

SCAD Group

Программный комплекс Structure
CAD

для Windows 95/98/NT



КРИСТАЛЛ

Расчет элементов
стальных конструкций по СНиП II-23-81*
Версия 3.3

Руководство пользователя

УДК 539.3+624.014

Авторский коллектив
инж. Гавриленко И.С., к.т.н. Криксунов Э.З., к.т.н. Микитаренко М.А.,
д.т.н. Перельмутер А.В., к.ф.-м.н. Перельмутер М.А.

**“КРИСТАЛЛ”. Расчет элементов стальных конструкций по
СНиП-II-23-81*. РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ. Версия
3.3.**

В руководстве приводятся описание функциональных возможностей программы **Кристалл**, технологии использования, рекомендации по применению **Кристалл** в задачах проектирования стальных конструкций.

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

Оглавление


1. Предварительные сведения	4
2. Общее управление программой	6
2.1 Элементы управления	6
2.2 Главное окно	6
2.3 Диалоговое окно "Параметры"	9
2.4 Конструирование поперечных сечений	12
2.5 Сервисные функции	16
3. Справочные и вспомогательные операции	18
3.1 Диалоговое окно "Стали"	18
3.2 Диалоговое окно "Сортамент металлопроката"	21
3.3 Диалоговое окно "Болты"	21
3.4 Диалоговое окно "Предельные гибкости"	22
3.5 Диалоговое окно "Коэффициенты условий работы"	23
3.6 Диалоговое окно "Огибающие"	23
3.7 Диалоговое окно "Геометрические характеристики"	26
3.8 Диалоговое окно "Расчетные длины"	27
3.9 Диалоговое окно "Материалы для сварки"	30
3.10 Диалоговое окно "Предельные прогибы"	30
4. Проверки	31
4.1 Диалоговое окно "Сопротивление сечений"	31
4.2 Диалоговое окно "Болтовые соединения"	35
4.3 Диалоговое окно "Фрикционные соединения"	38
4.4 Диалоговое окно "Местная устойчивость"	39
4.5 Диалоговое окно "Сварные соединения"	39
5. Проектирование конструктивных элементов	42
5.1 Диалоговое окно "Элементы ферм"	42
5.2 Диалоговое окно "Балки"	44
5.3 Диалоговое окно "Стойки"	47
5.4 Диалоговое окно "Опорные плиты"	49
5.5 Диалоговое окно "Неразрезные балки"	50
6. Создание отчета	52
7. Нештатные ситуации	53
8. Литература	55
9. Приложения	56
9.1 Нормативные документы, требования которых реализованы в программе "Кристалл"	56
9.2 Инсталляция Кристалл	58
9.3 О невыпуклых кривых взаимодействия	60
9.4 О формуле (49) СНиП II-23-81*	61
9.5 Вопросы и ответы	61

1. Предварительные сведения

Кристалл предназначен для выполнения конструктивных расчетов и проверок элементов и соединений стальных конструкций на соответствие требованиям СНиП II-23-81* “Стальные конструкции. Нормы проектирования” [1]. Предполагается, что расчетные усилия соответствуют нагрузкам, определенным по СНиП 2.01.07-85. “Нагрузки и воздействия” [2], требованиям этого же документа соответствуют реализованные программой правила выбора расчетных сочетаний усилий.

Кроме этого, при создании **Кристалл** использовались связанные со СНиП II-23-81* государственные стандарты, а также “Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП II-23-81*) / ЦНИИСК им. Кучеренко” [3]. Некоторые методологические положения подготовленных, но еще не введенных в действие проектов новых норм СНиП 53—1-96 [4] и “Общих правил проектирования элементов стальных конструкций и соединений (СП 53-101-96)” [5] также использовались при разработке программы.

Кристалл, как правило, реализует проверочные расчеты конструкций и соединений, размеры которых заранее выданы проектировщиком, т.е. работает в режиме экспертизы. Для некоторых случаев реализован и режим подбора поперечных сечений, такой подбор выполняется по условию выполнения требований первого предельного состояния. Проверка выбранного решения по второму предельному состоянию должна выполняться пользователем в режиме экспертизы рекомендуемого сечения.

Кроме указанной функции **Кристалл** выполняет в определенной степени и роль справочника, с помощью которого можно уточнить некоторые фактические данные относительно сортаментов металлопроката и болтов или относительно рекомендаций СНиП II-23-81*. Для этого в состав функций включены специальные справочные режимы (см. ниже), а в некоторых случаях диалоговое окно имеет кнопку , нажав которую пользователь получает дополнительную информацию справочного характера.

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

$$F(S,R) \leq 1,$$

где F — функция основных переменных, S — обобщенные нагрузки (нагрузочные эффекты). R — обобщенные сопротивления. Ориентируясь на значения функции F , можно ввести понятие **коэффициента использования ограничения (K)** и критерий проверки представить в виде

$$\max K \leq 1,$$

включающего все необходимые проверки. Само значение

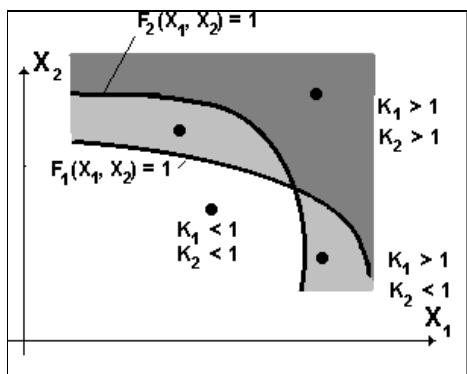


Рис. 1-1

K при этом определяет для элемента (узла, соединения, сечения и т.п.) имеющийся запас прочности, устойчивости или другого нормируемого параметра качества. Если требование норм выполняется с запасом, то коэффициент K равен относительной величине истощения нормативного требования (например, $K = 0.7$ соответствует 30% запасу). При невыполнении требований норм значение $K > 1$ свидетельствует о нарушении того или иного требования, т.е. характеризует степень перегрузки. Таким образом, K есть левая часть расчетного неравенства, представленного в приведенной выше форме.

Все значения коэффициентов K в соответствии с проведенными проверками приводятся в полном отчетном документе, который создается программой **Кристалл**. В диалоговых окнах оперативно выводится значение K_{\max} — максимального (т.е. наиболее опасного) из обнаруженных значений K и указывается тип проверки (прочность, устойчивость, местная устойчивость и т.п.), при которой этот максимум реализовался.

Поскольку в СНиП II-23-81* не приводятся рекомендации для всех возможных проектных решений (например, способы определения критического значения изгибающего момента для сечения из одиночного уголка), то в некоторых случаях **Кристалл** не может выполнить необходимую проверку. В большинстве случаев система управления не допускает создания такого запроса. В случаях, когда такая ситуация возникает, об этом сообщается в отчетном документе, а на экране появляется соответствующее предупреждение.

2. Общее управление программой

2.1 Элементы управления

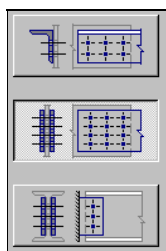


Рис. 2-1

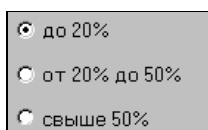


Рис. 2-2

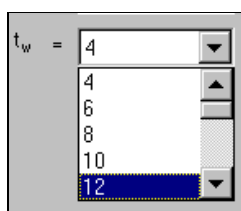


Рис. 2-3

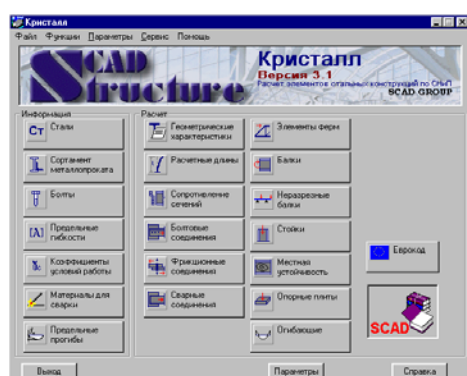
Во всех режимах работы **Кристалл** используются единые принципы и элементы управления, с помощью которых достигается единообразие функций диалога. Ниже даются подробные описания таких элементов.

Кристалл использует известную технику работы с многостраничными окнами. Активизация страницы происходит при нажатии на ее закладку. Кроме того, в качестве элементов управления и способов доступа к информации используются:

- Меню, содержащее пять разделов (**Файл**, **Функции**, **Параметры**, **Сервис** и **Помощь**), которые раскрываются так же, как и меню любого приложения MS Windows щелчком левой кнопки мыши.
- Функциональные кнопки, “нажатие” которых (оно реализуется установкой курсора на кнопку и щелчком левой клавиши мыши) приводит к выполнению определенных функций или к выбору одной из возможностей. Типичным является пример, представленный на рисунке Рис. 2-1, где из трех изображенных на кнопках вариантов конструктивного решения выбирается средний. Аналогичную роль выполняют и “радиокнопки”, пример которых представлен на Рис. 2-2.
- Поля ввода информации, с помощью которых задаются исходные данные для расчета. Исходными данными в **Кристалл** всегда являются числа. Если вводится нецелое число, то целая часть отделяется от дробной части точкой или другим разделителем целой и дробной частей числа. Разделители назначаются пользователем при настройке операционной системы (см. **Settings | Regional Settings | Number**). Кроме того, предусмотрена возможность ввода чисел в экспоненциальной форме, например: 1.56e-7.

Окна выбора данных из списка (Рис. 2-3), (чаще всего из сортамента металлопроката).

2.2 Главное окно



При обращении к программе первым на экране монитора появляется главное окно (Рис. 2-4), с помощью которого реализуется выбор режима работы. Каждый из предусмотренных шестнадцати режимов вызывается нажатием специальной кнопки.

Все режимы работы условно можно разделить на три группы:

- выполняющие справочные и вспомогательные операции, связанные с проектированием стальных конструкций;
- реализующие проверку сечений и узловых соединений на выполнение расчетных требований СНиП;
- выполняющие проектирование простых конструктив-

ных элементов.

Детальное описание каждого режима приводится в последующих разделах настоящего руководства. Здесь представлена только их краткая характеристика.

Справочные и вспомогательные режимы представлены следующим набором.

Стали — основной задачей является реализация рекомендаций СНиП по выбору марок стали (табл.50*), при этом учитывается подход, заложенный в проект нового СНиП. Кроме того, выдаются справки о соответствии классов стали по СНиП (по ГОСТ 27771-88) маркам стали по ГОСТ или ТУ (табл.51,б) и справочные данные о механических характеристиках (табл.51*).

Сортамент металлопроката — режим дает возможности просмотра сортаментов.

Болты — режим представляет возможность просмотра сортамента болтов с указанием их класса.

Предельные гибкости — режим представляет возможность просмотра рекомендаций СНиП по предельным гибкостям растянутых и сжатых элементов.

Коэффициенты условий работы — режим предназначен для просмотра и выбора значений коэффициентов условий работы элементов (γ_c) по рекомендациям СНиП.

Огибающие — определяются невыгодные сочетания многих нагрузок, которые действуют на изгибаемые элементы, строятся огибающие эпюры моментов и поперечных сил.

Геометрические характеристики — этим режимом реализуется вычисление всех геометрических характеристик поперечного сечения.

