

SCAD Soft

The logo for SCAD Structure features a large, stylized 'S' on the left, followed by the word 'SCAD' in a bold, sans-serif font, and 'Structure' in a larger, bold, sans-serif font below it. To the right of the text is a small 3D wireframe cube icon. The entire logo is set against a background of horizontal lines that extend from the left edge of the page.

**SCAD
Structure** 

**Арбат
Расчет элементов бетонных и
железобетонных конструкций**

Руководство пользователя

УДК 737.30

Авторский коллектив

Белокопытова И.А., Гиренко С.В., Криксунов Э.З., Микитаренко М.А.,
Перельмутер М.А., Скорук Л.Н.

АРБАТ. Расчет элементов бетонных и железобетонных конструкций.

РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ. Версия 5.1.

В руководстве приводятся описание функциональных возможностей программы **АРБАТ**, технологии ее использования и рекомендации по применению.

Программа предназначена для специалистов-проектировщиков, обладающих минимальными навыками работы с компьютером.

SCAD Soft, 2006 ©

Содержание

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Введение | 4 |
| 1.1 Оценка конструктивного решения..... | 4 |
| 1.2 Главное окно | 6 |
| 1.3 Меню..... | 7 |
| 1.4 Настройки..... | 8 |
| 1.5 Работа с таблицами | 9 |
| 1.6 Сохранение данных | 11 |
| 2. Информационные режимы..... | 12 |
| 2.1 Класс бетона..... | 12 |
| 2.2 Марка бетона..... | 12 |
| 2.3 Арматура | 12 |
| 2.4 Коэффициенты условий работы бетона | 13 |
| 2.5 Предельные прогибы..... | 13 |
| 3. Общие операции..... | 14 |
| 3.1 Конструирование поперечных сечений | 14 |
| 3.2 Данные о бетоне | 15 |
| 3.3 Данные об арматуре | 16 |
| 3.4 Трещиностойкость..... | 18 |
| 3.5 Коэффициент надежности по ответственности..... | 18 |
| 3.6 Формирование отчета | 18 |
| 4. Экспертиза | 20 |
| 4.1 Сопротивление железобетонных сечений | 22 |
| 4.2 Сопротивление бетонных сечений | 27 |
| 4.3 Экспертиза балки..... | 27 |
| 4.4 Экспертиза однопролетной балки..... | 33 |
| 4.5 Прогиб балки | 33 |
| 4.6 Прогиб однопролетной балки | 34 |
| 4.7 Экспертиза колонны..... | 34 |
| 4.8 Экспертиза плиты..... | 39 |
| 5. Местная прочность | 42 |
| 5.1 Местное сжатие (СНиП 2.03.01-84*)..... | 42 |
| 5.2 Местное сжатие (СП 52-101-03)..... | 44 |
| 5.2 Продавливание (СНиП 2.03.01-84*)..... | 47 |
| 5.3 Продавливание (СП 52-101-03)..... | 50 |
| 5.4 Отрыв..... | 55 |
| 5.5 Закладные детали | 57 |
| 5.6 Короткие консоли..... | 61 |
| 6. Подбор арматуры | 66 |
| 6.1 Подбор арматуры в балке | 66 |
| 6.2 Подбор арматуры в однопролетной балке | 70 |
| 6.3 Подбор арматуры в колонне..... | 70 |
| 7. Геометрические характеристики | 75 |
| 8. ПРИЛОЖЕНИЕ..... | 76 |
| 8.1 О сейсмических воздействиях..... | 76 |
| 8.2 Нормативные документы, требования которых реализованы в программе АРБАТ .. | 76 |
| 8.3 Калькулятор для расчета по формулам | 78 |
| 8.4 Калькулятор для преобразования единиц измерения | 80 |
| 8.5 Дискретная арматура..... | 80 |
| 9. Литература | 82 |

1. Введение

Программа **АРБАТ** предназначена для проверки несущей способности или подбора арматуры в элементах бетонных и железобетонных конструкций, для вычисления прогибов в железобетонных балках, для проверки местной прочности элементов железобетонных конструкций (включая закладные детали) согласно требованиям одного из следующих нормативных документов:

- СНиП 2.03.01-84*;
- СНиП 2.03.01-84* с учетом изменений на территории Украины;
- СНиП 52-01-2003 (СП 52-101-03).

Расчет выполняется с учетом предельных состояний первой и второй группы (прочность и трещиностойкость) для расчетных сочетаний усилий (PCY), выбираемых автоматически в зависимости от заданных расчетных нагрузок в соответствии с требованиями СНиП 2.01.07-85* “Нагрузки и воздействия” [2] и СНиП 2.03.01-84* “Бетонные и железобетонные конструкции” [5] (СНиП 52-01-2003 [8]).

Во всех режимах задаются расчетные значения нагрузок (усилий). При анализе второго предельного состояния применяются нормативные значения нагрузок. При переходе от расчетных значений к нормативным для каждого нагружения используются коэффициенты надежности по нагрузке, задаваемые пользователем.

Подбор арматуры и проверка выполняются для балок, колонн и плит из тяжелого, мелкозернистого и легкого бетонов с применением арматурной стали классов А-I (А240), А-II (А300), А-III (А400), А-IV, А-V и А-VI, а также арматурной проволоки класса Вр-I (В500) и арматуры классов А400С, А500С (А500).

Кроме того, программа **АРБАТ** выполняет роль справочника, с помощью которого можно получить данные о сортаментах и характеристиках арматуры, нормативных и расчетных сопротивлениях бетона, коэффициентах условий работы бетона и допускаемых предельных прогибах.

Реализованные в программе принципы управления, подготовки данных и документирования результатов расчета полностью совпадают с аналогичными режимами проектно-аналитических программ, входящих в состав системы **SCAD Office**[®]. Программы используют известную технику работы с многостраничными окнами. Активизация страницы происходит при нажатии на ее закладку, кроме того, используются меню.

1.1 Оценка конструктивного решения

Любой набор нормативных требований может быть представлен в форме списка неравенств вида

$$F_j(S,R) \leq 1, \quad (j = 1, \dots, n),$$

где F_j — функция основных переменных, реализующая j -ю проверку; S — обобщенные нагрузки (нагрузочные эффекты); R — обобщенные сопротивления.

Ориентируясь на значения функций F_j , можно ввести понятие **коэффициента использования ограничения (K)**, и критерий проверки представить в виде

$$\max_j K_j \leq 1,$$

включающем все необходимые проверки. Само значение K_j при этом определяет для элемента (узла, соединения, сечения и т.п.) как имеющийся запас прочности, устойчивости или другого нормируемого параметра качества. Если требование норм

выполняется с запасом, то коэффициент K_j равен относительной величине исчерпания нормативного требования (например, $K_j = 0,7$ соответствует 30%-му запасу). При невыполнении требований норм значение $K_j > 1$ свидетельствует о нарушении того или иного требования, т.е. характеризует степень перегрузки. Таким образом, K_j есть левая часть расчетного неравенства, представленного в приведенной выше форме (рис. 1).

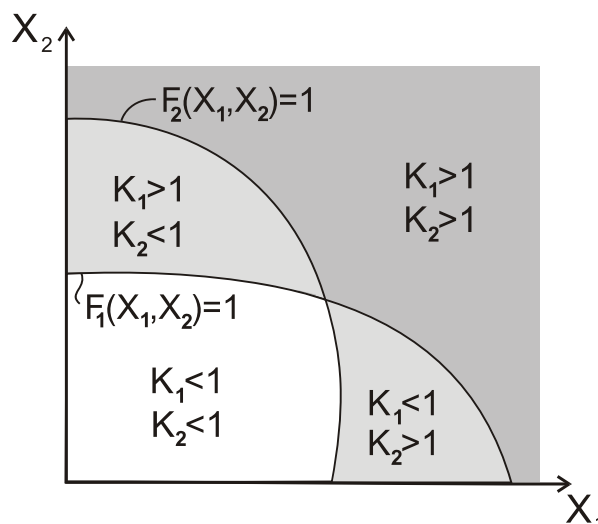


Рис. 1. Геометрическая иллюстрация области проверок в случае двух переменных

Все полученные в результате проверок значения коэффициентов K_j доступны для анализа в диалоговом окне **Диаграмма факторов** (рис. 2) или же в полном отчете о проведенной проверке. В рабочих диалоговых окнах выводится значение K_{max} — максимального (т.е. наиболее опасного) из обнаруженных значений K_j и указывается тип проверки (например, прочность, устойчивость), при которой этот максимум реализовался.



Рис. 2. Пример Диаграммы факторов

Данные, приведенные в диаграмме факторов, позволяют проектировщику принять правильное решение о типе необходимой модификации конструкции.

1.2 Главное окно

При обращении к программе первым на экране монитора появляется главное окно (рис. 3), в котором выполняется выбор режима работы. Каждый из предусмотренных режимов вызывается нажатием соответствующей кнопки.

Нормы проектирования выбираются из одноименного списка. Информация об установленных нормах выводится в нижнем левом углу окна активного режима. В данной версии программы реализован расчет по СНиП 2.03.01-84*, СНиП 52-01-2003 (СП 52-101-03), а также СНиП 2.03.01-84* с учетом изменений на территории Украины.

Все режимы работы можно условно разделить на четыре группы:

- справочные режимы, объединенные в группу **Информация**;
- расчетные режимы, реализующие проверку сечений и элементов с заданной арматурой, объединенные в группу **Экспертиза**;
- расчетные режимы, объединенные в группу **Местная прочность** и реализующие проверку прочности (экспертизу) элементов конструкций вблизи зоны приложения нагрузки;
- расчетные режимы, выполняющие подбор арматуры, объединенные в группу **Подбор арматуры**.

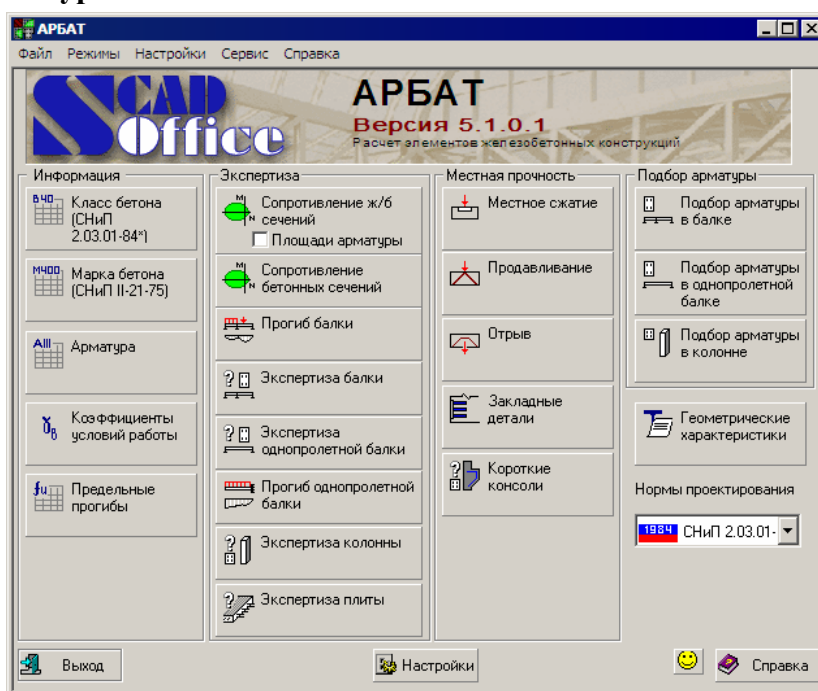


Рис. 3. Главное окно

Справочные режимы представлены следующим набором:

- **Класс бетона** — просмотр значений нормативного и расчетного сопротивлений бетонов различного класса по предельным состояниям первой и второй группы по СНиП 2.03.01-84* или СП 52-101-03;
- **Марка бетона (СНиП II-21-75)** — информация, аналогичная предыдущему режиму, но по маркам бетона в соответствии со СНиП II-21-75;

- **Арматура** — данные о сортаменте, нормативном и расчетном сопротивлении арматуры различного класса;
- **Коэффициенты условий работы** — информация из таблиц СНиП 2.03.01-84*;
- **Предельные прогибы** — значения предельных прогибов из таблицы 19 СНиП 2.01.07-85*;
- **Геометрические характеристики** — определяются геометрические характеристики (площадь, моменты инерции, параметры приведенного сечения и т.д.) заданного бетонного или железобетонного сечения;

Проверочные режимы включают:

- **Сопротивление ж/б сечений** — для определения несущей способности сечений железобетонных элементов с заданным армированием;
- **Сопротивление бетонных сечений** — для определения несущей способности сечений бетонных элементов;
- **Прогиб балки** — для определения прогибов от заданной нагрузки в многопролетной балке;
- **Прогиб однопролетной балки** — для определения прогибов от заданной нагрузки в однопролетной балке;
- **Экспертиза балки** — для проверки несущей способности многопролетной балки с заданной арматурой;
- **Экспертиза однопролетной балки** — для проверки несущей способности однопролетной балки с заданной арматурой;
- **Экспертиза колонны** — для проверки несущей способности колонны с заданной арматурой;
- **Экспертиза плиты** — для проверки несущей способности плиты, опертой по контуру, с заданной арматурой;

В группу **Местная прочность** включены следующие режимы:

- **Местное сжатие** — проверка несущей способности элементов конструкций на местное сжатие;
- **Продавливание** — проверка несущей способности плитных конструкций на продавливание;
- **Отрыв** — проверка несущей способности мест сопряжений конструкций на отрыв;
- **Закладные детали** — проверка несущей способности закладных деталей;
- **Короткие консоли** — проверка коротких консолей на действие поперечной силы.

В группу **Подбор арматуры** включены:

- **Подбор арматуры в балке** — подбор арматуры в многопролетной балке;
- **Подбор арматуры в однопролетной балке** — подбор арматуры в однопролетной балке;
- **Подбор арматуры в колонне** — подбор арматуры в стойках..

1.3 Меню

Настройка программы, вызов необходимого режима работы а также сервисных операций могут быть выполнены через меню. Меню включает пять разделов: **Файл, Режимы, Настройки, Сервис, Справка.**

В разделе **Файл** выполняются:

Меню — переход из любого режима работы программы в главное окно;

Выход — завершение работы программы.

Из раздела **Режимы** можно вызвать любой из реализованных в программе справочных или расчетных режимов (дублируются одноименные кнопки главного окна).

Из раздела **Настройки** вызывается диалоговое окно **Настройки приложения**, в котором выполняется назначение параметров управления программой (дублируется одноименная кнопка главного окна).

В разделе **Сервис** предусмотрен вызов стандартного калькулятора среды Windows, формульный калькулятор и калькулятор для преобразования единиц измерений.

Из раздела **Справка** можно вызвать справочную информацию по управлению программой **АРБАТ**, правила пользования справочной средой системы Windows, а также сведения о программе (номер версии и дата последней модификации).

Описание сервисных и справочных операций приводится в приложении.

1.4 Настройки

Окно **Настройки приложения** (рис. 4) вызывается из меню **Настройки** или одноименной кнопкой, расположенной внизу **Главного окна**, и содержит три страницы — **Единицы измерения**, **Отчет и языки**, **Визуализация**.

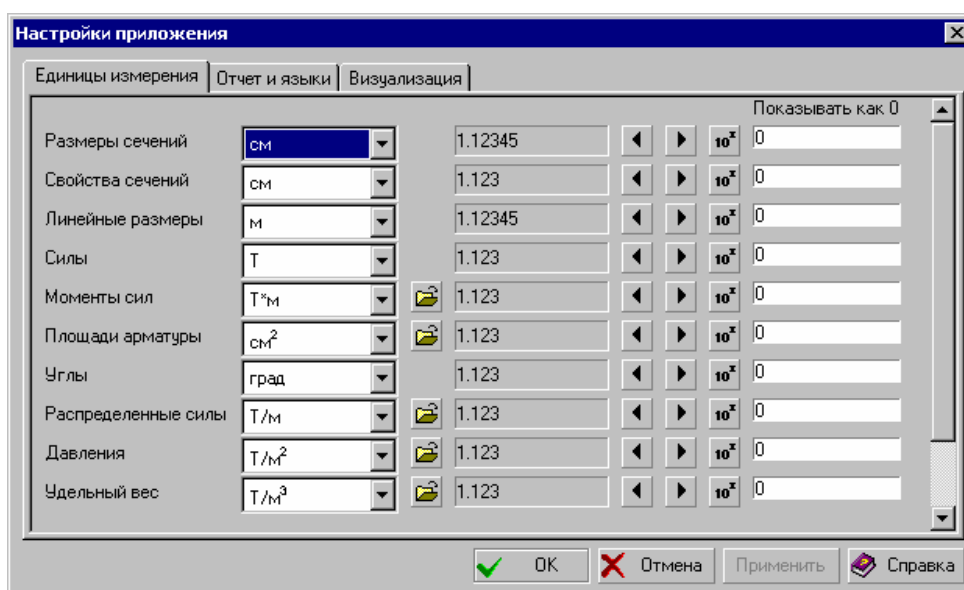




Рис. 4. Страница **Единицы измерения** диалогового окна **Настройки приложения**


На странице **Единицы измерения** выполняется назначение единиц, которые будут использоваться при вводе исходных данных и анализе результатов расчета. Единицы измерения можно изменить на любом шаге работы с программой. Для назначения простых единиц измерения, например линейных размеров или сил, используются выпадающие списки. В тех случаях, когда единицы составные, в выпадающих списках отображаются текущие единицы, а назначение выполняется в диалоговых окнах


Настройки единиц измерения (рис. 5). Окна вызываются нажатием кнопки ,

расположенной справа от выпадающего списка. Для задания единиц следует выбрать в выпадающих списках окна наименования нужных единиц измерения и выйти из окна нажатием кнопки **ОК**.

Окно **Отчет и языки** (стр. 6) используется для назначения языка интерфейса пользователя, формы представления отчета, формата отчетного документа и т.п. и включает следующие элементы настройки:

 **Просмотр/редактирование** — автоматический вызов программы просмотра отчета, ассоциированной с заданным форматом расширения;

 **Печать** — печать отчета без его отображения на экране;

 **Тип отчета** — в выпадающем списке предлагается выбрать формат файла отчетного документа. Предусмотрено формирование RTF-файла в двух форматах — Word 7 (Word Pad) или Word 97 и выше, DOC-файла, а также файлов в форматах HTML и PDF. Для просмотра/печати отчетов в формате PDF необходимо установить программу типа Adobe Acrobat Reader (программа является бесплатной и может быть загружена с сайта <http://www.adobe.com>);

группы **Бумага**, **Отступы** и **Ориентация** используются для настройки формата отчета;

в группе **Колонтитулы** указывается ссылка на файл в формате RTF, в котором записаны колонтитулы к отчету. Этот файл может быть подготовлен пользователем.

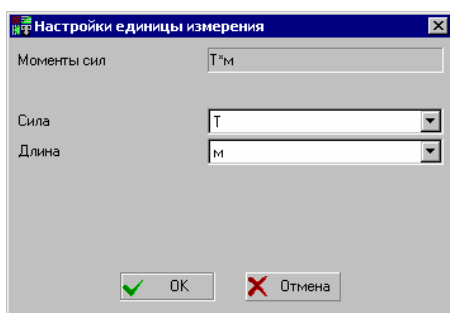


Рис. 5. Диалоговое окно **Настройки единицы измерения**

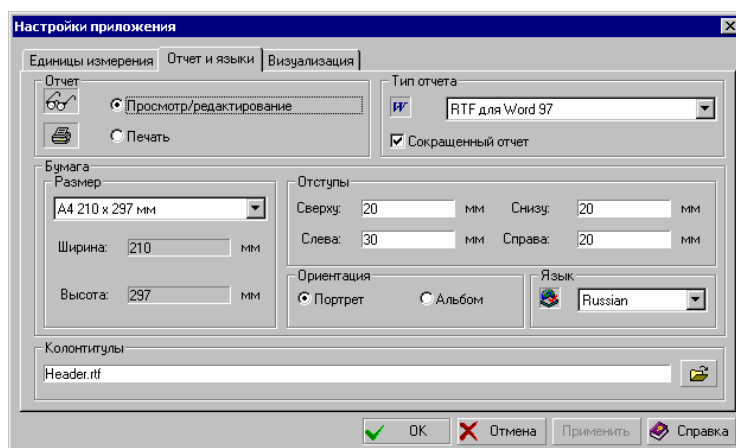


Рис. 6. Страница **Отчет и языки** диалогового окна **Настройки приложения**

На странице **Визуализация** выполняется назначение шрифта текстовых сообщений на экране и в отчете. Двойной щелчок левой кнопкой мыши на строке с отображением текущего шрифта приводит к появлению стандартного диалогового окна **Шрифт (Font)**, в котором и выполняются необходимые установки.

1.5 Работа с таблицами

В большинстве случаев исходные данные в программе задаются в табличном виде (рис. 7). Общие правила ввода данных в таблицы следующие:

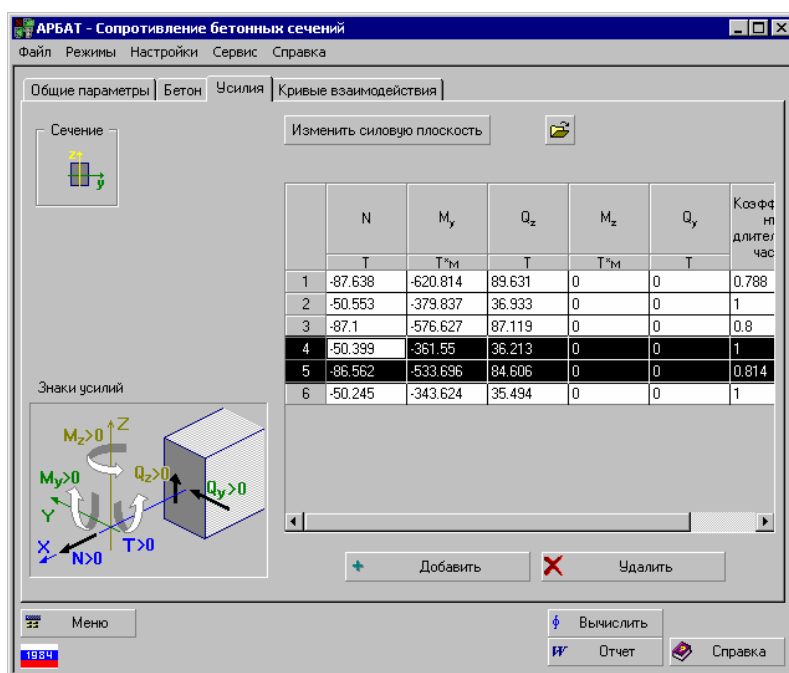
Введение

данные в таблицу вводятся в виде десятичных чисел; вид разделителя между целой и дробной частью числа (запятая или точка) зависит от настроек среды Windows;

в тех случаях, когда количество строк в таблице назначается пользователем, рядом с таблицей установлены кнопки **Добавить** и **Удалить**; первая из них позволяет ввести новую строку после отмеченной строки, а вторая — удалить отмеченную строку или строки;

чтобы отметить одну или несколько подряд идущих строк следует установить курсор на номер первой из них, нажать левую кнопку мыши и, не отпуская ее, провести курсором по номерам отмечаемых строк;

переход между ячейками таблицы выполняется нажатием клавиши **Tab** (Табуляция) на клавиатуре.



| | N | My | Qz | Mz | Qy | Кэфф н длител час |
|---|---------|----------|--------|-----|----|----------------------------|
| | T | T*м | T | T*м | T | |
| 1 | -87.638 | -620.814 | 89.631 | 0 | 0 | 0.788 |
| 2 | -50.553 | -379.837 | 36.933 | 0 | 0 | 1 |
| 3 | -87.1 | -576.627 | 87.119 | 0 | 0 | 0.8 |
| 4 | -50.399 | -361.95 | 36.213 | 0 | 0 | 1 |
| 5 | -86.562 | -533.696 | 84.606 | 0 | 0 | 0.814 |
| 6 | -50.245 | -343.624 | 35.494 | 0 | 0 | 1 |

Рис. 7. Пример таблицы с усилиями

Поскольку новые строки вводятся после отмеченной, то при необходимости ввести строку перед первой строкой в таблице следует выполнить следующие действия:

- отметить первую строку таблицы и нажатием кнопки **Добавить** ввести новую строку после нее;
- отметить первую строку таблицы и нажать одновременно кнопки клавиатуры **Ctrl+Insert**, после чего содержимое первой строки будет скопировано в **Clipboard** (буфер обмена);
- отметить вторую (новую) строку таблицы и одновременно нажать кнопки клавиатуры **Shift+Insert**, после чего содержимое буфера обмена будет записано в ячейки второй строки, и первую строку таблицы можно будет заполнить необходимыми данными.

Перечисленные выше действия можно использовать и для копирования одной или нескольких отмеченных строк таблицы.

1.6 Сохранение данных

Во всех расчетных режимах предусмотрена возможность сохранения введенной информации во внешнем файле. Для этого, находясь в соответствующем режиме, следует воспользоваться пунктом меню **Файл|Сохранить как**. При этом появится стандартное окно Windows для выбора директории и файла, в котором следует сохранить данные. Имя файла и расширение задаются пользователем.

В дальнейшем пункт меню **Файл|Открыть** позволит загрузить сохраненные данные.

2. Информационные режимы

Информационные режимы содержат данные о материалах, приведенные в СНиП. Все значения в таблицах даны в тех же единицах измерения, что и в нормах, и не зависят от единиц настройки программы.

2.1 Класс бетона

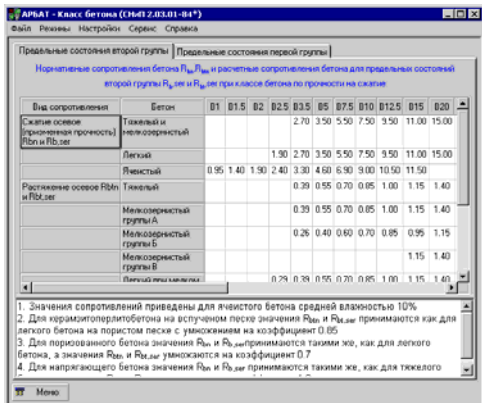


Рис. 8. Окно режима Класс бетона

Двухстраничное окно этого режима (рис. 8) включает данные, представленные в разделе 2 (таблицы 12 и 13) СНиП 2.03.01-84* [5] (таблицы 5.1-5.3 СП 52-101-03 [9]).

2.2 Марка бетона

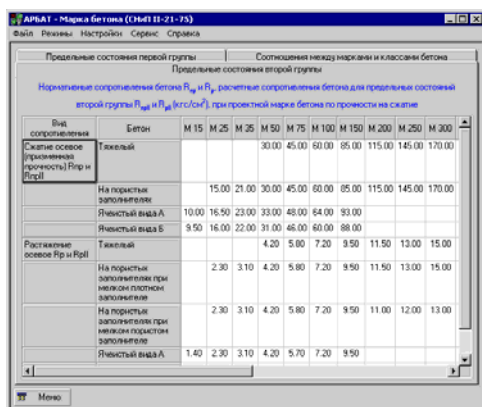


Рис. 9. Окно режима Марка бетона

В этом режиме (рис. 9) можно получить информацию о расчетных и нормативных сопротивлениях бетона различных марок в соответствии со СНиП II-21-75 [4]. Кроме того, здесь содержится информация о соотношении марок и классов бетона в соответствии с ГОСТ 26633-91 [11].

2.3 Арматура

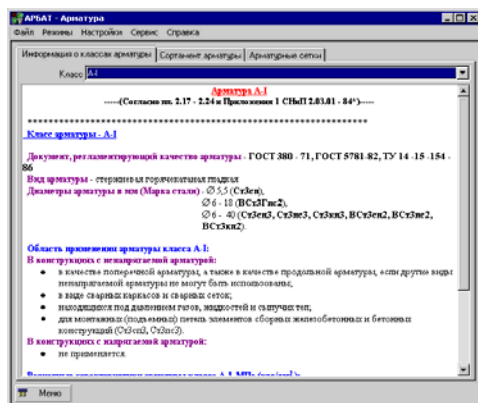


Рис. 10. Режим Арматура

В этом режиме представлены данные о классах арматуры, а также информация о сортаменте арматуры, включающая расчетную площадь поперечного сечения при различном количестве стержней, теоретическую массу одного погонного метра и диаметры арматуры различного класса. Кроме того, на отдельной странице представлена информация об арматурных сетках согласно ГОСТ 23279-85 [12].

