

УДК 624.072.21

## **МОДЕЛИ НАКЛОННЫХ СЕЧЕНИЙ В ПОДРЕЗКАХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК**

***Комаров Виктор Александрович,***

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

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

***Ласьков Александр Николаевич,***

*инженер.*

### **Аннотация**

Рассмотрены особенности напряженно-деформированного состояния опорной зоны, образованной подрезкой. Выявлен характер образования и схемы разрушения наклонных сечений, проходящих по высоте подрезки. Дана качественная и количественная оценка прочности наклонных сечений в подрезках коротких консолей балок при действии поперечных сил. Предложены расчетные модели, наиболее близко отвечающие реальному физическому характеру работы наклонных сечений в рассматриваемых предельных состояниях.

**Ключевые слова:** подрезка продольная и сосредоточенная поперечная арматура, трещины, наклонные сечения, схемы разрушения, расчетные модели.

## **MODELS OF INCLINED SECTIONS IN UNDERCUTS OF REINFORCED CONCRETE BEAMS**

***Komarov Victor Alexandrovich,***

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

*Candidate of Sciences, Professor of the department "Building structures".*

*Laskov Alexander Nikolaevich,*

*engineer*

## **Abstract**

The features of the stress-strain state of the support zone formed by pruning are considered. The character of formation and destruction scheme of inclined sections passing along the cutting height is revealed. A qualitative and quantitative assessment of the strength of inclined sections in the trimming of short beam consoles under the action of transverse forces is given. The computational models that most closely correspond to the real physical nature of the inclined sections in the considered limit States are proposed.

**Keywords:** longitudinal and concentrated transverse reinforcement, cracks, inclined sections, fracture schemes, computational models.

Подрезка – резкое изменение поперечного сечения изгибаемого элемента. Назначение подрезок в опорных частях балок – сокращение строительной высоты перекрытий при опирании на скрытые консоли колонн.

В настоящее время свод правил СП 63.13330.2012 "Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003" содержит расчет наклонных сечений на действие поперечной силы для балок постоянного сечения по длине элемента.

Для элементов с резко меняющейся высотой сечения (имеющих подрезки) рекомендации по расчету наклонных сечений (в подрезках) даны в пособии по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов без предварительного напряжения арматуры к ранее действующему СНиП 2.03.01-84\* [2].

Для наклонных сечений, проходящих у опоры консоли образованной подрезкой (черт. 24 [2]), расчет на действие поперечной силы производят как для обычных балок, при этом в расчетные формулы вводится рабочая высота  $h_{01}$  короткой консоли балки, образованной подрезкой п. 3.48; 3.49 [2].

Анализ напряженно-деформированного состояния показал, образование и развитие наклонных трещин может происходить в любом месте по высоте подрезки, при этом критические наклонные трещины занимают два крайних положения: верхнее, проходящее через вершину входящего угла подрезки и нижнее – по торцу подрезки над продольной арматурой балки, рис. 1, а,б.

Критические наклонные трещины образуются и развиваются в местах концентрации главных растягивающих напряжений  $\sigma_2$ , в углах подрезки и имеют в этих зонах максимальное раскрытие.

Растягивающие усилия в наклонном сечении, проходящем через входящий угол подрезки, передаются на сосредоточенную поперечную и продольную арматуру короткой консоли балки, напряжения в которых в предельном состоянии могут достигать предела текучести одновременно, либо поочередно в продольной или поперечной сосредоточенной арматуре.

Растягивающие усилия в наклонном сечении, проходящем через нижний угол торца подрезки, полностью передаются на сосредоточенную поперечную арматуру, напряжение в которой в предельном состоянии достигают временного сопротивления растяжению и происходит ее обрыв.

Критические наклонные трещины в подрезках коротких консолей балок образуются, развиваются и разрушаются по одной из следующих схем.

В наклонном сечении, проходящем через входящий угол подрезки возможны две схемы разрушения. Первая схема – по наклонной трещине при достижении напряжений в сосредоточенной поперечной арматуре значений равных пределу текучести с разрушением бетона под вершиной наклонной трещины.

Вторая схема – по наклонной трещине при напряжениях в сосредоточенной поперечной и продольной арматуре короткой консоли балки, равных пределу текучести. Раскрытие наклонной трещины в нижней части сечения (входящий угол подрезки) приводит к развитию деформаций поперечной сосредоточенной и продольной арматуры при плавном повороте

образующихся частей без разрушения сжатой зоны бетона над наклонной трещиной. Схема разрушения «разрушение по растянутой зоне».

В наклонном сечении, проходящем через нижний угол торца подрезки, возможна одна схема разрушения. Раскрытие наклонной трещины в нижней части сечения приводит к значительным деформациям и напряжения в сосредоточенной поперечной арматуре достигают предельных значений. Наклонная трещина доходит до верхней грани сечения и вызывает полное разделение балки на две части без разрушения бетона от сжатия. Наклонная трещина раскрывается мгновенно (обрыв сосредоточенной поперечной арматуры). Схема разрушения наклонного сечения «разрушение при диагональном растяжении».