Расчетные длины — здесь реализованы рекомендации из табл. 11, 12, 13* и 17,а СНиП и из Еврокода-3.

Материалы для сварки - в этом режиме реализованы требования раздела 2 СНиП в части выбора материалов для сварных соединений и раздела 3 в части выбора расчетных сопротивлений сварных соединений.

Предельные прогибы - даны таблицы 19,21,22 СНиП 2.01.07-85* "Нагрузки и воздействия" с ограничениями на прогибы элементов конструкций.

Последующие режимы являются функциональными и предназначены для проверки конструктивных решений стальных конструкций и соединений на соответствие требованиям СНиП по прочности, устойчивости и гибкости или же для реализации некоторой части таких проверок, имеющей самостоятельный интерес.

Сопротивление сечений — в этом режиме определяются коэффициенты использования ограничений для любого из предусмотренных программой типов поперечных сечений при действии

произвольных усилий. Кроме того, строятся кривые взаимодействия для любых допустимых комбинаций пар усилий.

Болтовые соединения — для определенного числа конструктивных решений болтовых соединений определяются коэффициенты использования ограничений и строятся кривые взаимодействия для любых допустимых комбинаций пар усилий.

Фрикционные соединения — аналогичен предыдущему режиму, но с другим набором конструктивных решений.

Сварные соединения - для определенного числа конструктивных решений сварных соединений определяются коэффициенты использования ограничений и строятся кривые взаимодействия для любых допустимых комбинаций пар усилий.

Местная устойчивость — этот режим реализует проверки местной устойчивости стенок и поясных листов изгибаемых и сжатых элементов, при этом не рассматриваются подкрановые балки, а также балки со стенкой, подкрепленной продольными ребрами.

Наконец, для некоторых видов наиболее распространенных конструктивных элементов реализуется комплексная проверка и возможность подбора сечений.

Элементы ферм — этот режим реализует все необходимые проверки элементов ферм на прочность и устойчивость, при этом работа начинается с определения расчетных значений усилий от задаваемых вертикальных внешних нагрузок для конструктивных схем, наиболее часто используемых на практике. Возможен вариант работы с подбором сечений.

Балки — режим аналогичен предыдущему, но ориентирован на рассмотрение двутавровых (сварных и прокатных) или швеллерных однопролетных балок с различными условиями опирания.

Неразрезные балки — в режиме реализуются те же функции, что и для режима **Балка**, но применительно к многопролетной (до пяти пролетов) конструкции, которая может иметь консоли по концам. Возможными поперечными сечениями являются прокатные двутавры и швеллеры или сварные двутавры.

Стойки — режим аналогичен предыдущему, но ориентирован на рассмотрение колонн и стоек различного поперечного сечения.

Опорные плиты — рассматриваются части пластины базы колонны при различных вариантах их окаймления ребрами.

Обращение к любой из указанных кнопок приводит к появлению специального многостраничного диалогового окна, с помощью которого выполняются операции для выбранного режима работы.

Кроме того, в главном окне располагается ряд кнопок, являющихся общими элементами управления для

всех режимов работы. К ним относятся кнопки: **Выход**, **Параметры** и **Справка**. Кнопки **Справка** и **Выход** выполняют обычные для Windows-приложения функции - запрос справочной информации и прекращение работы. Назначение кнопки **Параметры** описано ниже.

Для выхода в главное окно **Кристалл** во всех режимах используется кнопка **Меню**.

Кроме того, имеется возможность перехода в режим выполнения расчетов по Еврокод-3.

2.3 Диалоговое окно “Параметры”

Это окно может быть вызвано в любой момент использования **Кристалл**. С его помощью выполняется настройка общих параметров работы. Окно содержит четыре закладки:

- **Материал**
- **Единицы измерений**
- **Каталоги сечений**
- **Прочие**

Каждой из закладок соответствует страница, которая обеспечивает выбор определенного вида параметров настройки.

2.3.1. Страница **Материал** (Рис. 2-5) дает возможность задать свойства стали (значения R_y и R_u), а также значения коэффициентов условий работы для конструкции, коэффициенты условий работы для элементов, соединяемых болтами, коэффициент надежности по назначению и предельные гибкости. При задании этой информации рекомендуется ориентироваться на рекомендации норм, хотя отступление от них не контролируется и пользователь имеет в этом смысле полную свободу. Если же отступления от норм не предусматриваются, то лучше эти данные задать с помощью режимов **Стали**, **Предельные гибкости** и **Коэффициенты условий работы** (см. ниже), откуда эти данные будут автоматически перенесены на описываемую страницу, а она тогда служит для справок.

Значения предельных гибкостей могут быть заменены пользователем, если он считает, что рекомендации соответствующего режима неточны или недостаточны. При этом имеется возможность ввести собственное значение, которое обязано быть положительным целым числом.

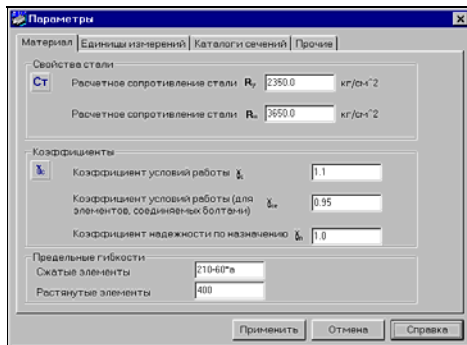


Рис. 2-5

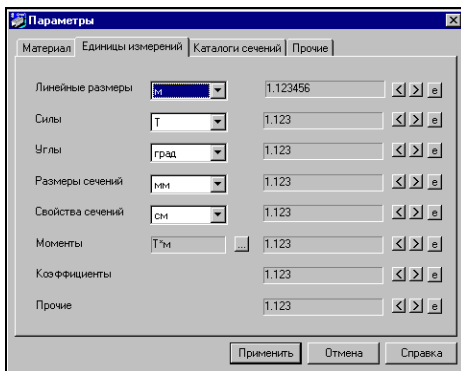



Рис. 2-6

2.3.2. Страница Единицы измерений (Рис. 2-6) определяет используемые единицы измерения величин. Она имеет две группы данных. В первой задаются единицы измерения, применяемые для определения размеров конструкции и сечений, нагрузок и усилий, углов. Для моментов предусмотрена возможность отдельного выбора единиц измерения сил и единиц измерения плеч (кнопка ).

Вторая группа включает окна назначения форматов представления данных. Здесь задается количество значащих цифр при представлении данных в форме с десятичной точкой или экспоненциальном представлении.

Точность представления данных (количество значащих цифр после запятой) назначается с помощью кнопок < и >, а установка экспоненциальной формы числа — кнопкой **E**.

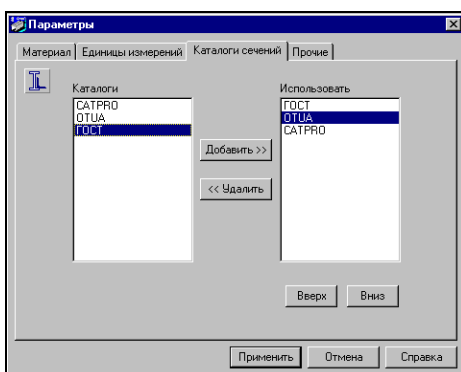


Рис. 2-7

2.3.3. Страница Каталоги сечений (Рис. 2-7) позволяет рассмотреть список имеющихся в системе каталогов металлопроката и отобрать для использования некоторые из них (или все). Для этого в списке **Каталоги** необходимо отметить имя каталога и нажатием на кнопку **Добавить** поместить его в список **Использовать**. Исключить каталог из числа используемых можно, если пометить его в списке **Использовать** и нажать кнопку **Удалить**.

Используя кнопки **Вверх** и **Вниз** можно поменять порядок следования используемых каталогов в списке. Для переноса каталога следует отметить его имя в списке **Использовать**, а затем с помощью кнопки **Вверх** или **Вниз** переместить его в новую позицию.

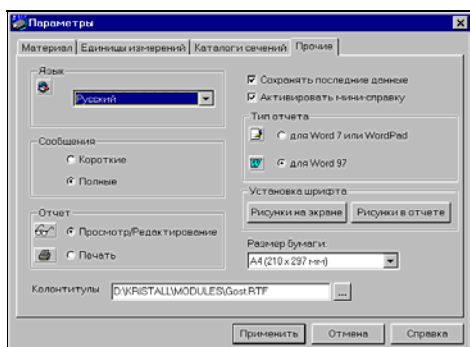



Рис. 2-8

2.3.4 Страница **Прочие** (Рис. 2-8) дает возможность выбрать язык общения, на котором будут представлены все тексты в управляющих окнах и оформлены результаты работы. Если в группе **Сообщения** установлен режим **Полные**, то в тексте протокола воспроизводятся некоторые промежуточные результаты, и в случае необходимости цитируются некоторые части СНиП. В режиме **Короткие** выводятся только исходные данные и окончательные результаты расчета и ссылки на использованные пункты СНиП.

Для работы с отчетным документом может быть выбран режим **Просмотр/Редактирование** или режим **Печать**.

В режиме **Просмотр/Редактирование** нажатие кнопки **Отчет** в любом рабочем окне позволяет просмотреть текст отчета на экране и отредактировать его. Для этого вызывается приложение, ассоциированное с форматом RTF файла (например, WORDPAD или WORD). Естественно, что за исправления, внесенные в текст отчета (а могут быть исправлены и результаты расчета), ответственность несет пользователь. Существуют различия в формате RTF файлов, которые используются программами MS Word v.7 и WordPad или программой MS Word 97. В связи с этим программа предоставляет возможность выбора формата RTF в режиме **Тип отчета**.

Нажатие кнопки **Печать** в группе **Отчет** вызывает печать отчета в той форме, в которой он сформирован программой.

В строке **Колонтитулы** рассматриваемой страницы можно указать имя RTF-файла, из которого берутся колонтитулы для оформления страниц отчетного документа, или нажатием на кнопку  выбрать существующий файл.

Еще одной функцией рассматриваемой страницы является организация **запоминания последних данных**, с которыми работала программа. Это может оказаться удобным при случайных перерывах в работе, а также при решении серии однотипных задач, для которых многие данные оказываются общими. Тогда запоминание позволяет не вводить их заново, ограничиваясь только исправлением изменившихся значений.

Наконец, отметка в окне **Активизировать мини-справку** переводит программу в режим работы, при котором при подведении курсора к управляющей кнопке появляется справочный текст с пояснением смысла выбираемой функции.

С помощью кнопок в группе **“Установка шрифта”** можно выбрать фонты, с помощью которых будет производиться оцифровка рисунков на экране и в отчетном документе.

2.4 Конструирование поперечных сечений

Операции выбора поперечного сечения элементов конструкций встречаются в большинстве режимов работы программы. Во избежание повторов эти операции описываются здесь отдельно.