2.4 Коэффициенты условий работы бетона

| Факторы, обуславливающие введение коэффициента условий работы бетона | Условное обозначение | Коэффициент условий работы бетона |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| 1. Многократно повторяющаяся нагрузка | Gb1 | См. табл. 16 |
| 2. Длительность действия нагрузки: а) при учете постоянных, длительных и кратковременных нагрузок, кроме нагрузок непреднамеренного действия, случайная длительность действия которых за период эксплуатации неважна (например, крановые нагрузки, нагрузки от транспортных средств, ветровые нагрузки, нагрузки, возникающие при изготовлении, транспортировании и возведении и т.п.); б) также при учете особых нагрузок, вызванных деформациями прокаточных, набивочных, вибрирующих и подобных устройств для тяжелого, несомкнутого и легкого бетонов естественного твердения и подвергнутых тепловой обработке; в) в условиях эксплуатации конструкций, обязательных для норматива прочности бетона (например, под водой, во влажной среде или при влажности воздуха окружающей среды свыше 75 %) | Gb2 | 1.00 |
| в остальных случаях для массивного и предварительно напряженного бетонов независимо от условий эксплуатации | | 0.90 |
| б) при учете в рассматриваемом сочетании крайних неблагоприятных нагрузок (непреднамеренного действия) или особых нагрузок, не указанных в п. 2а, для всех видов бетона | | 1.10 |
| 3. Бетонирование в вертикальном положении (высота слоя бетонирования свыше 1,5 м) для бетонов: | Gb3 | |
| тяжелого, несомкнутого, легкого | | 0.85 |
| | | 0.80 |

Этот режим (рис. 11) позволяет получить информацию о коэффициентах условий работы, приведенную в таблицах 15, 16 и 17 СНиП 2.03.01-84* [5] (п. 5.1.10 СП 51-101-03 [9]).

Рис. 11. Режим Коэффициенты (условий работы бетона)

2.5 Предельные прогибы

| Элементы конструкций | Предельные прогибы | Вертикальные предельные прогибы | Нагрузки для определения вертикальных прогибов |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------|
| 1. Балки крановых путей под ностовые и подкрановые краны, укрепленные с пола, в том числе телескопические | Технологические | l/250 | От одного крана |
| на кабели при группах режимов работы (по ГОСТ 25446-62) | Физиологические и технологические | | |
| TK-8K | | l/400 | То же |
| TK | | l/500 | < |
| 8K | | l/600 | < |
| 2. Балки фермы, ригели, прогоны, плиты настольные (включая поперечные ребра плит и настольные) | Эстетико-психологические | | Постоянные и временные длительные |
| а) покрытия и перекрытия, открытые для обзора, при пролете l, м | | | |
| l <= 1 | | l/120 | |
| l > 3 | | l/150 | |

Этот режим (рис. 12) позволяет получить информацию о значениях предельных вертикальных прогибов, а также предельных горизонтальных прогибов от кранов и ветра, приведенную в таблицах 19, 21 и 22 СНиП 2.01.07-85* [2].

Рис. 12. Режим Предельные прогибы

3. Общие операции

Некоторые операции или группы элементов управления программой носят общий характер и используются в различных режимах работы, как расчетных, так и экспертизы. К ним относятся операции конструирования поперечных сечений, данные о бетоне и арматуре, формирование отчета и т.п. Ниже приводится описание таких операций и групп.

3.1 Конструирование поперечных сечений

Операции выбора поперечного сечения элементов конструкций встречаются в большинстве режимов работы программы.

Программа работает с шестью типами поперечных сечений элементов, схемы которых представлены на рис. 13. Выбор нужной формы производится нажатием соответствующей кнопки в группе, после чего следует задать размеры сечения и величины защитных слоев (в режимах подбора арматуры вместо защитного слоя требуется задание расстояния до центра тяжести арматуры).

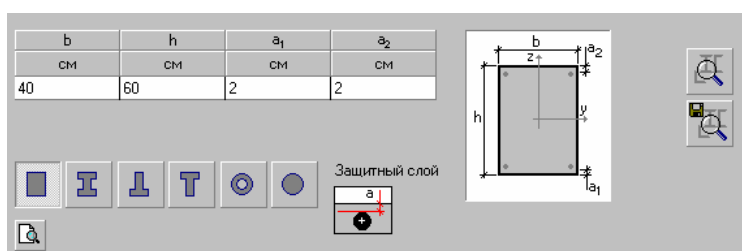



Рис. 13. Типы поперечных сечений

В процессе работы с программой может быть создана база пользовательских сечений.

Для записи в базу нового сечения используется кнопка , вызывающая диалоговое окно **Пользовательские сечения**, в котором задается имя сечения (рис. 14).

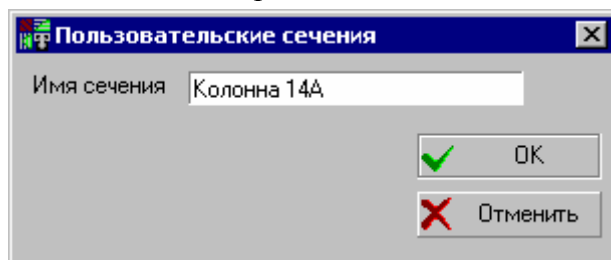




Рис. 14. Диалоговое окно **Пользовательские сечения**

Поскольку программа не контролирует уникальность применяемых имен, за этим должен следить сам пользователь.

Для доступа к базе и загрузки созданного ранее сечения используется кнопка , Окно с базой пользовательских сечений (рис. 15) включает таблицу с именами сечений и кнопки, позволяющие произвести предварительный просмотр —  или переименование (**Переименовать**) сечения. Для выбора сечения следует отметить соответствующую строку в списке и нажать кнопку **Применить**.

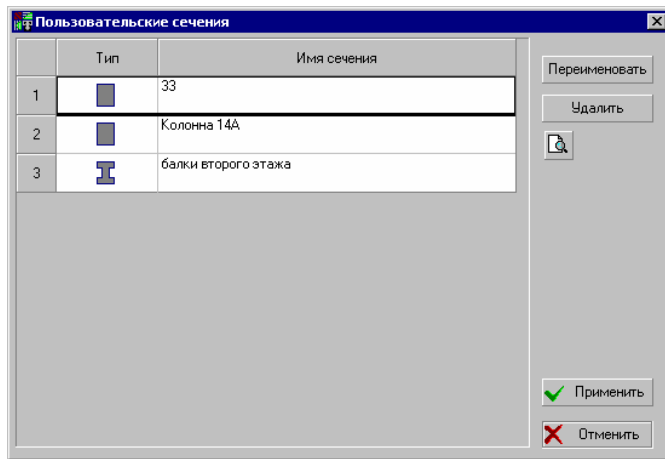


Рис. 15. Диалоговое окно с перечнем пользовательских сечений

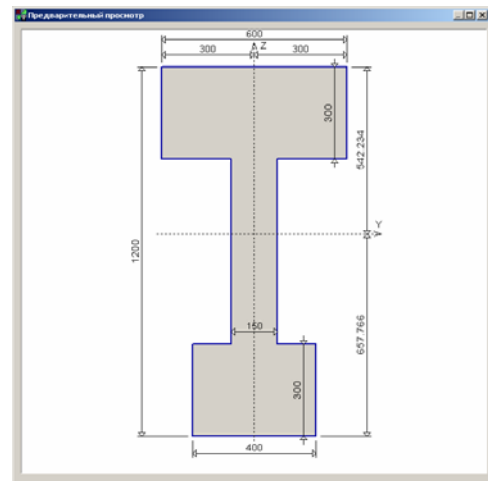


Рис. 16. Диалоговое окно Предварительный просмотр

Нажатие кнопки позволяет просмотреть сечение в диалоговом окне **Предварительный просмотр** (рис. 16).

Поскольку АРБАТ оперирует с железобетонными сечениями, то требуется также информация о бетоне и арматурных стержнях. Правила задания этих данных описаны ниже (см. разделы 3.2, 3.3).

3.2 Данные о бетоне

Бетон

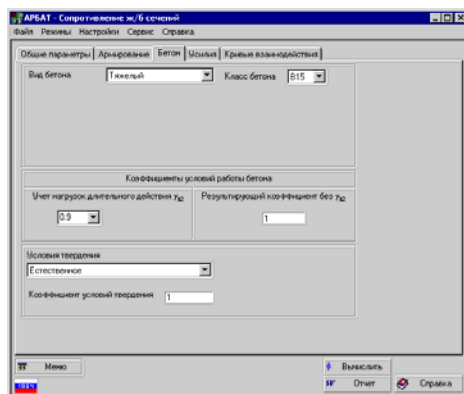


Рис. 17. Страница Бетон

Во всех расчетных режимах при подготовке данных на странице **Бетон** задается следующая информация: вид бетона, класс бетона, коэффициенты условий работы бетона, условия твердения и коэффициент условий твердения (см. рис. 17).

Класс тяжелого и мелкозернистого бетона выбирается из списка **Класс бетона**. Для легкого бетона сначала следует выбрать марку по средней плотности, а затем класс бетона и заполнитель.

Если расчет производится по СП 52-101-03, то доступен только тяжелый бетон, поскольку правила проектирования из других видов бетона в этом документе не оговариваются.

Коэффициент условий работы бетона γ_{B2} (γ_{B1} в случае расчета по СП 52-101-03) учитывает длительность действия нагрузки. Величина коэффициента задается равной 1 или 0,9 (поз. 2 а таблицы 15 СНиП 2.03.01-84* и п. 5.1.10 а СП 52-101-03) и по умолчанию принимается равной единице. В тех случаях, когда по условиям расчета необходимо принять другое значение этого коэффициента, оно может быть задано непосредственно в окне списка.

Если в комбинацию загружений входят кратковременные нагрузки, в расчете принимается $\gamma_{B2} = 1,1$ (независимо от того, какое значение было задано) в соответствии с указаниями поз. 2 б таблицы 15 СНиП 2.03.01-84*.



Коэффициент условий работы бетона γ_B представляет собой произведение всех коэффициентов условий работы бетона из таблицы 15 СНиП 2.03.01-84* (раздела 5.1.10 СП 52-101-03) за исключением γ_{B2} (γ_{B1}). По умолчанию он принимается равным единице.

Если величина начального модуля упругости бетона отличается от табличного значения, то задается коэффициент условий твердения бетона, с помощью которого выполняется корректировка этого значения (назначается только при естественном твердении бетона).

3.3 Данные об арматуре

Данные об армировании сечения включают информацию о классах продольной и поперечной арматур, коэффициенты условий работы арматуры, а также данные о расположении арматурных стержней.

Класс арматуры выбирается из выпадающего списка, состав которого определен выбором норм проектирования (см. рис. 18). Коэффициенты условий работы арматуры должны быть введены пользователем и по умолчанию принимаются равными единице.

| Арматура | Класс | Коэффициент условий работы |
|------------|-------|----------------------------|
| Продольная | A-III | 1 |
| Поперечная | A-I | 1 |

Рис. 18. Данные об арматуре

Информация о расстановке арматурных стержней, как правило, задается на отдельной странице **Армирование** (рис. 19).

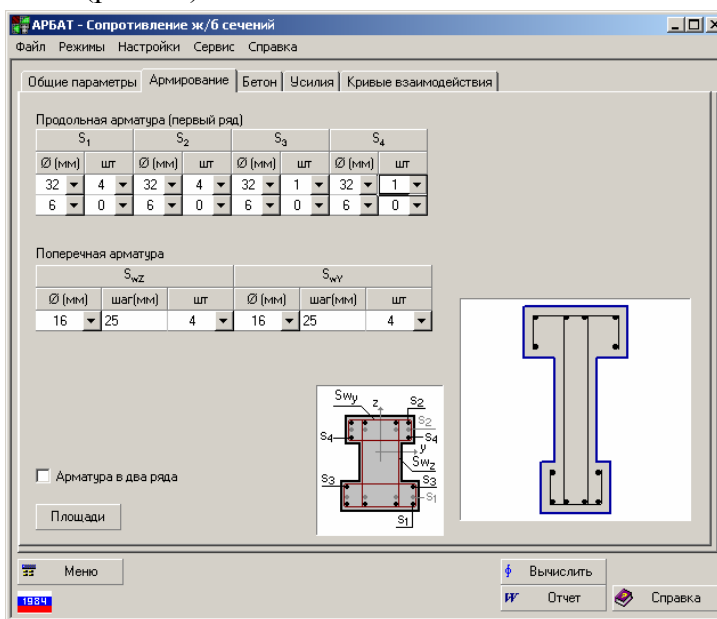


Рис. 19. Расстановка арматурных стержней

Для ввода характеристик арматуры используются три таблицы: **Продольная арматура (первый ряд)**, **Продольная арматура (второй ряд)** и **Поперечная арматура**.

Таблица **Продольная арматура (первый ряд)** включает две строки. В первой строке приводится информация о диаметрах и количестве стержней нижней, верхней и боковой продольной арматуры, установленной в первом ряду. Вторая строка в таблице заполняется только в тех случаях, когда в первом ряду нижней (S_1), верхней (S_2) и/или боковой (S_3) арматуры установлены стержни разного диаметра (в программе предусмотрено, что в первом ряду можно разместить арматурные стержни двух диаметров).

Если активен маркер **Арматура в два ряда**, то появляется таблица **Продольная арматура (второй ряд)**. В ней задаются диаметр и количество стержней нижней и

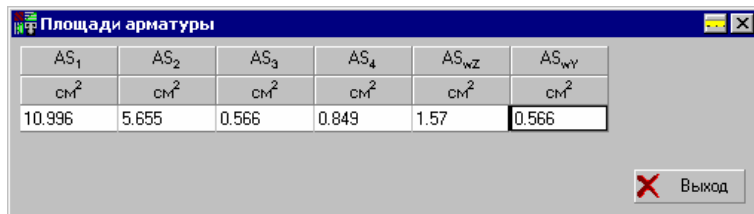
верхней продольной арматуры, установленной во втором ряду, а также расстояние в свету между первым и вторым рядами нижней (Δ_1) и верхней (Δ_2) арматуры.

Данные о поперечной арматуре вводятся в таблице **Поперечная арматура**.

При заполнении таблиц действуют следующие правила интерпретации введенных данных:

- отсутствие продольной арматуры определяется нулевым значением количества стержней;
- нулевое значение шага поперечной арматуры интерпретируется программой как ее отсутствие;
- диаметр и количество стержней выбираются из выпадающих списков.

Форма заданного сечения и положение арматуры в сечении отображаются на схеме, приведенной на странице. Воспользовавшись кнопкой **Площади**, можно получить таблицу со значениями площадей заданного армирования (рис. 20).



| AS ₁ | AS ₂ | AS ₃ | AS ₄ | AS _{wz} | AS _{wy} |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| см ² | см ² | см ² | см ² | см ² | см ² |
| 10.996 | 5.655 | 0.566 | 0.849 | 1.57 | 0.566 |

Рис. 20. Диалоговое окно **Площади арматуры**

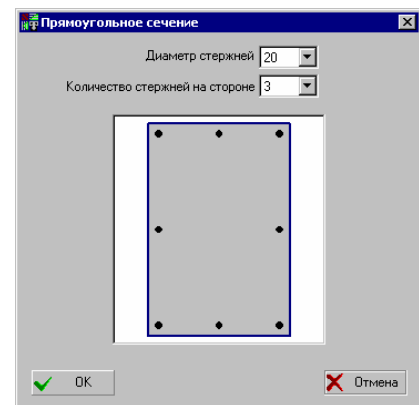



Рис. 21. Диалоговое окно **Армирование прямоугольного сечения**

Для прямоугольных сечений предусмотрена возможность задания «равномерного» армирования, при котором вдоль каждой грани сечения размещается одинаковое количество арматурных стержней одного диаметра и которое очень часто используется при армировании колонн. Для задания количества и диаметра стержней используется диалоговое окно **Прямоугольное сечение** (рис. 21), которое появляется после нажатия

кнопки . После выхода из этого окна выполняется автоматическое заполнение таблицы **Продольная арматура (первый ряд)**.

Если количество стержней больше двух, то заполняются обе строки таблицы. При этом в первую строку попадают по два стержня арматуры S_1 и S_2 , которые являются угловыми, а также все стержни арматуры S_3 . Во второй строке дается информация о промежуточных стержнях арматуры S_1 и S_2 . Такое размещение информации в таблицах позволяет легко изменить диаметр угловых стержней.

Программа контролирует выполнение конструктивных требований п. 5.12 СНиП 2.03.01-84* (раздел 5.3 СП 52-101-03) относительно минимального расстояния между стержнями арматуры и при нарушении этих требований выдает сообщение. При этом имеется возможность игнорировать предупреждение о нарушении ограничений нажатием кнопки **Игнорировать**, но все негативные последствия такого отказа не будут анализироваться.

3.4 Трещиностойкость

В тех случаях, когда требуется расчет по образованию и раскрытию трещин, должна быть введена информация о категории трещиностойкости, допустимой ширине раскрытия трещин и т.п. Все эти данные вводятся на странице **Трещиностойкость** (рис. 22).

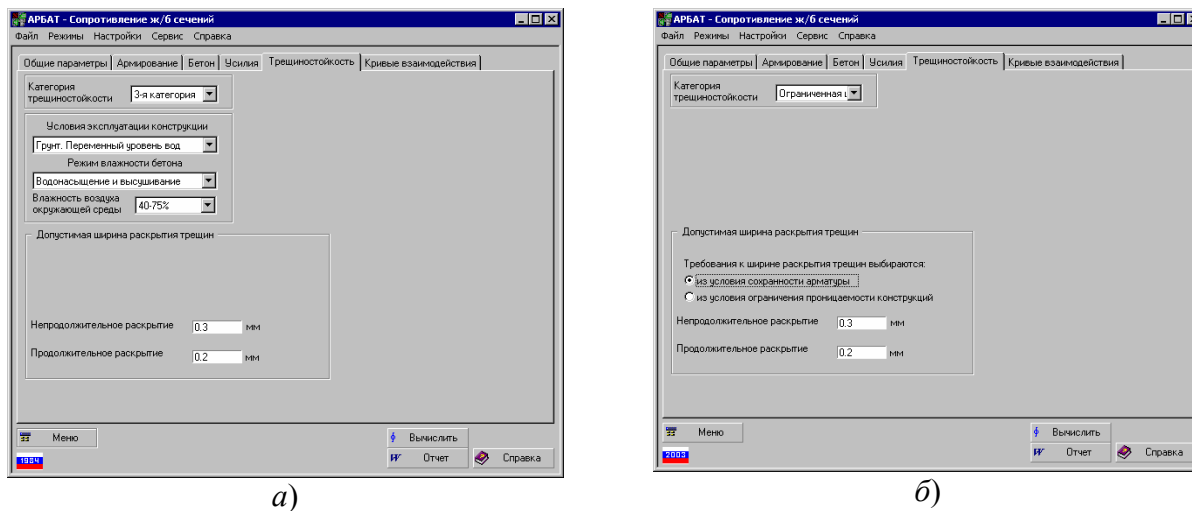


Рис. 22. Данные о трещиностойкости

Если назначается 1-я категория трещиностойкости (отсутствие трещин), то дополнительная информация на этой странице не задается.

Если расчет производится по СНиП 2.03.01-84* [5] и выбрана 3-я категория трещиностойкости (рис. 22 а), то необходимо из соответствующих списков выбрать условия эксплуатации конструкции, режим влажности бетона и влажность воздуха окружающей среды, после чего назначить допустимую ширину кратковременного и длительного раскрытия трещин (по умолчанию принимаются значения, рекомендуемые СНиП 2.03.01-84* из условий эксплуатации конструкции и параметров влажности).

Если расчет производится по СП 52-101-03 [9] и в выпадающем списке выбран пункт *Ограниченная ширина раскрытия трещин* (рис. 22, б), то следует задать требования к ширине раскрытия трещин (*из условия сохранности арматуры* или *из условия ограничения проницаемости конструкций*). При этом будут автоматически установлены рекомендуемые п. 7.2.3 СП 52-101-03 максимально допустимые ширины продолжительного и непродолжительного раскрытия трещин. При необходимости пользователь может откорректировать эти значения.

3.5 Коэффициент надежности по ответственности

Во всех расчетных режимах требуется задание информации о коэффициенте надежности по ответственности согласно ГОСТ 27751-88 [1]. Коэффициент может быть выбран из выпадающего списка в соответствии с характеристикой объекта строительства (объект *повышенной*, *нормальной* или *пониженной* ответственности) или введен пользователем (в нестандартных ситуациях).

3.6 Формирование отчета

Все расчетные режимы работы имеют кнопку **Отчет**. Нажатие этой кнопки при отсутствии ошибок в исходных данных приводит к следующим действиям:

- выполнение всех расчетов;
- создание файла в формате RTF (Rich Text Format), который содержит перечень исходных данных и результаты расчета. В зависимости от установленной в окне **Параметры** опции (установлен режим **Полные сообщения** или **Короткие сообщения**) отчетный документ содержит (или не содержит) результаты некоторых промежуточных вычислений (например, информацию о геометрических

свойствах используемых сечений, значения отдельных (а не только максимального) коэффициентов использования несущей способности и т.д.;

- вызов Windows-приложения, которое ассоциировано с файлами типа RTF. В зависимости от установленных в окне **Параметры | Прочие** опций (**Печать** или **Просмотр/Редактирование**), это приложение активизируется для немедленной печати отчета или для его просмотра и, возможно, корректировки. В последнем случае получение твердой копии возлагается на пользователя (он может воспользоваться возможностью печати из приложения).

Замечание. Как правило, с расширением .rtf ассоциирована программа WordPad. Если на компьютере инсталлирован MS Word, то ассоциированной программой будет Word. Существуют различия в формате RTF-файлов, которые используются программами MS Word v.7 или WordPad и программой MS Word 97. В связи с этим в программе предоставлена возможность выбора формата RTF в режиме **Параметры | Прочие**.

4. Экспертиза

Экспертные режимы производят проверку сечений элементов железобетонных конструкций на соответствие требованиям СНиП 2.03.01-84* по следующим факторам¹:

- прочность по предельному моменту сечения — пп. 3.15–3.20, 3.27–3.28;
- прочность по предельной продольной силе сечения — п. 3.26;
- продольная сила при учете прогиба при гибкости $L_0 / i > 14$ — пп. 3.24, 3.6 СНиП, п. 3.54 Пособия к СНиП 2.03.01-84* [5];
- прочность по предельной продольной силе с учетом арматуры по высоте сечения — п. 3.64 Пособия к СНиП 2.03.01-84*;
- момент, воспринимаемый сечением при образовании трещин — п. 4.5;
- ширина раскрытия трещин (кратковременная) — пп. 4.14, 4.15;
- ширина раскрытия трещин (длительная) — пп. 4.14, 4.15;
- ширина раскрытия наклонных трещин (кратковременная) — п. 4.17;
- ширина раскрытия наклонных трещин (длительная) — п. 4.17;
- напряжения в поперечной арматуре — п. 4.17;
- прочность по наклонной полосе между наклонными трещинами — п. 3.30;
- прочность по наклонным сечениям без поперечной арматуры — п. 3.32;
- прочность по наклонной трещине — п. 3.31 СНиП, п. 3.31 Пособия к СНиП 2.03.01-84*²;
- прочность с учетом сопротивления бетона растянутой зоны — п. 3.8;
- прочность сечения при воздействии крутящего момента;
- сопротивление арматуры крутящему моменту;
- сопротивление боковой арматуры крутящему моменту;
- сопротивление поперечной арматуры крутящему моменту.

Отметим, что для изгибаемых элементов СНиП 2.03.01-84* дает две возможности анализа прочности — по так называемому общему случаю (п. 3.28*) и по упрощенным формулам, которые пригодны только при одноосном напряженном состоянии. В программе всегда при экспертизе изгибаемых элементов, за исключением режима **Сопротивление Сечений** с опцией **Площади арматуры** (см. ниже), используется общий случай.

Это связано со следующим обстоятельством. При однорядном армировании разница между этими двумя случаями расчета практически отсутствует. Если же схема армирования более сложная (например, есть арматурные стержни, расположенные по бокам прямоугольного сечения), то результат зависит от того, как мы «назовем» эти стержни — второй ряд нижней/верхней арматуры или боковой арматурой (расхождение может достигать 10–20%).

Проверка сечений элементов бетонных конструкций на соответствие требованиям СНиП 2.03.01-84* выполняется по следующим факторам:

- прочность по предельной продольной силе сечения — п.п. 3.1–3.5 СНиП ;
- продольная сила при учете прогиба при гибкости $L_0 / i > 14$ — п.п. 3.3, 3.6 СНиП, п. 3.54 Пособия к СНиП 2.03.01-84*;
- прочность по предельной продольной силе при расчете из плоскости изгиба — п.п. 1.21, 3.2, 3.3 СНиП;
- прочность по предельному моменту сечения — п. 3.8;
- прочность с учетом сопротивления бетона растянутой зоны — п. 3.5;
- прочность по наклонной полосе между наклонными трещинами — п. 3.30;
- прочность по наклонным сечениям без поперечной арматуры — п. 3.32;

¹ Расчет на действие крутящего момента производится по формулам, предложенным Мёршем и Раушем (см. [19]).

² Программа использует данный пункт Пособия вместо пункта 3.31 СНиП, поскольку рекомендации Пособия дают более точные результаты.

- поперечная сила при отсутствии наклонных трещин — п. 4.4 Пособия к СНиП 2.03.01-84*.

Если расчет производится по СП 52-101-03, то проверка сечений элементов железобетонных конструкций выполняется по следующим факторам:

- прочность по предельной продольной силе сечения — п.п. 6.2.25, 6.2.31;
- прочность растянутого бетона;
- прочность по предельному моменту сечения — п.п. 6.2.25, 6.2.31;
- прочность по предельной продольной силе сечения — п. 6.2.19;
- прочность по предельному моменту сечения — п.п. 6.2.9-6.2.15;
- деформации в сжатом бетоне — п.п. 6.2.21-6.2.31;
- деформации в растянутой арматуре — п.п. 6.2.21-6.2.31;
- высота растянутой зоны бетона — п.п. 4.1.2а, 6.2.30;
- деформации в растянутом бетоне — п.п. 6.2.30, 6.2.31, 7.2.11;
- продольная сила при учете прогиба при гибкости $L_0/i > 14$ — п. 6.2.16;
- прочность с учетом сопротивления бетона растянутой зоны — п.п. 6.1.9, 6.1.12;
- момент, воспринимаемый сечением при образовании трещины — п.п. 7.2.7;
- ширина раскрытия трещин (кратковременная) — п.п. 7.2.3, 7.2.4, 7.2.12;
- ширина раскрытия трещин (длительная) — п.п. 7.2.3, 7.2.4, 7.2.12;
- прочность по предельной продольной силе сечения — п.п. 6.2.3, 6.2.8, 6.2.16, п. 3.50 Пособия к СП 52-101-03 (далее Пособия к СП);
- прочность по предельной продольной силе сечения с учетом арматуры по высоте сечения — п.п. 6.2.17, п. 3.58 Пособия к СП;
- прочность по бетонной полосе между наклонными сечениями — п. 6.2.33, п. 3.52 Пособия к СП;
- прочность по поперечной силе воспринимаемой только бетоном — п. 6.2.34, пп. 3.52, 3.71 Пособия к СП;
- прочность по наклонным сечениям без поперечной арматуры — п. 6.2.34, пп. 3.52, 3.71 Пособия к СП;
- прочность по наклонному сечению — п. 6.2.34, пп. 3.52, 3.71 Пособия к СП;
- поперечная сила при отсутствии наклонных трещин — п. 4.28 Пособия к СП;
- прочность по бетонной полосе между наклонными сечениями по Q_z — п. 6.2.33, п. 3.52 Пособия к СП;
- прочность по бетонной полосе между наклонными сечениями по Q_y — п. 6.2.33, п. 3.52 Пособия к СП;
- прочность сечения при воздействии крутящего момента — п. 6.2.37;
- сопротивление арматуры S_1 крутящему моменту;
- сопротивление арматуры S_2 крутящему моменту;
- сопротивление боковой арматуры крутящему моменту;
- сопротивление поперечной арматуры S_{w1} крутящему моменту;
- сопротивление поперечной арматуры S_{w2} крутящему моменту.

