвей (рис. 3), поскольку ширина опор-ветвей уменьшена до величины $k_1 \cdot h_b$.

При одной сосредоточенной силе расчетная схема ригеля аналогична короткой балке (рис.3 (I схема)). Усилия в элементах стержневой модели определяются по зависимостям (4) и (6).

Угол наклона сжатых стержней модели АСМ определяется по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha = h_0 / (0,5l - 0,25h_c) \quad (8)$$

При одновременном действии крановой нагрузки на подкрановый ригель – $F_{П,В}$, (рис.3 (II схема)) положение верхней ключевой точки стержневой модели определяется положением равнодействующей внешних сил – R , расположенной на уровне верхней грани ригеля (рис. 3 (II схема)).

Усилия в элементах стержневой модели определяются по зависимостям:

$$S = R / \sin \alpha, \quad T = R / \operatorname{tg} \alpha. \quad (9)$$

Угол наклона сжатых стержней модели определяется по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha = h_0 / (0,5l - 0,25h_c - l_3), \quad (10)$$

где $l_3 = (F_{П,В}/R)c$ (рис. 3).

При передаче нагрузки на ствол колонны с эксцентриситетом (рис. 3 (III схема)) положение верхней ключевой точки стержневой модели определяется пересечением равнодействующей внешних сил $R = F$ с

верхней гранью ригеля. При этом длина условной грузовой площадки l_{sup} соответствует зоне концентрации сжимающих напряжений в сечении колонны.

Усилия в элементах стержневой модели (рис. 3 (III схема)) определяются по зависимостям:

$$S = (l_2 F) / (\sin \alpha (l_1 + l_2)). \quad T = (F l_2) / (\operatorname{tg} \alpha (l_1 + l_2)). \quad (11)$$

Угол наклона сжатого стержня модели со стороны эксцентриситета определяется по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha = h_0 / l_1 \quad (12)$$

где l_1 – расстояние от линии действия опорной реакции до линии действия равнодействующей внешних сил – F .

При совместном действии крановой нагрузки – $F_{П,В}$ и нагрузки, приложенной к стволу колонны с эксцентриситетом (рис.3 (IV схема)) положение верхней ключевой точки стержневой модели определяется аналогично случаю, изображенному на рис.3 (II схема) и описанному ранее.

Усилия в элементах стержневой модели (рис.3 (IV схема)) определяются по зависимостям (11).

Угол наклона сжатого стержня модели со стороны эксцентриситета определяется по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha = h_0 / (l_1 - l_3). \quad (13)$$

Расчет по прочности железобетонных конструкций, имеющих соизмеримое соотношение длины и высоты сечения, следует производить на основе аналоговых каркасно-стержневых моделей – АКСМ.

Расчет прочности на основе аналоговых каркасно-стержневых моделей производится по сжатым наклонным бетонным полосам и горизонтальному растянутому арматурному поясу.

Основные предпосылки расчета. Предельное состояние сжатых наклонных полос бетона наступает при достижении напряжений в бетоне значений, равных $\gamma_b R_b$ при их равномерном распределении по площади сжатой наклонной полосы бетона – $l_b b$. Здесь γ_b – коэффициент условий

работы бетона, l_b – ширина сжатой полосы бетона расчетной модели АКСМ, b – ширина сечения конструкции. Предельное состояние растянутого арматурного пояса наступает при достижении напряжений в арматуре значений, равных $\gamma_s R_s$.

Консоли колонн. Расчет прочности сжатых наклонных бетонных полос аналоговой каркасно-стержневой модели, показанной на рис. 1а, должен производиться из условия:

$$S \leq R_b \gamma_b l_b b, \quad (14)$$

где l_b – ширина сжатой полосы бетона, определяемая по формуле:

$$l_b = l_{sup} \sin \alpha. \quad (15)$$

Расчет прочности сечения горизонтального арматурного пояса должен производиться из условия:

$$T \leq R_s \varphi_s A_s \quad (16)$$

где φ_s – опытный коэффициент.

Короткие балки. Расчет прочности сжатых наклонных бетонных полос аналоговой каркасно-стержневой модели, показанной на рис. 1б, должен производиться из условия:

$$S \leq \varphi_{b1} \varphi_b R_b l_b \quad (17)$$

где φ_{b1} – опытный коэффициент;