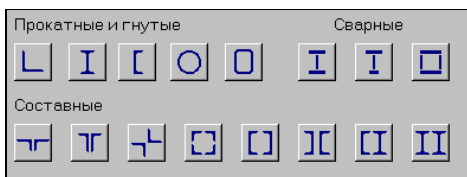


Рис. 2-9

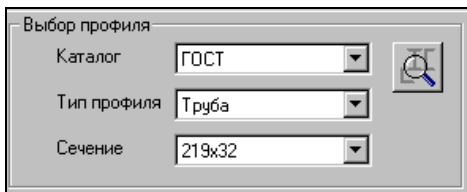


Рис. 2-10

2.4.1. Кристалл работает с шестнадцатью типами поперечных сечений элементов стальных конструкций, схемы которых представлены на Рис. 2-9. В их числе пять типов прокатных и гнутых профилей, три типа сечений, сваренных из листов, и восемь типов составных сечений, набираемых из прокатных профилей.

Если сечение представляет собой прокатный или гнутый профиль или же содержит его в своем составе, то реализуется доступ к спискам группы **Выбор профиля** (Рис. 2-10). Список **Каталог** дает возможность выбрать каталог прокатных профилей, из которого будет выбираться требуемое сечение. Используются только те каталоги, которые включены в список **Использовать** (см. раздел 2.3.3).

Список **Тип профиля** позволяет указать группу однотипных профилей проката (например, двутавровые профили, швеллера, уголки и т.п.). При этом список доступных групп профилей определяется выбранным типом поперечного сечения. Например, если выбрать первый тип сечения, то окажутся доступными только **Равнополочные уголки** и **Неравнополочные уголки**, а при выборе последнего типа сечения открывается доступ к группам профилей **Двутавры с параллельными гранями полок** или **Двутавры с уклоном внутренних граней полок**. Список **Сечение** дает возможность выбрать конкретный профиль, который будет использоваться в поперечном сечении элемента.

Ограничение реализации — для составного сечения из швеллера с двутавром выбор возможен только в пределах одного каталога прокатных профилей.

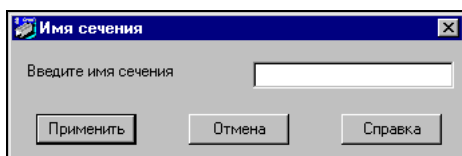



Рис. 2-11

2.4.2. В группе **Выбор профиля** располагается кнопка , с помощью которой реализуется доступ к пользовательской базе поперечных сечений. Эта база создается в процессе работы с программой. Для записи созданного сечения в базу используется кнопка **Сохранить**, которая установлена на страницах конструирования поперечных сечений.

Нажатие кнопки **Сохранить** вызывает диалоговое окно **Наименование сечения**, в котором задается имя сохраняемого сечения (Рис. 2-11). Поскольку программа не контролирует уникальность применяемых имен, то за этим должен следить сам пользователь.

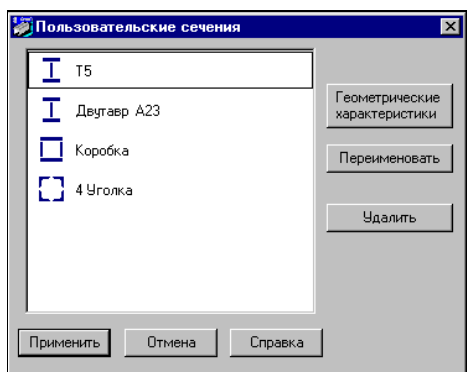


Рис. 2-12

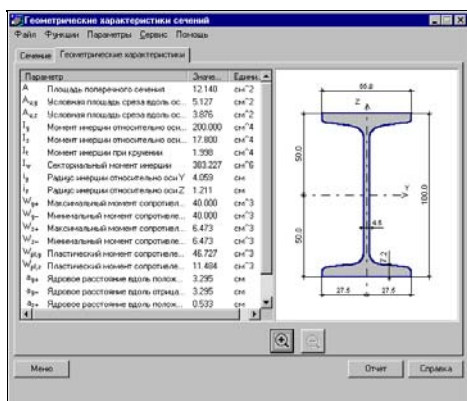


Рис. 2-13

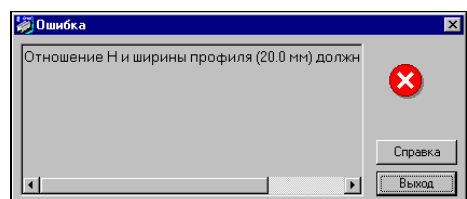


Рис. 2-14

Для доступа к сечениям из пользовательской базы после нажатия кнопки открывается диалоговое окно **Пользовательские сечения** (Рис. 2-12), со списком сечений. Если обнаружится, что в базе имеются повторяющиеся имена, то для переименования профиля следует воспользоваться кнопкой **Переименовать**.

Любое сечение из указанных в окне **Пользовательские сечения** может быть использовано для работы. Если воспользоваться кнопкой **Геометрические характеристики**, можно получить все характеристики сечения в окне **Геометрические характеристики сечения** (Рис. 2-13). В этом окне сечение изображено в масштабе с указанием главных центральных осей инерции и основных размеров.

Геометрические характеристики вычисляются программой с определенной точностью. Поэтому по некоторым из них возможны незначительные расхождения со справочными данными, представленными в каталогах.

Если используемое сечение содержит в своем составе прокатные профили, то каталог, из которого заимствованы сведения о таком профиле, должен быть включен в список **Использовать**.

Для комбинированных сечений 12 - 15 (Рис. 2-9), которые имеют в своем составе решетки, соединяющие между собой ветви сечения, предусмотрены кнопки для выбора типа соединительной решетки.

2.4.3. Кристалл автоматически запрещает работу с конструктивно неудачными сечениями. Список ограничений приведен в таблицах 2.4.1 и 2.4.2. При нарушении этих ограничений на экране появляется сообщение об ошибке с пояснением смысла допущенной ошибки (пример показан на Рис. 2-14). Кроме того, в

соответствующих окнах находится кнопка , нажатие которой позволяет оперативно просмотреть используемые ограничения размеров.

В некоторых случаях программа дает возможность игнорировать предупреждение о нарушении ограничений нажатием кнопки **Игнорировать**, но при этом все негативные последствия такого отказа не будут анализироваться.

В тех случаях, когда задается неверное числовое значение какой-либо величины (например, символы вместо цифр), текст пояснения выглядит как **Ошибочные данные**. Такой стиль контроля проходит через все режимы.

Таблица 2.4.1. Ограничения на выбор размеров сечений





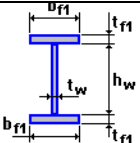
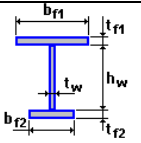
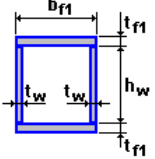




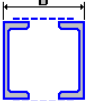
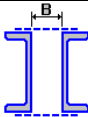
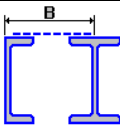
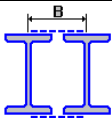
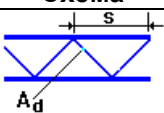
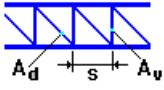
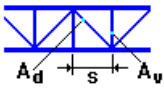
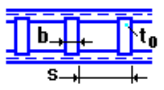
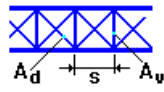
Сечение	Ограничения	Сечение	Ограничения
	Только из имеющихся баз данных		Только из имеющихся баз данных
	Только из имеющихся баз данных		Только из имеющихся баз данных
	$b_{f1} / t_{f1} \geq 5$; $h_w / t_w \geq 5$; Толщина листов только из списка		$b_{f1} / t_{f1} \geq 5$; $b_{f2} / t_{f2} \geq 5$; $h_w / t_w \geq 5$; Толщина листов только из списка
	$b_{f1} / t_{f1} \geq 5$; $h_w / t_w \geq 5$; $5 \geq b_{f1} / h_w \geq 0,2$ Толщина листов только из списка		$0,8t \leq g \leq 2t$; Зазор только из списка толщин листов
	$0,8t \leq g \leq 2t$; Зазор только из списка толщин листов		$g \leq 2t$; Зазор только из списка толщин листов
	$B/b_{fc} \geq 4$; $H/b \geq 4$; $2,0 \geq B/H \geq 0,5$.		$B/b_{fc} \geq 3$;
	$B/b_{fc} \geq 2$;		$B/b_{fd} \geq 3$; Швеллер и двутавр только из одного каталога прокатных профилей и примерно одинаковой высоты.
	$B/b_{fd} \geq 2$;	Примечания: 1. Ширина полки прокатных профилей обозначена как b_{fc} для швеллеров и как b_{fd} для двутавров. 2. Толщина уголка обозначена как t .	

Таблица 2.4.2. Ограничения на выбор параметров решетки

Схема	Ограничения	Схема	Ограничения
	$s \geq h;$ $A_d < A$		$s \geq h;$ $A_v < A;$ $A_d < A$
	$s \geq h;$ $A_d < A$		$s \geq 2b;$
	$s \geq h;$ $A_v < A;$ $A_d < A$		
<p>Примечания:</p> <ul style="list-style-type: none"> h — расстояние между осями поясов; A — площадь пояса; A_d — площадь раскоса; A_v — площадь стойки. 			

2.5 Сервисные функции

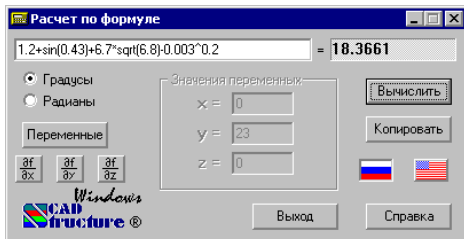


Рис. 2-15

Поскольку при работе с программой часто возникает необходимость выполнить некоторые дополнительные расчеты, в разделе **Сервис** главного меню **Кристалл** предусматривается возможность вызова как стандартного калькулятора среды Windows (если он установлен при установке системы), так и специального вычислителя (стандартной функции среды SCAD), позволяющего выполнять расчеты по формулам.

Вычислитель (Рис. 2-15) предназначен для проведения вычислений по формулам, которые задаются пользователем 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:

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/Радьяны** 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:

$$1.2+\sin(0.43)+6.7*\sqrt{6.8}-0.003^0.2 .$$

Если активизировать кнопку **Переменные**, то появляется дополнительная возможность использовать в формуле три независимые переменные **x**, **y**, **z**. При этом сами значения переменных задаются в соответствующих окнах ввода. 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

$$1.2+\sin(x)+6.7*\sqrt{6.8}-y^0.2$$

Для проведения вычислений следует нажать кнопку **Вычислить**. Кнопка **Копировать** позволяет поместить результат в буфер обмена.

Кроме того, программа позволяет записать в поле ввода формул символическое выражение, зависящее от переменных **x**, **y**, **z** и нажатием на одну из

кнопок , ,  получить символическое выражение для соответствующей частной производной.

3. Справочные и вспомогательные операции

3.1 Диалоговое окно “Стали”

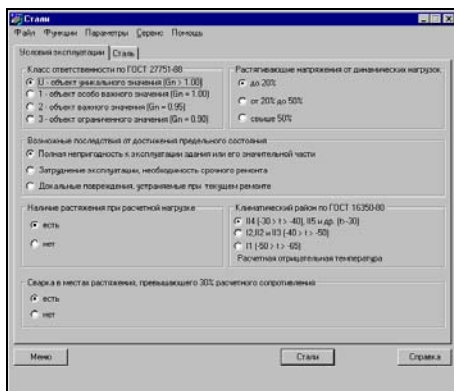


Рис. 3-1

С помощью этого двустраничного окна реализуется функция выбора марки стали для проектируемой конструкции. Выбор осуществляется для четырех групп конструкций в соответствии с табл.50* СНиП II-23-81*. Методика отнесения конструкции к определенной группе соответствует проекту СНиП 53-01-96 [4] и работе [7].