Сечения элементов бетонных конструкций проверяются по следующим факторам:

- прочность по предельной продольной силе сечения — п.п. 6.2.25, 6.2.31;
- прочность растянутого бетона;
- прочность по предельному моменту сечения — п.п. 6.2.25, 6.2.31;
- прочность по предельной продольной силе сечения — п. 6.2.19;
- прочность по предельному моменту сечения — п.п. 6.2.9–6.2.15;
- деформации в сжатом бетоне — п.п. 6.2.21–6.2.31;
- деформации в растянутой арматуре — п.п. 6.2.21–6.2.31;

- высота растянутой зоны бетона — п.п. 4.1.2а, 6.2.30;
- деформации в растянутом бетоне — п.п. 6.2.30, 6.2.31, 7.2.11;
- продольная сила при учете прогиба при гибкости $L_0/i > 14$ — п. 6.2.16;
- прочность с учетом сопротивления бетона растянутой зоны — п.п. 6.1.9, 6.1.12;
- момент, воспринимаемый сечением при образовании трещины — п.п. 7.2.7;
- ширина раскрытия трещин (кратковременная) — п.п. 7.2.3, 7.2.4, 7.2.12;
- ширина раскрытия трещин (длительная) — п.п. 7.2.3, 7.2.4, 7.2.12;
- прочность по предельной продольной силе сечения — п.п. 6.2.3, 6.2.8, 6.2.16, п. 3.50 Пособия к СП;
- прочность по предельной продольной силе сечения с учетом арматуры по высоте сечения — п.п. 6.2.17, п. 3.58 Пособия к СП;
- прочность по бетонной полосе между наклонными сечениями — п. 6.2.33, п. 3.52 Пособия к СП;
- прочность по поперечной силе, воспринимаемой только бетоном — п. 6.2.34, пп. 3.52, 3.71 Пособия к СП;
- прочность по наклонным сечениям без поперечной арматуры — п. 6.2.34, пп. 3.52, 3.71 Пособия к СП;
- прочность по наклонному сечению — п. 6.2.34, пп. 3.52, 3.71 Пособия к СП;
- поперечная сила при отсутствии наклонных трещин — п. 4.28 Пособия к СП;
- прочность по бетонной полосе между наклонными сечениями по Q_z — п. 6.2.33, п. 3.52 Пособия к СП;
- прочность по бетонной полосе между наклонными сечениями по Q_y — п. 6.2.33, п. 3.52 Пособия к СП;
- прочность сечения при воздействии крутящего момента — п. 6.2.37.

4.1 Сопротивление железобетонных сечений

В этом режиме реализуется функция определения несущей способности каждого из предусмотренных в программе поперечных сечений в зависимости от положения, диаметра (площади) и класса арматуры, класса бетона, условий эксплуатации и допустимой ширины раскрытия трещин.

В общем случае расчеты выполняются на действие продольной силы, изгибающих моментов, крутящего момента и поперечных сил, действующих в главных плоскостях инерции.

СНиП 2.03.01-84* не регламентирует проверку железобетонных элементов по предельным состояниям второй группы при действии моментов в двух плоскостях. Поэтому, если заказан режим проверки трещиностойкости (при установленных нормах проектирования СНиП 2.03.01-84*), рассматривается только внецентренное сжатие-растяжение с эксцентриситетом в одной плоскости.

Общие параметры

Вид страницы **Общие параметры** зависит от состояния маркера **Площади арматуры** на кнопке **Сопротивление ж/б сечений** главного окна. Если этот маркер не активен, то в качестве исходных данных используется информация о расположении арматурных стержней, и на странице **Общие параметры** (рис. 23) задаются:

- геометрические и расчетные длины элементов;
- случайные эксцентриситеты;
- форма и размеры сечения;
- величина защитного слоя арматуры;
- коэффициенты условий работы арматуры;
- класс и диаметр продольной арматуры (возможно двухрядное расположение);
- класс, диаметр и шаг поперечной арматуры, а также количество хомутов.

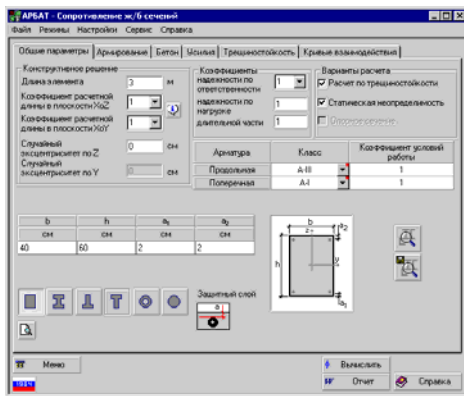


Рис. 23. Страница Общие параметры (маркер Площади арматуры неактивен)

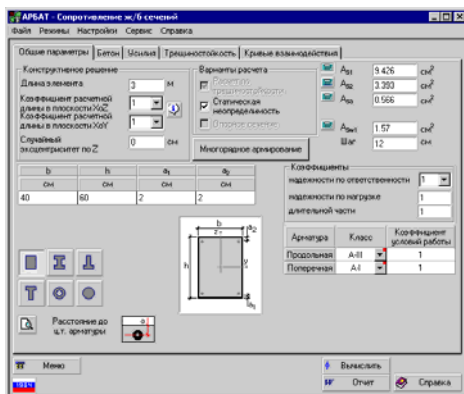


Рис. 24. Страница Общие параметры (маркер Площади арматуры активен)

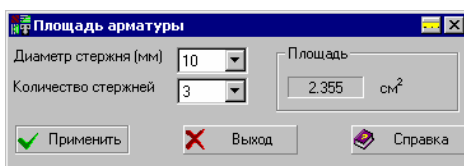


Рис. 25. Окно калькулятора Площадь арматуры


Маркерами указывается необходимость проверки с учетом второго предельного состояния (**Расчет по трещиностойкости**), принадлежность сечения статически определимой конструкции и наличие второго ряда арматуры.

СП 52-101-03 дает возможность производить проверку с учетом трещиностойкости при действии моментов в двух плоскостях, поэтому данный маркер для этих норм всегда активирован.

При расчете учитываются заданные коэффициенты надежности по ответственности, надежности по нагрузке и коэффициент длительной части.³

Отметим, что значение *коэффициента длительной части* может быть как меньшим 0, так и большим 1. Это видно на следующем примере. Пусть в некоторую комбинацию входит длительное нагружение, при котором продольная сила равна 1,0Т, и кратковременное нагружение, действие которого приводит к продольной силе – 0,1Т. Тогда комбинация нагружений, состоящая из суммы этих двух нагружений, дает суммарную продольную силу 0,9Т, а длительная часть этой комбинации — 1,0Т. Таким образом, *коэффициент длительной части* $k = 1,0 / 0,9 = 1,11$. Аналогично, может возникнуть ситуация, при которой $k < 0$.

Опалубочные размеры сечения и величины защитного слоя задаются по стандартным правилам, описанным в разделе 3.1.

Коэффициенты расчетной длины задаются в соответствии с п. 3.25 СНИП 2.03.01-84* (п. 4.2.6 СП 52-101-03). Кнопка  позволяет получить справочные данные по расчетным длинам согласно п. 3.25 СНИП 2.03.01-84* (п. 6.2.18 СП 52-101-03).

Если величина случайного эксцентриситета задана равной нулю, то при расчете будет использоваться значение, вычисленное в соответствии с п. 1.21 СНИП 2.03.01-84* (п. 1.2.6 СП 52-101-03). Если задан ненулевой случайный эксцентриситет, то будет использовано большее из двух значений: 1 см и заданного значения (согласно п. 3.50 Пособия к СНИП 2.03.01-84* и п. 3.6 Пособия к СП 52-101-03).

Для ввода характеристик арматуры и информации о расположении арматурных стержней используется стандартная группа элементов управления и страница **Армирование** (см. раздел 3.3).

Если маркер **Площади арматуры**, установленный на кнопке **Сопротивление сечений** в главном окне, активен, то в качестве исходных данных задаются площади продольной и поперечной

³ В п. 1.12* СНИП 2.03.01-84* говорится «...к длительным нагрузкам относится также часть полного значения кратковременных нагрузок...». Количественно в программе АРБАТ эта часть нагрузок учитывается через *коэффициент длительной части*.

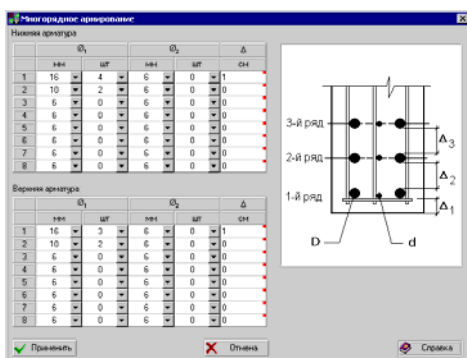


Рис. 26. Диалоговое окно Многорядное армирование

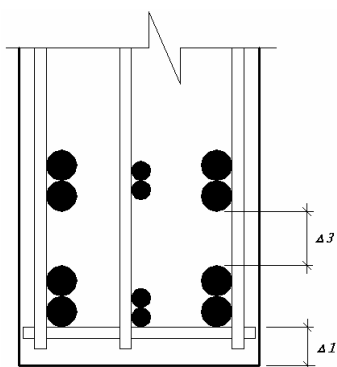


Рис. 27. Расположение арматурных стержней разного диаметра

При расположении в первом ряду (ближайшем к грани) стержней разного диаметра, стержни с меньшим диаметром смещаются к грани элемента на линию, проведенную по касательной между стержнями с большим диаметром (рис. 27). Арматурные стержни в следующих рядах, при разных диаметрах считаются расположенными на одной линии, условно проведенной через их центры.


В таблице задается диаметр арматурных стержней и их количество в текущем ряду, а также расстояние в свету от стержней этого ряда до стержней предыдущего ряда. Для стержней первого ряда вместо расстояния в свету задается величина защитного слоя. В случае задания нулевого расстояния между стержнями ($\Delta = 0$) они считаются расположенными вплотную один к другому.

После выхода из окна **Многорядное армирование** по нажатию кнопки **Применить** результаты вычисления записываются в поля **Расстояние до ц.т. арматуры** на странице **Общие параметры**. Для корректировки данных можно повторно зайти в окно **Многорядное армирование**, в котором сохраняется последняя введенная информация.

После подготовки исходных данных расчет активизируется нажатием кнопки **Вычислить**.

На рисунках 28–30 приведено принятое в программе размещение продольной и поперечной арматуры и условные обозначения арматуры в сечениях различного вида.

арматуры (страница **Общие параметры** имеет вид, показанный на рисунке 24). Кроме того, в данном режиме задаются не величины защитного слоя, а **расстояния до центров тяжести** арматурных стержней.

Для вычисления площади арматуры можно воспользоваться калькулятором **Площадь арматуры** (рис. 25). Вызов калькулятора выполняется нажатием кнопки , расположенных слева от соответствующих полей ввода.

Для вычисления площади арматуры с помощью калькулятора следует в верхнем списке выбрать строку с диаметром арматуры, а в нижнем — указать количество стержней. После нажатия кнопки **Применить** калькулятор закрывается, а значение площади будет записано в соответствующее поле ввода страницы **Общие параметры**.

Для ввода данных в случае многорядного армирования на странице предусмотрена кнопка **Многорядное армирование**. При нажатии этой кнопки появляется одноименное диалоговое окно, изображенное на рис. 26.

В этом окне определяется расстояние от центра тяжести сечения продольной арматуры до ближайшей грани элемента при многорядном расположении арматуры в сечении конструктивного элемента (балки, колонны). Предусмотрено расположение в одном ряду стержней разного диаметра.

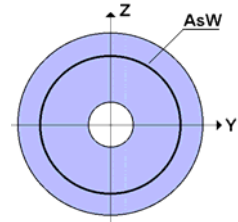
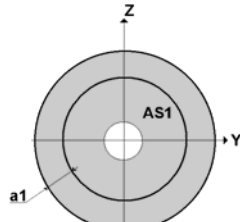
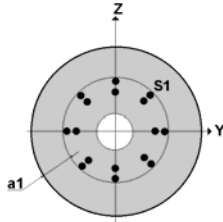
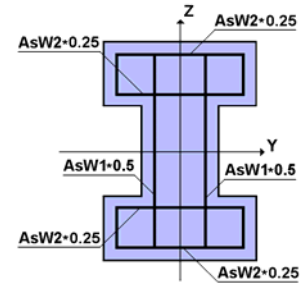
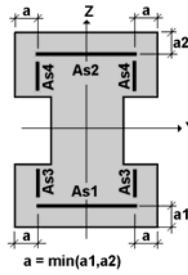
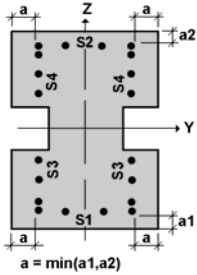
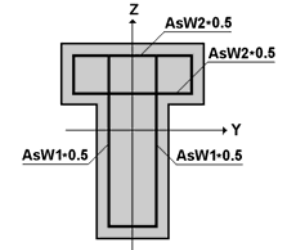
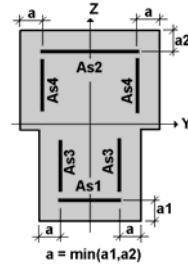
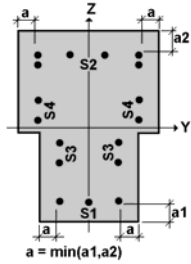
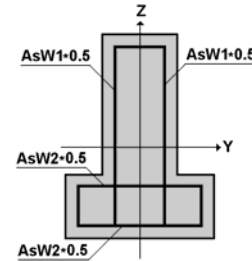
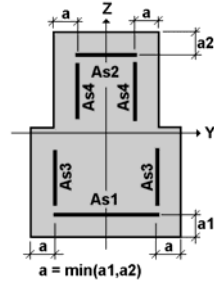
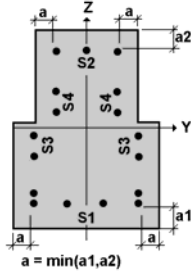
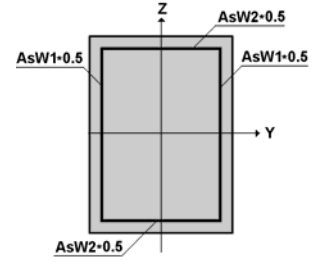
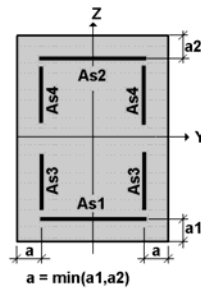
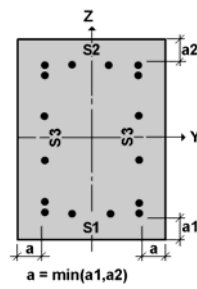


Рис. 28. Размещение продольной арматуры

Рис. 29. Размещение «площадей» продольной арматуры

Рис. 30. Размещение поперечной арматуры

Бетон

Усилия

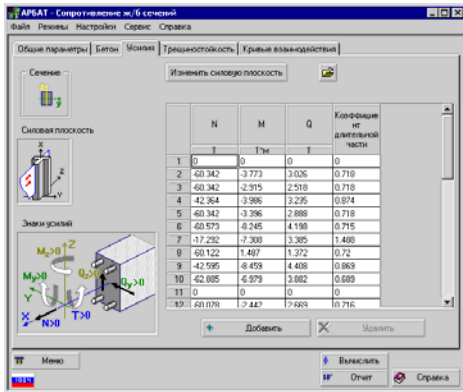



Рис. 31. Страница Усилия

Характеристики бетона задаются на странице **Бетон** по правилам, описанным в разделе 3.2.

Страница **Усилия** (рис. 31) предназначена для ввода усилий, действующих в поперечном сечении элемента. На ней представлена условная схема поперечного сечения с изображением главных осей инерции, а также показаны положительные направления усилий. Эта страница содержит таблицу, в которой задаются усилия, действующие в сечении от одного или нескольких загрузжений. Количество строк в таблице соответствует количеству загрузжений. Таблица может быть заполнена и путем импорта из **SCAD** данных, описывающих расчетные сочетания усилий (PCY). Файл с расширением .rsu создается в режиме **Информация об элементе** комплекса **SCAD** и импортируется нажатием кнопки , расположенной над таблицей.

В рамках режима **Сопротивление сечений** предусмотрена возможность смены силовой плоскости (кнопка **Изменить силовую плоскость**, нажатие которой приводит к смене M_y на M_z и Q_y на Q_z).

Трещиностойкость

Данные по трещиностойкости задаются на странице **Трещиностойкость** по правилам, описанным в разделе 3.4.

Кривые взаимодействия

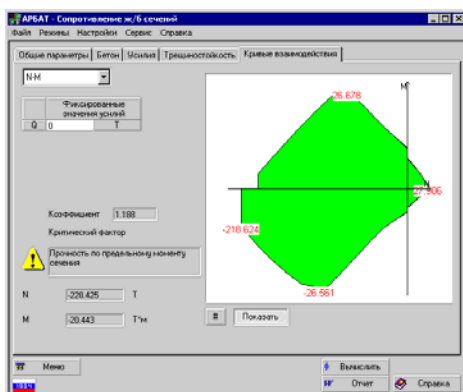


Рис. 32. Страница Кривые взаимодействия

Результаты расчета отображаются на странице **Кривые взаимодействия** (рис. 32) и представляются в виде кривой, ограничивающей область несущей способности сечения при действии на него выбранной пользователем пары усилий. Пара усилий считается допустимой, если коэффициент использования несущей способности сечения $K_{max} \leq 1$. При этом все остальные усилия полагаются равными тем значениям, которые введены в группе **Фиксированные значения усилий**.

При проверке в соответствии со СНиП 2.03.01-84* при выполнении расчета с учетом трещиностойкости допустимы две пары усилий: $N-M_y$ (продольная сила и изгибающий момент) или $N-Q_z$ (продольная сила и поперечная сила). При этом результаты по последней паре будут отображаться только в случае задания в окне **Общие параметры** диаметра и шага поперечной арматуры.

Если расчет по трещиностойкости не заказан или проверки выполнялись в соответствии с СП 52-101-03, то допускается построение кривой взаимодействия для следующих пар усилий:

$$N-M_y; N-M_z; M_y-M_z; N-Q_z; N-Q_y.$$

С помощью курсора можно проанализировать всю представленную на графике область изменения усилий. Каждому положению курсора соответствует определенная пара числовых значений усилий, которая отображается в полях, расположенных слева от графика. Одновременно выводится максимальное значение коэффициента использования, соответствующее этим значениям, и тип проверки, при котором он был реализован.

При нажатой правой кнопке мыши для любого положения курсора в поле отображения кривой взаимодействия можно получить диаграмму факторов для всех выполняемых проверок.

По результатам расчета может быть сформирован отчет (кнопка **Отчет**).

4.2 Сопротивление бетонных сечений

Этот режим аналогичен режиму **Сопротивление железобетонных сечений**. Естественное отличие состоит в том, что не требуется задавать данные об армировании (рис. 33). В текущей версии программы реализован расчет прямоугольного и тавровых сечений.

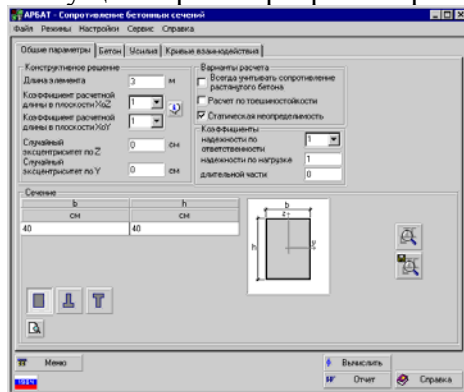


Рис. 33. Страница
Общие параметры

Кроме того, предусмотрен специальный вид расчета, который активизируется маркером **Всегда учитывать сопротивление растянутого бетона**. Смысл использования этого маркера понятен из его названия и формально его применение приводит к нарушению СНиП, которым учет работы бетона на растяжение допускается только в случае чистого изгиба. Но с другой стороны, если буквально следовать указаниям СНиП, возникает парадоксальная ситуация, когда появление даже ничтожно малой продольной силы ведет к отказу от возможности учета работы бетона на растяжение и к скачкообразному уменьшению несущей способности. Мы представляем пользователю возможность самостоятельно принять решение о возможности использования ненормативного подхода.

4.3 Экспертиза балки

Проверяется прочность и трещиностойкость многопролетной неразрезной балки постоянного сечения в соответствии с требованиями СНиП 2.03.01-84* (СП 52-101-03). Рассматривается изгиб балки в одной силовой плоскости под действием распределенных и сосредоточенных нагрузок. Нагрузки объединяются в загрузки, которые по физическому происхождению и свойствам могут быть классифицированы как постоянные, временные длительно действующие, кратковременные, ветровые и снеговые. Проверки всех сечений выполняются для автоматически формируемых расчетных сочетаний усилий (PCY). Коэффициенты PCY, учитывающие характер загрузки, назначаются программой в соответствии с требованиями СНиП 2.01.07-85*.

Предполагается, что балка не испытывает действия продольных сил и учитывается влияние только следующих силовых факторов:

M — изгибающий момент;

Q — поперечная сила.

Расчеты могут быть выполнены для балок прямоугольного, таврового и двутаврового сечений. Указывается конкретная схема расположения арматурных стержней. Число стержней и их диаметр могут быть различными на отдельных участках по длине балки.

Подготовка данных выполняется на страницах **Общие параметры**, **Нагрузки**, **Бетон**, **Трещиностойкость** и **Участки**, анализ результатов — на странице **Результаты экспертизы**.

Общие параметры

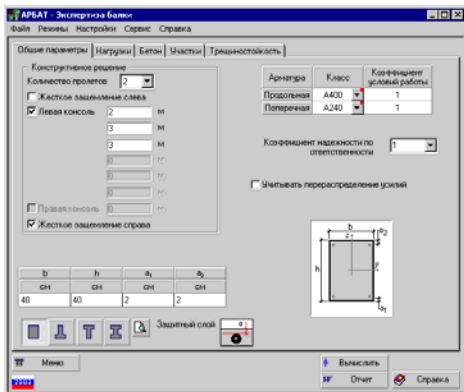


Рис. 34. Страница Общие параметры

На странице **Общие параметры** (рис. 34) назначаются количество и длины пролетов, класс и коэффициенты условий работы продольной и поперечной арматуры, вид сечения, вводятся размеры сечения и величины защитного слоя.

Количество пролетов (максимум пять) выбирается из одноименного списка. Наличие консолей или жесткого защемления указывается активизацией маркеров. Длины пролетов и консолей задаются в соответствующих полях ввода.

Для назначения геометрических характеристик балки следует выполнить следующие действия:

- ↪ в списке **Количество пролетов** установить необходимое количество пролетов (не более пяти, не считая консолей);
- ↪ консоли (если они есть) задаются путем активизации маркеров **левая консоль** и/или **правая консоль**;
- ↪ в соответствующих полях вводятся длины пролетов и консолей.

Выбор формы сечения выполняется по стандартным правилам, описанным в разделе 3.1.

Специальный маркер **Учитывать перераспределение усилий** позволяет установить режим, при котором вычисление эпюр моментов и перерезывающих сил производится с учетом перераспределения усилия. При этом учтена рекомендация (см. [20]) по максимальному уровню перераспределения моментов (сил), равному 30%. Следует отметить, что механизм перераспределения связан с образованием пластических шарниров, то есть неограниченной шириной раскрытия трещин. Поэтому, при включенном маркере **Учитывать перераспределение усилий** расчет по трещиностойкости автоматически отключается.

Нагрузки

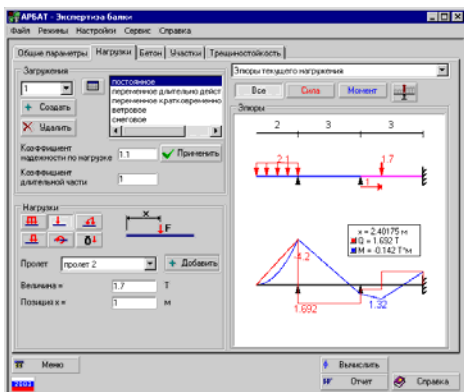


Рис. 35. Страница Нагрузки

Экспертиза заданного армирования выполняется по РСУ, формируемому на основе нескольких загружений. Ввод загружений выполняется на странице **Нагрузки** (рис. 35) по следующим правилам:

- ↪ нажать кнопку **Создать** (загружение);
- ↪ выбрать из списка вид загружения (постоянное, временное длительно действующее, кратковременное, ветровое или снеговое);
- ↪ назначить тип нагрузки (нажать кнопку с изображением распределенной или сосредоточенной нагрузки);
- ↪ ввести значение расчетной величины нагрузки;
- ↪ для снеговых и кратковременных нагрузок задать значение коэффициента длительной части;
- ↪ задать значение коэффициента надежности по нагрузке;

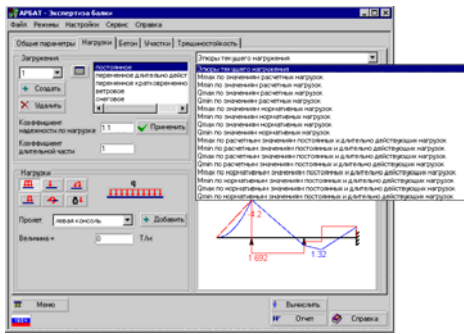


Рис. 36. Страница **Нагрузки** с открытым списком сочетаний


| | Опорные реакции | | | |
|-----------------------|-----------------|----------------|----------------|------------------|
| | Сила в опоре 1 | Сила в опоре 2 | Сила в опоре 3 | Момент в опоре 3 |
| | T | T | T | T*м |
| по критерию M_{max} | 5.832 | -1.249 | -1.257 | -1.194 |
| по критерию M_{min} | 5.832 | -1.249 | -1.257 | -1.194 |
| по критерию Q_{max} | 5.832 | -1.249 | -1.257 | -1.194 |
| по критерию Q_{min} | 5.832 | -1.249 | -1.257 | -1.194 |

Рис. 37. Диалоговое окно **Опорные реакции**

| Загружение 1 | |
|--------------------------|----------|
| Тип нагрузки | Величина |
| пролет 1, длина = 600 см | 1 T/м |
| пролет 2, длина = 600 см | 1 T/м |

Рис. 38. Диалоговое окно **Таблица нагрузок**

- ✎ из выпадающего списка **Пролет** выбрать пролет или консоль приложения нагрузки (выбранный пролет отображается красным цветом);
- ✎ нажать кнопку **Добавить**;
- ✎ выполнить ввод других нагрузок, входящих в текущее загрузение.

Кроме того, программа предоставляет возможность задания нагрузки от собственного веса балки (кнопка )

В зависимости от вида нагрузки, ее характеристики включают:

- для распределенных нагрузок — интенсивность нагрузки;
- для распределенной нагрузки на части пролета — интенсивность нагрузки, позицию и ширину приложения;
- для сосредоточенной силы — величину силы и ее положение в пролете;
- для сосредоточенного момента — величину момента и его положение в пролете;
- для трапециевидной нагрузки — величины (в начале и в конце) нагрузки, привязку и ширину приложения.

Для нагрузки от собственного веса какие-либо дополнительные данные не требуются.


