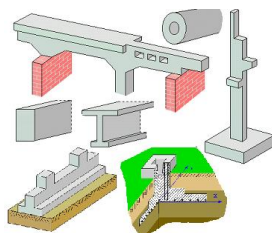




Пакет программ для проектирования и
расчётов каменных и деревянных
элементов
строительных конструкций
Статика-2024



Описание программ

Copyright© ООО ТЕХСОФТ
17630, Россия, Москва, Старокалужское шоссе, 62к1,
офис 4107, БЦ Валлекс

Тел. +7 (916) 589 55 28
 +7 (495) 960 22 83
 +7 (495) 920 90 67

Internet: www.tech-soft.ru

E-mail: support@tech-soft.ru

Оглавление

Оглавление	3
Краткое руководство для пользователя	4
1. Назначение	4
2. Ввод исходных данных	4
3. Расчёт и печать результатов	5
4. Создание проектов и управление ими	5
100 – Элементы деревянных конструкций	6
1. Расчетная схема и нагрузки	7
2. Расчет	8
Литература	11
425 – Каменные конструкции	12
1. Расчетные характеристики материалов	13
2. Расчет на сжатие	14
3. Расчет по раскрытию трещин	17
4. Расчет на смятие	17
4.1 Смятие стены под опёртым концом балки	18
4.2 Смятие стены при опирании конца балки на распределительную плиту	19
4.3 Смятие стены под защемлённым концом балки	23
Литература	24

Краткое руководство для пользователя

1. Назначение

Пакет программ **СТАТИКА** предназначен для расчётов и проектирования элементов строительных конструкций. В состав пакета вошли следующие программы: **программа ввода, расчётные программы**, программа документирования результатов расчета **Viewer** и программа управления проектами **Менеджер проектов**.

Программа ввода позволяет создавать и рассчитывать позиции проекта. В рамках данного пакета, под позицией понимается набор данных для отдельного расчёта строительного элемента. Каждой позиции соответствует одна расчётная программа.

Программа **Viewer** обеспечивает просмотр документов с результатами расчетов позиций. Она имеет функции просмотра и печати документов, архивирования и пересылки электронной почтой. Предусмотрена возможность преобразования документа в формат **pdf** для просмотра в программах Adobe Acrobat и Adobe Reader (команда **Печать**).

Программа **Менеджер проектов** предназначена для работы с проектами. Она позволяет организовать хранение документов (текстов, чертежей, расчетных позиций) по проектам и обеспечивает управление ими (удаление, копирование, печать, и др.), имеет функции архивирования и работы с электронной почтой.

Для удобства работы, все программы пакета снабжены подробными текстами, подсказками и иллюстрациями.

2. Ввод исходных данных

Для создания новой позиции или открытия существующей позиции используются команды **Создать** или **Открыть** из выпадающего меню **Позиция** программы **Менеджер проектов** при активной вкладке **СТАТИКА**. На экране появляется интерфейс ПК **СТАТИКА**, позволяющий выбрать расчётную программу.

Исходные данные для расчёта задаются в окне **Ввод** ПК **СТАТИКА**. Окно **Ввод** содержит поля для ввода данных. Поля ввода, связанные по смыслу, группируются в вопросы, а вопросы – в разделы. Возможны следующие типы полей ввода:

- поле ввода чисел
- поле ввода текста
- поле со списком (отмечено треугольником, выбор при помощи мыши или клавиш +, -)
- поле с набором переключателей (отмечено знаком X)

При вводе числовых данных, автоматически проверяются условия допустимости, при их нарушении появляется предупреждение.

С целью сокращения объёма ввода, для некоторых полей предусмотрено получение значений из стандартных шаблонов. Значения автоматически появляются в полях ввода при создании позиции. Шаблоны могут создаваться пользователем. Для создания шаблонов, используется команда **Сохранить как...**, доступная в меню **Позиция** ПК **СТАТИКА**. В появляющемся диалоге необходимо выбрать вкладку **Стандартная позиция**.

На панели инструментов ПК **СТАТИКА** предусмотрена специальная кнопка, позволяющая создать новую позицию на основе стандартной позиции.

Для позиции можно составить комментарии, выводимые в начале и в конце выходного документа. Ввод комментария осуществляется путём двойного щелчка левой клавишей мыши в полях ввода **Комментарий к позиции** или **Комментарий к расчёту**.

При вводе данных, можно произвольно переходить на любое поле ввода. Для перехода можно использовать мышь или клавиши Enter, Tab и стрелки. Для быстрого перехода следует использовать клавиши PageUp, PageDown, Ctrl+Home, Ctrl+End.

Помимо окна **Ввод**, предусмотрены следующие вспомогательные окна:

- Список позиций
- Каталог вопросов
- Разъяснения вопросов
- Иллюстрации вопросов

Вспомогательными окнами можно управлять с помощью команд из меню **Вид**. В окне **Каталог вопросов** отображается структура проекта с разделами ввода. При помощи этого окна, можно быстро перейти на требуемое поле ввода. В окне **Разъяснения вопросов** отображается описание текущего вопроса (параметры, единицы измерения, области допустимых значений, ссылки на пункты норм и др.). В окне **Иллюстрации вопросов** отображаются поясняющие рисунки к текущему вопросу, при этом выделяется цветом параметр, соответствующий текущему полю ввода. **Список позиций** содержит список всех позиций, содержащихся в проекте.

При вводе некоторых числовых данных, можно использовать команду **Вычисления** из контекстного меню поля ввода для задания арифметического выражения (формулы), по которому вычисляется вводимое значение. Это выражение будет сохранено в расчётной позиции для возможности последующего редактирования. В выходном документе арифметическое выражение не отображается.

3. Расчёт и печать результатов

Сохранение введенных данных осуществляется кнопками **Сохранить** и **Сохранить как...** на верхней панели инструментов ПК СТАТИКА. Расчёт выполняется при помощи команды **Расчет** или **Расчет...** из меню **Позиция** (при использовании команды **Расчет...**, предварительно вызывается диалог **Конфигурация вывода**).