3.1.1. Страница Условия эксплуатации (Рис. 3-1) содержит шесть групп данных.

В группе **Класс ответственности по ГОСТ 27751-88** необходимо выбрать один из четырех нормируемых случаев, при этом необходимо помнить, что коэффициент безопасности по назначению γ_n для уникальных объектов, вообще говоря, определяется индивидуально по решению органов, утверждающих проект. Реализовать это можно с помощью окна **Параметры** (см. раздел 2.3.3). По умолчанию для таких объектов принято $\gamma_n = 1,2$.

В группе **Возможные последствия от достижения предельного состояния** предлагается выбор одного из трех классов ответственности рассматриваемого конструктивного элемента. В проекте СНиП 2.03.05-91 “Стальные конструкции”, который был полностью подготовлен, но не утвержден из-за распада СССР, имеются приведенные ниже рекомендации по отнесению некоторых конструкций к одному из этих классов (классы А, Б и В соответствуют трем градациям рассматриваемой группы):

Конструкции рабочих и технологических площадок:

- главные и второстепенные балки, ригели рам - А
- металлический настил - Б

Колонны производственных зданий и открытых крановых эстакад:

- стойки рабочих и технологических площадок - А
- основные элементы поперечного сечения - А
- основные вертикальные связи по колоннам - А
- связи с напряжением менее $0,4R_y$ - В

Конструкции покрытия:

- фермы, ригели - А
- фонарные панели, щиты кровли, прогоны, продольные связи - Б
- прочие связи - В

Конструкции фахверка:

- ригели под кирпичные стены и над воротами - А
- стойки, торцевые и ветровые фермы - Б
- прочие элементы - В

Вспомогательные конструкции:

- косоуры лестниц - А
- переходные площадки, импосты, оконные и фонарные переплеты - В

Транспортерные галереи:

- пролетные строения, связи по колоннам - А
- прочие связи, балки покрытий, элементы фахверка - Б

Опоры ВЛ и конструкции ОРУ:

- опоры ВЛ, опоры под выключатели ОРУ - А
- опоры под другое оборудование ОРУ - Б

Антенные устройства:

- стволы мачт и башен - А
- диафрагмы башен, лестницы, переходные площадки - Б

Вытяжные башни и дымовые трубы:

- пояса и решетка башен, оболочка свободностоящей трубы - А
- газоотводящие стволы, оболочки труб с оттяжками - Б
- площадки, опорные кольца, ребра жесткости - В

Градирни, водонапорные башни:

- пояса решетчатых башен, решетка - А
- фахверк, площадки, обшивка градирен - В

Бункеры, силосы - А.

В других группах выполняется выбор характеристик напряженного состояния (**Наличие растяжения при расчетной нагрузке и Доля напряжений от динамической нагрузки**), а также указывается температурный режим эксплуатации (**Климатический район по ГОСТ 16350-80**). Последняя группа требует указания на наличие сварки в зоне растяжения (**Сварка в местах растяжения, превышающего 30% расчетного сопротивления**).

После заполнения всех данных первой страницы необходимо нажать кнопку **Стали**, после чего откроется вторая страница рассматриваемого окна.

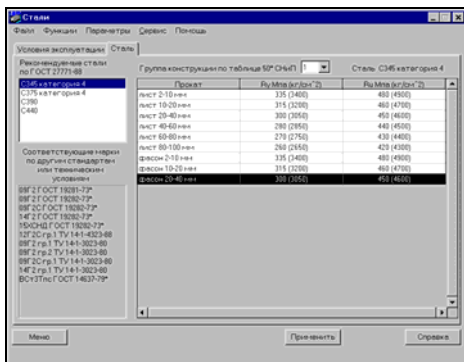


Рис. 3-2

3.1.2. Страница Стали (Рис. 3-2) содержит указание о группе конструкций по табл. 50* СНиП, которая соответствует указанным на предыдущей странице условиям эксплуатации, список рекомендуемых для этой группы сталей по ГОСТ 27772-88 и список марок сталей по другим стандартам и техническим условиям, которые могут быть использованы взамен рекомендуемой стали. Здесь же приведены справочные данные о расчетных сопротивлениях по пределу текучести (R_y) и временному сопротивлению (R_u).

Поскольку для полученной группы конструкций может возникнуть необходимость в использовании стали более высокого качества, чем это следует из рекомендаций СНиП для полученной группы, ему предоставляется возможность повысить (но не понизить!) группу конструкций, выбрав ее в соответствующем окне. Естественно, что при этом изменится и список рекомендуемых сталей.

Отметив требуемую строку, можно нажать кнопку **Применить**, тогда данные о выбранной марке стали и о ее расчетных сопротивлениях будут занесены на страницу **Материал** окна **Параметры** и использоваться при проверке несущей способности.

Необходимо заметить, что **Кристалл** не приводит все детали, которые обязательно необходимо отметить в заказе металла, такие, например, как в примечаниях к таблицам 50* и 51,6 СНиП II-23-81*. Для составления заказа металла необходимо руководствоваться первичной нормативно-технической документацией. Кроме того, не приводятся справочные сведения о сталях для труб в соответствии с табл.51,а.

3.2 Диалоговое окно “Сортамент металлопроката”

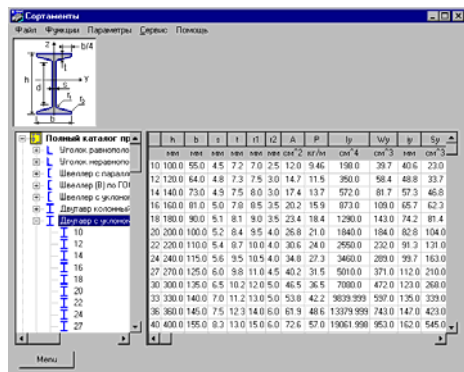


Рис. 3-3

3.3 Диалоговое окно “Болты”

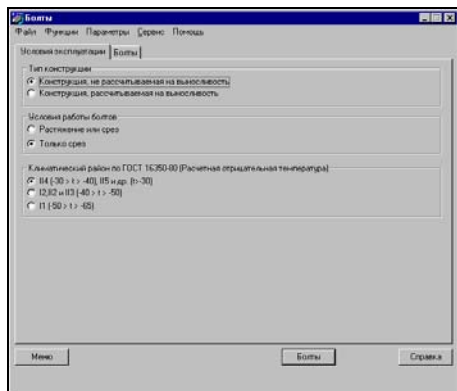


Рис. 3-4

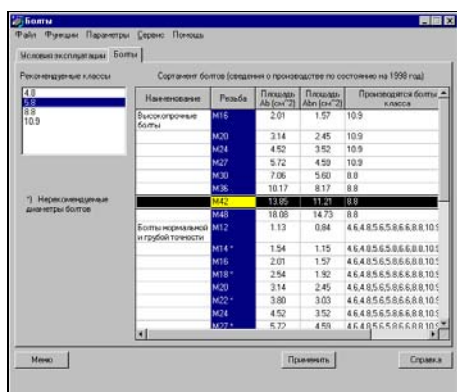


Рис. 3-5

Это окно (Рис. 3-3) дает возможность просмотра сортиментов металлопроката, представленного в базе данных Кристалл.

В демонстрационном окне появляется таблица с набором данных о соответствующих профилях проката. Большие размеры таблицы не дают возможность ее полного вывода на экран монитора, поэтому демонстрационное окно имеет вертикальную и горизонтальную полосы прокрутки.

С помощью этого двухстраничного окна реализуется функция выбора болтов для проектируемой конструкции. Выбор реализуется для четырех групп конструкций в соответствии с табл.57* СНиП II-23-81*.

3.3.1. Страница Условия эксплуатации (Рис. 3-4) содержит три группы данных.

В группе **Тип конструкции** необходимо выбрать один из двух нормируемых случаев по требованиям, предъявляемым к выносливости болтового соединения.

В группе **Условия работы болтов** называется один из двух возможных вариантов работы болта в соединении. Для всех типов соединений, предусмотренных режимом **Болтовые соединения**, необходимо выбирать вариант **Только срез**.

В последней группе (**Климатический район по ГОСТ 16350-80**) указывается один из предусмотренных в СНиП температурных режимов эксплуатации.

После заполнения всех данных первой страницы необходимо нажать на кнопку **Болты**, после этого откроется вторая страница рассматриваемого окна.

3.3.2. Страница Болты (Рис. 3-5) содержит список рекомендуемых классов болтов и сведения о сортаменте болтов. Отметив в Сортаменте требуемую строку с указанием диаметра резьбы и в другом Списке (рекомендуемых классов) — класс болтов, можно нажать кнопку **Применить**. В этом случае данные о выбранных болтах будут использоваться при проверке несущей способности.

3.4 Диалоговое окно “Предельные гибкости”

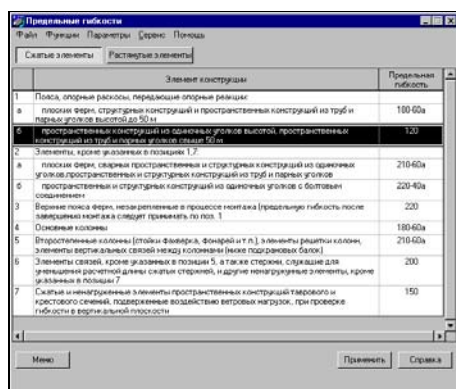


Рис. 3-6

Это справочное окно (Рис. 3-6) содержит сведения, представленные в СНиП II-23-81*. Нажатием на кнопку **Сжатые элементы** или **Растянутые элементы** вызывается соответственно табл.19* или табл.20*.

Для режима **Растянутые элементы** необходимо осуществить выбор класса нагружения элемента — работа при статических или динамических нагрузках.

Нажатием кнопки **Применить** выбранное значение предельной гибкости запоминается для использования при проверке элементов конструкций. Поскольку конструкция может проверяться на различные варианты нагружения, в том числе и со сменой знака продольной силы, то кнопкой **Применить** необходимо воспользоваться дважды — в варианте работы элемента как растянутого и в варианте сжатого элемента. Выбранные значения запоминаются и могут быть изменены в диалоговом окне **Параметры**.

Ограничение реализации — предусмотренные таблицей 20* СНиП II-23-81* растянутые элементы, подверженные действию нагрузок от кранов и железнодорожных составов, в программе не рассматриваются.

3.5 Диалоговое окно “Кoeffициенты условий работы”

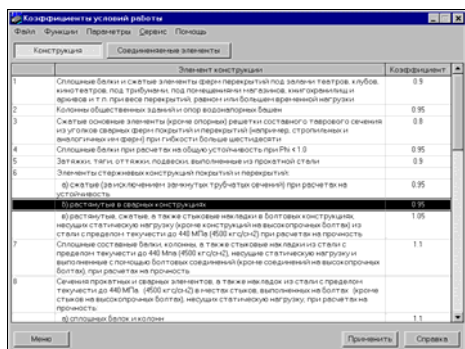


Рис. 3-7

Это справочное окно (Рис. 3-7) содержит сведения, представленные в табл.6* СНиП II-23-81*. Кроме одиннадцати позиций, предусмотренных этой таблицей, добавлено еще семь случаев, реализующих указания примечания 2 и примечания 4 к таблице 6*.