До тех пор, пока не будет создано следующее загрузение, все введенные нагрузки будут относиться к текущему загрузению. Здесь следует отметить, что **Коэффициент длительной части** и **Коэффициент надежности по нагрузке** относится ко всему загрузению, и при вычислении РСУ будет учитываться значение, введенное последним. После смены одного из этих коэффициентов следует нажать кнопку **Применить**.

Удаление текущего загрузения выполняется кнопкой **Удалить**.

Для корректировки ранее введенного загрузения его номер следует выбрать из списка номеров загрузений.

Если в поле **Эпюры** (в списке отображаемых факторов) установлен фактор **Эпюры текущего загрузения**, то после ввода каждой новой нагрузки на экране будут показаны схема загрузения и эпюры моментов и поперечных сил текущего загрузения.

Кнопки **Все**, **Сила** и **Момент** позволяют выбрать режим отображения эпюр, соответственно — отображение эпюры моментов и поперечных сил, только поперечных


сил и только изгибающих моментов. Кроме того, нажатие кнопки  приводит к отображению расчетных значений опорных реакций (рис. 37).

Кроме эпюр моментов и поперечных сил каждого из рассматриваемых загрузений, в программе определяются усилия, которые могут возникнуть в каждом сечении балки от комбинации заданных нагрузок. Правила комбинирования соответствуют указаниям СНиП 2.01.07-85*. Список этих комбинаций (рис. 36) располагается в верхней части окна эпюр и включает:

- экстремальные значения моментов и соответствующие им значения поперечных сил;
- экстремальные значения поперечных сил и соответствующие им значения моментов.

Эти комбинации определяются для варианта действия расчетных нагрузок или нормативных нагрузок, а также для действия только постоянных и длительно действующих нагрузок при их расчетных и нормативных значениях.

При движении мыши в области отображения эпюр на экране выводятся значения момента и поперечной силы в конкретном сечении (рис. 35), которое соответствует положению курсора.

Если в рамках одного нагружения необходимо изменить значение нагрузки или удалить нагрузку, то для этого используется таблица нагрузок (кнопка  в группе **Загружения**). В диалоговом окне **Таблица нагрузок** (рис. 38), которое появляется после нажатия этой кнопки, отображаются тип нагрузки, ее величина и позиция. Изменения, внесенные в параметры нагрузок, фиксируются после выхода из таблицы нажатием кнопки **ОК**.

Бетон

Характеристики бетона задаются на странице **Бетон** по правилам, описанным в разделе 3.2.

Трещиностойкость

Данные по трещиностойкости задаются на странице **Трещиностойкость** по правилам, описанным в разделе 3.4.

Участки балки

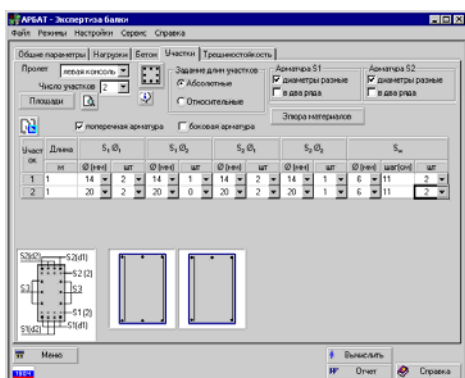


Рис. 39. Страница **Участки**

Для задания армирования балки каждый пролет или консоль разбивается на ряд участков (максимальное количество участков — 5). Считается, что в рамках одного участка армирование одинаковое. При этом каждому пролету или консоли можно назначить свое количество участков. Нумерация участков производится слева направо. Исходные данные по размещению арматуры на участках задаются на странице **Участки** (рис. 39). Информация вводится отдельно для каждого пролета (консоли). Окно включает следующие группы данных:

- **Пролет**, где для каждого пролета или консоли из выпадающего списка выбирается количество участков;
- **Задание длин участков**, где с помощью маркеров назначается способ задания длин:
 - Абсолютные** — длины участков будут задаваться в единицах длины, (единицы измерения длин пролетов назначаются в окне **Параметры**);
 - Относительные** — длины участков будут задаваться в процентах от длины пролета;
- **Нижняя арматура S₁** — в этой группе с помощью маркеров можно выбрать:
 - Диаметры разные** — наличие арматуры разного диаметра в одном ряду нижней арматуры;
 - В два ряда** — установка нижней арматуры в

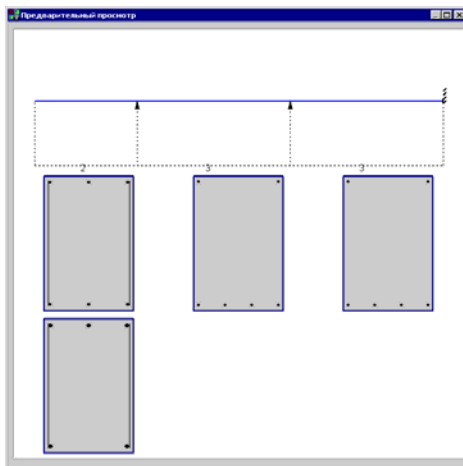


Рис. 40. Окно Схема армирования

| Пролет | Участок | AS ₁ см ² | AS ₂ см ² | AS ₃ см ² | AS _{сд} см ² | AS _{ср} см ² |
|---------------|---------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| левая консоль | 1 | 4.617 | 4.617 | 0 | 0.566 | 0 |
| | 2 | 6.284 | 9.426 | 0 | 0.566 | 0 |
| пролет 1 | 1 | 1.132 | 0.566 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 | 1.132 | 0.566 | 0 | 0 | 0 |

Рис. 41. Окно Площади арматуры

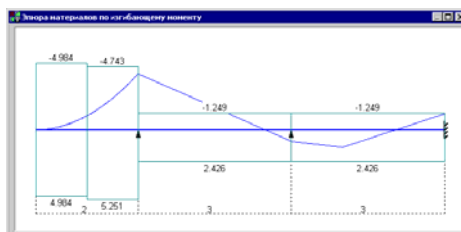



Рис. 42. Этюра материалов

Кнопка  позволяет произвести запись данных о расположении стержней продольной арматуры в формате, который может быть использован для импорта данных в проектирующую программу AllPlan FT фирмы Nemetchek. При нажатии этой кнопки появляется стандартное окно среды Windows с запросом директории и имени файла. После выбора этих данных информация запоминается в файле с расширением .a.



Рекомендуется следующий порядок ввода данных на странице **Участки балки**:


- ↪ из списка **Пролет** выбрать наименование пролета (консоли), для которого будут вводиться данные;
- ↪ в списке **Число участков** установить количество участков для выбранного пролета;
- ↪ в группе **Задание длин участков** отметить маркер с выбранным способом задания длины;
- ↪ в группах **Нижняя арматура S₁** и **Верхняя арматура S₂** активизировать маркеры, определяющие особенности армирования пролета (если арматура расположена в два ряда, то ввести расстояние между рядами);

два ряда (разные диаметры допускаются только в первом ряду нижней арматуры). Если активен маркер **в два ряда**, то в поле ввода **Расстояние между рядами** вводится расстояние в свету между рядами арматуры (всегда в мм);

- **Верхняя арматура S₂** — аналогично нижней арматуре;
- маркер **Поперечная арматура** — включенный маркер указывает на наличие на участке поперечной арматуры;
- маркер **Боковая арматура** — включенный маркер указывает на наличие на участке боковой арматуры;
- таблица с параметрами арматуры, в которой для каждого пролета, выбранного из списка **Пролет**, вводятся характеристики армирования. Количество столбцов таблицы зависит от настроек, заданных для текущего пролета, а количество строк — от числа участков, назначенных для этого пролета.

В нижней части окна отображаются данные по размещению арматуры на участках текущего пролета.

Контроль заданной схемы армирования балки выполняется в окне **Схема армирования** (рис. 40), которое появляется после нажатия кнопки . Справочная информация с примерами армирования балок может быть получена с помощью кнопки .

Для балок прямоугольного сечения с помощью кнопки  можно задать “равномерное” армирование (см. раздел 3.3).

- ⇒ активизировать маркеры **Поперечная арматура** и/или **Боковая арматура**, если предполагается задание поперечной и/или боковой арматуры;
- ⇒ заполнить таблицу, назначив длины пролетов, диаметр и количество арматурных стержней;
- ⇒ повторить приведенные выше операции для других пролетов балки.

После заполнения исходных данных для всех пролетов нажать кнопку **Вычислить**.

Информацию о площадях арматуры AS_1, AS_2, \dots можно получить в окне **Площади арматуры** (см. рис. 41), которое появляется после нажатия кнопки **Площади**.

Кроме того, на данной странице расположена кнопка вызова диалогового окна с отображением эпюры материалов (рис. 42). Построение эпюры производится в предположении, что коэффициент надежности по нагрузке равен 1,1, а коэффициент длительной части равен 1,0.

Результаты экспертизы

| Проверка | Участок | Проверка | Коэффициент | Факторы |
|-------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------------------|-------------|---------|
| Поперечная сила при отсутствии наклонных трещин | 1 | Поперечная сила при отсутствии наклонных трещин | 0.221 | Факторы |
| | 2 | Момент, воспринимаемый сечением, при образовании трещин | 0.005 | Факторы |
| пролет 1 | 1 | Прочность по предельному моменту сечения | 3.362 | Факторы |
| | 1 | Прочность по предельному моменту сечения | 0.925 | Факторы |

Рис. 43. Страница Результаты экспертизы

| Загружение | Коэффициент |
|------------|-------------|
| 1 | 1.1 |
| 2 | 0.8 |

Рис. 44. Диалоговое окно Комбинация загружений

| Проверка | Коэффициент |
|-----------------------------------------------------------|-------------|
| Прочность по предельному моменту сечения | 0.625 |
| Момент, воспринимаемый сечением, при образовании трещин | 1.12 |
| Прочность по поперечной силе между наклонными трещинами | 0.015 |
| Прочность по максимальному сдвигу без поперечной арматуры | 0.083 |
| Поперечная сила при отсутствии наклонных трещин | 0.083 |

Рис. 45. Окно Диаграмма факторов

Эта страница (рис. 43) открывается автоматически после активизации режима экспертизы (кнопка **Вычислить**).

Результаты расчета отображаются в таблице. В первом и втором столбцах таблицы приводятся перечни пролетов и участков. Для каждого участка в столбце **Проверка** дано наименование фактора, на котором достигнуто максимальное значение коэффициента использования ограничений, а в столбце **Коэффициент** — его значение. В последнем столбце таблицы приводится графическое отображение коэффициентов, где красными участками отмечены коэффициенты, значения которых превышают единицу.

В окне предусмотрен переход в режим анализа прогибов (по нажатии кнопки **Прогибы**), куда автоматически передаются исходные данные, включая загрузки. При переходе из режимов экспертизы и подбора арматуры в многопролетных балках в режим определения прогибов передаются все загрузки. В качестве нагрузки принимается их комбинация, которая задается в одноименном окне (рис. 44). По умолчанию все загрузки в комбинации, кроме первого, имеют коэффициент, равный нулю.

По результатам расчета может быть получен отчет (кнопка **Отчет**).

При нажатии кнопки **Факторы** в соответствующей строке таблицы с результатами экспертизы участка появляется окно **Диаграмма факторов** (рис. 45) с детальной информацией обо всех проверках, выполненных для этого участка, и соответствующих им коэффициентах.

4.4 Экспертиза однопролетной балки

С помощью этого многостраничного окна (рис. 46) реализуется проверка однопролетной балки.

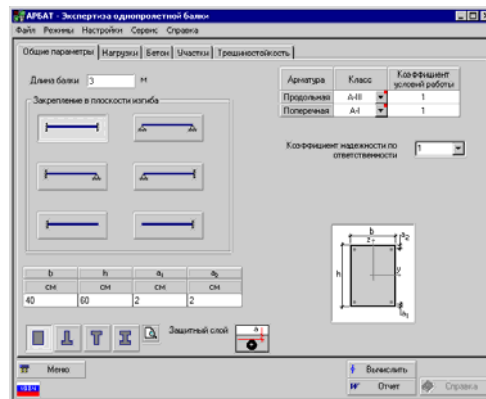


Рис. 46. Диалоговое окно Экспертиза однопролетной балки

Режим аналогичен режиму Экспертиза балки (см. раздел 4.3). Отличия состоят в том, что задается только одна длина балки и, кроме того, пользователь должен выбрать систему закреплений балки в плоскости изгиба. Выбор схемы закрепления осуществляется нажатием кнопки с соответствующей схемой. Кроме того, на странице **Нагрузки** не требуется задание пролета, в который эта нагрузка приложена.

4.5 Прогиб балки

В этом режиме вычисляются прогибы при изгибе многопролетной балки под действием заданной нагрузки. Расчет прогибов выполняется для прямоугольного, таврового и двутаврового сечений согласно требованиям п. 4.31 СНИП 2.03.01-84* (п. 4.3 СП 52-101-03). Кривизна определяется с учетом трещин в растянутой зоне согласно п. 4.27 СНИП 2.03.01-84* (п. 4.3.3 СП 52-101-03). Исходные данные готовятся на страницах **Общие параметры**, **Нагрузки**, **Бетон**, **Условия эксплуатации** и **Участки**, анализ результатов расчета выполняется на странице **Прогибы**, которая появляется после вычисления (кнопка **Вычислить**).

В программе предусмотрен переход из режимов экспертизы и подбора арматуры в многопролетных балках в режим определения прогибов. В этом случае исходные данные, заданные в указанных режимах, будут перенесены автоматически.

Общие параметры

На странице **Общие параметры** назначаются количество и длины пролетов, класс и коэффициенты условий работы продольной и поперечной арматуры, вид сечения, вводятся размеры сечения и величины защитного слоя.

Страница аналогична соответствующей странице режима **Экспертиза балки** (см. раздел 4.3).

Нагрузки

Определение прогибов выполняется для одного нагружения, в состав которого могут входить сосредоточенные и распределенные нагрузки. Нагрузки вводятся на одноименной странице, работа с которой аналогична работе со страницей **Нагрузки** режима **Экспертиза балки** (см. раздел 4.3). Отличие состоит только в том, что ввиду нелинейности (учета влияния трещин на кривизну) расчет производится только на действие одного нагружения.

Чтобы удалить все нагрузки, используется кнопка **Удалить**.

Бетон

Характеристики бетона задаются на странице **Бетон** по правилам, описанным в разделе 3.2.

Условия эксплуатации

Данные об условиях эксплуатации задаются на странице **Условия эксплуатации** по правилам, описанным в разделе 3.4.

Участки балки

Описание участков балки выполняется на одноименной странице по тем же правилам, что и в режиме **Экспертиза балки** (см. раздел 4.3).

Прогибы

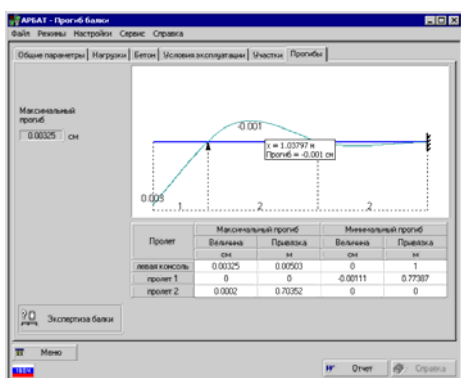


Рис. 47. Страница Прогибы

Эта страница (рис. 47) открывается автоматически после активизации режима определения прогибов (кнопка **Вычислить**). Результаты расчета отображаются в виде эпюры или в табличном виде (после нажатия кнопки **Таблица**). Значение максимального прогиба указывается в одноименном поле. По результатам расчета может быть получен отчет (по нажатию кнопки **Отчет**).

Если нажать кнопку **Экспертиза балки**, то программа перейдет в режим экспертизы. При этом сохраняются заданные в текущем режиме данные о сечении, арматуре, нагрузках.

4.6 Прогиб однопролетной балки

В этом режиме производится определение прогибов однопролетной балки. Режим аналогичен режиму **Прогиб балки** (см. раздел 4.5). Особенности задания исходных данных очевидны и определяются различием конструкций однопролетной и многопролетной балок.

4.7 Экспертиза колонны

В этом режиме выполняется проверка колонн постоянного сечения по прочности и трещиностойкости. Рассматривается внецентренное сжатие-растяжение с двусосным эксцентриситетом. Проверки всех сечений выполняются для автоматически формируемых расчетных сочетаний усилий (PCY). Коэффициенты PCY, учитывающие характер загрузки, назначаются программой в соответствии с требованиями СНиП 2.01.07-85*.

СНиП 2-03-01-84* не оговаривает правила расчета по второму предельному состоянию при двухосном напряженном состоянии. Если в качестве норм проектирования выбран этот нормативный документ, действует следующее ограничение:

при проверке только по первому предельному состоянию учитывается действие следующих силовых факторов:

N — продольная сила;

M_y — момент, изгибающий элемент в плоскости XoZ и вектор которого направлен по оси Y ;

M_z — момент, изгибающий элемент в плоскости XoY и вектор которого направлен по оси Z ;

Q_z — поперечная сила, направленная вдоль оси Z ;

Q_y — поперечная сила, направленная вдоль оси Y ;

$M_{кр}$ — крутящий момент, вектор которого направлен по оси X ;

при проверке по первому и второму предельным состояниям учитывается действие только таких силовых факторов:

N — продольная сила;

M_y — момент, изгибающий элемент в плоскости XoZ , вектор которого направлен по оси Y ;

Q_z — поперечная сила, направленная вдоль оси Z .

Расчеты могут быть выполнены для колонн прямоугольного, таврового, двутаврового, кольцевого и круглого сечений. Предполагается, что положение арматурных стержней в сечении задано и является постоянным по длине участка, при этом пользователь сам назначает количество и длину участков, на которые делится колонна.

Подготовка данных выполняется на страницах **Общие параметры**, **Усилия**, **Бетон**, **Участки** и **Трещиностойкость**, анализ результатов — на странице **Результаты экспертизы**.

Общие параметры

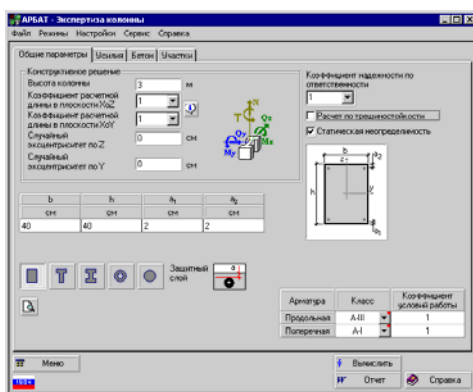


Рис. 48. Страница **Общие параметры**

На странице **Общие параметры** (рис. 48) вводятся высота колонны, коэффициенты расчетной длины, значения случайного эксцентриситета. По стандартным правилам (см. раздел 3) задается информация о сечении и классах арматуры.

Кроме того, состояние специального маркера **Расчет по трещиностойкости** определяет необходимость экспертизы колонны по второму предельному состоянию, а маркер **Статическая неопределимость** определяет, принадлежит колонна статически определимой или статически неопределимой конструкции.

Коэффициенты расчетной длины и случайные эксцентриситеты задаются по тем же правилам, что и в режиме **Сопротивление железобетонных сечений** (см. раздел 4.1).

Нагрузки

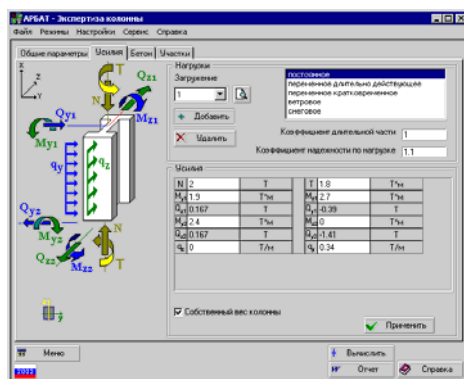


Рис. 49. Страница **Усилия**

На странице **Нагрузки** (рис. 49) задаются расчетные значения усилий в виде продольной силы и узловых моментов в концевых сечениях, описывающих взаимодействие колонны с остальной конструкцией, а также равномерно распределенная поперечная нагрузка по всей длине колонны и крутящий момент. Обратите внимание, что в этом режиме положительная продольная сила соответствует сжатию. В зависимости от того, рассматривается одноосное или двухосное напряженное состояния, можно задать весь набор усилий или только усилия, соответствующие одноосному эксцентриситету.


Порядок задания усилий для каждого нагружения следующий:

- ☞ нажать кнопку **Создать** (нагружение), после чего в списке нагружений появится его номер;
- ☞ в списке видов нагружений выбрать вид рассматриваемого нагружения (постоянное, временное длительно действующее, кратковременное, ветровое, снеговое). Вид нагружения определяет коэффициенты сочетаний по СНиП 2.01.07-85*, с которыми будут учитываться нагрузки этого нагружения при вычислении РСУ;

- ↵ в полях ввода усилий ввести значения, соответствующие рассматриваемому загрузению;
- ↵ в поле **Коэффициент длительной части** ввести значение коэффициента для рассматриваемого загрузения;
- ↵ в поле **Коэффициент надежности по нагрузке** задать значение этого коэффициента;
- ↵ нажать кнопку **Применить**.

После выполнения последней операции будут автоматически вычислены значения узловых сил Q_1 и Q_2 , обеспечивающие равновесие.

Маркер **Собственный вес** позволяет автоматически добавить к текущему загрузению нагрузку от собственного веса колонны.

Кнопка  позволяет увидеть эпюры усилий в колонне для текущего загрузения (рис. 50).

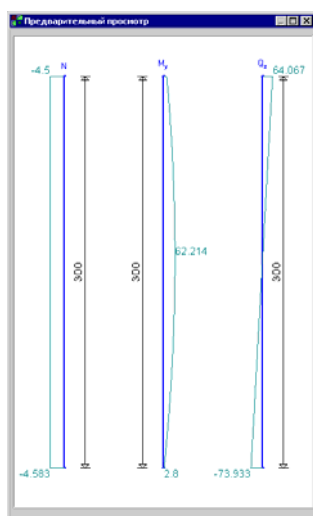


Рис. 50. Эпюры усилий в колонне

Удаление текущего загрузения выполняется кнопкой **Удалить**.

При корректировке ранее введенного загрузения (в режиме корректировки допускается только ввод новых нагрузок или удаление всего загрузения) его номер следует выбрать из выпадающего списка номеров загрузений. После добавления в загрузение новых нагрузок следует нажать кнопку **Применить**.


Бетон

Характеристики бетона задаются на странице **Бетон** по правилам, описанным в разделе 3.2.

Участки колонны

Описание участков колонны выполняется на странице **Участки** по тем же правилам, что и в режиме **Экспертиза балки** (см. раздел 4.3). Отличие только в том, что отсутствует список пролетов и данные задаются сразу для всех участков, количество которых выбирается из списка **Число участков**. Нумерация участков колонны идет снизу вверх.

Конструирование колонны

В программе предусмотрен режим автоматического формирования рабочих чертежей колонн (кнопка **Конструирование колонны** ). Чертежи включают спецификацию, ведомость расхода стали и ведомость деталей, а также чертеж каркаса со спецификацией (если армирование производится каркасами).

При конструировании колонны следует учитывать следующие особенности и ограничения реализации:

1. Конструирование производится только в колоннах прямоугольного и кольцевого сечений.
2. Продольная арматура в колонне всегда симметричная, т.е. $S_1=S_2$, а также постоянная по высоте. При вводе исходных данных достаточно задать только диаметр и шаг арматуры S_1 , а S_2 будет учтена программно.
3. Арматура S_1 и S_2 может быть задана только в один ряд (если будет задан второй ряд арматуры, то он будет проигнорирован).
4. В одном ряду (S_1 и S_2) может быть не менее двух стержней.
5. Для поперечной арматуры необходимо задать диаметр и шаг.

Примечание: Так как продольная арматура по всей длине колонны постоянна, то ее можно задавать только на первом участке колонны, а на остальных участках задаются диаметр и шаг поперечной арматуры.

После инициализации режима конструирования выполняется контроль исходных данных, и в случае отсутствия ошибок вызывается диалоговое окно **Тип армирования**, в котором с помощью маркеров выбирается способ армирования — стержнями или каркасами. После выбора и подтверждения нажатием кнопки **ОК** появляется окно **Конструирование колонны** (рис. 51), которое включает инструментальную панель с кнопками управления и поле с чертежом.

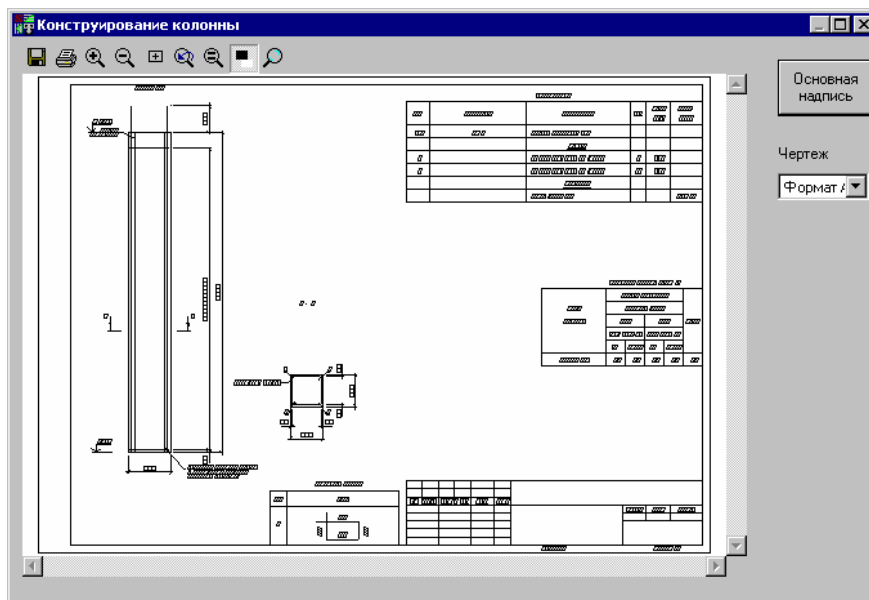








Рис. 51. Диалоговое окно **Конструирование колонны**

В инструментальной панели находятся кнопки, которые позволяют выполнить следующие операции:

-  — **Исходное изображение**,  — **Увеличить изображение** и  — **Уменьшить изображение** — эти три операции используются для изменения масштаба изображения при просмотре документов. При увеличении изображения по краям окна появляются полосы прокрутки, с помощью которых можно просмотреть документ. Если на мышке присутствует колесико, то его вращение дублирует операции *Увеличить изображение* (вращение вперед) и *Уменьшить изображение* (вращение назад).
-  — **Вернуться к предыдущему масштабу** — установить масштаб, который был до использования одной из команд предыдущего пункта;
-  — **Инvertировать изображение** — сменить тип отображения чертежа (черно-белый на бело-черный и наоборот);

-  — **Увеличитель** — после нажатия этой кнопки на экране (в нижней части чертежа) появится окно, в котором в увеличенном масштабе будет отображаться часть чертежа, находящаяся в области курсора (рис. 52);

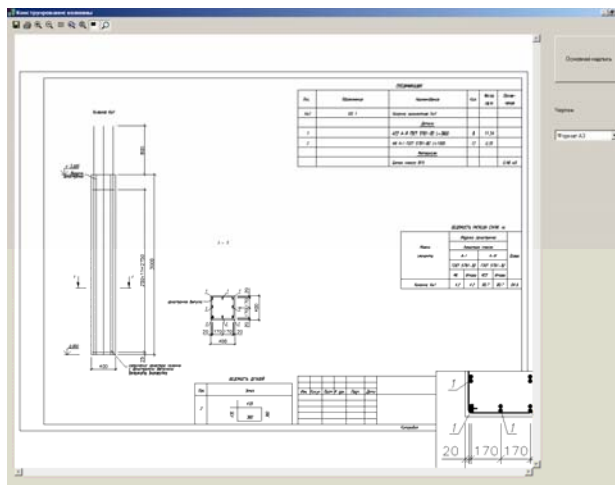




Рис. 52. Диалоговое окно **Конструирование колонны** — увеличенное изображение

-  — **Вывод на печать** — вывод документов на печатающее устройство (получение твердой копии). Появляется стандартное управляющее окно **Print (Печать)**, в котором следует выбрать устройство, на которое будет осуществляться вывод, и, если это необходимо, изменить его свойства;
-  — **Сохранить** — если необходимо доработать документы прежде чем получить твердую копию, то можно сформировать файлы в формате DXF системы AutoCAD. При этом появляется стандартное диалоговое окно **Сохранить как ... (Save As ...)**, в котором можно задать имя и директорию для сохранения чертежа и его формат (DWG или DXF);

Кнопка **Основная надпись** открывает одноименное диалоговое окно с таким же названием, в котором заполняются поля основной надписи формы 3 по ГОСТ 21.101-97. (При выводе чертежа каркаса будет дана возможность заполнить основную надпись формы 4).