Результаты расчёта выводятся в программу документирования результатов расчета **Viewer** или на принтер. Результаты расчета проекта формируются как единый документ, который может быть напечатан или отправлен по электронной почте. При печати, единый документ будет иметь сквозную нумерацию страниц. Также можно создать любое количество документов, управляя составом документа (например, для отдельного типа позиций – свой документ). ПК СТАТИКА позволяет напечатать документ в компактной форме (2 или 4 страницы документа на одном листе бумаги).

ПК СТАТИКА дает возможность произвести расчет сразу нескольких позиций. Позиции выбираются в программе **Менеджер проектов** в активном окне текущего проекта стандартным способом с помощью мыши и клавиш Ctrl или Shift.

4. Создание проектов и управление ими

Программа **Менеджер проектов** предназначена для работы с проектами, которые представляют собой группы позиций. Проект может быть создан в любой папке системы, за исключением корневого каталога. **Менеджер проектов** имеет функции архивирования и работы с электронной почтой. При инсталляции ПК СТАТИКА, создается группа **Projekte**, содержащая группу **Примеры** и группу **Другие**.

100 – Элементы деревянных конструкций



Программа предназначена для расчёта элементов деревянных конструкций согласно СП 64.13330.2017 [1]. Рассматриваются элементы из цельной древесины, клееные элементы из древесины и клееные элементы из однонаправленного шпона.

1. Расчетная схема и нагрузки

Расчетная схема представляет собой стержневой элемент прямоугольного сечения. Рассматриваются два типа расчетной схемы: балка и стойка. Пример балки с шарнирными креплениями приведен на рис.1.

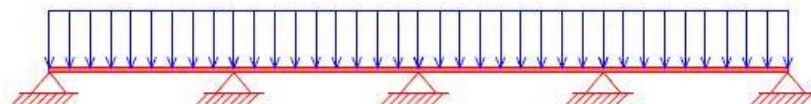


Рис.1. Пример балки

Пример стойки с подвижным креплением (креплением от поворота) верхнего сечения приведен на рис.2.

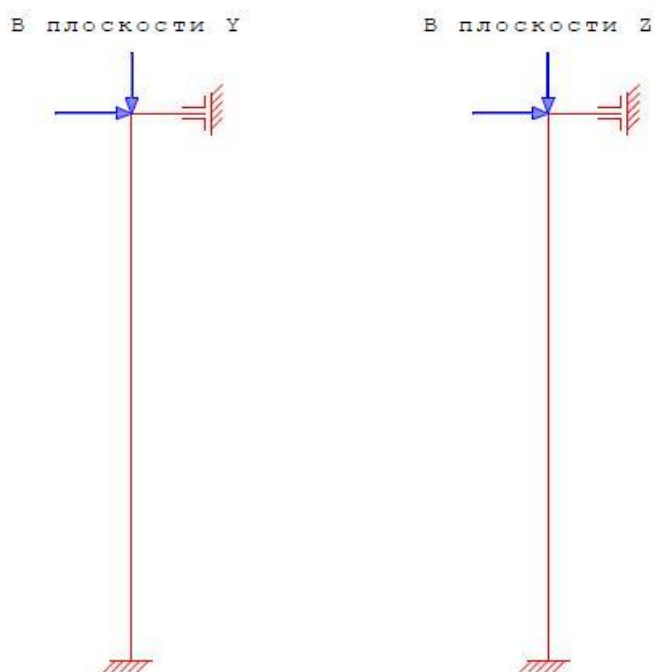


Рис.2. Пример стойки

Возможно задание сосредоточенных и равномерно распределенных нагрузок. Точка приложения сосредоточенной нагрузки определяется по расстоянию x от левого края балки или от нижнего края стойки. Положительные направления нагрузок показаны на рис.3, 4.

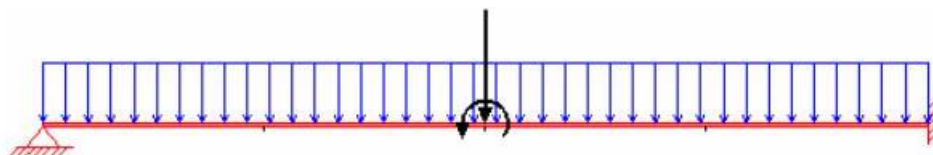


Рис.3. Положительные направления нагрузок на балку

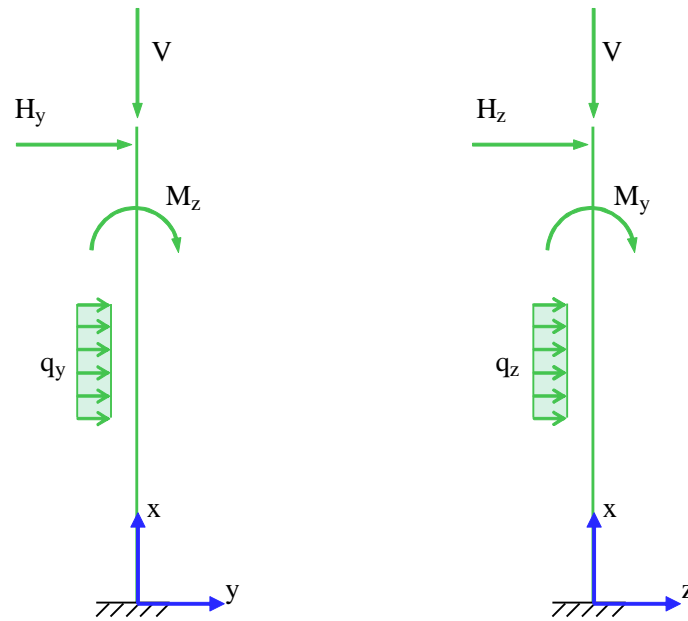


Рис. 4. Положительные направления нагрузок на стойку

Комбинирование нагрузок производится согласно [2].