Поскольку примечание 3 к этой таблице ограничивает применение коэффициентов условий работы при расчете болтовых соединений, то для этих случаев специально предусмотрена выборка применяемых коэффициентов, переход к которой осуществляется выбором режима **соединяемые элементы**. Соответствующие коэффициенты условий работы будут применены в дополнение к коэффициентам условий работы соединения γ_b из табл.35* СНиП II-23-81*.

Нажатием кнопки **Применить** выбранное значение коэффициента условий работы запоминается для использования в режимах проверки элементов конструкции и соединений.

3.6 Диалоговое окно “Огибающие”

Это окно предназначено для решения следующей частной задачи — определение невыгодных основных сочетаний многих нагрузок, которые действуют на изгибаемые элементы.

Необходимо отметить, что в числе временных нагрузок неявно присутствует и полностью нулевая (она реализует возможность отсутствия всех временных нагрузок). Поэтому при подсчете максимальных значений (например, моментов) учитывается наибольшее из числа положительных моментов и нулевого значения, а при определении минимальных значений — наименьшее из отрицательных моментов и нуля.

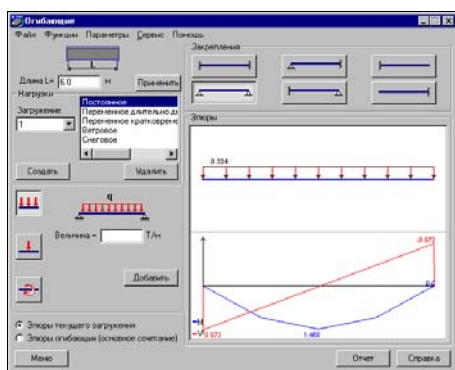


Рис. 3-8

3.6.1. В диалоговом окне (Рис. 3-8) в первую очередь задается пролет балки. С помощью расположенных справа сверху кнопок выбирается один из способов опирания — шарнирное опирание с двух сторон; двустороннее защемление; шарнир с одной стороны и защемление с другой или консольная схема.

Кристалл предусматривает возможность расчета на несколько (до десяти) вариантов нагружения, при этом каждое нагружение может состоять из нескольких нагрузок.

Перед вводом очередного нагружения (включая первое) следует нажать кнопку **Создать** в группе **Нагрузки**. После этого в окне **Нагружение** появится его номер, а в списке видов нагружения — меню, с помощью которого необходимо выбрать вид рассматриваемого нагружения — **Постоянное**, **Переменное длительно действующее**, **Переменное кратковременное**, **Снеговое** или **Ветровое**. Вид нагружения определяет коэффициенты сочетаний по СНиП 2.01.07-85, с которыми будут учитываться нагрузки этого нагружения при определении комбинации нагрузок.

Для каждого нагружения можно задать несколько компонентов нагрузки, входящих в нагружение. При вводе нагрузок используются три кнопки, которые указывают тип нагрузки (равномерно распределенная по пролету, сосредоточенная сила, сосредоточенный момент). При нажатии соответствующей кнопки открываются поля для ввода необходимых характеристик:

- для распределенных нагрузок — интенсивности нагрузки;
- для сосредоточенной силы — величины силы и ее положения в пролете;
- для сосредоточенного момента — величины момента и его положения в пролете.

Предполагается, что задаются расчетные значения нагрузок.

Задав характеристики нагрузки, необходимо нажать кнопку **Добавить**. Для удаления нагружения (но не отдельной нагрузки, входящей в него) используется кнопка **Удалить**.

Переход к следующему нагружению реализуется кнопкой **Создать**, при нажатии которой количество рассматриваемых нагружений автоматически увеличивается на единицу. Если необходимо уточнить данные по любому из ранее введенных нагружений, к нему можно вернуться, выбрав его в списке **Нагружение**.

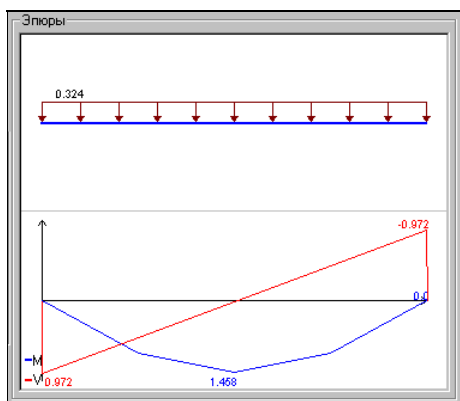


Рис. 3-9

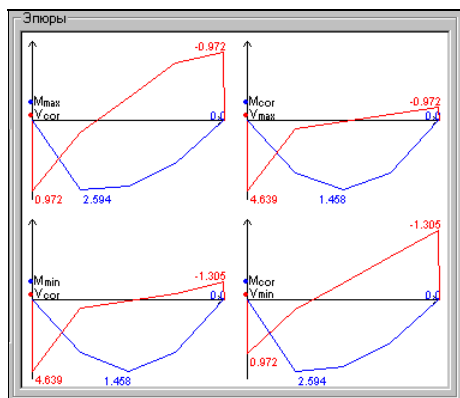
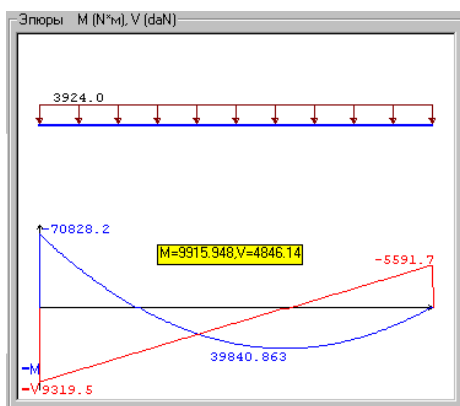


Рис. 3-10



3.6.2. Как только нагрузка задана и введена (нажата кнопка **Добавить**), в поле **Нагрузки** появляется ее изображение. Под ним выводится совмещенная схема эпюры моментов и поперечных сил (Рис. 3-9). После ввода всех загрузений можно просмотреть, какой вид имеют значения экстремальных моментов и соответствующих им поперечных сил, а также экстремальных поперечных сил и соответствующих им моментов. Для этого следует выбрать режим **Эпюры огibaющих (основное сочетание)**, что приведет к появлению в окне **Эпюры** соответствующих графиков (Рис. 3-10). На них показаны экстремальные по длине балки значения рассматриваемых факторов (экстремальные моменты и соответствующие им поперечные силы, экстремальные поперечные силы и соответствующие им моменты).

Отметим, что в эпюрах моментов и поперечных сил невозможно представить два различных значения в одном и том же поперечном сечении балки. Поэтому в тех случаях, когда имеется скачок значений (в эпюре моментов при действии сосредоточенного момента и в эпюре поперечных сил при действии сосредоточенной силы), он не дается явно на эпюре. Взамен приводятся значения в двух различных, хотя и близко расположенных сечениях. В связи с этим возможно кажущееся нарушение условий равновесия.

Ограничение реализации — программа оперирует расчетными значениями нагрузок. Умножение их на коэффициент надежности по нагрузке γ_f должно быть выполнено пользователем.

Кроме того, при нажатой левой клавише мыши на экране выводится значение момента и перерезывающей силы в конкретном сечении, которое соответствует положению мыши.

3.7 Диалоговое окно “Геометрические характеристики”

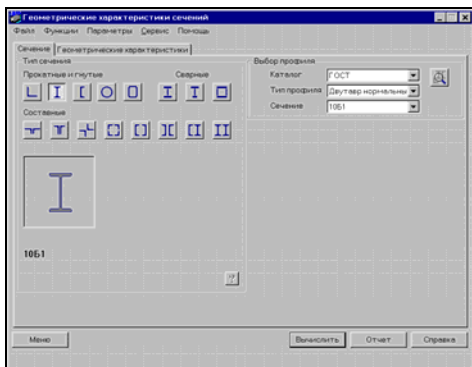


Рис. 3-11

Это двухстраничное окно реализует все вычисления геометрических характеристик поперечных сечений таким же образом, как это было описано выше в разделе 2.4. Все исходные данные вводятся на странице **Сечение** (Рис. 3-11). Результаты в форме, представленной на Рис. 3-12, выдаются на странице **Геометрические характеристики**.

Никаких отличий в технологии использования этого режима по сравнению с указаниями в разделе 2.4 не существует.

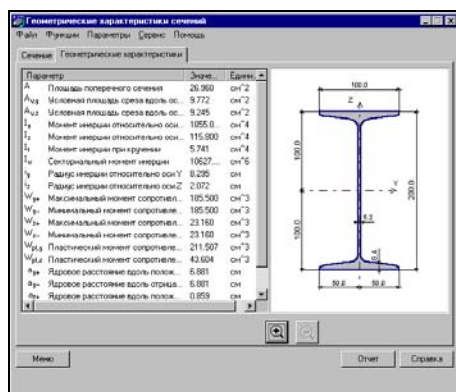


Рис. 3-12

3.8 Диалоговое окно “Расчетные длины”

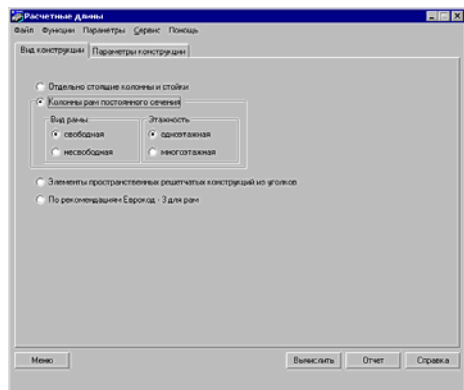


Рис. 3-13

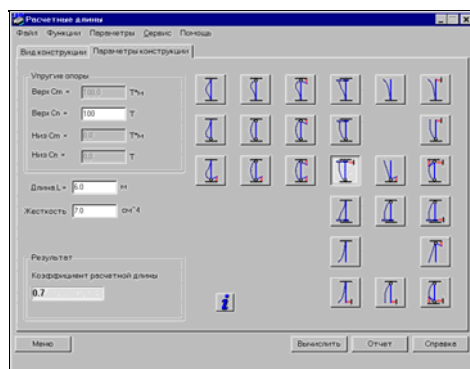


Рис. 3-14

С помощью этого режима решается задача определения расчетной длины элементов по рекомендациям раздела 6 СНиП II-23-81* и Еврокода-3. Поскольку проблема по сути является задачей строительной механики, использование рекомендаций Еврокода-3 не может считаться недопустимым. Результатом работы является величина коэффициента расчетной длины или значение гибкости элемента.

3.8.1. Основное окно (Рис. 3-13) содержит две закладки. На первой из них, **Вид конструкции** - реализуется выбор конструкции, подлежащей рассмотрению. Могут быть выбраны:

- отдельно стоящие колонны и стойки;
- колонны рам постоянного сечения (по СНиП и Еврокоду-3 [10]);
- элементы пространственных решетчатых конструкций из уголков.

Предусмотренные п.п.6.1 — 6.4 СНиП II-23-81* решения для элементов ферм реализованы в режиме **Элементы ферм** (см. далее).