Выходные документы могут быть сформированы в форматах А3 или А4. Чертеж каркаса всегда выводится в формате А4. Выбор формата выполняется в выпадающем списке **Чертеж**, который включает следующие пункты:

- *Колонна (формат А3)* — чертеж колонны с сечениями, спецификацией, ведомостью расхода стали и ведомостью деталей формируется на одном листе в формате А3;
- *Колонна, лист 1 (формат А4)* — в формате А4 на первом листе размещается чертеж колонны с сечениями, ведомостью деталей и основной надписью;
- *Колонна, лист 2 (формат А4)* — в формате А4 на втором листе размещается спецификация, ведомость расхода стали и основная надпись;
- *Каркас (формат А4)* — если армирование производилось каркасами, то в формате А4 на одном листе будет размещаться чертеж каркаса со спецификацией и основной надписью. Если армирование производилось отдельными стержнями, то эта операция будет недоступна.

Трещиностойкость

При использовании СНиП 2.03.01-84* состояние маркера **Расчет по трещиностойкости** на странице **Общие параметры** определяет необходимость экспертизы армирования колонны по трещиностойкости. При расчете по СП 52-101-03 этот маркер взведен всегда.

Данные по трещиностойкости задаются на странице **Трещиностойкость** по правилам, описанным в разделе 3.4.

Результаты экспертизы

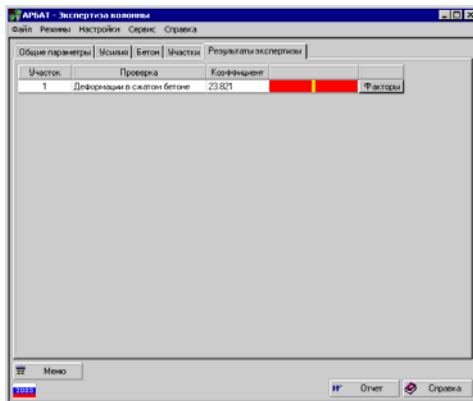


Рис. 53. Страница
Результаты экспертизы

Эта страница (рис. 53) открывается автоматически после активизации режима экспертизы (кнопка **Вычислить**).

Результаты расчета отображаются в таблице. В первом столбце таблицы приводятся номера участков. Для каждого участка в столбце **Проверка** дано наименование фактора, на котором достигнуто максимальное значение коэффициента использования несущей способности, а в столбце **Коэффициент** показано его значение. В последнем столбце таблицы приводится графическое отображение коэффициентов, в котором красными участками диаграммы отмечены значения, превышающие единицу.

По результатам расчета может быть получен отчет (кнопка **Отчет**).

Аналогично режиму **Экспертиза балки** (см. раздел 4.6) кнопки **Факторы** в таблице позволяют получить детальную информацию обо всех проверках, выполненных для каждого участка колонны.

4.8 Экспертиза плиты

В этом режиме выполняется экспертиза заданного конструктивного решения прямоугольного поля монолитной сплошной плиты. В зависимости от соотношения длин сторон различаются плиты, изгибаемые в одном направлении, и плиты, изгибаемые в двух направлениях. Поле плиты может быть как самостоятельным конструктивным элементом здания или сооружения (перекрытие прямоугольного проема), так и элементом ребристой плиты. Несущая способность плиты определяется из условий предельного равновесия по методике, приведенной в Пособии к СНиП 2.08.01-85 [17] и Инструкции по расчету статически неопределимых железобетонных конструкций с учетом перераспределения усилий [18].

При экспертизе плиты предельная равномерно распределенная нагрузка сравнивается с суммарной нагрузкой от заданных загрузений.

В программе проверяются:

- несущая способность плиты по изгибающему моменту от суммарной равномерно распределенной нагрузки, в том числе с учетом несущей способности анкеров;
- несущая способность плиты по поперечной силе от суммарной равномерно распределенной нагрузки;
- несущая способность плиты по образованию трещин в пролете плиты и по линиям опирания;
- максимальная ширина раскрытия трещин в пролете и в опорных сечениях плиты;
- максимальный прогиб плиты.



Особенности реализации

- Для плит, изгибаемых в одном направлении, реализованы указания Пособия к СНиП 2.08.01-85 [17] о возможности увеличения на 20% предельных пролетных и опорных изгибающих моментов;
- для плит, изгибаемых в двух направлениях, реализовано указание Инструкции [18] об увеличении на 10% предельной равномерно распределенной нагрузки;
- на восприятие поперечной силы проверяются только сечения вблизи опор;
- проверка образования трещин и длина их раскрытия выполняются только для сечений нормальных к продольной оси плиты.

Условия опирания плит:

а) для плит, изгибаемых в одном направлении, условия опирания задаются только на двух сторонах. Как минимум, одна сторона плиты должна быть защемлена. Вторая сторона плиты может быть защемлена, шарнирно оперта или свободна от опор. Эта комбинация условий опирания позволяет моделировать крайние и средние пролеты неразрезных «балочных» плит, при этом второй и последующие пролеты неразрезной плиты не различаются. Во всех случаях распределение внутренних усилий принимается как для второго от края пролета плиты. Кроме того, эти условия опирания позволяют провести экспертизу плиты как отдельного конструктивного элемента во всех практически важных случаях;

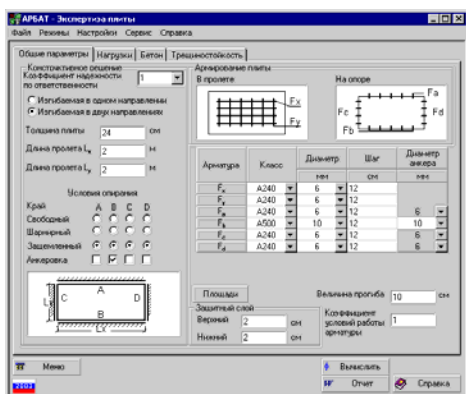
б) для плит, изгибаемых в двух направлениях, разрешается защемление сторон плиты и свободное (шарнирное) опирание. При этом допускается, что одна из меньших сторон плиты может быть свободна от опор.

Нагрузки во всех случаях приняты равномерно распределенными по полю плиты.

Плиты проверяются по прочности и трещиностойкости в соответствии с требованиями СНиП 2.03.01-84* (СП 52-101-03).

Подготовка данных выполняется на страницах **Общие параметры**, **Нагрузки**, **Бетон** и **Трещиностойкость**, анализ результатов — на странице **Результаты экспертизы**.

Общие параметры



На этой странице (рис. 54) вводятся данные, описывающие конструктивное решение плиты, диаметр, класс и шаг арматурных, а также диаметр анкерных стержней (для плит, изгибаемых в двух направлениях), величины нижнего и верхнего защитных слоев, коэффициент условий работы арматуры и допустимую величину прогиба. Анкерные стержни могут устанавливаться только на защемленных сторонах плиты. Класс арматуры анкерных стержней принят такой же, как и для рабочей арматуры. Принято, что анкера выполнены из одиночных арматурных стержней, установленных в один ряд.

Рис. 54. Страница **Общие параметры**

Для выбора конструктивного решения плиты следует с помощью соответствующего маркера указать характер ее работы (изгибаемая в одном или в двух направлениях), задать толщину плиты и ее размеры вдоль осей X (L_x) и Y (L_y). При соотношении длин сторон

меньшем или равном трем (то есть $\frac{L_x}{L_y} \leq 3$ или $\frac{L_y}{L_x} \leq 3$) плита должна рассматриваться как изгибаемая в двух направлениях.

Условия опирания для каждой грани плиты назначаются активизацией групп маркеров: **Свободный** (край), **Шарнирный** (край) и **Защемленный** (край), указывающих способ опирания плиты на поддерживающую конструкцию или поля плиты — на поддерживающие ребра. Для защемленных граней с помощью группы маркеров **Анкеровка** указывается наличие анкеров.

В зависимости от заданного конструктивного решения в таблице армирования плиты будут активны соответствующие строки и столбцы.

С помощью кнопки **Площади** можно получить справку о площадях арматуры на погонный метр плиты.

Нагрузки

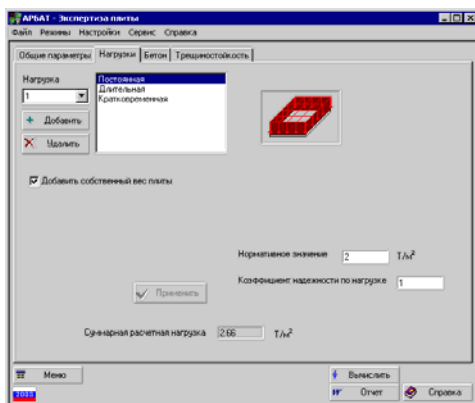


Рис. 55. Страница **Нагрузки**

Плита проверяется на действие только равномерно распределенных нагрузок по всему полю. Приведение нагрузок к равномерно распределенным производит пользователь. На этой странице (рис. 55) задаются равномерно распределенные нагрузки. Расчет плиты производится только на одну комбинацию нагрузок. Технология задания нагрузок аналогична описанной в разделе 4.3.

На странице расположен маркер **Добавить собственный вес плиты**. Если этот маркер активен, то программа автоматически добавит к числу нагрузок нагрузку от собственного веса.

Бетон

Характеристики бетона задаются на странице **Бетон** по правилам, описанным в разделе 3.2.



Ограничения реализации

- Марка бетона — не ниже, чем В12,5;
- мелкозернистые бетоны могут быть только групп А и Б;
- бетон принимается естественной влажности. Водонасыщенность, попеременное водонасыщение и высушивание не учитываются.

Трещиностойкость

Данные по трещиностойкости задаются на странице **Трещиностойкость** по правилам, описанным в разделе 3.4.

Результаты экспертизы

Результатом экспертизы является значение K_{\max} (максимального фактора), которое отображается в нижней части диалогового окна. Полный перечень всех факторов (проверок) можно получить, нажав кнопку **Факторы**. При этом появится стандартное окно (см. раздел 1.1) с перечнем всех проверок.

По результатам расчета может быть получен отчет (кнопка **Отчет**).

5. Местная прочность

Все режимы этой группы реализуют экспертизу (проверку) элементов железобетонных конструкций, в том числе и закладных деталей, на местное действие нагрузок в соответствии с требованиями СНиП 2.03.01-84* [5] с учетом требований и рекомендаций Пособия к СНиП 2.03.01-84* [7] (пособия к СП 52-101-03), Руководства по конструированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона [15], Руководства по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона [16], Рекомендаций по проектированию стальных закладных деталей для железобетонных конструкций [14].

Предполагается, что известно конструктивное решение как в смысле зоны приложения нагрузки, сопряжения элементов и т. д., так и в смысле дополнительного поперечного армирования, необходимого для обеспечения местной прочности.

Технология работы в режимах этой группы такая же, как в режимах экспертизы.

5.1 Местное сжатие (СНиП 2.03.01-84*)

В этом режиме реализуются проверки элементов железобетонных конструкций на местное сжатие в соответствии с требованиями пп. 3.39–3.41 СНиП 2.03.01-84* [5]. Реализованы все схемы железобетонных элементов, приведенные на чертеже 15 СНиП 2.03.01-84*.

Проверки выполняются на действие продольной силы для элементов как с дополнительным косвенным армированием поперечными сетками, так и без косвенного армирования. В зависимости от наличия косвенного армирования вычисляется один из следующих факторов:

- прочность из условий местного сжатия для неармированного сечения;
- прочность из условий местного сжатия для сечения, армированного сетками.

Общие параметры

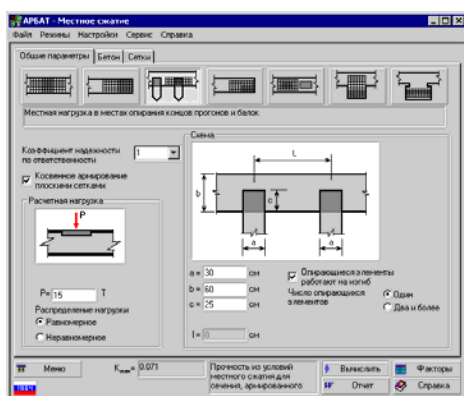


Рис 56. Страница Общие параметры (СНиП 2.03.01-84*)

На этой странице (рис. 56) задаются:

- схема для расчета на местное сжатие и размеры зоны приложения нагрузки (показана темным прямоугольником на схеме);
- расчетная нагрузка с указанием о том, как она распределена по зоне приложения (равномерно или неравномерно);
- сведения о наличии косвенного армирования.

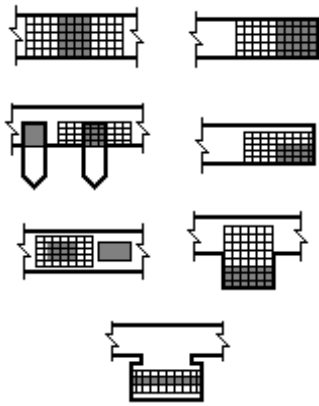


Рис. 57. Схемы нагружения (по СНиП 2.03.01-84*)

Схема нагружения (рис. 57) выбирается указанием курсором на соответствующую пиктограмму и соответствует одной из схем, представленных на чертеже 15 СНиП 2.03.01-84*. Модификации схем нагружения, принятые по чертежу 15, описаны в разделе **Особенности реализации**.

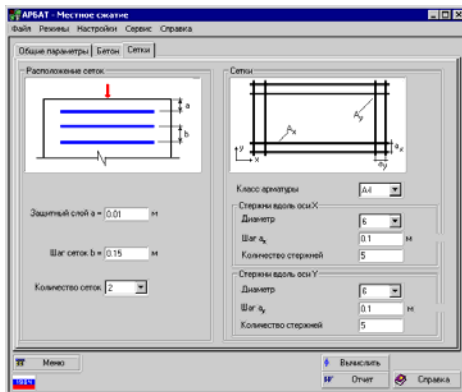


Рис. 58. Страница Сетки

При включенном маркере **Косвенное армирование плоскими сетками** становится доступной для ввода данных страница **Сетки** (рис. 58).

На этой странице задаются:

- защитный слой бетона;
- шаг сеток по вертикали;
- количество сеток;
- класс арматуры, который принят одинаковым для стержней обоих направлений;
- диаметр, шаг и число стержней, параллельных оси X;
- диаметр, шаг и число стержней, параллельных оси Y.

Бетон

Характеристики бетона задаются на странице **Бетон** по правилам, описанным в разделе 3.2.



Особенности реализации

Схемы нагружения *в*) и *г*) чертежа 15 СНиП 2.03.01-84* совмещены на одном изображении.

Схема нагружения *е*) чертежа 15 СНиП 2.03.01-84* модифицирована. В программе предусмотрена возможность указать несколько мест приложения одинаковых нагрузок (см. рис. 57) подобно тому, как это предусмотрено для схем *в*) и *г*). Правила определения локальной площади смятия приняты в этом случае аналогичными схемам *в*) и *г*).

При проверке принятого шага сеток по вертикали и числа сеток использованы формулы (198) и (199) п. 3.94 Пособия к СНиП 2.03.01-84* [7].

Ограничения реализации



Ограничения реализации связаны со следующими обстоятельствами:

- правомерность выполнения проверки на местное сжатие (зависит от соотношения поперечных размеров проверяемого элемента и размеров зоны приложения нагрузки);
- принятая схема косвенного армирования плоскими сетками;
- конструктивные ограничения на используемые классы и диаметры арматурных стержней, расстояния между стержнями в сетках и сеток между собой и другие ограничения, приведенные в документах [7], [15], [16].

Ограничения, связанные с правомерностью выполнения проверки, являются терминальными и не позволяют при их нарушении выполнить расчет.

Ограничения, связанные с конструктивными требованиями, не являются терминальными, позволяют выполнить расчет, однако на их нарушение пользователю указывается на экране и в отчете. Некоторые из этих ограничений реализованы «жестко» путем выбора значений из ограниченного списка, например, для количества сеток, класса арматуры и др. О нарушении остальных ограничений появляются сообщения на экране и в отчете.

Ниже приведены принятые конструктивные ограничения:

- количество сеток косвенного армирования — от 2 до 4;
- защитный слой бетона — от 10 до 20 мм;
- расстояние между сетками по вертикали (шаг сеток) — от 60 до 150 мм;
- классы арматуры — Вр-I, А-I, А-II, А-III по СНиП 2.03.01-84* и А400С по ТСН 102-00 [5];
- диаметры арматурных стержней в зависимости от класса — от 3 до 14 мм;
- расстояние между стержнями сеток (шаг стержней) в каждом из направлений — от 50 до 100 мм.

5.2 Местное сжатие (СП 52-101-03)

В этом режиме реализуются проверки элементов железобетонных конструкций на местное сжатие в соответствии с требованиями пп. 6.2.43–6.2.45 СП 52-101-03. Реализованы все схемы железобетонных элементов, приведенные на рис. 6.11 СП 52-101-03.

Проверки выполняются на действие продольной силы для элементов как с дополнительным косвенным армированием поперечными сетками, так и без косвенного армирования. В зависимости от наличия косвенного армирования вычисляется один из следующих факторов:

- прочность из условий местного сжатия для неармированного сечения;
- прочность из условий местного сжатия для сечения, армированного сетками.

Общие параметры

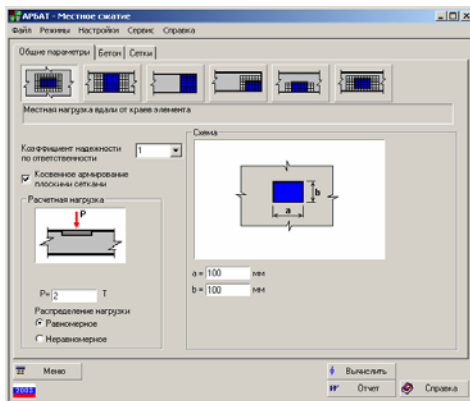


Рис 59. Страница
Общие параметры

На этой странице (рис. 59) задаются:

- схема для расчета на местное сжатие и размеры зоны приложения нагрузки (показана темным прямоугольником на схеме);
- расчетная нагрузка с указанием о том, как она распределена по зоне приложения (равномерно или неравномерно);
- сведения о наличии косвенного армирования.

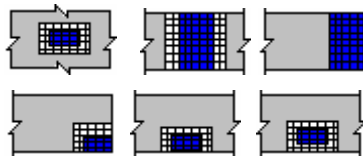


Рис. 60. Схемы нагружения по
СП 52-101-03

Схема нагружения (рис. 60) выбирается указанием курсором на соответствующую пиктограмму и соответствует одной из схем, представленных на рис. 6.11 СП 52-101-03.

При включенном маркере **Косвенное армирование плоскими сетками** становится доступной для ввода данных страница **Сетки** (рис. 58), структура которой аналогична одноименной странице при расчетах по СНиП 2.03.01-84*.

Бетон

Характеристики бетона задаются на странице **Бетон** по правилам, описанным в разделе 3.2.



Особенности реализации

При проверке принятого шага сеток по вертикали и числа сеток использованы формулы (198) и (199) п. 3.94 Пособия к СНиП 2.03.01-84* [7].

Ограничения реализации



Ограничения реализации связаны со следующими обстоятельствами:

- правомерность выполнения проверки на местное сжатие (зависит от соотношения поперечных размеров проверяемого элемента и размеров зоны приложения нагрузки);
- принятая схема косвенного армирования плоскими сетками;
- конструктивные ограничения на используемые классы и диаметры арматурных стержней, расстояния между стержнями в сетках и сеток между собой и другие ограничения, приведенные в документах [7], [15], [16].

Ограничения, связанные с правомерностью выполнения проверки, являются терминальными и не позволяют при их нарушении выполнить расчет.

Ограничения, связанные с конструктивными требованиями, не являются терминальными, позволяют выполнить расчет, однако на их нарушение пользователю указывается на экране и в отчете. Некоторые из этих ограничений реализованы «жестко» путем выбора значений из ограниченного списка, например, для количества сеток, класса арматуры и др. О нарушении остальных ограничений появляются сообщения на экране и в отчете.

Ниже приведены принятые конструктивные ограничения:

- количество сеток косвенного армирования — от 2 до 4;
- защитный слой бетона — от 10 до 20 мм;
- расстояние между сетками по вертикали (шаг сеток) — от 60 до 150 мм;
- классы арматуры — А240, А300, А400, А500, В500 по документу [6];
- диаметры арматурных стержней в зависимости от класса — от 10 до 14 мм;
- расстояние между стержнями сеток (шаг стержней) в каждом из направлений — от 50 до 100 мм.

5.2 Продавливание (СНиП 2.03.01-84*)

В этом режиме реализуется проверка на продавливание плитных конструкций (без поперечной арматуры) в соответствии с требованиями п. 3.42 СНиП 2.03.01-84* и п. 3.98 Руководства по проектированию из тяжелого бетона [16]. Проверяются конструкции как с дополнительным косвенным армированием в виде вертикальных стержней, расположенных в пределах пирамиды продавливания, так и без учета косвенного армирования.

В зависимости от наличия косвенного армирования вычисляется один из следующих факторов:

- прочность из условий продавливания без дополнительного армирования;
- прочность из условий продавливания с учетом дополнительного армирования.

На странице **Общие параметры** (рис. 61) задаются:

- размеры основания плиты;
- размеры зоны приложения нагрузки;
- высота плиты (H), либо рабочая высота сечения (h), где:
- h — расстояние от верха плиты до центра тяжести нижней арматуры (выбор осуществляется активизацией соответствующего маркера). В случае использования параметра высоты плиты H величина h принимается равной $0,9H$;
- равнодействующая продавливающей нагрузки, приведенная к центру зоны приложения;
- равномерная нагрузка (в том числе и нулевая), приложенная к основанию плиты и сопротивляющаяся продавливанию.

Общие параметры

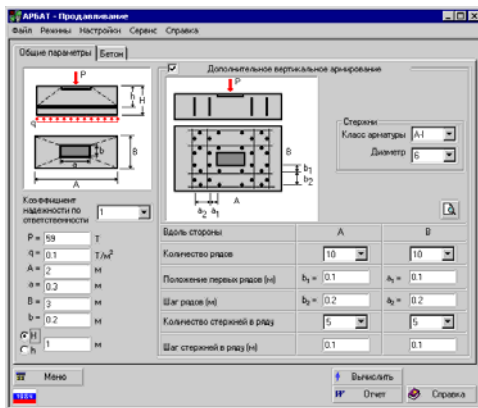



Рис. 61. Страница **Общие параметры**

При включенном маркере **Дополнительное вертикальное армирование** задаются:

- класс и диаметр вертикальных стержней, образующих сетки, параллельные сторонам плиты;
- количество рядов вертикальных стержней, параллельных сторонам плиты;
- положение первых рядов по отношению к зоне приложения нагрузки;
- количество рядов вертикальных стержней вдоль каждой из сторон основания;
- шаг (расстояние между стержнями в ряду);
- количество стержней в рядах.

Кнопка  позволяет получить рисунок расположения арматурных стержней в соответствии с параметрами заданного дополнительного вертикального армирования.

Бетон

Характеристики бетона задаются на странице **Бетон** по правилам, описанным в разделе 3.2.

Особенности реализации



Требование п. 3.42 СНиП 2.03.01-84* о том, что продавливающая сила действует «на ограниченной площади», реализовано следующим образом — площадь считается «ограниченной», если наклон к горизонту боковых граней пирамиды продавливания не превышает 68°. Это ограничение соответствует требованиям пятого абзаца п. 3.42 СНиП 2.03.01-84*.

Продавливание реализовано только для плитных конструкций. Ступени в плитах (например, фундаментные уступы) не учитываются.

Предполагается, что продавливающая вертикальная нагрузка и нагрузка, приложенная к основанию плиты, равномерно распределены по своим площадям. Эксцентриситеты приложения нагрузок не учитываются.

Не реализован предпоследний абзац п. 3.42 СНиП 2.03.01-84*.

Дополнительное косвенное армирование реализовано только в виде вертикальных сеток с рабочими вертикальными стержнями. Сетки расположены параллельно сторонам плиты, симметрично, и не попадают в зону приложения нагрузки. При этом положение сеток, ближайших к зоне приложения нагрузки, таково, что они всегда попадают в призму продавливания.

Реализовано требование п. 5.29 СНиП 2.03.01-84* о зоне установки дополнительной арматуры при расчете на продавливание.

Ограничения реализации



Ограничения реализации связаны с:

- правомерностью выполнения проверки на продавливание, что зависит от соотношения поперечных размеров плиты и размеров зоны приложения нагрузки;
- соотношением продавливающей нагрузки и давления под основанием плиты;
- конструктивными ограничениями на используемые классы и диаметры арматурных стержней, на расстояние между стержнями в сетках и сеток между собой, другими ограничениями, приведенными в документах [7], [15], [16].

Ограничения, связанные с правомерностью выполнения проверки и соотношениями нагрузок, являются терминальными и не позволяют при их нарушении выполнить расчет.

Ограничения, связанные с конструктивными требованиями, не являются терминальными, позволяют выполнить расчет, однако на их нарушение пользователю указывается на экране и в отчете. Некоторые из этих ограничений реализованы «жестко» путем выбора значений из ограниченного списка, например, для числа рядов стержней, класса арматуры и др. О нарушении остальных ограничений появляются сообщения на экране и в отчете.

Ниже приведены принятые конструктивные ограничения:

- классы арматуры — Вр-I, А-I, А-II, А-III по СНиП 2.03.01-84* и А400С по документу [6];
- диаметры арматурных стержней в зависимости от класса — от 3 до 14 мм;
- минимальное расстояние между рядами стержней определяется требованиями п. 5.29 СНиП 2.03.01-84*;
- расстояние первого ряда стержней от зоны приложения нагрузки должно быть не менее 30 мм и не более расстояния между рядами;
- общее количество рядов стержней вдоль каждой из сторон от 2 до 10;
- количество стержней во всех рядах принято одинаковым для рядов вдоль каждой из сторон и должно быть не менее 2 и не более 10.

В процессе выполнения проверки определяется количество рядов и количество стержней в рядах, попадающих в призму продавливания. Если какие-либо ряды стержней или стержни в рядах не попадают в призму продавливания, то об этом выводятся соответствующие сообщения на экран и в отчет.

5.3 Продавливание (СП 52-101-03)

В этом режиме реализуется проверка на продавливание плитных конструкций в соответствии с требованиями п.п. 6.2.46-6.2.52 СП 52-101-03 [9]. Проверяются как конструкции без дополнительного вертикального армирования, так и конструкции с дополнительным косвенным армированием в виде вертикальных стержней, расположенных по поперечному сечению участка плиты равномерно либо крестообразно. В общем случае расчет выполняется на совместное действие продольной сжимающей силы и изгибающего момента.

Выполняются все проверки, предусмотренные в п.п. 6.2.46-6.2.52 СП 52-101-03, кроме требования проверки на изгиб от действия $0,5M_{lok}$ нормального сечения, «включающего ширину площадки передачи нагрузки и высоту сечения плоского элемента по обе стороны от площадки передачи нагрузки», см. предпоследний абзац п. 6.2.46 СП 52-101-03. Предполагается, что высота плиты, материал и армирование приняты такими, что это условие удовлетворено.