2. Расчет

Расчет балки включает проверку прочности по нормальному напряжению, проверку прочности по касательному напряжению, проверку устойчивости плоской формы изгиба, определение прогиба. Примеры эпюр изгибающего момента и перерезывающей силы приведены на рис.5.

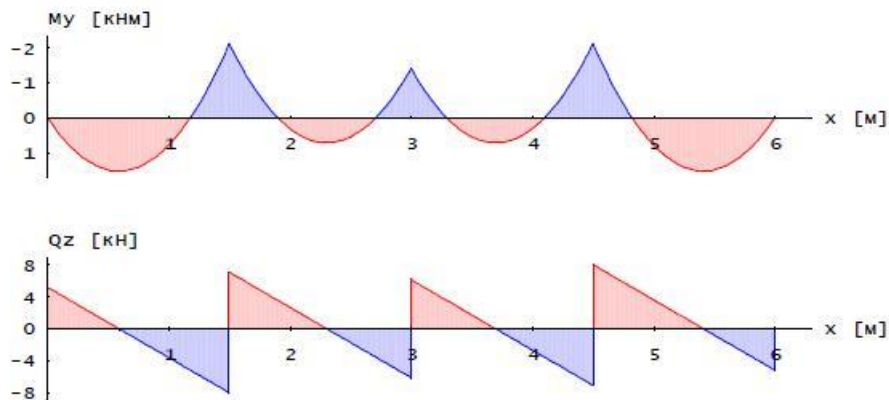


Рис. 5. Примеры эпюр изгибающего момента и перерезывающей силы

Пример эпюры прогиба приведен на рис.6.

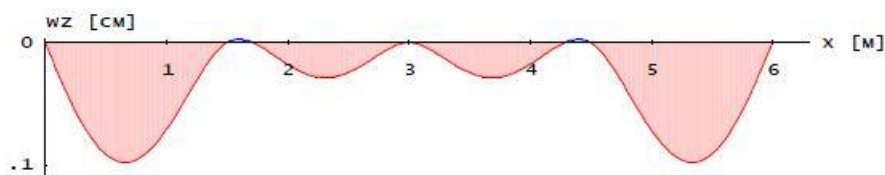


Рис. 6. Пример эпюры прогиба

Расчет стойки включает проверку прочности по нормальному напряжению, проверку прочности по касательному напряжению, проверку устойчивости в плоскостях изгиба, определение прогиба. Определение усилий в стойке и ее прогиба выполняется по деформированной схеме. Примеры эпюр изгибающих моментов, перерезывающих сил и прогибов приведены на рис.7-9.