После выбора вида конструкций активизируется страница **Параметры конструкции**, конфигурация которой зависит от сделанного выбора.

3.8.2. При выборе вида конструкций **Отдельно стоящие колонны и стойки** появится страница с изображением 25-ти возможных вариантов концевых закреплений (Рис. 3-14).

Для варианта закреплений с идеализированными граничными условиями (нажата соответствующая кнопка) в окне **Коэффициент расчетной длины** появляется его значение в соответствии с указаниями табл.71,а СНиП II-23-81*. При этом рассматриваются только случаи нагружения силой на конце.

Если выбраны концевые закрепления с упругими опорами относительно смещений или поворотов, то в соответствующих полях ввода необходимо задать числовую информацию о жесткости опор. После нажатия кнопки **Вычислить** в окне результатов будет выдан ответ, полученный по формулам “Пособия по проектированию стальных конструкций (к СНиП II-23-81*) / ЦНИИСК им. Кучеренко”.

Замечание: В некоторых схемах при недостаточно жестких закреплениях стойка может потерять устойчивость как жесткое целое. В таких случаях в качестве результата выдается значение, соответствующее наименьшей критической силе, реализующейся с деформацией элемента.

3.8.3. При выборе вида конструкций **Колонны рам постоянного сечения** и указания на тип рамы (**свободная / несвободная** и **одноэтажная / многоэтажная**) раскрывается одно из четырех возможных окон

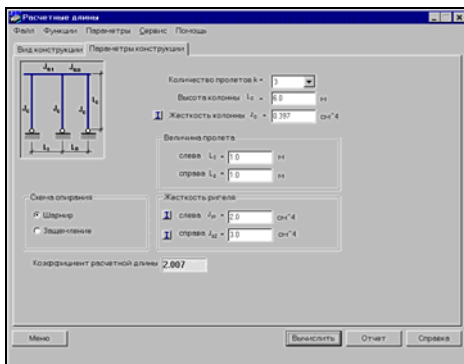


Рис. 3-15

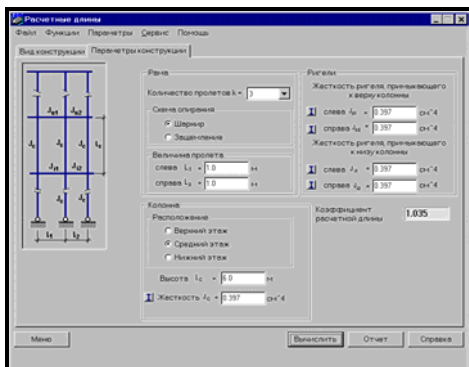



Рис. 3-16

с изображением соответствующей расчетной схемы (примеры на Рис. 3-15 и Рис. 3-16) и полями ввода для задания необходимой информации. Задача решается только в плоскости рамы, рассматривается только вариант жесткого соединения ригелей с колоннами.

Набор рассматриваемых задач соответствует п.6.10* СНиП II-23-81* и табл. 17,а. При этом считается, что все стойки рамы имеют одинаковую жесткость и загружены одинаковыми продольными силами. В связи с этим формула (71)* не используется. Следует также отметить, что при рассмотрении двухэтажных рам понятие “средний этаж” не должно использоваться, а в несвободных рамах результат не зависит от числа пролетов. Поэтому соответствующее поле ввода оказывается закрытым.

Поскольку у многопролетных свободных рам расчетные длины крайней и средней колонн разнятся между собой, что не учитывается напрямую, то рекомендуется следующий прием — для средних колонн решение отыскивается как для многопролетной рамы, а для крайних колонн используется решение для однопролетной рамы. Для однопролетных рам условно используются обозначения длин и жесткостей по левой стороне от рассматриваемой стойки.

Определение расчетных длин отдельных участков ступенчатых колонн, колонн из плоскости рамы и ветвей плоских опор транспортерных галерей не выполняется.

Если элементы рамы являются прокатными сечениями, то имеется возможность выбрать жесткость из сортамента, нажав кнопку . При этом появляется диалоговое окно, в котором следует выбрать соответствующий профиль и нажать кнопку **Применить** для жесткости I_y или I_z .

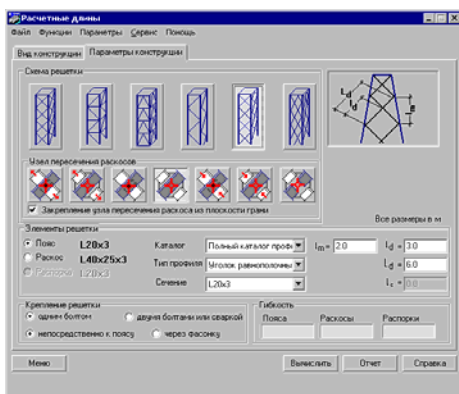


Рис. 3-17

3.8.4. Если выбраны элементы пространственных решетчатых конструкций из уголков, открывается окно (Рис. 3-17) с изображением схем, предусмотренных п.6.5 СНиП II-23-81*. Выбор варианта конструктивного решения реализуется нажатием кнопки с соответствующей схемой, при этом открывается набор полей ввода, в которых задаются данные о геометрических длинах элементов. Их сечения выбираются из сортамента с использованием обычной технологии, принятой в программе, отличием является лишь то, что перед выбором сечения необходимо нажать радиокнопку, которой отмечается элемент (пояс, раскос, распорка), сечение которого выбирается. Для поясов и распорок допускаются только равнополочные уголки, пересекающиеся раскосы могут быть приняты из неравнополочных уголков, но при этом предполагается, что они крепятся к поясу узкой полкой.

Кроме того необходимо нажать одну из

расположенных ниже схемы кнопок, чтобы указать на рассматриваемое конструктивное решение узла пересечения элементов решетки и вид усилия в подкрепляющем элементе в соответствии с табл.14* СНиП II-23-81* (рассматривается сжатый элемент, выделенный более темным цветом на пиктограмме). Если этот узел раскреплен из плоскости грани, то необходимо указать на это выбором маркера.

Нажатием соответствующей радиокнопки в группе **Крепление решетки** необходимо выбрать одно из предлагаемых конструктивных решений. При этом предполагается, что это конструктивное решение относится к обоим концам элемента решетки. Конструкции, у которых, например, на одном конце крепление выполнено непосредственно к поясу, а на другом конце - через фасонку, **Кристалл** не рассматривает.

Поскольку для пространственных конструкций таблицей 13* СНиП II-23-81* предусмотрены различные случаи использования жесткостных характеристик сечения (по главным осям инерции или по осям, параллельным полкам), то выдача коэффициента расчетной длины потребовала бы указания на то, какой вариант используется. В связи с этим в этом окне (в отличие от всех других случаев) после нажатия кнопки **Вычислить** выдаются гибкости сжатых элементов, а не коэффициенты расчетной длины.

Для элементов решетки **Кристалл** выдает большее из двух значений гибкости (в плоскости и из плоскости грани), которое и контролируется таблицей 19* СНиП II-23-81*.

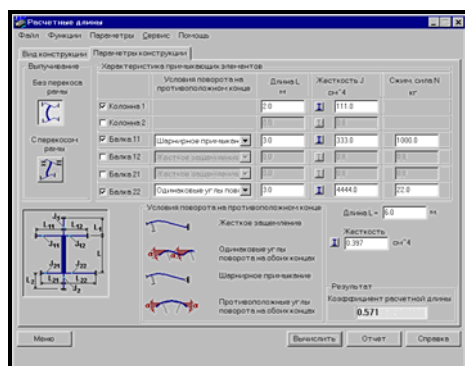


Рис. 3-18

3.8.5. Если выбран режим **По рекомендациям Еврокод-3 для рам**, на странице **Параметры конструкции** появляется схема с изображением рассчитываемой стойки в окружении примыкающих к ней ригелей и колонн, расположенных выше и ниже стойки (Рис. 3-18). В таблицу вносятся данные об этих элементах окружения. При этом, если какой либо из них отсутствует (не помечен в первом столбце таблицы), то и соответствующие поля ввода информации не будут открыты.

Все расчеты выполняются в соответствии с рекомендациями приложения Е к ENV 1993-1-1 [10].

3.9 Диалоговое окно “Материалы для сварки”

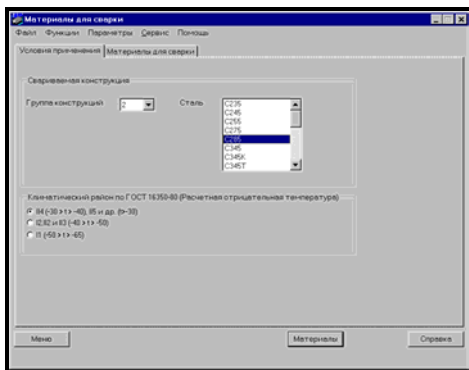


Рис. 3-19

С помощью этого двухстраничного окна реализуется функция выбора сварочных материалов для проектируемой конструкции. Выбор реализуется в соответствии с указаниями табл.55* СНиП II-23-81*.

3.9.1. Страница Условия применения (Рис. 3-19) содержит две группы данных.

В группе **Свариваемая конструкция** необходимо задать номер группы (по табл. 50 СНиП или по результатам работы режима стали), к которой относится свариваемая конструкция и указать сталь, из которой эта конструкция запроектирована.

Во второй группе (**Климатический район по ГОСТ 16350-80**) указывается один из предусмотренных в СНиП температурных режимов эксплуатации.

После заполнения всех данных первой страницы необходимо нажать кнопку **Материалы**, после этого откроется вторая страница рассматриваемого окна.

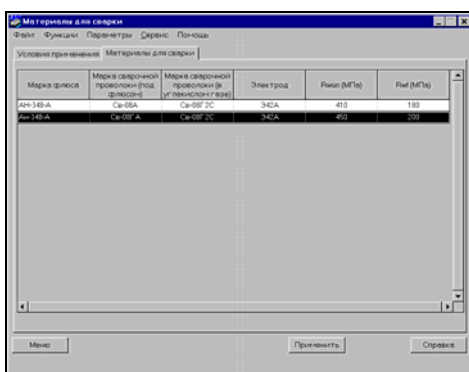
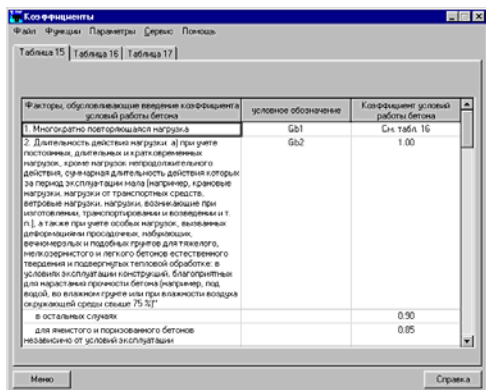


Рис. 3-20

3.9.2. Страница Материалы для сварки (Рис. 3-20) содержит список рекомендуемых материалов (марки флюса и сварочной проволоки, типы электродов). Отметив в списке требуемую строку, можно нажать кнопку **Применить**, тогда данные о выбранных материалах будут использоваться при проверке несущей способности сварного соединения.