Общие параметры

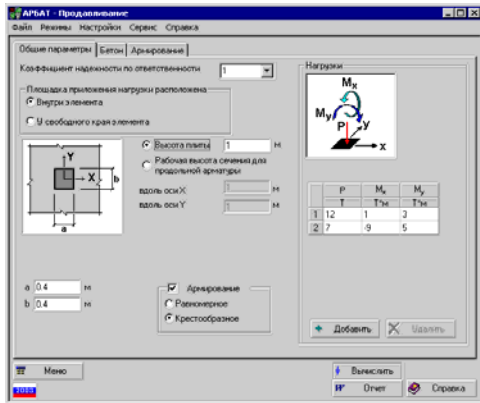


Рис. 62. Страница Общие параметры

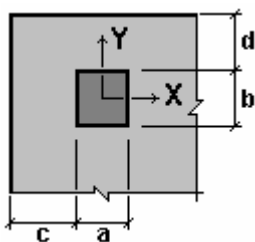


Рис. 63. Площадка приложения нагрузки у свободного края плиты

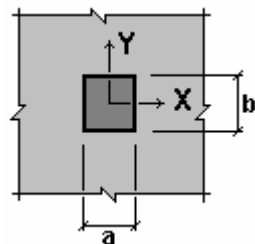


Рис. 64. Площадка приложения нагрузки в средней части плиты

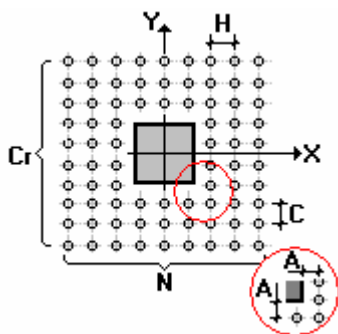


Рис. 65. Равномерное расположение арматуры

На этой странице (рис. 62) задаются:

- размеры плиты в плане;
- размеры площадки приложения нагрузки и, при необходимости, ее привязки к краям плиты;
- высота плиты (H), либо рабочие высоты сечений для продольной арматуры вдоль осей X и Y (выбор осуществляется активизацией соответствующего маркера). В случае использования в качестве исходных данных высоты плиты H величины рабочих высот сечений усредненно равны $0,9H$;
- равнодействующие продавливающей нагрузки (продольная сила и изгибающие моменты), приведенные к центру площадки приложения;
- расположение площадки приложения нагрузки — у свободного края плиты (рис. 63) или в ее средней части (рис. 64).

При включенном маркере **Армирование** задается расположение арматуры — равномерное (рис. 65-66) или крестообразное (рис. 67-68);

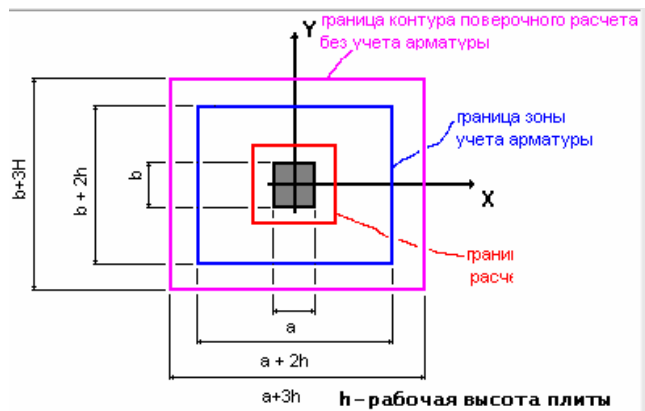


Рис. 66. Зоны плиты при проверочных расчетах в случае равномерного расположения арматуры

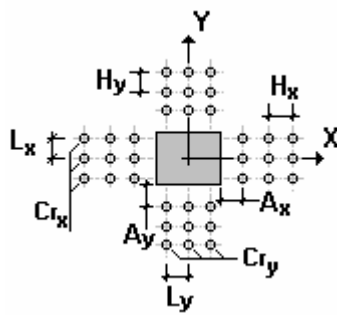


Рис. 67. Крестообразное расположение арматуры

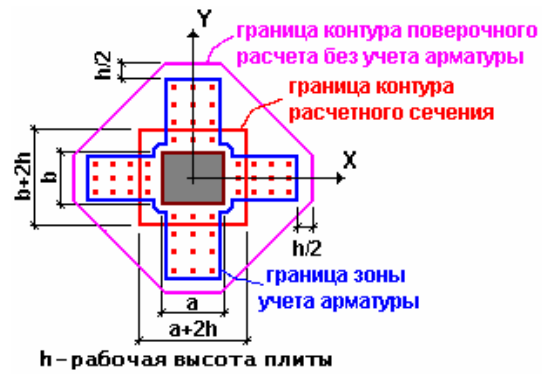


Рис. 68. Зоны плиты при проверочных расчетах в случае крестообразного расположения арматуры

Бетон

Характеристики бетона задаются на странице **Бетон** по правилам, описанным в разделе 3.2.

Арматура

На странице **Армирование** (рис. 69) задаются:

- класс и диаметр вертикальных стержней, образующих сетки, параллельные сторонам плиты;
- минимальное приближение арматуры к площадке приложения нагрузки;
- число рядов вертикальных стержней, параллельных сторонам плиты;
- шаг (расстояние между стержнями в ряду);
- расстояние между рядами стержней.

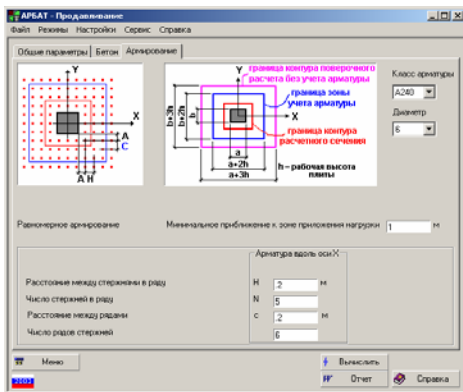


Рис. 69. Страница Армирование

Особенности реализации



Продавливание реализовано только для плитных конструкций.

Приближения к свободным краям плиты (различные схемы продавливания) учитываются в том случае, когда расстояние от границы области приложения нагрузки до свободного края превышает 3 рабочих высоты (h_0) продольной арматуры плиты вдоль одной из осей X, Y (свободный край плиты), либо одновременно вдоль обеих осей X, Y (свободный угол плиты). Расчет на продавливание не может быть выполнен в случае, когда свободный край плиты попадает в зону, отстоящую от зоны приложения нагрузки на величину, меньшую половины рабочей высоты плиты

Косвенное армирование в обоих случаях (равномерном и крестообразном) симметрично относительно осей X, Y.

Поперечная арматура учитывается в расчете в пределах полной пирамиды продавливания, с отступом в каждую сторону от границы площадки приложения нагрузки на величину h_0 .

Ограничения реализации



Ограничения реализации, связанные с нормативным обеспечением:

- расчет на продавливание не может быть выполнен в случае, если значение отношения учитываемых в расчете изгибающих моментов к предельным изгибающим моментам превышает значение отношения учитываемых продольных сил к предельному усилию, воспринимаемому бетоном (см. п. 6.2.46 СП 52-101-03);
- косвенное вертикальное армирование реализуется только в случае, когда площадка приложения нагрузки расположена в средней части плиты;
- в случае расположения площадки приложения нагрузки у края плиты всегда учитывается требование последнего абзаца п. 6.2.49 СП 52-101-03;
- не реализована вторая половина предпоследнего абзаца п. 6.2.46 СП 52-101-03 о проверке на изгиб от действия $0,5M_{lok}$ нормального сечения, «включающего ширину площадки передачи нагрузки и высоту сечения плоского элемента по обе стороны от площадки передачи нагрузки». Предполагается, что высота плиты, материал и армирование приняты такими, что это условие удовлетворено;
- при реализации последнего абзаца п. 6.2.52 СП 52-101-03 моменты сопротивления поперечной арматуры приняты равными моментам сопротивления бетона;
- конструктивными ограничениями на используемые классы и диаметры арматурных стержней, на расстояние между стержнями в сетках и сеток между собой, другими ограничениями, приведенными в документах [7], [15], [16].

Дополнительное косвенное армирование реализовано только в виде вертикальных сеток с рабочими вертикальными стержнями. Сетки расположены параллельно сторонам плиты и не попадают в зону приложения нагрузки. При этом положение сеток, ближайших к зоне приложения нагрузки, таково, что они всегда попадают в призму продавливания.

Ограничения, связанные с правомерностью выполнения проверки и соотношениями нагрузок, являются терминальными и не позволяют при их нарушении выполнить расчет.

Ограничения, связанные с конструктивными требованиями, не являются терминальными, позволяют выполнить расчет, однако на их нарушение пользователю указывается на экране и в отчете. Некоторые из этих ограничений реализованы «жестко» путем выбора значений из ограниченного списка, например, для числа рядов стержней, класса арматуры и др. О нарушении остальных ограничений появляются сообщения на экране и в отчете.

Ниже приведены принятые конструктивные ограничения:

- классы арматуры — А240, А300, А400, А500, В500

5.4 Отрыв

В этом режиме реализуются проверки соединений элементов железобетонных конструкций на отрыв в соответствии с требованиями п. 3.43 СНиП 2.03.01-84*, п. 3.97 Пособия к СНиП 2.03.01-84* и п. 3.121 Руководства по конструированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона [15].

Принято, что в зоне соединения, проверяемой на отрыв, всегда установлена дополнительная арматура.

В результате проверки вычисляется прочность из условий местного отрыва.

Общие параметры

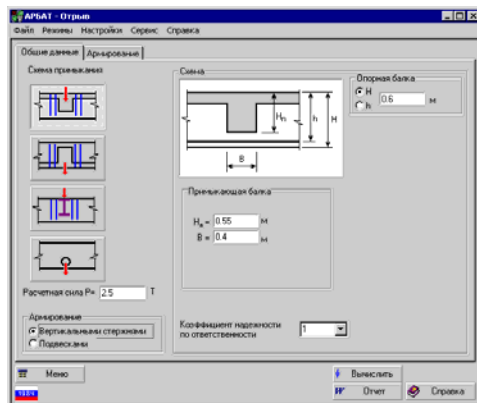


Рис. 70. Страница **Общие параметры**

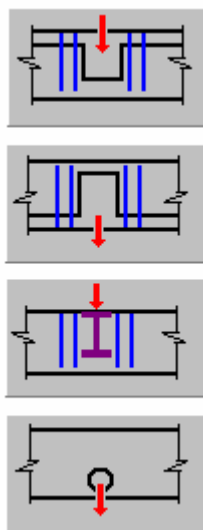


Рис. 71. Схемы, проверяемые на отрыв

На странице **Общие параметры** (рис. 70) выбирается одна из четырех схем, проверяемых на отрыв (рис. 71).

Первая схема — монолитное железобетонное перекрытие с сопряжением балок в верхней зоне.

Вторая схема — монолитное железобетонное перекрытие с сопряжением балок в нижней зоне.

Третья схема — примыкание стальной балки (на схеме условно показан двутавр). Примыкающую балку характеризуют высота и ширина поперечного сечения.

Четвертая схема — приложение сосредоточенной силы, передаваемой путем подвески груза через отверстие в балке.

Выбор армирования зоны отрыва вертикальными стержнями или подвесками осуществляется соответствующими маркерами в группе **Армирование**.

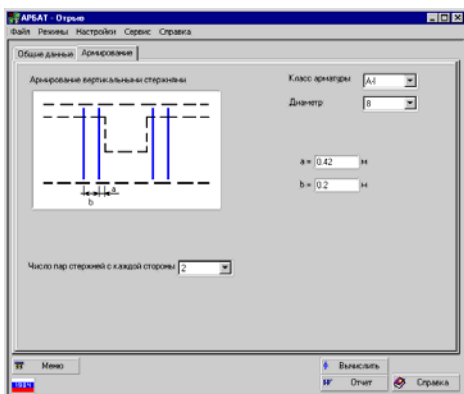
После выбора схемы примыкания необходимо задать:

- расчетную нагрузку;
- размеры опорной и примыкающей балок (для схем 1–3);
- размеры опорной балки, положение и диаметр отверстия (для схемы 4).

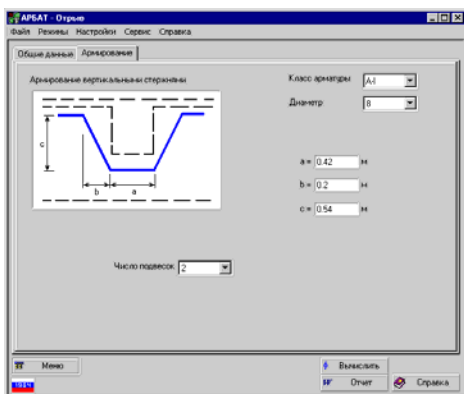
Во всех проверяемых схемах для опорной балки необходимо задать ее высоту (H), либо рабочую высоту сечения (h), где h — расстояние от верха балки до центра тяжести нижней арматуры (выбор осуществляется соответствующим маркером). В случае использования параметра высоты плиты H , величина h принимается равной $0,9H$;

Предполагается, что нижняя арматура расположена в один ряд по высоте балки.

Армирование



а)



б)

Рис. 72. Страница Армирование

Особенности реализации



На этой странице в зависимости от принятой схемы армирования задаются сведения о вертикальных стержнях (рис. 72, а), либо о подвесках (рис. 72, б).

При армировании вертикальными стержнями задаются:

- класс и диаметр арматуры;
- количество пар стержней с каждой стороны примыкающей балки;
- расстояние от примыкающей балки до первого из стержней;
- расстояние между стержнями.

При армировании подвесками задаются:

- класс и диаметр арматуры;
- количество подвесок;
- размеры подвесок (при проверке четвертой схемы размер горизонтальной части подвески не задается).

Существенным является вопрос о передаче нагрузки от примыкающей балки на опорную. Принято следующее:

- при проверке по схемам 1, 2 (сопряжение железобетонных балок) нагрузка передается на уровне центра тяжести сжатой зоны бетона примыкающей балки. По умолчанию принято, что высота сжатой зоны бетона составляет 40% от высоты примыкающей балки (предоставляется возможность изменить высоту сжатой зоны);
- при проверке по схеме 3 (примыкание стальной балки) нагрузка передается равномерно по высоте примыкающей балки;
- при проверке по схеме 4 (подвеска груза через отверстие в балке) нагрузка передается на уровне низа отверстия, при этом ширина площадки передачи нагрузки принята равной половине диаметра отверстия.

Дополнительная арматура (вертикальные стержни, подвески) расставляется симметрично относительно узла сопряжения.

Не реализован последний абзац п. 3.97 Пособия к СНиП [7].

Ограничения реализации



Приняты следующие возможные схемы армирования для конструктивных схем сопряжений:

- армирование вертикальными стержнями возможно для схем 1, 2, 3;
- армирование подвесками возможно для схем 1, 3, 4.

Ограничения, связанные с компоновкой узла сопряжения, являются терминальными и не позволяют при их нарушении выполнить расчет.

Ограничения, связанные с конструктивными требованиями, не являются в большинстве случаев терминальными, позволяют выполнить расчет, однако на их нарушение пользователю указывается на экране и в отчете. Некоторые из этих ограничений реализованы «жестко» путем выбора значений из ограниченного списка, например, для числа стержней, класса арматуры и др. О нарушении остальных ограничений появляются сообщения на экране и в отчете.

Ниже приведены принятые конструктивные ограничения:

- при армировании вертикальными стержнями количество пар стержней с каждой стороны от узла — от 1 до 3;
- при армировании подвесками количество подвесок — от 1 до 3;
- расстояние между вертикальными стержнями — не менее 50 мм;
- классы арматуры — Вр-I, А-I, А-II, А-III по СНиП 2.03.01-84* [5] и А400С по ТСН 102-00 [6];
- диаметры арматурных стержней (в зависимости от класса) — от 3 до 14 мм;

В процессе выполнения проверки определяется число подвесок и стержней, попадающих в зону отрыва. Если какие-либо стержни не попадают в зону отрыва, то об этом выводятся соответствующие сообщения на экран и в отчет.

5.5 Закладные детали

В этом режиме реализуются проверки анкеров сварных стальных закладных деталей, состоящих из плоского листа и приваренных к нему нормальных и/или наклонных анкеров. Наружная сторона листа закладной детали расположена в одной плоскости с наружной поверхностью железобетонного элемента.

Проверки выполняются в соответствии с требованиями пп. 3.44–3.46 СНиП 2.03.01-84* и Рекомендаций по проектированию стальных закладных деталей [14].

Проверяются три типа анкеров закладных деталей:

- нормальные анкера, приваренные к пластине втавр;
- нормальные анкера, приваренные к пластине втавр в сочетании с наклонными анкерами, приваренными к пластине внахлестку;
- наклонные анкера, приваренные к пластине под флюсом.

Как наклонные, так и нормальные анкеры могут иметь усиления на концах.

Прочность листа закладной детали не проверяется в связи с тем, что не задается конструкция опирающейся на нее поддерживающей детали (столика, ребра и др.). Проверяется только соответствие толщины листа и диаметров анкеров технологическим требованиям по сварке. В листе закладной детали не предусматриваются дополнительные упорные элементы и устройства, служащие для передачи на бетон части поперечной нагрузки.

Для каждого из предусмотренных типов анкеров проверяются:

- прочность наиболее напряженного анкера;
- длина заделки растянутого анкера;
- смятие бетона под усилением наиболее сжатого анкера;
- откалывание бетона под растянутым анкером на краю железобетонного элемента (в случае, если указано расстояние от края закладной детали до края элемента).

Общие параметры

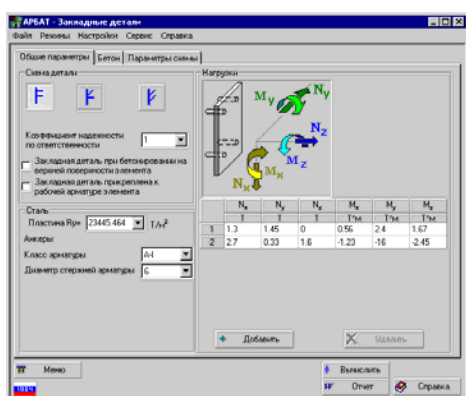


Рис. 73. Страница **Общие параметры**

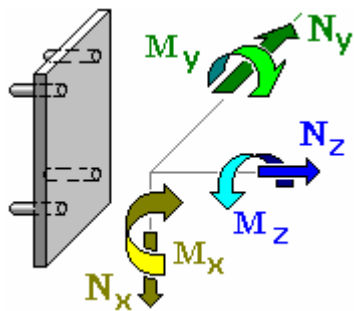


Рис. 74. **Нагрузки на закладные детали**

На странице **Общие параметры** (рис. 73) задаются:

- тип закладной детали;
- прикрепление анкеров закладной детали к рабочей арматуре элемента (в случае прикрепления будет проверена только прочность анкеров);
- класс стали для пластины закладной детали, класс и диаметр арматуры анкеров (принято, что анкеры одного типа имеют один и тот же диаметр и класс арматуры);
- характеристики бетона (задаются по тем же правилам, что и в режиме **Сопротивление сечений**);
- нагрузки на закладную деталь, приведенные к центру наружной поверхности пластины.

Через закладную деталь первого типа на железобетонный элемент могут быть переданы 6 компонентов усилий — 3 силы, направленные вдоль координатных осей, и 3 момента с векторами вдоль соответствующих координатных осей. Положительные направления сил и векторов моментов показаны на рис. 74.

Через закладную деталь второго и третьего типов на железобетонный элемент могут быть переданы только три компонента усилий, лежащих в плоскости XoZ (рис. 74).

Параметры схемы

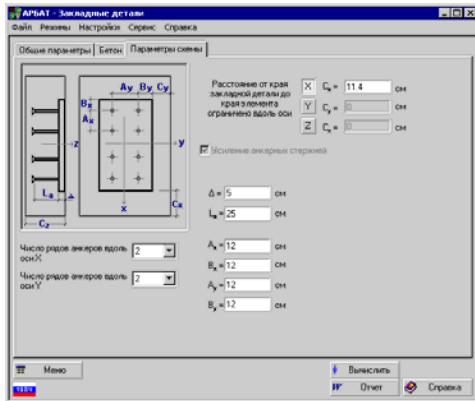


Рис. 75. Параметры схемы для 1-го типа закладной детали

На этой странице (рис. 75–77) для каждого типа закладной детали задаются:

- величины расстояний от краев закладной детали до граней железобетонного элемента вдоль координатных осей (в случаях, когда на странице **Общие параметры** было указано, что эти ограничения есть);
- усиления анкерных стержней;
- толщина пластины закладной детали;
- длины анкеров;
- количество и расположение анкеров на закладной детали;
- угол наклона анкеров (только для закладных деталей типов 2 и 3).

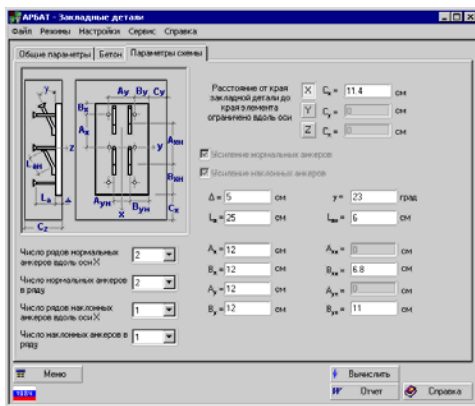


Рис. 76. Параметры схемы для 2-го типа закладной детали

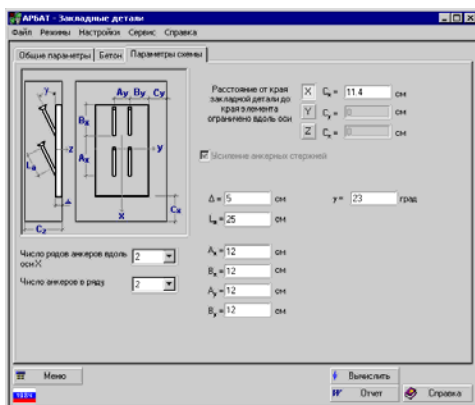


Рис. 77. Параметры схемы для 3-го типа закладной детали

Ограничения реализации



Ограничения реализации связаны с конструктивными ограничениями на используемые классы и диаметры арматурных стержней для анкеров, расстояниями между анкерами, соотношениями толщины пластины и диаметрами анкерных стержней, минимальным количеством анкеров и другими, приведенными в СНиП 2.03.01-84* и Рекомендациях по проектированию стальных закладных деталей [14].

Ограничения, связанные с правомерностью выполнения проверок, являются терминальными и не позволяют при их нарушении выполнить расчет.

Ограничения, связанные с некоторыми конструктивными требованиями, не являются терминальными, позволяют выполнить расчет, однако на их нарушение пользователю указывается на экране и в отчете. Часть этих ограничений реализованы «жестко» путем выбора значений из ограниченного списка, например, класса арматуры. О нарушении остальных ограничений появляются сообщения на экране и в отчете.

Ниже приведены принятые конструктивные ограничения:

- анкерные стержни могут быть из арматуры классов А-I, А-II, А-III, А-IV и А-400;
- диаметры арматуры в зависимости от класса — от 8 до 25 мм;
- ограничения по расстановке арматуры приняты по п. 5.5 Рекомендаций [14];
- количество рядов анкерных стержней — от 1 до 4 в зависимости от типа закладной детали. Количество анкерных стержней в каждом из рядов — также от 1 до 4;
- в плоскости действия изгибающего момента (M_x , M_y) должно быть установлено не менее двух нормальных или наклонных анкеров. Для восприятия крутящего момента (M_z) должно быть установлено не менее двух нормальных анкеров;
- не конкретизируется размер усиления на конце анкера. Условно принято, что диаметр усиления равен утроенному диаметру анкера. Если анкер выполнен из арматуры класса А-I, то усиления есть всегда.

Особенности реализации



Особенности реализации связаны с допущениями и ограничениями, принятыми при выполнении проверок, которые регламентируются СНиП 2.03.01-84* и Рекомендациями [14]. Они заключаются в следующем:

- при проверке на смятие бетона под усилением анкера принято, что расчетная площадь бетона всегда существенно больше площади усиления анкера. Коэффициент φ_b по п. 3.39 СНиП 2.03.01-84* всегда равен 2,5;
- при проверке на смятие бетона под усилением анкера принято, что всегда возможно образование в бетоне трещины, направленной вдоль анкера;
- «в запас» принято, что при проверке длины заделки в бетон растянутого анкера весь анкер находится в растянутой зоне бетона. При этом в формуле (62) Рекомендаций [14] принято, что $\omega_{an} = 0,7$ и $\varphi_c = 1$;
- не выполняются проверки продавливания бетона под растянутыми анкерами.

5.6 Короткие консоли

В этом режиме выполняется проверка коротких консолей на действие поперечной силы для обеспечения прочности по наклонной сжатой полосе между грузом и опорой в соответствии с требованиями п. 3.34 СНиП 2.03.01-84* и п. 3.99 Пособия к СНиП [7].

Проверка производится после выполнения всех необходимых условий и требований, предъявляемых к коротким консолям. Основным условием является $S_1 \leq 0,9h_0$, где $h_0 = h - a_1$ — рабочая высота опорного сечения консоли, S_1 — расстояние от внутренней грани нижней части колонны до конца площадки опирания балки. Рассматриваются только односторонние консоли трех видов: прямоугольная, с уклоном — опирание ригеля и с уклоном — опирание подкрановой балки. Выбор вида консоли выполняется указанием курсором на соответствующую пиктограмму.

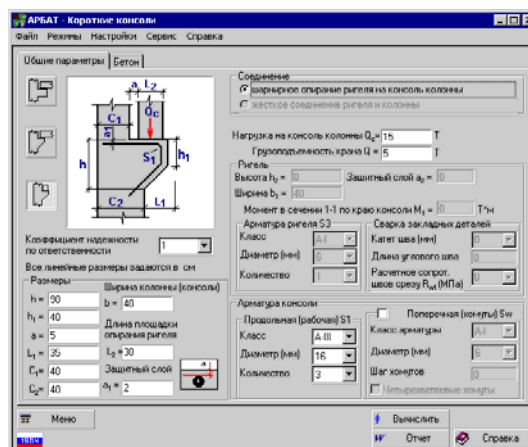
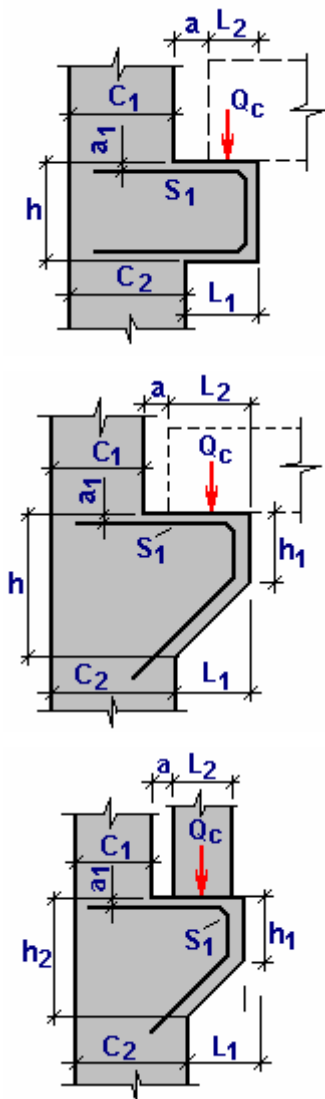


Рис. 78. Страница Общие параметры

На странице **Общие параметры** (рис. 78) задаются:

- вид соединения (рис. 79):
 - а) на консоль опирается подкрановая балка;
 - б) на консоль опирается балка перекрытия (ригель) ;



- размеры консоли и колонны:
высота консоли в опорном сечении h , высота свободного края консоли h_1 , вылет консоли L_1 , фактическая длина площадки опирания балки вдоль вылета консоли L_2 , расстояние от внутренней грани колонны до боковой грани балки a , высота (сечения) верхней части колонны c_1 , высота (сечения) нижней части колонны c_2 ; ширина колонны или консоли b , расстояние от верхней грани консоли до центра тяжести продольной арматуры a_1 ;
- условия соединения ригеля с консолью колонны;
- грузоподъемность крана Q , действующего в пролете между колоннами, в случае опирания на консоль подкрановой балки;
- нагрузка Q_c на консоль от действия груза;
- момент в сечении ригеля по краю консоли при жестком соединении ригеля и колонны;
- класс и диаметр продольной (рабочей) арматуры;
- класс, диаметр и шаг поперечной арматуры (хомутов).