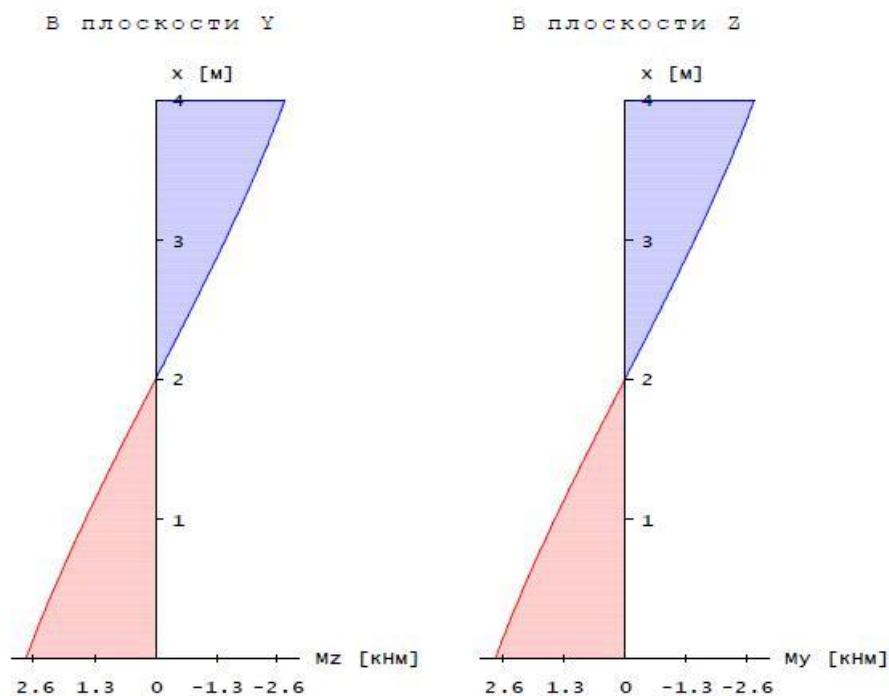


Рис. 7. Пример эпюр изгибающих моментов

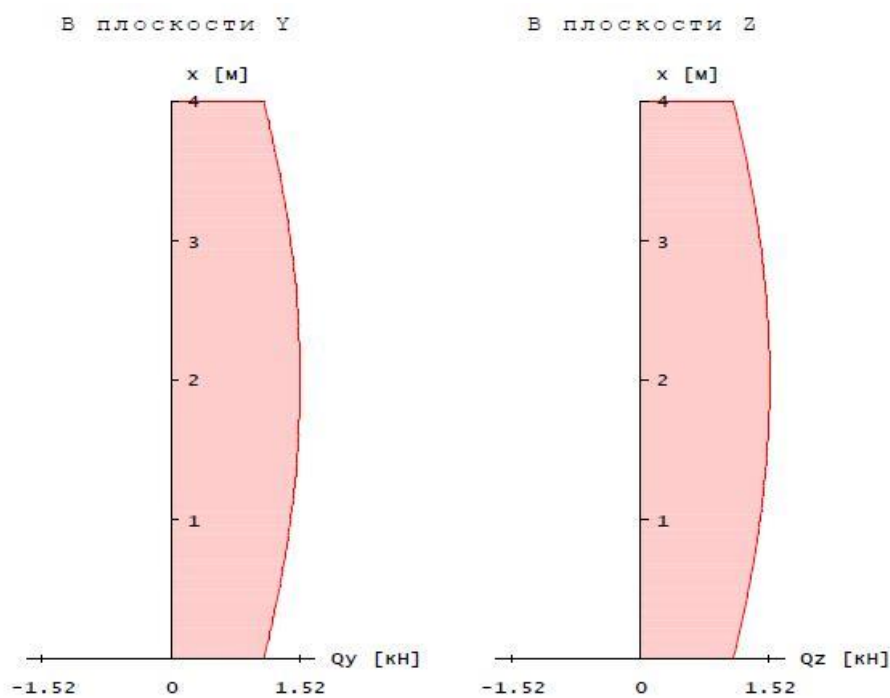


Рис. 8. Пример эпюр перерезывающих сил

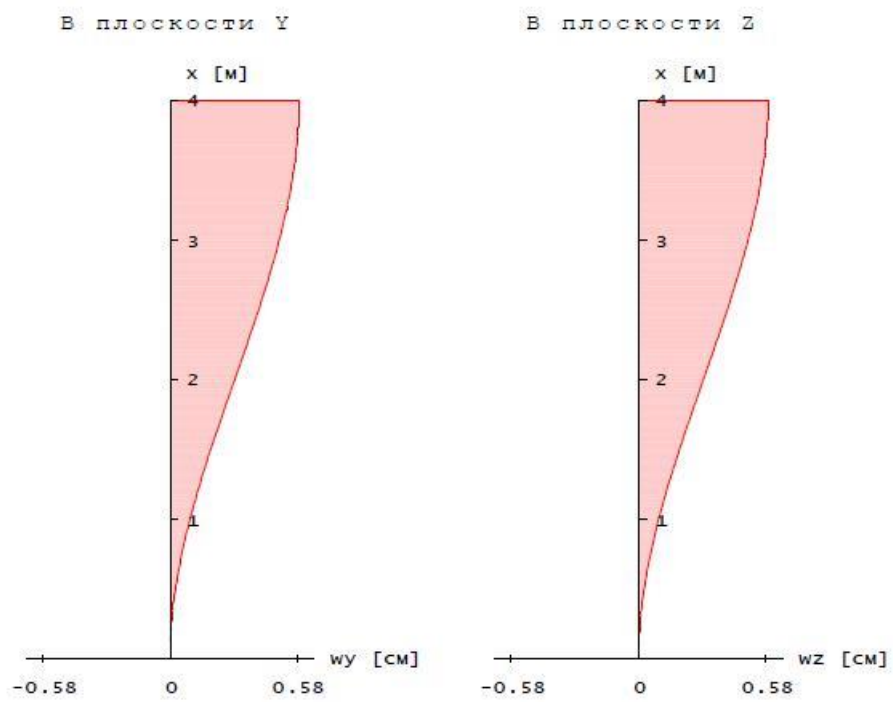


Рис.9. Пример эпюр прогибов

Литература

1. СП 64.13330.2017 «СНиП II-25-80 Деревянные конструкции».
2. СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия».

425 – Каменные конструкции



Программа предназначена для расчетов элементов каменных конструкций на сжатие и смятие согласно СП 15.13330.2020 [1].

1. Расчетные характеристики материалов

Расчетное сопротивление R сжатию кладки из кирпича всех видов и керамических камней со щелевидными вертикальными пустотами шириной до 12мм при высоте ряда кладки 50–150мм принимается по таблице 2, в зависимости от марки кирпича или камня и марки раствора. Предусмотрен учет понижающего коэффициента для расчетного сопротивления кладки на растворах марок от 4 до 50 согласно примечанию к указанной таблице.

Расчетное сопротивление R сжатию кладки из керамических крупноформатных камней пустотностью от 40% до 55% со щелевидными вертикально расположенными пустотами шириной до 16мм при высоте ряда кладки 200-260мм принимается по таблице 2а.

Коэффициент условий работы γ_c кладки при сжатии принимается согласно 6.12.

Расчетное сопротивление R_{tb} растяжению кладки при изгибе применяется при расчете по образованию и раскрытию трещин. Значение R_{tb} для всех видов кладки принимается по таблице 11, п. 3.

Модуль упругости E_0 кладки определяется по формуле:

$$E_0 = \alpha R_u$$

Здесь α - упругая характеристика кладки, $R_u = kR$ - временное сопротивление сжатию кладки, k - коэффициент, принимаемый по таблице 15. Для кладки из кирпича и камней всех видов и для кладки из крупных блоков $k = 2$. Упругая характеристика α неармированной кладки принимается по таблице 16, п. 7. Упругая характеристика α_{sk} кладки с сетчатым армированием определяется по формуле:

$$\alpha_{sk} = \alpha \frac{R_u}{R_{sku}}$$

Здесь $R_{sku} = kR + \frac{2R_{sn}\mu}{100}$ - временное сопротивление сжатию армированной кладки, R_{sn} - нормативное сопротивление арматуры, μ - процент армирования кладки. Значение μ определяется по формуле:

$$\mu = \frac{A_{st}(b_1 + b_2)}{b_1 b_2 s} 100$$

Здесь $A_{st} = \pi d_s^2 / 4$ - площадь сечения арматуры, b_1 и b_2 - размеры ячейки арматурной сетки, s - шаг арматурных сеток по высоте кладки.

Согласно указаниям 7.30, при $\mu < 0.1\%$ сечение рассчитывается как неармированное.

Нормативное сопротивление R_{sn} и расчетное сопротивление R_s арматуры, применяемой при сетчатом армировании кладки, принимается согласно СП 63.13330. Для арматуры класса А240 принимается $R_{sn} = 240$ МПа, для арматуры класса В500 - $R_{sn} = 0.6 \cdot 500 = 300$ МПа.