В СП 63.13330.2012 [4] для изгибаемых элементов постоянного сечения принята методика расчета по предельным усилиям в наклонных сечениях на основе расчетных моделей на действие поперечных сил.

Критические наклонные сечения, проходящие по высоте подрезки, в отличие от наклонных сечений обычных балках имеют фиксированное начало, кроме того, рекомендовано устанавливать специальную дополнительную поперечную сосредоточенную арматуру  $A_{sw1}$  за подрезкой, работающую на отрыв, п. 89 [2], и продольную арматуру по низу опорной консоли  $A_{sc}$ .

Поэтому в начало наклонного сечения, проходящего через входящий угол подрезки попадает арматура  $A_{sw1}$  и  $A_{sc}$ , с рабочей высотой сечения балки равной рабочей высоте короткой консоли  $h_{01}$ , в начало наклонного сечения, проходящего через нижний угол торца подрезки попадает арматура  $A_{sw1}$  с рабочей высотой сечения равной  $h_0$  балки.

С учетом указанных особенностей, а также экспериментальных исследований предлагаются модели критических наклонных сечений, проходящих по высоте подрезки на действие поперечных сил рис. 1 и на действие моментов рис. 2.

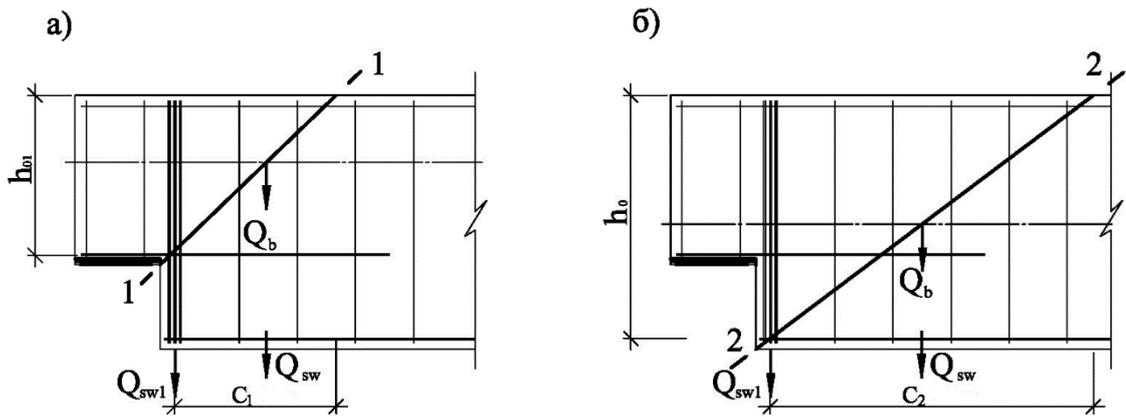


Рисунок 1 - Модели наклонных сечений на действие поперечных сил.

- а) проходящее через входящий угол подрезки (сечение 1-1);
- б) то же через нижний угол торца подрезки (сечение 2-2)

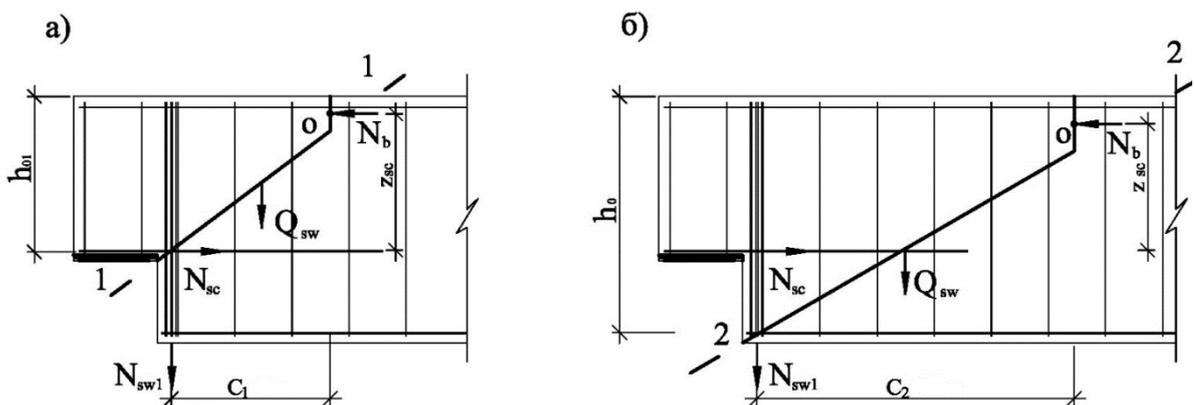


Рисунок 2 - Модели наклонных сечений на действие моментов.