Страница **Бетон**, в основном, аналогична описанным в предыдущих режимах, но в этой — не задаются условия твердения бетона и вводится коэффициент условий работы бетона $\gamma_{\beta 2}$.

Рис. 79. Виды коротких консолей

Особенности реализации



Рассматриваются консоли, имеющие вуты с произвольным углом наклона. При высоте консоли 100 мм и менее или при вылете $L_1 = 100 \dots 150$ мм ее можно проектировать прямоугольной.

Габариты консолей назначаются, исходя из следующих предпосылок: высота консоли h в опорном сечении должна быть не менее 250 мм; высоту свободного края консолей h_1 , несущих сборные подкрановые балки, принимают в зависимости от расчетной грузоподъемности крана Q по следующим правилам:

$$Q \leq 5 \text{ т} — h_1 \geq 300 \text{ мм},$$

$$5 \text{ т} < Q < 15 \text{ т} — h_1 \geq 400 \text{ мм},$$

$$Q \geq 15 \text{ т} — h_1 \geq 500 \text{ мм};$$

должно выполняться условие $h_1 \geq (1/3)h$.

Прочность по наклонной сжатой полосе между грузом и опорой проверяется как при наличии, так и при отсутствии поперечной арматуры.

При опирании на консоль ригеля сила Q_c прикладывается в центре тяжести треугольника продавливания, то есть на расстоянии $1/3 L_2$ от края консоли. При активизации маркера **Фиксированная площадка опирания**, сила Q_c прикладывается на заданном расстоянии L_q от внутренней грани верхней части колонны. Кроме того, в этом случае пользователь должен задать длину площадки передачи нагрузки L_{sup} . Предполагается, что эта площадка расположена симметрично относительно точки приложения силы Q_c .

Ширина консоли b назначается равной ширине колонны. Ширина ригеля b_1 принимается меньшей или равной ширине консоли.

Рассматриваются два случая соединения ригеля и колонны: шарнирное и жесткое с замоноличиванием стыка и привариванием нижней арматуры ригеля к арматуре консоли через закладные детали. Если момент M_1 при жестком соединении растягивает нижнюю грань ригеля, то его нужно вводить со знаком «минус».

Поперечная арматура консолей принимается:

- при $h \leq 2,5C$ — в виде наклонных хомутов по всей высоте консоли;
- при $h > 2,5C$ — в виде отогнутых стержней и горизонтальных хомутов по всей высоте консоли;

здесь C — расстояние от внутренней грани нижней части колонны до точки приложения силы Q_c .

Шаг хомутов принимается (во всех случаях) не более $h/4$ и не более 150 мм.

По умолчанию поперечная арматура консоли реализована в виде двухветвевых хомутов (в



расчетные формулы будет входить удвоенная площадь стержня поперечной арматуры, заданная в диалоговом окне).

В случае, когда поперечная арматура реализована в виде четырехветвевых хомутов (при активации одноименного маркера), в расчетные формулы будет входить учетверенная площадь поперечной арматуры.

Во всех случаях, если вылет консоли L_1 меньше длины площадки опирания L_2 , учитывается нагрузка на консоль, находящаяся только в пределах вылета консоли.

Производится проверка бетона консоли под площадкой опирания, при этом напряжения смятия в местах передачи нагрузки на консоль не должны превышать $R_{b,loc}$ (п. 3.39 СНиП II-23-81*), в противном случае нужно увеличить класс бетона или площадку опирания нагрузки. При проверке на местное сжатие площадь смятия принимается равной расчетной площади смятия.

При проверке продольной арматуры в случае жесткого соединения ригеля с колонной одно из ограничений для горизонтального усилия N_s зависит от высоты и длины углового шва приваривания закладных деталей ригеля и консоли. Минимальный катет шва K_f назначается в соответствии с табл. 38* СНиП II-23-81* в зависимости от вида сварного соединения, вида сварки, предела текучести стали, толщины более толстого из свариваемых элементов и находится в пределах 3–12 мм. Расчетное сопротивление угловых швов срезу по металлу шва R_{wf} определяется по табл. 56 СНиП II-23-81* в зависимости от типа электрода (при Э42, Э42А — 180 МПа; Э46, Э46А — 200 МПа; Э50, Э50А — 215 МПа; Э60 — 240 МПа; Э70 — 280 МПа; Э85 — 240 МПа). Длина углового шва приваривания l_w закладных деталей ригеля и колонны определяется размерами закладных деталей, но не должна превышать двойной длины площадки опирания нагрузки вдоль вылета консоли $2L_2$ и быть не менее $4K_f$.

Ограничения реализации

Ограничения, связанные с компоновкой узла сопряжения, являются терминальными и не позволяют при их нарушении выполнить расчет.

Поскольку программа оперирует лишь с классом и диаметром поперечной и продольной арматуры, вся ответственность за конструктивное размещение арматуры в теле консоли, надлежащую анкеровку (п. 5.14 СНиП 2.03.01-84* и п. 5.45 Пособия [7]) продольной (рабочей) арматуры и вид поперечного армирования (см. рекомендации выше) ложится на пользователя.

Случай применения жесткой арматуры для армирования при ограниченной высоте консоли не рассматривается.

Ограничения, связанные с конструктивными требованиями, не являются терминальными, позволяют выполнить расчет, однако на их нарушение указывается пользователю. Некоторые из этих ограничений реализованы «жестко» путем выбора значений из ограниченного списка, например, минимального катета шва, класса арматуры и др.

Арматура

В качестве продольной арматуры и отогнутых стержней консолей следует принимать арматуру класса А-III, допускается принимать класс А-II.

В качестве хомутов и поперечных стержней следует применять арматуру класса А-I.

Бетон

Характеристики бетона задаются на странице **Бетон** по стандартным правилам (см. раздел 3.2).

6. Подбор арматуры

6.1 Подбор арматуры в балке

В этом режиме выполняется подбор арматуры в многопролетных неразрезных балках постоянного сечения по прочности и трещиностойкости в соответствии с требованиями СНиП 2.03.01-84* (СНиП 52-01-2003, СП 52-101-03). Рассматривается плоский изгиб балки под действием распределенных и сосредоточенных нагрузок, объединенных в загрузки, которые по физическому происхождению и свойствам могут быть классифицированы как постоянные, временные длительно действующие, кратковременные, ветровые и снеговые. Подбор выполняется для автоматически формируемых расчетных сочетаний усилий (PCY). Коэффициенты PCY, учитывающие характер загрузки, назначаются программой в соответствии с требованиями СНиП 2.01.07-85*.

Предполагается, что балка не испытывает действия продольных сил, и учитывается влияние только следующих силовых факторов:

M — изгибающий момент;

Q — поперечная сила.

Расчеты могут быть выполнены для балок прямоугольного, таврового и двутаврового сечений. Результатом расчета являются площади верхней и нижней продольной арматуры на участках, а также площадь и шаг расположения стержней поперечной арматуры. Предполагается, что подобранная арматура является постоянной по длине участка, при этом пользователь сам назначает количество и длину участков, на которые делится пролет балки.

Данные для подбора вводятся на страницах **Общие параметры**, **Нагрузки**, **Бетон**, **Трещиностойкость** и **Участки балки**, анализ результатов — на странице **Результаты**.

Общие параметры

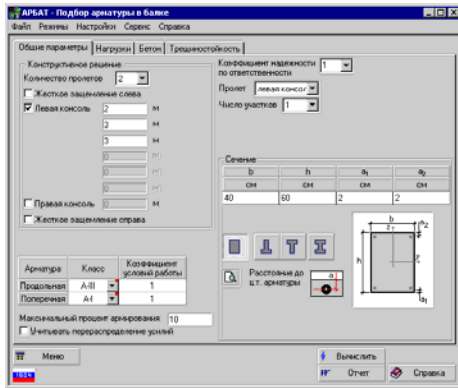


Рис. 80. Страница Общие параметры

На странице **Общие параметры** (рис. 80) назначаются геометрические характеристики многопролетной балки и вид сечения, вводятся размеры сечения и расстояние до центра тяжести стержней арматуры, назначается количество участков в пролете и их длины, задаются вид и коэффициенты условий работы продольной и поперечной арматуры. Ввод всей этой информации аналогичен заданию данных в режиме **Экспертиза балки** (см. раздел 4.3).

Количество участков назначается для каждого пролета (консоли) путем выбора из выпадающего списка **Число участков**. При этом номер пролета выбирается из списка **Пролет**.

В группе **Задание длин участков** с помощью маркеров назначается способ задания длин:

- **Абсолютные** — длины участков будут задаваться в единицах длины;
- **Относительные** — длины участков будут задаваться в процентах от длины пролета.

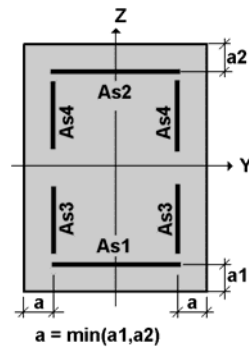
В зависимости от способа задания длины в таблице для каждого пролета следует ввести либо длины участков, либо их процентное соотношение.

Выбор формы сечения выполняется по стандартным правилам (см. раздел 3.1). Отметим лишь, что здесь задаются расстояния до центра тяжести арматуры a_1 и a_2 .

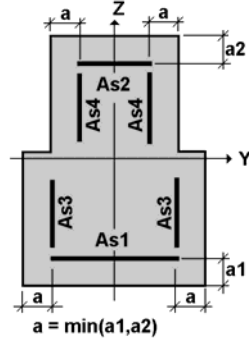
Размещение продольной и поперечной арматуры в рассматриваемых сечениях представлены на рисунках 81 и 82 соответственно.

Кроме того, на этой странице задается значение допустимого максимального процента армирования, превышение которого при подборе арматуры указывает на то, что подобрать арматуру не удалось.

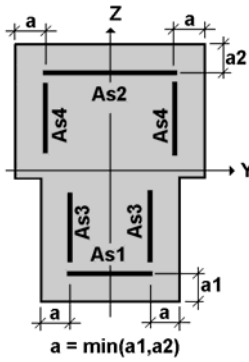
Механизм учета перераспределения усилий при активном одноименном маркере описан в разделе **Экспертиза балки**.



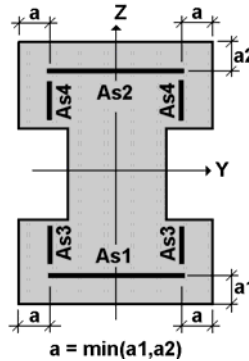
$$a = \min(a_1, a_2)$$



$$a = \min(a_1, a_2)$$



$$a = \min(a_1, a_2)$$



$$a = \min(a_1, a_2)$$

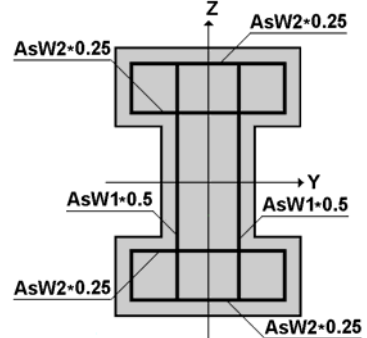
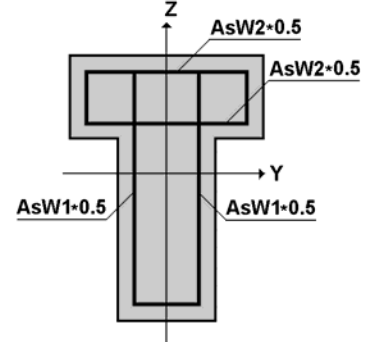
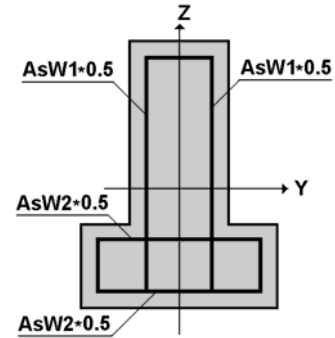
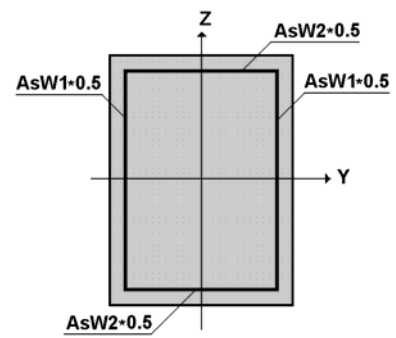
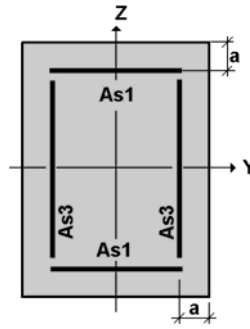


Рис. 81. Размещение «площадей» продольной арматуры

Рис. 82. Размещение поперечной арматуры

Нагрузки

Ввод нагрузок выполняется по тем же правилам, что и в режиме **Экспертиза балки** (см. раздел 4.3).

Бетон

Характеристики бетона задаются на странице **Бетон** по правилам, описанным в разделе 3.2.

Трещиностойкость

Данные по трещиностойкости задаются на странице **Трещиностойкость** по правилам, описанным в разделе 3.4.

Кроме того, если выбрана третья категория трещиностойкости, то обязательно задаются диаметры стержней продольной и поперечной арматуры.

Если расстояние до крайнего ряда стержней продольной арматуры больше расстояния до центра тяжести арматуры, заданного на странице **Общие параметры**, то это означает армирование в два ряда и, соответственно, подбор арматуры выполняется с учетом двухрядного армирования.

По результатам подбора площади арматуры с помощью сервисной функции **Дискретная арматура** (см. раздел 8.5) можно определить необходимый диаметр и количество арматурных стержней. Если при этом окажется, что диаметр стержней не соответствует заданному в окне **Трещиностойкость**, то необходимо выполнить новый расчет, уточнив диаметр стержней продольной арматуры.

Результаты

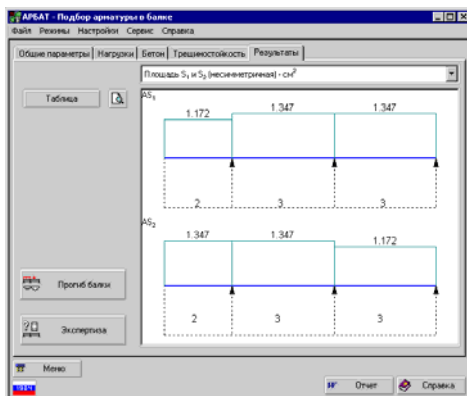



Рис. 83. Страница Результаты

Подбор арматуры активизируется после подготовки исходных данных нажатием кнопки **Вычислить**. После этого открывается страница **Результаты** (рис. 83), на которой в виде эпюр представлены результаты подбора арматуры. Вид арматуры на эпюрах, а также процент армирования и ширина раскрытия трещин выбираются из выпадающего списка, расположенного в левом верхнем углу страницы. На участках, выделенных красным цветом, арматуру подобрать не удалось. Информацию о причинах, по которым это произошло (этот результат может зависеть и от назначенного максимального процента армирования), можно получить в таблице с результатами подбора.

| Пролет | Участок | Тип | Несимметричное армирование | | | Симметричное армирование | |
|---------------|---------|------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------|------------------------------------|-------|
| | | | AS ₁ см ² | AS ₂ см ² | % | AS _x см ² | % |
| левая колонна | 1 | сбалансированная | 1.172 | 1.347 | 0.109 | 1.347 | 0.116 |
| | | трещиновая | 1.347 | 1.347 | 0.116 | 1.347 | 0.116 |
| пролет 1 | 1 | сбалансированная | 1.347 | 1.347 | 0.116 | 1.347 | 0.116 |
| | | трещиновая | 1.347 | 1.172 | 0.109 | 1.347 | 0.116 |
| пролет 2 | 1 | сбалансированная | 1.347 | 1.172 | 0.109 | 1.347 | 0.116 |
| | | трещиновая | | | | | |

Рис. 84. Диалоговое окно Результаты армирования

В зависимости от выбранного в списке пункта, эпюры армирования могут отображаться отдельно для каждого вида арматуры или парами. Например, одновременно будут показаны эпюры AS₁ и AS₂.

После нажатия кнопки  **Предварительный просмотр армирования** открывается окно **Схема армирования**, в котором для каждого пролета балки в сечениях показаны площади подобранной продольной арматуры. Если арматуру подобрать не удалось, то сечение отображается красным цветом.

Табличные данные выводятся в отдельном диалоговом окне **Результаты армирования** (рис. 84), которое вызывается нажатием кнопки **Таблица**. Результаты подбора для каждого участка приводятся в одной строке, если при учете трещиностойкости не требуется дополнительной арматуры, или в двух строках, если такая арматура необходима. При этом в первой строке показано значение суммарной арматуры (по прочности и трещиностойкости), а во второй — площадь арматуры, добавленная для

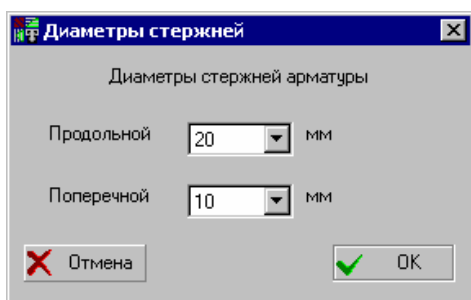


Рис. 85. Диалоговое окно
Диаметры стержней

По результатам подбора арматуры можно сформировать отчет (кнопка **Отчет**), в котором приводятся схема балки и схемы загрузжений, описываются параметры сечения, характеристики бетона и арматуры, отображаются эпюры силовых факторов по загрузжениям, а также эпюры и таблица с результатами подбора.

В программе предусмотрена возможность передачи результатов подбора арматуры в режимы определения прогибов (кнопка **Прогибы**) или экспертизы (кнопка **Экспертиза**). Эти два режима работают с конкретной схемой армирования, для которой стержни определяются автоматически в соответствии с диаметрами, заданными на странице **Трещиностойкость** (при этом предполагается, что арматурные стержни расположены в один ряд и, если количество стержней оказывается больше 40, выдается сообщение об ошибке). Если расчет выполнялся для первой категории трещиностойкости, то диаметр стержней задается пользователем в диалоговом окне **Диаметры стержней** (рис. 85), которое появляется после вызова указанных выше режимов.

6.2 Подбор арматуры в однопролетной балке

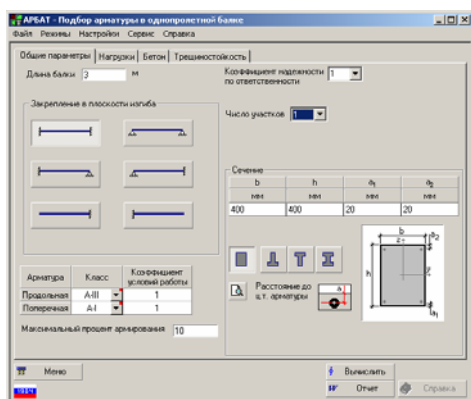


Рис. 86. Страница **Общие параметры** в режиме подбора арматуры в однопролетной балке

6.3 Подбор арматуры в колонне

В этом режиме выполняется подбор площади арматуры в колонне постоянного сечения по прочности и трещиностойкости в соответствии с требованиями СНиП 2.03.01-84* (СНиП 52-01-2003, СП 52-101-03). Рассматривается внецентренное растяжение-сжатие при двусосном эксцентриситете. Проверки всех сечений выполняются для автоматически формируемых расчетных сочетаний усилий (PCY). Коэффициенты PCY, учитывающие характер загрузжения, назначаются программой в соответствии с требованиями СНиП 2.01.07-85*.

Подбор арматуры в соответствии со СНиП 2.03.01-84* выполняются только по первому предельному состоянию для следующего набора силовых факторов:

N — продольная сила;

обеспечения трещиностойкости.

Если на участке не подобрана арматура, то в соответствующей строке столбца **Тип** выводится информация о причинах, по которым это произошло.

В зависимости от опции, установленной в группе **Вывод поперечной арматуры**, площадь поперечной арматуры (хомутов) может выводиться для расчетного шага (опция **По умолчанию**), полученного в результате подбора, или для шага, заданного пользователем. В последнем случае после ввода значения шага следует нажать кнопку **Применить**.

Режим аналогичен режиму **Подбор арматуры в балке** (см. предыдущий раздел). Отличия состоят в следующем:

- задается только длина балки (рис. 86);
- выбирается система закрепления балки в плоскости изгиба (выбор схемы закрепления осуществляется нажатием кнопки с соответствующей пиктограммой);
- не учитывается перераспределение усилий;
- на странице **Нагрузки** не указывается пролет, в котором приложена нагрузка.

M_y — момент, изгибающий элемент в плоскости XoZ , вектор которого направлен по оси Y ;

M_z — момент, изгибающий элемент в плоскости XoY , вектор которого направлен по оси Z ;

Q_z — поперечная сила, направленная вдоль оси Z ;

Q_y — поперечная сила, направленная вдоль оси Y ;

$M_{кр}$ — крутящий момент, вектор которого направлен по оси X .

В противном случае рассматриваются только перечисленные ниже силовые факторы:

N — продольная сила;

M_y — момент, изгибающий элемент в плоскости XoZ , вектор которого направлен по оси Y ;

Q_z — поперечная сила, направленная вдоль оси Z .

При подборе в соответствии со СНиП 52-01-2003 второе предельное состояние можно учесть для произвольного набора N , M_y и M_z .

Расчеты могут быть выполнены для колонн прямоугольного, таврового, двутаврового и кольцевого сечений. Результатом расчета являются площади симметричной и/или несимметричной продольной арматуры, а также площадь и шаг поперечной арматуры на участках колонны. Предполагается, что подобранная арматура является постоянной по длине участка, при этом пользователь сам назначает количество и длину участков, на которые делится колонна.

Подготовка данных выполняется на страницах **Общие параметры**, **Усилия**, **Бетон**, **Трещиностойкость** и **Участки**, анализ результатов — на странице **Результаты**.

Общие параметры

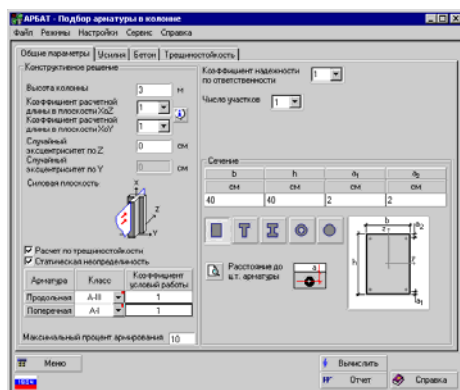


Рис. 87. Страница **Общие параметры**

На странице **Общие параметры** (рис. 87) назначаются высота колонны и вид сечения, вводятся размеры сечения и расстояния до центра тяжести арматуры, коэффициенты расчетной длины и значения случайных эксцентриситетов, выбирается количество участков в колонне, назначаются классы и коэффициенты условий работы продольной и поперечной арматуры. Кроме того, состояние специального маркера **Расчет по трещиностойкости** определяет необходимость подбора арматуры колонны по второму предельному состоянию, а маркер **Статическая неопределимость** определяет, принадлежит колонна статически определимой или статически неопределимой конструкции.


Количество участков в колонне назначается путем выбора из выпадающего списка **Число участков**.

В группе **Задание длин участков** с помощью маркеров назначается способ задания длин:

- **Абсолютные** — длины участков будут задаваться в единицах длины;
- **Относительные** — длины участков будут задаваться в процентах от длины пролета.

В зависимости от способа задания длины для каждого участка следует ввести в таблице или его длину, или процентное соотношение длин. Нумерация участков производится снизу вверх.

Выбор формы сечения выполняется нажатием кнопки с изображением сечения, после чего в соответствующие поля вводятся размеры сечения и расстояния до центра

тяжести арматуры a_1 и a_2 . Контроль формы сечения выполняется в окне **Сечение**, которое появляется после нажатия кнопки .

Размещения продольной и поперечной арматуры в рассматриваемых сечениях представлены на рисунках 88 и 89 соответственно.

Коэффициенты расчетной длины и случайные эксцентриситеты задаются аналогично режиму **Сопротивление железобетонных сечений** (см. раздел 4.1).

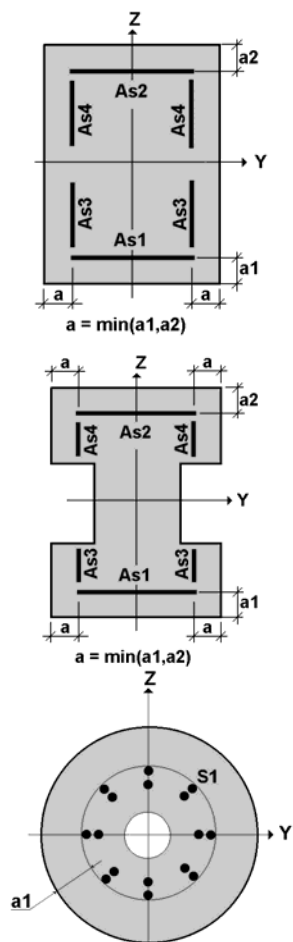


Рис. 88. Размещение «площадей» продольной арматуры

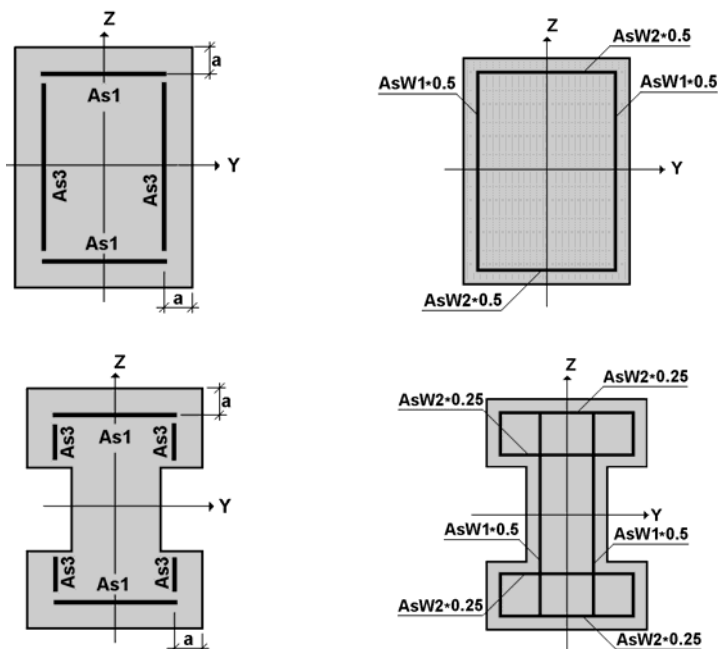


Рис. 89. Размещение поперечной арматуры

Нагрузки

Параметры загрузжений задаются на странице **Нагрузки** по тем же правилам, что и в режиме **Экспертиза колонны** (см. раздел 4.7).

Бетон

Характеристики бетона задаются на странице **Бетон** по правилам, описанным в разделе 3.2.

Трещиностойкость

Данные по трещиностойкости задаются на странице **Трещиностойкость** по правилам, описанным в разделе 3.4.

Страница доступна всегда при расчетах по СНиП 52-01-2003 и при активном маркере **Расчет по трещиностойкости** (СНиП 2.03.01-84*) на странице **Общие параметры**.