Расчетное сопротивление R_s определяется с учетом коэффициента условий работы γ_{cs} , приведенного в таблице 14, п. 1. Для арматуры класса А240 принимается $R_s = 210 \cdot 0.75 = 157$ МПа, для арматуры класса В500 - $R_s = 435 \cdot 0.6 = 261$ МПа.

Процент армирования кладки сетчатой арматурой при внецентренном сжатии не должен превышать значения, определяемого по формуле:

$$\mu = \frac{50R}{\left(1 - \frac{2e_0}{r}\right)R_s}$$

Здесь e_0 - эксцентриситет продольной силы, r - расстояние от центра тяжести сечения до наиболее сжатого края сечения.

2. Расчет на сжатие

Рассматривается внецентренное сжатие элемента высотой H с постоянным поперечным сечением, имеющим форму либо прямоугольника, либо тавра, либо двутавра (рис.1).

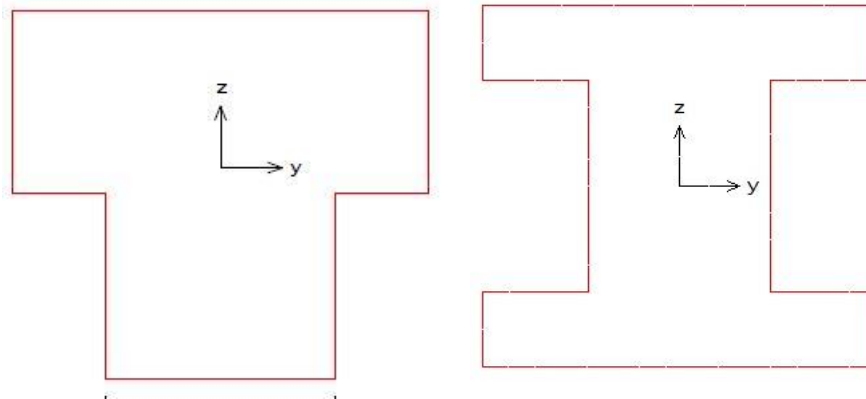


Рис. 1. Тавровое и двутавровое сечения

Условие прочности центрально-сжатого неармированного элемента имеет вид:

$$N / m_g \varphi R A \leq 1$$

Условие прочности внецентренно сжатого неармированного элемента имеет вид:

$$N / m_g \varphi_1 R A_c \omega \leq 1$$

Условие прочности центрально-сжатого элемента с сетчатым армированием имеет вид:

$$N / m_g \varphi R_{sk} A \leq 1$$

Условие прочности внецентренно сжатого элемента с сетчатым армированием имеет вид:

$$N / m_g \varphi_1 R_{skb} A_c \omega \leq 1$$

Здесь N - расчетная продольная сила, R - расчетное сопротивление неармированной кладки, R_{sk} - расчетное сопротивление кладки с сетчатым армированием при центральном сжатии, R_{skb} - расчетное сопротивление кладки с сетчатым армированием при внецентренном сжатии, A_c -

площадь сжатой зоны сечения при прямоугольной эпюре напряжений, $\varphi_1 = (\varphi + \varphi_c)/2$, φ - коэффициент продольного изгиба для всего сечения в плоскости действия изгибающего момента, φ_c - коэффициент продольного изгиба для сжатой зоны сечения, m_g - коэффициент, учитывающий влияние длительной нагрузки, ω - коэффициент, учитывающий относительную величину эксцентриситета.

Расчетные сопротивления кладки с сетчатым армированием определяются по формулам:

$$R_{sk} = R + \frac{p\mu R_s}{100} \leq 2R$$

$$R_{skb} = R + \frac{p\mu R_s}{100} \left(1 - \frac{2e_0}{r}\right) \leq 2R$$

Здесь p - коэффициент, принимаемый при пустотности кирпича (камня) до 20% включительно равным 2, при пустотности от 20% до 30% включительно – равным 1.5, при пустотности выше 30% - равным 1.

Коэффициент m_g определяется по формуле:

$$m_g = 1 - \eta \frac{N_g}{N} \left(1 + \frac{1.2e_{0g}}{h}\right)$$

Здесь N_g - длительная часть продольной силы, η - коэффициент, принимаемый по таблице 21 в зависимости от гибкости λ_i и вида материала кладки, e_{0g} - эксцентриситет силы N_g , h - высота сечения в плоскости изгиба.

Коэффициент ω определяется по формулам, приведенным в таблице 20. Значение ω принимается равным единице для следующих кладок: а) для кладок из керамических кирпича, камней и блоков пустотностью более 25%; б) для кладок из камней и крупных блоков, изготовленных из ячеистого бетона, полистиролбетона и крупнопористого бетона; в) для кладок из природных камней. Для других кладок произвольного сечения

$$\omega = 1 + \frac{e_0}{2r} \leq 1.45$$

Для кладок прямоугольного сечения, а также при $2r < h$

$$\omega = 1 + \frac{e_0}{h} \leq 1.45$$

Здесь e_0 - эксцентриситет продольной силы, r - расстояние от центра тяжести сечения до наиболее сжатого края сечения. Для прямоугольного сечения $r = h/2$.

В случае прямоугольного сечения элемента, коэффициент m_g принимается равным единице, если меньший размер сечения больше или равен 30 см. В случае таврового сечения, коэффициент m_g принимается равным единице, если радиус инерции сечения больше или равен 8.7 см.

Коэффициент продольного изгиба φ принимается по таблице 19 в зависимости от упругой характеристики α для неармированной кладки или α_{sk} для армированной кладки, а также в зависимости от гибкости элемента

$$\lambda_i = l_0 / i$$

Здесь l_0 - расчетная высота элемента, $i = \sqrt{I/A}$ - радиус инерции сечения, A - площадь сечения, I - момент инерции сечения относительно оси, перпендикулярной плоскости изгиба. При центральном сжатии применяется наименьший радиус инерции. Расчетная высота стен и столбов принимается согласно 7.3.