3.10 Диалоговое окно “Предельные прогибы”



Диалоговое окно функции **Предельные прогибы**

На страницах этого окна представлены данные из таблиц 19, 21 и 22 СНиП. 2.01.07-85* “Нагрузки и воздействия”

4. Проверки

4.1 Диалоговое окно “Соппротивление сечений”

4.1.1. С помощью этого многостраничного окна реализуется функция определения несущей способности любого из предусмотренных в программе поперечных сечений.

В общем случае, расчеты выполняются на действие продольной силы, изгибающих моментов и поперечных сил, действующих в главных плоскостях инерции (за исключением сечения из одиночного уголка, для которого СНиП не дает рекомендаций по расчету на изгиб). Реализован весь комплекс проверок по прочности, устойчивости и предельной гибкости в соответствии с разделом 5 СНиП II-23-81* со следующими исключениями:

- растянутые стержни не проверяются на прочность по формуле (6), как элементы, эксплуатация которых возможна после достижения предела текучести;
- не использовано разрешение последнего абзаца п.5.25 выполнять проверку по формуле (49) при условии обеспечения местной устойчивости;
- вычисления значений приведенной гибкости сквозных стержней выполнены по более точным формулам табл.13 Пособия, а не по п.5.6 СНиП;
- при определении коэффициента φ_6 в запас прочности принято, что нагрузка имеет вид равномерно распределенной и приложена к сжатому поясу, который не закреплен в пролете от потери устойчивости.

Набор проверок по СНиП II-23-81* определяется типом поперечного сечения элемента и комплектом действующих на него нагрузок.

Сплошные стержни проверяются по:

- прочности при действии продольной силы N — п.5.1;
- устойчивости при сжатии в плоскостях XOZ и XOY — п. 5.3; при этом сечения типа 10 проверяются на устойчивость в плоскостях XOU и XOV ;
- прочности при действии изгибающего момента M_y или M_z — п.5.12;
- прочности при действии поперечной силы V_z или V_y — пп.5.12, 5.18;
- прочности при совместном действии N , M_y и M_z — пп. 5.24, 5.25;
- устойчивости в плоскости XOZ или XOY при внецентренном сжатии — п.5.27 (для сечения из одиночного уголка проверка происходит по главным плоскостям XOU и XOV , хотя обозначения не меняются);
- устойчивости из плоскости XOZ или XOY при внецентренном сжатии — пп.5.30-5.32; сечения типа 8,9,10 не проверяются;
- устойчивости плоской формы изгиба при действии

момента M_y — п.5.15; сечения типа 7,8,9,10 не проверяются;

- устойчивости при сжатии с двухосным эксцентриситетом — п.5.34;
- чрезмерным деформациям растянутого волокна — п.5.28.

Сквозные стержни проверяются по:

- прочности ветви при действии продольной силы N — п.5.1;
- общей устойчивости стержня в плоскостях XOZ и XOY при центральном сжатии — п. 5.6,
- прочности ветви при действии поперечной силы V_z или V_y — пп.5.12, 5.18;
- прочности ветви при действии изгибающего момента M_y или M_z — п.5.12;
- прочности ветви при совместном действии N , M_y и M_z — пп. 5.24, 5.25;
- устойчивости ветви в плоскости действия момента M_z или M_y — п.5.27;
- устойчивости ветви из плоскости действия момента M_z или M_y — пп.5.30-5.32;
- устойчивости плоской формы изгиба ветви — п.5.15;
- устойчивости ветви при сжатии с двухосным эксцентриситетом — п.5.34;
- устойчивости ветви при сжатии в плоскости XOZ и XOY — пп. 5.3.
- прочности решетки или планок, соединяющих ветви.

При проверках по гибкости используются значения, заданные в режиме **Предельные гибкости**.

Выполняются проверки только поперечного сечения элемента. **Не предусмотрены проверки:**

- ослабленных сечений, в которых имеются отверстия для болтов;
- устойчивости стенок с учетом их подкрепления ребрами жесткости для двутавровых, швеллерных и коробчатых элементов.
- Для швеллерных и коробчатых сечений не выполняются проверки местной устойчивости стенок с учетом их подкрепления ребрами жесткости.
- Расчет соединительных решеток и планок предусматривается только для режима "Стойки".
- Проверка местного напряжения в стенке балки по п.5.13 СНиП предусмотрена только в режиме "Балки".
- Расчет прочности элементов, изгибаемых в двух главных плоскостях, отдельно не выполняется. Эта проверка включена в состав проверки прочности при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов как частный случай при $N=0$.
- Не выполняется проверка прочности неразрезных и защемленных с учетом перераспределения усилий в

пластической стадии по пп.5.19, 5.20, 5.22, 5.23 СНиП.

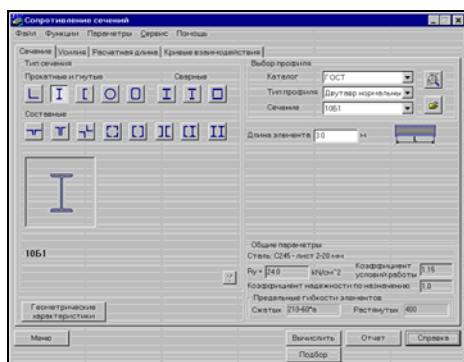


Рис. 4-1

4.1.2. Окно содержит четыре закладки:

- **Сечения**
- **Усилия**
- **Расчетная длина**
- **Кривые взаимодействия**


Страница **Сечения** (Рис. 4-1) содержит шестнадцать кнопок, нажатие которых реализует выбор типа поперечного сечения. Работа с этим окном полностью описана в разделе 2.4.



Кроме этого имеется кнопка , при нажатии которой открывается доступ к архиву файлов с результатами работы калькулятора **Конструктор сечений**. После обычной процедуры выбора, предусмотренной операционной системой, появляется возможность проверки произвольного сечения, созданного указанным калькулятором. Поскольку СНиП не дает рекомендаций по определению некоторых параметров для расчета произвольных сечений (коэффициента влияния формы сечения η , коэффициентов α и β по табл. 10 и др.), то расчет выполняется в запас надежности при самых неблагоприятных значениях этих величин, а проверка устойчивости плоской формы изгиба вообще не выполняется в предположении, что возможность такой формы потери устойчивости исключена применением соответствующих раскреплений.

Страница **Усилия** (Рис. 4-2) предназначена для ввода усилий, действующих на поперечное сечение элемента. На ней представлена условная схема (двутавр) поперечного сечения с изображением главных осей инерции, а также показаны положительные направления усилий. На странице Усилия расположена таблица, в которую могут быть записаны как расчетные сочетания усилий, так и усилия от отдельных загрузок, которые в процессе расчета будут рассматриваться как взаимоисключающие.

Проверка сечения на заданные усилия выполняется по нажатию кнопки **Вычислить**. В результате проверки выдается максимальное значение коэффициента использования ограниченной и наименование фактора, которым это значение определяется. Значения коэффициента использования для других факторов можно получить в окне **Диаграмма факторов**, которое вызывается нажатием кнопки **Факторы**.

Если файлы с расчетными сочетаниями усилий были подготовлены заранее (например, в комплексе SCAD), то их можно прочитать, воспользовавшись кнопкой , расположенной в верхней части окна **Усилия**. Там же находится и кнопка **Очистить** для удаления данных из таблицы усилий.

Страница **Расчетная длина** является точной копией страницы **Отдельно стоящие колонны и стойки** из режима

Расчетные длины и предлагает 26 возможных вариантов концевых закреплений (см. Рис. 3-14) для сжатого стержневого элемента, отличающихся друг от друга комбинациями граничных условий (свободный конец, шарнир, упругое опирание, упругое защемление, полное защемление). Работа с этим окном полностью описана в разделе 3.8.

4.1.3. После того как задано сечение, усилия и определена расчетная длина, можно нажать всегда доступную кнопку **Вычислить** и в окне **Kmax**, расположенном внизу, получить максимальное (т.е. наиболее опасное) значение из проверенных коэффициентов использования ограничений и тип проверки (прочность, устойчивость, местная устойчивость т.п.), при которой этот максимум реализовался. Можно оперативно ознакомиться и со значениями всех других коэффициентов использования ограничений. Для этого используется кнопка **Факторы**, которая становится доступной после выполнения расчета. В окне **Диаграмма факторов** (Рис. 4-3) в числовой и графической формах представлены значения соответствующих коэффициентов.

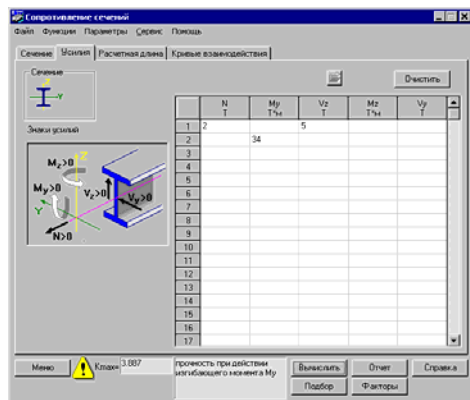


Рис. 4-2

Кроме того, на странице **Кривые взаимодействия** (Рис. 4-4) можно построить кривые взаимодействия, ограничивающие область несущей способности сечения при действии на него различных пар усилий, которые могут быть приложены к рассматриваемому сечению (эти пары отмеченные плюсом в следующей таблице).

	N	M_y	V_z	M_z	V_y
N		+	-	+	-
M_y			+	+	-
V_z				-	-
M_z					+
V_y					

Проверка	Коэффициент
прочность при действии изгибающего момента M_x	0.953
прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов	0.6
устойчивость при сжатии в плоскости XOY	0.056
устойчивость в плоскости действия момента M_x при взаимодействии сжатия	0.218
устойчивость на плоскости действия момента M_x при взаимодействии сжатия	1.100
устойчивость плоской формы изгиба	0.637

Рис. 4-3

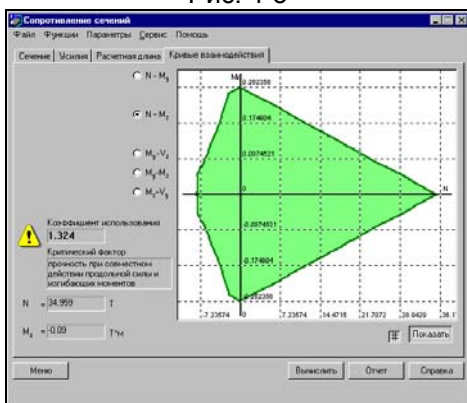



Рис. 4-4

4.2 Диалоговое окно “Болтовые соединения”

Для получения такой кривой необходимо нажать кнопку **Показать**, которая расположена рядом с окном вывода. Выбор пар усилий реализуется нажатием одной из кнопок типа $N - M_x$, а нажатие кнопки \square приводит к появлению сетки в поле отображения.

Кривые (см. Рис. 4-4) окружают начало координат замкнутой линией, внутри которой располагаются точки с условно допустимыми парами рассматриваемых усилий. Напомним, что пара усилий считается допустимой, когда $K_{max} \leq 1,0$. При этом все остальные усилия полагаются равными нулю.