- а) проходящее через входящий угол подрезки (сечение 1-1);
- б) то же через нижний угол торца подрезки (сечение 2-2)

Расчетные зависимости на действие поперечных сил (8.57, 8.58 [4])

примут вид:

сечение 1-1

$$Q_b = 1,5R_{bt}bh_{01}^2/C_1 \quad (1)$$

$$Q_{sw} = 0,75R_{sw1}A_{sw1} + 0,75q_{sw}C_1 \quad (2)$$

$$Q_{sw} = R_{sw1}A_{sw1} + 0,75q_{sw}C_1 \quad (3)$$

сечение 2-2

$$Q_b = 1,5R_{bt}bh_0^2/C_2 \quad (4)$$

$$Q_{sw}=0,75R_{sw1}A_{sw1}+0,75q_{sw}C_2 \quad (5)$$

Расчетные зависимости на действия моментов (8.64, 8.65 [4]) примут вид:  
сечение 1-1

$$M_s=R_sA_{sc}Z_{sc} \quad (6)$$

$$M_{sw}=R_{sw}A_{sw1}C_1+0,5Q_{sw}C_1 \quad (7)$$

сечение 2-2

$$M_s=R_sA_{sc}Z_{sc} \quad (8)$$

$$M_{sw}=R_{sw}A_{sw1}C_2+0,5Q_{sw}C_2 \quad (9)$$

В СП [4] расчет производят для ряда расположенных по длине элемента наклонных сечений при наиболее опасной длине проекции наклонного сечения  $S$ . Длину проекции  $S$  принимают не менее  $h_0$  и не более  $2h_0$ , п. 8.1.33, 8.1.35 [4]. Длину проекции наклонных сечений  $C_1$ ,  $C_2$  следует принимать  $h_{01} \leq C_1 \leq 2h_1$ ;  $h_0 \leq C_2 \leq 2h_0$ .

По зависимостям (1, 2, 3, 6, 7, 8) рассчитаны образцы балок, в которых разрушение происходит по наклонному сечению, проходящему через входящий угол подрезки (сечение 1-1), по зависимостям (4, 5, 9, 10, 11) по наклонному сечению, проходящему через нижний угол торца подрезки (сечение 2-2).

Результаты расчета показали, что наиболее близкими к опытным разрушающим поперечным силам являются расчетные поперечные силы, определенные из условия прочности на действие моментов принимая в расчетных зависимостях полное сопротивление растяжению в специальной сосредоточенной поперечной арматуре, устанавливаемой за подрезкой в рассматриваемых наклонных сечениях.

Расчет на действие поперечной силы наклонных сечений по СП 63.13330.2012 занижает расчетную поперечную силу (введение понижающих коэффициентов в расчетные зависимости, учитывающие особенности работы бетона и поперечной арматуры в наклонном сечении изгибаемых элементов постоянного сечения [5]). Целесообразно сопротивление растяжению в специальной сосредоточенной поперечной арматуре, устанавливаемой за

подрезкой в рассматриваемых расчетных сечениях, принимать равным  $R_{sw}$ , с  $\varphi_{sw}=1,0$ .

### **Вывод:**

Предлагаемые расчетные модели основанные на методике СП 63.13330.2012 и Пособия к ранее действующему СНиП 2.03.01-84\* учитывают образование, развитие и разрушения наклонных сечений проходящих по высоте подрезки, и наиболее близко отвечают реальному физическому характеру работы наклонных сечений в рассматриваемых предельных состояниях.

### **Библиографический список:**

1. СНиП 2.03.01-84\* Бетонные и железобетонные конструкции. М.: Стройиздат. 1984.
2. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов без предварительного напряжения арматуры (к СНиП 2.03.01-84\*) ЦИТП Госстроя СССР. 1986.
3. СП 52-101-2003 Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. М. 2004.
4. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003.М . 2013.
5. Байков В.Н. Залесов А.С. Особенности работы приопорных участков балок // Бетон и железобетон. 1984. №7. С 20-22.
6. Комаров В.А. Оценка результатов испытаний ригелей с подрезкой железобетонных каркасов зданий и сооружений 5.стр. ОАО «ВНИИТПИ». Библиографический указатель депонированных рукописей .Выпуск 1.2010.рег№12081
7. Комаров В.А. Экспериментальная теория сопротивления ригелей с подрезкой. Монография.М.: Спутник+. 2013. С. 199.
8. Комаров В.А., Болдырева О.В. Расчет и конструирование продольной и сосредоточенной поперечной арматуры консольной опоры ригеля

многоэтажного железобетонного каркаса // Строительная механика и расчёт сооружений. 2015. №1. С. 25-29.

9. Комаров В.А. Расчет наклонных сечений в подрезках консольных опор ригелей сборных многоэтажных железобетонных каркасов // Строительная механика и расчёт сооружений. 2015. №2. С. 6-12.