Коэффициент продольного изгиба φ_c определяется для расчетной высоты равной H , т.е. при гибкости $\lambda_{ic} = H/i_c$, $i_c = \sqrt{I_c/A_c}$, где I_c - момент инерции сжатой зоны относительно её центральной оси.

В случае одноосного изгиба прямоугольного сечения элемента, сжатая зона является прямоугольником высотой

$$h_c = h - 2e_0$$

Площадь сжатой зоны определяется по формуле:

$$A_c = A \left(1 - \frac{2e_0}{h}\right)$$

При изгибе элемента таврового сечения, а также при двухосном изгибе элемента прямоугольного сечения, сжатая зона определяется численным методом. На рис.2 приведены примеры сжатой зоны.

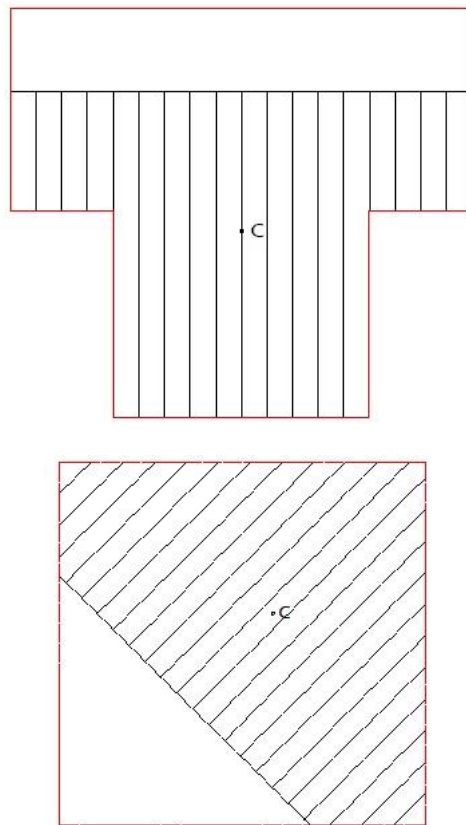


Рис. 2. Сжатая зона

Элементы прямоугольного сечения, в случае одноосного изгиба, проверяются расчетом на центральное сжатие в плоскости, перпендикулярной к плоскости изгиба.

3. Расчет по раскрытию трещин

Расчет по образованию и раскрытию трещин проводится для неармированных элементов согласно 8.3. В случае одноосного изгиба элемента прямоугольного сечения, расчет не проводится при условии $2e_0 \leq 0.7h$. В случае элемента таврового сечения, расчет не проводится при условии $e_0 \leq 0.7r$, где r - расстояние от центра тяжести сечения до наиболее сжатого края сечения.

Условием образования трещин является достижение наибольшим растягивающим напряжением значения R_{tb} . При этом нормальные напряжения определяются как для упругого тела.

Расчет по раскрытию трещин проводится согласно 8.3 для расчетных нагрузок. Условие проверки имеет вид:

$$N / (\gamma_r R_{tb} A) \left[\frac{A(h-r)e_0}{I} - 1 \right] \leq 1$$

Коэффициент условий работы γ_r принимается по таблице 25 в зависимости от предполагаемого срока службы конструкции и от условий работы кладки.

4. Расчет на смятие

Условие прочности при смятии кладки имеет вид:

$$N_c / \psi d R_c A_c \leq 1$$

Здесь N_c - продольная сила от местной нагрузки, R_c - расчетное сопротивление кладки при смятии, A_c - площадь смятия, ψ - коэффициент полноты эпюры напряжений от местной нагрузки. Коэффициент $d = 1.5 - 0.5\psi$ для кирпичной и виброкирпичной кладки, а также для кладки из сплошных камней или блоков, изготовленных из тяжелого и легкого бетонов. Для кладки из пустотелых бетонных или сплошных камней и блоков из крупнопористого и ячеистого бетонов, а также для кладок из крупноформатных керамических камней $d = 1$. При равномерном распределении напряжений $\psi = 1$, при треугольной эпюре напряжений $\psi = 0.5$.

Расчетное сопротивление определяется по формуле:

$$R_c = \xi R$$

$$\xi = \sqrt[3]{\frac{A}{A_c}} \leq \xi_1$$

Здесь A - расчетная площадь сечения. Значение ξ_1 , зависящее от материала кладки и места приложения нагрузки, принимается по таблицам 22 и 22а.

При расчете на смятие кладки с сетчатым армированием расчетное сопротивление принимается как $\max(R_c, R_{sk})$.

В программе рассматриваются следующие расчетные случаи:

- смятие стены под опёртым концом балки,
- смятие стены при опирании конца балки на распределительную плиту,
- смятие стены под защемлённым концом балки,
- смятие по всей толщине стены вдали от краев (рис. 9,а)

- смятие по всей толщине стены у её края (торца) (рис.9,б)
- смятие стены при опирании концов балок (рис.9,в).
- смятие при произвольном расположении площади смятия в сечении элемента.

Для случаев по рис.9,а,б,в расчетная площадь A определяется согласно 7.16. Коэффициент полноты эпюры напряжений ψ задается при вводе исходных данных.

4.1 Смятие стены под опёртым концом балки

Рассматривается опирание на стену конца однопролетной балки постоянной жесткости. Задается длина a_0 и ширина b_0 опоры балки. Длина опоры отсчитывается вдоль оси балки, ширина опоры – перпендикулярно оси балки. Закрепление другого конца балки может быть шарнирным или жестким. Задается поперечная нагрузка на балку, включающая сосредоточенные и распределенные силы. Пример нагружения балки приведен на рис.3. Решение задачи об изгибе балки позволяет получить опорную реакцию Q_0 и угол поворота сечения над опорой d_0 .