φ_b – коэффициент, учитывающий влияние массива бетона, окружающего расчетную полосу, определяемый по формуле:

$$\varphi_b = (\varphi_b^v + \varphi_b^n) / 2 \quad (17a)$$

Здесь

$$\varphi_b^v = \sqrt[3]{\frac{0,5l_{sup}^v + l_y^v}{0,5l_{sup}^v}}$$

$$\varphi_b^n = \sqrt[3]{\frac{0,5l_y^n + l_{sup}^n}{l_{sup}^n}},$$

где l_y^v – расстояние от грани грузовой площади до внешней грани опорной площадки;

l_y^n – расстояние между центром действия внешней силы и внутренней гранью опорной площадки (рис. 1б);

l_b – ширина сжатой наклонной полосы, определяемая по зависимости:

$$l_b^v = 0,5l_{sup}^v \sin \alpha, \quad (18)$$

$$l_b^n = k_1 l_{sup}^n \sin \alpha, \quad (19)$$

k_1 – коэффициент, учитывающий неравномерный характер распределения напряжений по ширине расчетной полосы – l_b^n ,

$$k_1 = (0,5l_{sup}^n / (2a)) + 0,65 \quad (20)$$

Расчет прочности сечения горизонтального арматурного пояса должен производиться из условия:

$$T \leq R_s \varphi_s A_s \quad (21)$$

Расчет прочности сечений сжатых наклонных полос аналоговой каркасно-стержневой модели балок с поперечной арматурой (рис. 4) должен производиться из условия:

$$S \leq \varphi_{b1} \varphi_b R_b l_b + Q_{sw}, \quad (22)$$

где Q_{sw} – усилия, воспринимаемые поперечной арматурой, определяются по формуле:

$$Q_{sw} = T_{sw} + N_{sw}, \quad (23)$$

здесь T_{sw} и N_{sw} – усилия в поперечной арматуре в результате косвенного и прямого участия в работе сжатой полосы бетона, определяются по формулам:

$$\begin{aligned} T_{sw} &= \varphi_s \varphi_{sw} R_s b l_b \sin \theta, \\ N_{sw} &= \varphi_s R_s b l_b \cos \theta \end{aligned} \quad (24)$$

где φ_s – опытный коэффициент;

φ_{sw} – коэффициент косвенного армирования в работе сжатой полосы бетона, определяется по формуле:

$$\varphi_{sw} = 4,5 - 3,5 A_{loc} / A_{ef}, \quad (25)$$

где A_{loc} – площадь сечения сжатой полосы бетона, равная $A_{loc} = l_{sup}^v b$,

A_{ef} – площадь бетона, вводимая в расчет, равная $A_{ef} = A_{sw} / (bS)$;

θ – угол между направлением оси сжатой полосы бетона и поперечной арматурой (рис. 4).

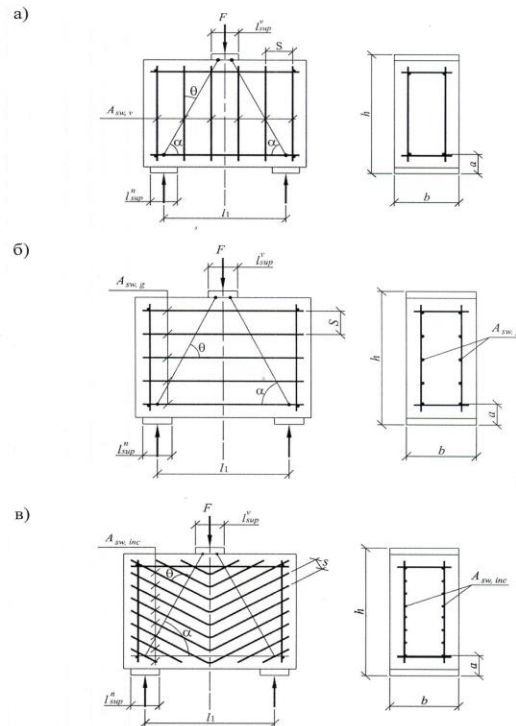


Рисунок 4 – Варианты поперечного армирования коротких балок
 а – армирование вертикальными хомутами; б – армирование горизонтальными хомутами; в – армирование наклонными хомутами

При равномерном характере нагружения подкранового ригеля нагрузкой, передаваемой через ствол колонны (рис.3 (1 схема)), ширина наклонной полосы l_b^v определяется по формуле:

$$l_b^v = 0,5h_c \sin \alpha \quad (26)$$

При совместном действии крановой нагрузки – $F_{п.в}$ и нагрузки, равномерно передаваемой через ствол колонны (рис. 3 (II схема)), ширина наклонной полосы определяется по формуле:

$$l_b^v = 2(l_3 + 0,25h_c) \sin \alpha . \quad (27)$$

При передаче нагрузки на ствол колонны с эксцентриситетом (рис.3

(III схема)), ширина наклонной полосы l_b^v определяется по формуле:

$$l_b^v = l_{sup} \sin \alpha \quad (28)$$

При совместном действии крановой нагрузки – $F_{п.в.}$ и нагрузки, приложенной к стволу колонны с эксцентриситетом (рис.3 (IV схема)), ширина наклонной полосы l_b^v определяется по формуле:

$$l_b^v = 2(l_3 + 0,5l_{sup}) \sin \alpha \quad (29)$$

Расчет прочности сечения горизонтального арматурного пояса производится из условия (21) по аналогии с короткими балками.

Библиографический список:

1. Баранова Т.И. Прочность коротких железобетонных элементов при действии поперечных сил [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Т.И. Баранова – М., 1976.
2. Лаврова О.В. Прочность железобетонных балок при различных нагружениях и конструктивных решениях [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / О.В. Лаврова – М., 1985.