Результаты

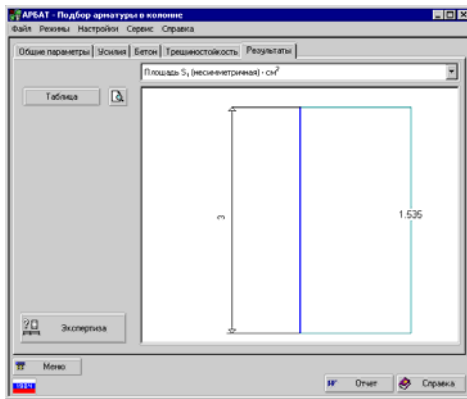



Рис. 90. Страница Результаты



Рис. 91. Диалоговое окно Результаты армирования

После подготовки исходных данных процесс подбора арматуры активизируется нажатием кнопки **Вычислить**. Затем открывается страница **Результаты** (рис. 90), на которой в виде эпюр представлены результаты расчета (площадь арматуры, процент армирования, ширина раскрытия трещин). Вид отображаемых результатов выбирают из выпадающего списка, расположенного в левом верхнем углу страницы. На участках, выделенных красным цветом, арматуру подобрать не удалось (данный результат зависит от установленного пользователем максимального процента армирования). Информацию о причинах, по которым это произошло, можно получить в таблицах с результатами подбора.

В зависимости от выбранного в списке пункта, эпюры армирования могут отображаться отдельно для каждого вида арматуры или парами. Например, одновременно будут показаны эпюры AS₁ и AS₂ или

AS₃ и AS₄. После нажатия кнопки  **Предварительный просмотр армирования** открывается окно **Схема армирования**, в котором для каждого участка колонны в сечениях показаны площади подобранной продольной арматуры. Если арматуру подобрать не удалось, то сечение отображается красным цветом.

Табличные данные представлены в отдельном диалоговом окне **Результаты армирования** (рис. 91), которое вызывается нажатием кнопки **Таблица**. Результаты подбора для каждого участка отображаются в одной строке, если при учете трещиностойкости не требуется дополнительной арматуры, или в двух строках, если такая арматура необходима. При этом в первой строке показано значение суммарной арматуры (по прочности и трещиностойкости), а во второй — площадь арматуры, добавленная для обеспечения трещиностойкости.

Если на участке не подобрана арматура, то в соответствующей строке столбца **Тип** выводится информация о причинах, по которым это произошло.

В зависимости от опции, установленной в группе **Вывод поперечной арматуры**, площадь поперечной арматуры (хомутов) может выводиться для расчетного шага (опция **Шаг по умолчанию**), полученного в результате подбора, или для шага, заданного пользователем. В последнем случае после ввода значения шага следует нажать кнопку **Применить**.

По результатам подбора арматуры можно сформировать отчет (кнопка **Отчет**), в котором приводятся схема колонны и параметры загрузений, размеры сечения, характеристики бетона и арматуры, таблица с результатами подбора.

В программе предусмотрена возможность

передачи результатов подбора в режим экспертизы армирования (кнопка **Экспертиза**). При этом количество стержней арматуры определяется по тем же правилам, что и в режиме **Подбор арматуры в балке** (см. раздел 6.1).

Особенности реализации

Расчет внецентренно сжатых элементов

Согласно пункту 3.24 СНиП 2.03.01-84* расчет конструкций выполняется по недеформированной схеме, учитывая при гибкости $l_0/i > 14$ влияние прогиба элемента на его прочность (l_0 — расчетная длина элемента, i — радиус инерции в силовой плоскости поперечного сечения элемента).

Расчет слабоармированных сечений

При определении ширины раскрытия трещин для слабоармированных сечений при $M = M_{сгс}$ трещины сразу получают большое раскрытие. В программе величина $a_{сгс}$ в диапазоне $M_{сгс} \leq M \leq M_0$ уменьшается умножением на коэффициент, учитывающий работу растянутого бетона над трещиной [18].



Ограничения реализации

При установленных нормах проектирования СНиП 2.03.01-84*:

Не реализован расчет железобетонных элементов из ячеистого, поризованного и напрягающего бетонов.

Не выполняется расчет предварительно напряженных железобетонных элементов.

Не выполняется расчет на выносливость.

При расчете по второму предельному состоянию расчет на закрытие трещин не выполняется.



7. Геометрические характеристики

В этом режиме вычисляются геометрические характеристики бетонных и железобетонных сечений. Само сечение а также данные о бетоне и армировании задаются по описанным выше правилам (см. раздел 3). Результаты в форме, представленной на рис. 88, выдаются на странице **Геометрические характеристики** и содержат данные о площади, моментах инерции бетонного и приведенного сечений, проценте армирования. Эти данные могут быть использованы при статическом и динамическом расчете конструкций. Если, например, в программе **SCAD** задать жесткость стержневого элемента в численно-параметрической форме и использовать данные, полученные из режима **Геометрические характеристики**, то в результате будет учтено влияние армирования.

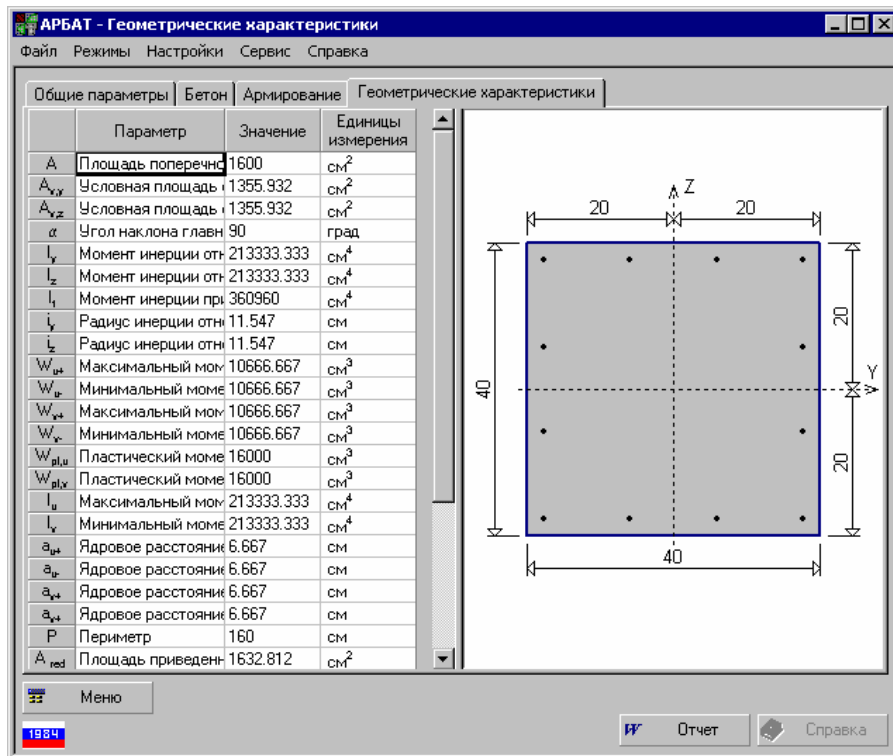


Рис. 88. Диалоговое окно Геометрические характеристики.

8. ПРИЛОЖЕНИЕ

8.1 О сейсмических воздействиях

В программе АРБАТ понятие «сейсмическая нагрузка» отсутствует. Это связано с тем, что п. 2.14 СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах» [3] требует использовать дополнительный коэффициент условий работы, который больше 1 (см. таблицу 7 СНиП II-7-81*). При расчете конструкции на одновременное действие нескольких нагрузок (а на строительные конструкции практически всегда действует больше одной нагрузки), одна из которых сейсмическая, СНиП формально требует использование этого коэффициента даже в тех случаях, когда доля сейсмического воздействия мала по сравнению с другими (длительными) нагрузками. Подобное требование может приводить к «опасным результатам».

Пользователь всегда может учесть сейсмику, установив соответствующие коэффициенты условий работы бетона и арматуры.

8.2 Нормативные документы, требования которых реализованы в программе АРБАТ


| Режим | Ссылки на пункты норм и стандартов | |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | СНиП 2.03.01-84* | СНиП 52-01-03 СП 52-101-03 |
| Класс бетона | табл. 12, 13 СНиП 2.03.01-84* | п.п. 2.1.1, табл. 2.1-1, 2.1-2, 2.1-3 СП 51-101-03 п.п. 5.1.1–5.1.3 СНиП 52-01-03 |
| Марка бетона | табл. 11, 13 СНиП II-21-75 | табл. 11, 13 СНиП II-21-75 |
| Арматура | табл. 19, 22 СНиП 2.03.01-84*; ГОСТ 5781-82 | п.п. 5.3.1-5.3.3 СНиП 52-01-03 п.п. 2.2.1, табл. 2.2-1, 2.2-2 СП 51-101-03 |
| Коэффициенты условий работы | табл. 15–17 СНиП 2.03.01-84* | п.п. 5.2.3, 5.4.3 СНиП 52-01-03 п.п. 2.1.2.3, 2.2.2.2, 2.2.2.3 СП 51-101-03 |
| Предельные прогибы | табл. 19, 21, 22 СНиП 2.01.07-85* | табл. 19, 21, 22 СНиП 2.01.07-85* |
| Сопротивление ж/б сечений | п.п. 3.10–3.12, 3.15–3.20, 3.24, 3.26, 3.28, 3.30, 3.32 СНиП; пп. 3.1, 3.11–3.23, 3.50–3.54, 3.61–3.62, 3.64–3.68, 3.30–3.33, 3.40, 4.2–4.4, 4.7–4.9, 4.11 Пособия к СНиП 2.03.01-84* [7] | п.п. 4.2.6, 5.1.3, 5.1.8–5.13, 5.1.17–5.1.22, 5.1.24, 5.2.3, 5.2.6–5.2.12, 6.2.1–6.2.3, 6.2.16, 6.2.21–6.2.34, 6.2.37, 7.1.2–7.1.3, 7.2.2–7.2.5, 7.2.11–7.2.12, 7.2.14, 7.2.15 СП 52-101-03; п.п. 4.3, 5.2.1–5.2.4, 5.4.1–5.4.4, 6.1.6, 6.2.1, 6.2.8–6.2.11, 6.2.13, 6.3.1, 6.3.4, 6.4.1–6.4.5 СНиП 52-01-2003; п.п. 3.29–3.35, 3.52, 3.71, 4.28 Пособия к СП 52-101-2003 |

| Режим | Ссылки на пункты норм и стандартов | |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | СНиП 2.03.01-84* | СНиП 52-01-03 СП 52-101-03 |
| Сопротивление бетонных сечений | п.п. 1.21,3.1–3.5, 3.6, 3.8, 3.30, 3.32 СНиП 2.03.01-84*; п.п. 3.54, 4.4 Пособия к СНиП 2.03.01-84*. | п.п. 4.1.2, 4.2.6, 5.1.3, 5.1.8–5.1.13, 5.1.17–5.1.22, 5.1.24, 6.1.2, 6.1.7, 6.1.8, 6.1.11, 6.2.16, 6.2.21–6.2.31 СП 52-101-03; п.п. 5.2.1–5.2.4, 6.1.6, 6.2.1, 6.2.5, 6.2.6 СНиП 52-01-2003; п.п. 3.29–3.35, 3.52, 3.71, 4.28 Пособия к СП 52-101-2003 |
| Прогиб балки | п.п. 4.24, 4.27–4.31 СНиП 2.03.01-84*; п.п. 4.12–4.19, 4.21, 4.22 Пособия к СНиП 2.03.01-84* [7] | п.п. 5.1.3, 5.1.8–5.1.3, 5.1.17–5.1.23, 5.2.3, 5.2.6–5.2.12, 6.2.1, 6.2.2, 6.2.21–6.2.34, 7.1.2–7.1.3, 7.2.5, 7.2.11, 7.3.1, 7.3.3, 7.3.4, 7.3.7, 7.3.8, 7.3.16 СП 52-101-03; п.п. 5.2.1–5.2.4, 5.4.1–5.4.4, 6.1.6, 6.2.1, 6.2.8, 6.2.10, 6.2.11, 6.2.13, 6.3.1, 6.3.4, 6.5.1, 6.5.3, 6.5.4 СНиП 52-01-2003; п.п. 4.17, 4.18, 4.20–4.22, 4.27, 4.28 Пособия к СП 52-101-2003 |
| Экспертиза балки | п.п. 3.10–3.12, 3.15–3.18, 3.30, 3.32 СНиП 2.03.01-84*; п.п. 3.1, 3.11–3.23, 3.30–3.33, 3.40, 4.2–4.4, 4.7–4.9, 4.11 Пособия к СНиП 2.03.01-84* [7] | п.п. 5.1.3, 5.1.8 – 5.1.3, 5.1.17-5.1.22, 5.1.24, 5.2.3, 5.2.6–5.2.12, 6.2.1, 6.2.2, 6.2.21–6.2.34, 7.1.2–7.1.3, 7.2.2–7.2.5, 7.2.11–7.2.12, 7.2.14, 7.2.15 СП 52-101-03; п.п. 4.3, 5.2.1–5.2.4, 5.4.1–5.4.4, 6.1.6, 6.2.1, 6.2.8, 6.2.10, 6.2.11, 6.2.13, 6.3.1, 6.3.4, 6.4.1 – 6.4.5 СНиП 52-01-2003; п. 4.28 Пособия к СП 52-101-2003 |
| Экспертиза колонны | п.п. 3.10–3.12, 3.19–3.20, 3.24, 3.26, 3.28, 3.30, 3.32 СНиП 2.03.01-84*; п.п. 3.1, 3.50–3.54, 3.61–3.62, 3.64–3.68, 3.30–3.33, 3.40, 4.2–4.4, 4.7–4.9, 4.11 Пособия к СНиП 2.03.01-84 [7] | п.п. 4.2.6, 5.1.3, 5.1.8–5.1.3, 5.1.17–5.1.22, 5.1.24, 5.2.3, 5.2.6–5.2.12, 6.2.1–6.2.3, 6.2.16, 6.2.21–6.2.34, 6.2.37, 7.1.2–7.1.3, 7.2.2–7.2.5, 7.2.11–7.2.12, 7.2.14, 7.2.15 СП 52-101-03; п.п. 4.3, 5.2.1–5.2.4, 5.4.1–5.4.4, 6.1.6, 6.2.1, 6.2.8–6.2.11, 6.2.13, 6.3.1, 6.3.4, 6.4.1–6.4.5 СНиП 52-01-2003; п.п. 3.29–3.35, 3.52, 3.71, 4.28 Пособия к СП 52-101-2003 |
| Экспертиза плиты | п.п. 2.3, 2.12–2.14, 2.17, 2.26, 2.30, 4.1, 4.2, 4.5, 4.13, 4.14, 5.3, 5.5, 5.16 СНиП 2.03.01-84*; п.п. 18, 19; п.п. 6.19, 6.23, 6.29, 6.37, 6.40, 6.42–6.44, 6.46, 6.49, 6.50 Пособия к СНиП 2.03.01-84*[7] | п.п.5.1.3, 5.1.8, 5.1.9, 5.1.13, 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3, 5.2.6, 5.2.10, 8.3.1, 8.3.2, 8.3.3, 8.3.4 СП 52-101-03; п.п. 18, 19 Инструкции [18] |

| Режим | Ссылки на пункты норм и стандартов | |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | СНиП 2.03.01-84* | СНиП 52-01-03 СП 52-101-03 |
| Подбор арматуры в балке | пп. 3.10–3.12, 3.15–3.18, 3.30, 3.32 СНиП 2.03.01-84*; пп. 3.1, 3.11–3.23, 3.30–3.33, 3.40, 4.2–4.4, 4.7–4.9, 4.11 Пособия к СНиП 2.03.01-84* [7] | п.п. 5.1.3, 5.1.8 – 5.1.3, 5.1.17-5.1.22, 5.1.24, 5.2.3, 5.2.6 – 5.2.12, 6.2.1, 6.2.2, 6.2.21 – 6.2.34, 7.1.2 – 7.1.3, 7.2.2 – 7.2.5, 7.2.11-7.2.12, 7.2.14, 7.2.15 СП 52-101-03; п.п. 4.3, 5.2.1 – 5.2.4, 5.4.1 – 5.4.4, 6.1.6, 6.2.1, 6.2.8, 6.2.10, 6.2.11, 6.2.13, 6.3.1, 6.3.4, 6.4.1 – 6.4.5 СНиП 52-01-2003; п. 4.28 Пособия к СП 52-101-2003 |
| Подбор арматуры в колонне | п.п. 3.10–3.12, 3.19–3.20, 3.24, 3.6, 3.28, 3.30, 3.32 СНиП 2.03.01-84*; п.п. 3.1, 3.30–3.33, 3.40, 3.50–3.54, 3.61–3.62, 3.64–3.68, 4.2–4.4, 4.7–4.9, 4.11 Пособия к СНиП 2.03.01-84* | п.п. 4.2.6, 5.1.3, 5.1.8–5.1.3, 5.1.17–5.1.22, 5.1.24, 5.2.3, 5.2.6 – 5.2.12, 6.2.1–6.2.3, 6.2.16, 6.2.21–6.2.34, 6.2.37, 7.1.2–7.1.3, 7.2.2–7.2.5, 7.2.11–7.2.12, 7.2.14, 7.2.15 СП 52-101-03; п.п. 4.3, 5.2.1–5.2.4, 5.4.1–5.4.4, 6.1.6, 6.2.1, 6.2.8–6.2.11, 6.2.13, 6.3.1, 6.3.4, 6.4.1–6.4.5 СНиП 52-01-2003; п.п. 3.29-3.35, 3.52, 3.71, 4.28 Пособия к СП 52-101-2003 |
| Местное сжатие | п.п. 3.39–3.41 СНиП 2.03.01-84*; п. 3.94 Пособия к СНиП 2.03.01-84* | п.п. 6.2.43–6.2.45 СП 52-101-03 |
| Продавливание | пп. 3.42, 5.29 СНиП 2.03.01-84*; п. 3.98 Руководства [16] | п.п. 6.2.46–6.2.52 СП 52-101-03 |
| Отрыв | п. 3.43 СНиП 2.03.01-84*; п. 3.97 Пособия к СНиП 2.03.01-84* [7]; п. 3.121 Руководства к СНиП 2.03.01-84* [15] | |
| Закладные детали | пп. 3.44–3.46 СНиП 2.03.01-84* | |
| Короткие консоли | п. 3.34 СНиП 2.03.01-84*; п. 3.99 Пособия к СНиП 2.03.01-84* [7] | |

8.3 Калькулятор для расчета по формулам

Калькулятор для расчета по формулам может быть вызван из программной группы

SCAD Office иконкой . В разделе меню **Сервис** предусматривается возможность вызова как стандартного калькулятора среды MS Windows (если он установлен в системе), так и специального вычислителя (рис. 89), позволяющего выполнять расчеты по формулам.

Вычислитель предназначен для проведения вычислений по формулам, которые задаются в окне ввода.

При вводе формул следует соблюдать следующие правила:

- наименования функций вводятся строчными буквами латинского алфавита;
- разделителем дробной и целой частей числа является точка;
- арифметические операции задаются символами +, -, *, /, ^ (возведение в степень), например, $2.5*2.5*2.5$ записывается как 2.5^3 .

При записи формул можно использовать следующие функции:

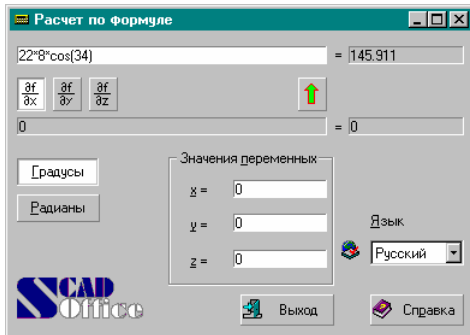


Рис. 89. Окно вычислителя

- floor** — наибольшее целое число, не превышающее заданное;
- tan** — тангенс;
- sin** — синус;
- cos** — косинус;
- asin** — арксинус;
- acos** — арккосинус;
- atan** — арктангенс;
- exp** — экспонента;
- ceil** — наименьшее целое число, превышающее заданное;
- tanh** — тангенс гиперболический;
- sinh** — синус гиперболический;
- cosh** — косинус гиперболический;
- log** — натуральный логарифм;
- log10** — десятичный логарифм;
- abs** — абсолютное значение;
- sqrt** — корень квадратный.

В зависимости от состояния переключателя **Градусы/Радиианы** аргументы тригонометрических функций (**sin**, **cos**, **tan**) и результаты обратных тригонометрических функций (**asin**, **acos**, **atan**) приводятся в градусах или радианах соответственно.

Допускается использование только круглых скобок при произвольной глубине вложенности.

Пример.

Формула

$$1,2 + \sin(0,43) + 6,7\sqrt{6,8} - \sqrt[5]{0,003}$$

должна быть записана следующим образом:

$$1.2+\sin(0.43)+6.7*\sqrt{6.8}-0.003^(1/5).$$

Если в соответствующих окнах ввода задать значения переменных, то появляется дополнительная возможность использовать в формуле три независимые переменные **x**, **y**, **z**. Это позволяет проводить серию однотипных вычислений при различных значениях параметров. Например, в этом режиме формула

$$1,2 + \sin(x) + 6,7\sqrt{6,8} - \sqrt[5]{y}$$


должна быть записана в виде

$$1.2+\sin(x)+6.7*\sqrt{6.8}-y^(1/5).$$

Кроме того, программа позволяет записать в поле ввода формул символическое выражение, зависящее от переменных **x**, **y**, **z** и активизацией одного из маркеров $\frac{\partial f}{\partial x}$, $\frac{\partial f}{\partial y}$, $\frac{\partial f}{\partial z}$, получить символическое выражение для соответствующей частной производной.

Если в строке ввода (верхней) задана функция от переменных **x**, **y**, **z**, то в нижней строке появляется символическое выражение для частной производной по одной из этих переменных в зависимости от того, какой из маркеров ($\frac{\partial f}{\partial x}$, $\frac{\partial f}{\partial y}$, $\frac{\partial f}{\partial z}$) активен.

8.4 Калькулятор для преобразования единиц измерения

Калькулятор вызывается как из программной группы **SCAD Office** — иконка , так и из меню **Сервис**. Программа предназначена для преобразования данных, заданных в различных единицах измерений (рис. 90). Для выполнения операции необходимо выбрать страницу с соответствующими мерами (**Длина**, **Площадь** и т.д.).

Порядок выполнения операций преобразования зависит от того, являются ли единицы измерения простыми (например, длина, площадь или время) или составными (например, давление, скорость или масса).

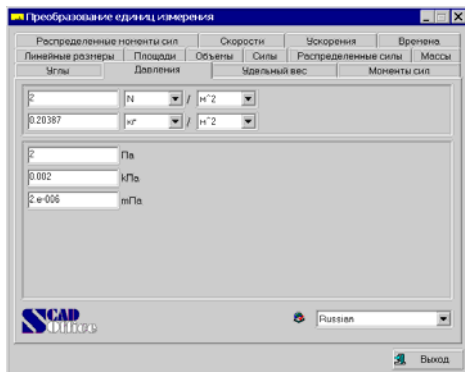


Рис. 90. Окно Преобразование единиц измерения

Для преобразования простых единиц измерения достаточно ввести число в одно из полей ввода. В результате будут получены значения во всех остальных единицах измерения. Если единицы измерения составные, то следует выбрать в выпадающих списках одной строки наименование единиц, из которых выполняется преобразование, а в списках второй строки — единицы, к которым приводит преобразование. В поле ввода первой из строк вводится число, а в поле ввода второй строки отображаются результаты преобразования.

8.5 Дискретная арматура

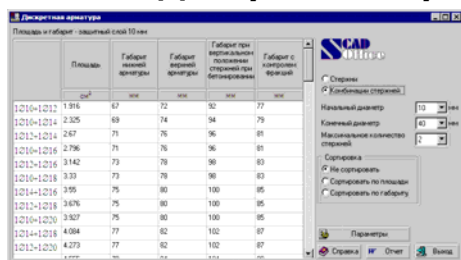


Рис. 91. Диалоговое окно Дискретная арматура

Калькулятор **Дискретная арматура** (рис. 91) позволяет получить все возможные комбинации арматурных стержней при заданных ограничениях по диаметрам арматуры и количеству стержней.

Предусмотрены следующие возможности задания ограничений:

- активный маркер **Стержни** означает, что комбинирование стержней с различными диаметрами не производится, и будут получены все варианты армирования, содержащие не более заданного максимального количества стержней из диапазона, назначенного в списках **Начальный диаметр** и **Конечный диаметр**;
- активный маркер **Комбинации стержней** означает, что будут найдены все комбинации, включающие два стержня различного диаметра, из диапазона, назначенного в списках **Начальный диаметр** и **Конечный диаметр**.

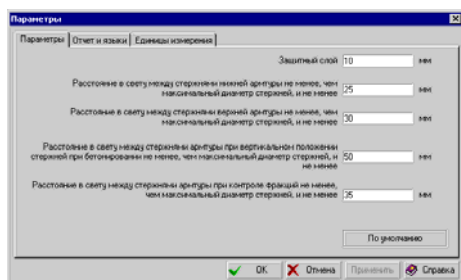


Рис. 92. Диалоговое окно Параметры

Таблица результатов содержит список комбинаций, для каждой из которых приводятся площадь арматуры, минимальные габариты нижней и верхней арматуры, арматуры при вертикальном армировании, а также габарит с контролем фракций.

Все габариты приведены с учетом защитного слоя, величина которого устанавливается в окне **Параметры** на странице **Параметры** (рис. 92). На этой же странице можно изменить рекомендуемые СНиП минимальные величины расстояний между арматурными стержнями или, нажав кнопку **По умолчанию**, вернуться к

стандартным значениям. Минимальные габариты вычисляются в соответствии с ограничениями, приведенными в СНиП на размещение арматуры в сечениях.

С помощью соответствующих маркеров список может быть отсортирован по площади арматуры или по величине габарита.

9. Литература

1. ГОСТ 27751-88. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету. (СТ СЭВ 384-87). — М.: Госстандарт СССР, 1989.
2. СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия/ Госстрой России.— М.: ГУП ЦПП, 2001. — 44 с.
3. СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах. Строительные нормы и правила / Минстрой России.— М.: ГП ЦПП, 1996. —52 с.
4. СНиП II-21-75. Бетонные и железобетонные конструкции — М.: Стройиздат.— 1976.— 89 с.
5. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. / Минстрой России.— М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. — 80 с.
6. ТСН 102-00. Железобетонные конструкции с арматурой классов А500С и А400С: Территориальные строительные нормы г. Москвы.
7. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов без предварительного напряжения арматуры (к СНиП 2.03.01-84*) / ЦНИИпромзданий Госстроя СССР, НИИЖБ Госстроя СССР.— М.: Стройиздат, 1986.— 188 с.
8. СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. — М.— 2004.— 24 с.
9. СП 52-101-03. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. — М.— 2003.— 126 с.
10. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101-03). — М. — 214 с.
11. ГОСТ 26633-91. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия.
12. ГОСТ 23279-85. Сетки арматурные сварные для железобетонных конструкций и изделий. Общие технические условия.
13. Мурашев В.И., Сигалов Э.Б., Байков В.Н. — Железобетонные конструкции.— М.: Госстройиздат, 1962.— 660 с.
14. Рекомендации по проектированию стальных закладных деталей для железобетонных конструкций, НИИЖБ Госстроя СССР.— М.: Стройиздат, 1984.— 87 с.
15. Руководство по конструированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона (без предварительного напряжения) / ГПИ Ленингр., Промстройпроект Госстроя СССР, ЦНИИпромзданий Госстроя СССР, НИИЖБ Госстроя СССР.— М.: Стройиздат, 1978.— 175 с.
16. Руководство по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона (без предварительного напряжения) / ЦНИИпромзданий Госстроя СССР, НИИЖБ Госстроя СССР.— М.: Стройиздат, 1978.— 321 с.
17. Пособие по проектированию жилых зданий.—Вып. 3. Конструкции жилых зданий (к СНиП 2.08.01-85) / ЦНИИЭПжилища Госкомархитектуры.— М.: Стройиздат, 1989.— 304 с.
18. Инструкция по расчету статически неопределимых железобетонных конструкций с учетом перераспределения усилий / НИИЖБ.— М.: Стройиздат, 1961.— 112 с.
19. Мурашев В.И., Сигалов Э.Б., Байков В.Н. — Железобетонные конструкции. — М.: Госстройиздат, 1962. — 660 с.
20. Руководство по расчету статически неопределимых железобетонных конструкций. — М.: Стройиздат, 1975. — 192 с.