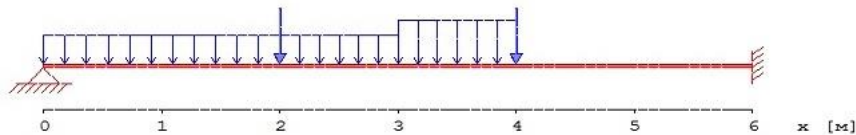


Рис. 3. Пример нагружения балки

Полезная длина опоры балки определяется согласно [2], 4.15 по формуле:

$$a_0 = \sqrt{\frac{2Q_0}{cb_0d_0}} \leq a_0$$

Здесь c - коэффициент постели при местном сжатии. В случае отвердевшей кладки

$$c = \frac{50R_u}{b_0}$$

В случае неотвердевшей кладки

$$c = \frac{35R_{u1}}{b_0}$$

Здесь $R_u = 2R$ и $R_{u1} = 2R_1$ - временные сопротивления сжатию отвердевшей и неотвердевшей кладки. Сопротивление R_1 принимается по таблице 2 при прочности раствора 0.2МПа в зависимости от марки кирпича или камня.

Эпюра напряжений под концом балки может иметь вид трапеции или треугольника.

При трапециевидной эпюре крайевые напряжения определяются по формулам:

$$\sigma_{\max} = \sigma_0 + ca_0d_0/2, \sigma_{\min} = \sigma_0 - ca_0d_0/2, \sigma_0 = \frac{Q_0}{a_0b_0}$$

Коэффициент полноты эпюры напряжений вычисляется по формуле:

$$\psi = \frac{1}{1 + \frac{ca_0 d_0}{2\sigma_0}}$$

При треугольной эпюре: $a_0 < a_o$, $\sigma_{\max} = \frac{2Q_0}{a_0 b_o}$ и $\psi = 0.5$.

4.2 Смятие стены при опирании конца балки на распределительную плиту

Рассматривается опирание на стену или пилястру конца однопролетной балки постоянной жесткости через железобетонную или стальную распределительную плиту. Предусмотрена установка фиксирующей прокладки. При опирании на пилястру принимается $A = A_c$.

При выборе железобетонной плиты задается класс бетона, а также класс косвенной арматуры и ее диаметр, если требуется расчет плиты на смятие. Если по расчету плиты на смятие требуется арматура, то автоматически выполняется подбор сеток косвенного армирования. Расчет на смятие плиты проводится согласно СП 63.13330.

Если фиксирующая прокладка не устанавливается, то задаются длина опоры балки a_o и ширина опоры b_o . В противном случае задаются длина l_n и ширина b_n прокладки. Закрепление другого конца балки может быть шарнирным или жестким. Задается поперечная нагрузка на балку, включающая сосредоточенные и распределенные силы. Пример нагружения балки приведен на рис.3. Решение задачи об изгибе балки позволяет получить опорную реакцию Q_0 .

Проверка прочности при смятии кладки проводится согласно [2], 4.18 – 4.20. При расчете сечений кладки, расположенных под распределительной плитой, нагрузка на плиту от балки принимается в виде сосредоточенной силы, равной опорной реакции. При отсутствии фиксирующей прокладки точка приложения сосредоточенной силы принимается на расстоянии $a_o/3$, но не более 7 см от внутреннего края плиты (в программе возможен расчет без данного ограничения). Фиксирующая прокладка размещается по центральным осям распределительной плиты. Давление на плиту под прокладкой принимается равномерным.

Распределительная плита в расчетной схеме представляется поясом кладки, эквивалентным по жесткости распределительной плите. Высота пояса вычисляется по формуле:

$$H_0 = 2\sqrt[3]{\frac{E_p I_p}{Ed}} = 2\sqrt[3]{\frac{E_p h_p^3}{12E}}$$

Здесь E_p - модуль упругости материала распределительной плиты, I_p - момент инерции сечения плиты, E - модуль упругости кладки, принимаемый равным $0.5E_0$, d - размер распределительной плиты в направлении, перпендикулярном направлению распределения. Для железобетонной плиты $E_p = 0.85E_b$, где E_b - начальный модуль упругости бетона.

Напряжения в кладке под распределительной плитой определяются по формулам, приведенным в таблице 6. В этих формулах принимается $s = \frac{\pi H_0}{2}$, $H = H_0$. Ниже приведены схемы приложения нагрузки, эпюры напряжений, формулы для напряжений и условия их применимости.

Схема 1

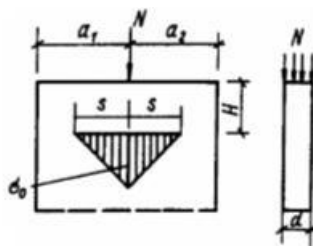


Схема 2

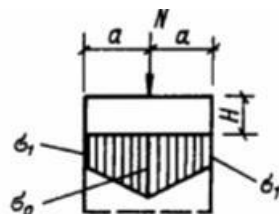


Схема 3

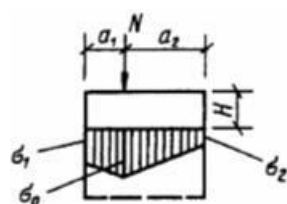


Схема 4

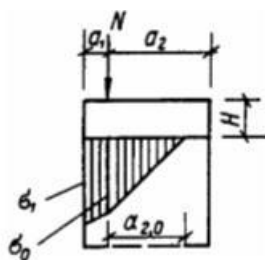


Схема 6

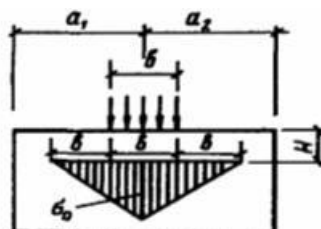


Схема 7

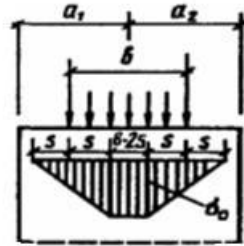


Схема 8

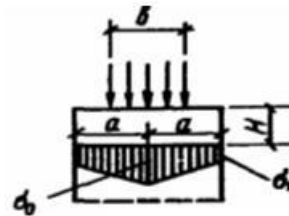


Схема 9

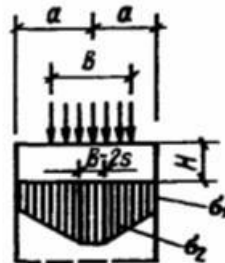


Схема 1 применима при $a_1 > s$, $a_2 > s$

$$\sigma_0 = 0.64 \frac{N}{Hd}$$

Схема 2 применима при $a < s$

$$\sigma_0 = \frac{N}{2ad} \left(1 + 0.41 \frac{a^2}{H^2} \right)$$

$$\sigma_1 = \frac{N}{2ad} \left(1 - 0.41 \frac{a^2}{H^2} \right)$$

Схема 3 применима при $a_1 < s$, $a_1 \geq \frac{a_2}{2}$

$$\sigma_0 = \frac{N}{2a_0d} \left(1 + 0.41 \frac{a_0^2}{H^2} \right)$$

$$\sigma_1 = \frac{2Na_2}{(a_1 + a_2)a_1d} - \frac{\sigma_0(a_1 + a_2)}{2a_1}$$

$$\sigma_2 = \frac{2Na_1}{(a_1 + a_2)a_2d} - \frac{\sigma_0(a_1 + a_2)}{2a_2}$$

$$a_0 = \frac{(a_1 + a_2)^4}{8(a_1^3 + a_2^3)}$$

Схема 4 применима при $a_1 < s$, $a_1 < \frac{a_2}{2}$, $a_{2,0} < a_2$

$$\sigma_0 = \frac{N}{2a_0d} \left(1 + 0.41 \frac{a_0^2}{H^2}\right)$$

$$\sigma_1 = \frac{2N}{a_1d} - \frac{\sigma_0(a_1 + a_{2,0})}{a_1}$$

$$a_0 = 1.125a_1$$

$$a_{2,0} = \sqrt{\frac{4Na_1}{\sigma_0d}} - a_1$$

Схема 6 применима при $a_1 > s + \frac{b}{2}$, $a_2 > s + \frac{b}{2}$, $b < 2s$

$$\sigma_0 = \frac{2N}{bd \left(1 + \frac{\pi H}{b}\right)}$$

Схема 7 применима при $a_1 > s + \frac{b}{2}$, $a_2 > s + \frac{b}{2}$, $b > 2s$

$$\sigma_0 = \frac{N}{bd}$$

Схема 8 применима при $a < s + \frac{b}{2}$, $b < 2s$

$$\sigma_0 = \frac{N}{2ad} (1 + \beta^2)$$

$$\sigma_1 = \frac{N}{2ad} (1 - \beta^2)$$

$$\beta = \frac{2a}{\pi H + b}$$

Схема 9 применима при $a < s + \frac{b}{2}$, $b > 2s$

$$\sigma_0 = \frac{N}{bd} \left[1 + \frac{(b + 2s - 2a)^2}{16as}\right]$$

$$\sigma_1 = \frac{N}{bd} \frac{(b + 2s)^2 - 4a^2}{16as}$$

Приведенные формулы применяются при определении распределений напряжений под плитой вдоль оси балки и вдоль оси стены.

Коэффициент полноты эпюры напряжений вычисляется по формуле:

$$\psi = \frac{N}{\sigma_{\max} A_c}$$

Для схем 1, 2, 3, 4 коэффициент полноты эпюры напряжений равен

$$\psi = \frac{N}{\sigma_{\max} (a_1 + a_2)d}$$

Для схем 6, 7, 8, 9 коэффициент полноты эпюры напряжений равен

$$\psi = \frac{N}{\sigma_{\max} 2ad}$$

В программе производится проверка допустимости напряжений под распределительной плитой согласно [2], 4.22. Условие проверки имеет вид:

$$\sigma_{\max} / (0.8\xi R_u) \leq 1$$

При отсутствии фиксирующей прокладки и при условии $a_o < l_p < 2a_o$, проверяется условие для определения требуемой длины распределительной плиты

$$\sigma_1 / R \leq 1$$

При этом принимается, что равнодействующая давления балки на плиту приложена непосредственно на торце балки (рис.4).

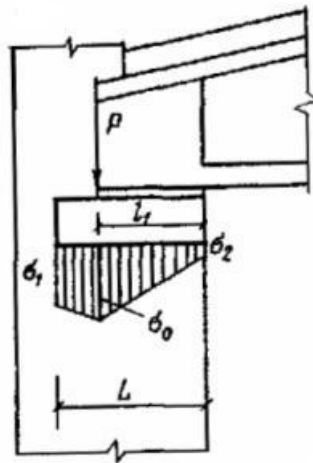


Рис. 4. Нагрузка на плиту

4.3 Смятие стены под защемлённым концом балки

Рассматривается защемление в стену конца однопролетной балки или консоли. Задается глубина заделки балки a_o и ширина балки b_o . Задается поперечная нагрузка на балку, включающая сосредоточенные и распределенные силы. Решение задачи об изгибе балки позволяет получить поперечную силу Q_0 и изгибающий момент M_0 в опорном сечении. Условие прочности при смятии кладки согласно [1], 9.46 имеет вид:

$$Q_0 / (R_c a_o b_o) \cdot (6e_0 / a_o + 1) \leq 1$$

Здесь $e_0 = M_0 / Q_0$ (см.[2], 4.17).

Литература

1. СП 15.13330.2020 «СНиП II-22-81* Каменные и армокаменные конструкции».
2. Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81). – ЦИТП, 1989.