С помощью курсора можно обследовать всю представленную на графике область изменения усилий. Каждому положению курсора соответствует определенная пара числовых значений действующих усилий, которая отображается в полях, расположенных внизу слева. Одновременно выводится и максимальное значение коэффициента использования ограничений, соответствующее этим усилиям и тип проверки, при которой он вычислен. Если курсор располагается в недопустимой точке ($K_{max} > 1,0$), то появляется предупреждающий сигнал .

4.2.1. Этот режим дает возможности проверки болтовых соединений следующих трех основных типов:

- присоединений одиночных и спаренных уголков к фасонке;
- соединения листовых деталей на накладках;
- присоединений стенки балки на накладках.

Набор проверок по СНиП II-23-81* определяется типом соединений и комплектом действующих на него нагрузок.

Примыкания уголков проверяются по:

- смятию уголка — п. 11.7;
- срезу болта — п. 11.7;
- прочности ослабленного сечения уголка — п. 5.1.

Соединения на накладках проверяются по:

- смятию накладки — п. 11.7;
- смятию стенки — п. 11.7;
- срезу болтов — п. 11.7;
- прочности ослабленного сечения накладки — п. 5.1.

Присоединение стенки балки проверяются по:

- смятию накладки — п. 11.7;

- смятию стенки— п.11.7;
- срезу болтов— п.11.7;
- прочности ослабленного сечения накладки;
- прочности ослабленного сечения балки.

Ограничение реализации — при выполнении проверки болта на срез в запас прочности используется ослабленное резьбой сечение, поскольку фактическое выполнение требований п.12.18* СНиП II-23-81* во многих случаях не контролируется (например, при проверке несущей способности эксплуатируемых конструкций [6]).

Во всех случаях диаметр болтового отверстия принят на 3 мм больше диаметра болта.

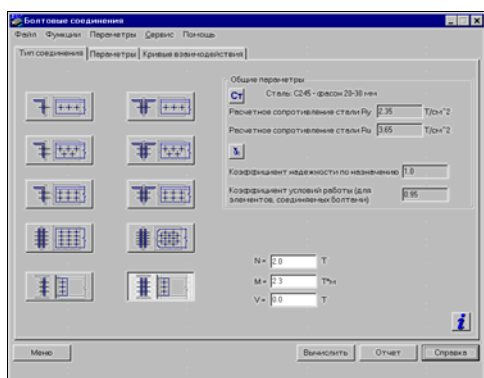


Рис. 4-5

4.2.2. Окно содержит три закладки:

- **тип соединения;**
- **параметры;**
- **кривые взаимодействия.**

Первая из них (Рис. 4-5) содержит девять кнопок, с помощью которых можно выбрать тип проверяемой конструкции. Кроме того здесь располагаются окна ввода данных об усилиях, действующих на соединение.

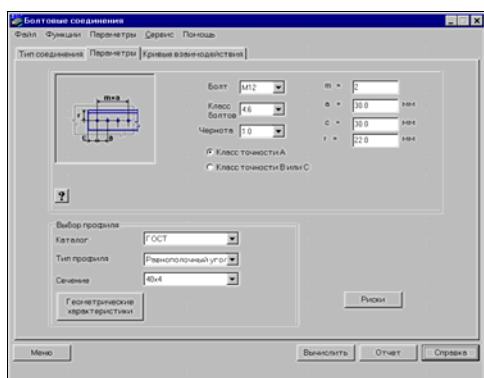



Рис. 4-6

4.2.3. Закладка **Параметры** (Рис. 4-6) предназначена для задания информации о размерах соединения, диаметре и классе используемых болтов, черноте (разности номинальных диаметров отверстий и болтов). Последние данные могли поступить из режима **Болты** по команде **Применить** (если не задан режим сохранения последних данных в общих параметрах работы программы) или же заданы непосредственно.

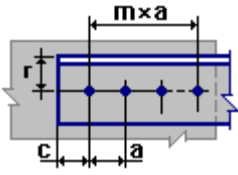
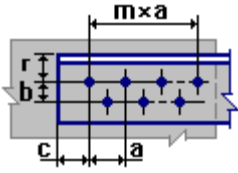
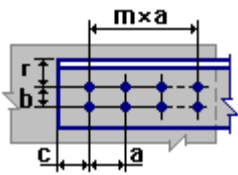
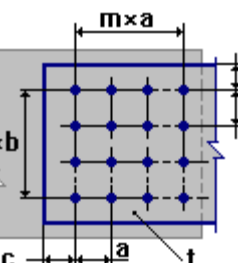
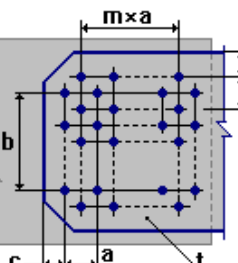
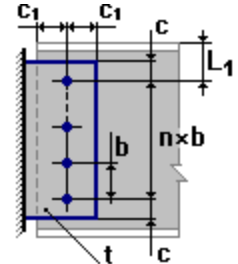
Программа контролирует задаваемые размеры на соответствие требованиям п.12.19* СНиП II-23-81*. Проверяемые величины представлены в таблице 4.1.

Кроме того, в соответствующих окнах находится

кнопка , нажатие которой позволяет оперативно просмотреть используемые ограничения размеров.

Для конструкций, использующих прокатные профили (уголки, двутавры), открывается возможность нажать кнопку **Риски** и получить справку о рекомендуемом расположении болтовых отверстий в пределах прокатного профиля.

Таблица 4.1

Эскиз узла	Контроль исходных данных (см. табл.39 СНиП II-23-81*)
	$m \geq 0$ $c_{\max L} \geq c \geq 1,5d_0$ $a_{\max L} \geq a \geq a_{\min};$ $r \geq 0,95d_0 + R_1 + t_L$ $b_L - r \geq 1,2d_0$
	$m \geq 1$ $c_{\max L} \geq c \geq 1,5d_0$ $a_{\max L} \geq a \geq a_{\min}; \quad a_{\max L} \geq b \geq 0,5a_{\min}$ $r \geq 0,95d_0 + R_1 + t_L$ $b_L - r - b \geq 1,2d_0$
	$m \geq 1$ $c_{\max L} \geq c \geq 1,5d_0$ $a_{\max L} \geq a \geq a_{\min}; \quad a_{\max L} \geq b \geq a_{\min}$ $r \geq 0,95d_0 + R_1 + t_L$ $b_L - r - b \geq 1,2d_0$
	$m \geq 1$ $n \geq 1$ $c_{\max} \geq c \geq 1,5d_0$ $a_{\max T} \geq a \geq a_{\min}; \quad a_{\max T} \geq b \geq a_{\min}$
	$m \geq 1$ $n \geq 1$ $c_{\max} \geq c_1 \geq 1,5d_0$ $a_{\max T} \geq a \geq a_{\min}; \quad a_{\max T} \geq b \geq a_{\min}$
	$n \geq 1$ $c_{\max} \geq c_1 \geq 1,5d_0$ $c_1 \geq 1,5d_0$ $a_{\max} \geq b \geq a_{\min}$ $H - nb \geq 2L_1$ $L_1 - c \geq (H - h_w)/2$

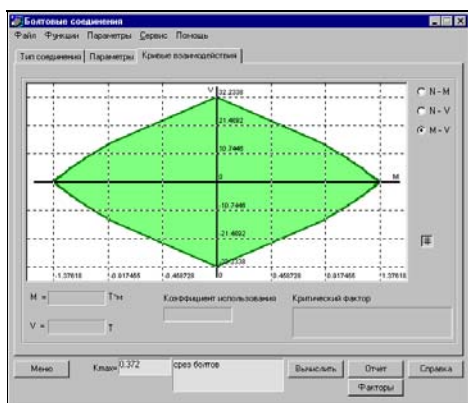


Рис. 4-7

4.2.4. Закладка **Кривые взаимодействия** (Рис. 4-7) содержит окно, в которое выводится кривые взаимодействия силовых факторов, ограничивающие область несущей способности соединения. Она полностью аналогична такой же закладке из режима **Сопротивление сечений** (см. раздел 4.1.3).

4.3 Диалоговое окно “Фрикционные соединения”

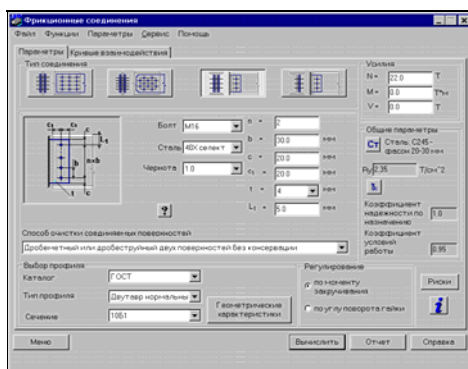


Рис. 4-8

4.3.1. Это окно и методы работы с ним во многом повторяет окно **Болтовые соединения**. Режим дает возможности проверки болтовых соединений на высокопрочных болтах следующих типов:

- соединения листовых деталей на накладках;
- присоединений стенки балки на накладках.

Выбор типа соединения реализуется нажатием на соответствующую кнопку страницы **Параметры** (Рис. 4-8). На этой же странице имеются поля для ввода данных о размерах соединения и задания усилий, действующих на него. Предусмотренные таблицей 36* СНиП II-23-81* коэффициенты трения μ и коэффициенты надежности γ_n определяются программой в зависимости от значения, выбранного в окне выбора данных **Способ очистки соединяемых поверхностей** и указанного пользователем с помощью радиокнопки способа регулирования. При этом для определения γ_n принимается, что разность номинальных диаметров отверстий и болтов при статической нагрузке равна 1-4 мм.

Набор проверок по СНиП II-23-81* определяется типом соединений и комплектом действующих на него нагрузок.

Соединения проверяются по:

- несущей способности болтов — п.11.13*;
- прочности ослабленного сечения накладки — п.5.1.
- прочности ослабленного сечения стенки балки — п.5.1.

С помощью закладки **Кривые взаимодействия** (Рис. 4-7) открывается страница, на которой можно построить кривые взаимодействия силовых факторов, ограничивающие область несущей способности соединения. Она полностью аналогична такой же

странице из режима **Болтовые соединения**.

4.4 Диалоговое окно “Местная устойчивость”

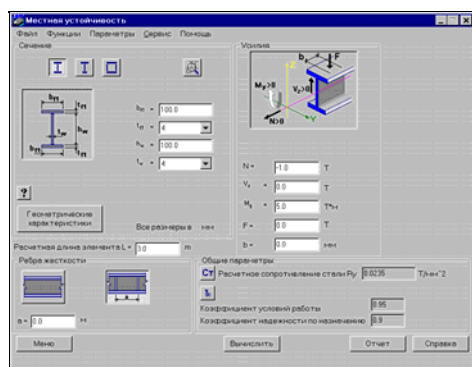


Рис. 4-10

Этот режим реализует проверки местной устойчивости элементов с поперечным сечением в форме симметричных и асимметричных двутавров, а также коробчатых сечений. Ввод исходных данных и представление результатов выполняются в окне, показанном на Рис. 4-10.

Выполняются проверки местной устойчивости стенок для балочных конструкций (за исключением балок с гибкой стенкой по п.18 СНиП II-23-81* и подкрановых конструкций). Рассматриваются только схемы с поперечными двусторонними ребрами жесткости на всю высоту стенки или схемы без ребер.

Выполняются проверки по:

- уровню критических напряжений в стенке изгибаемых элементов — п.7.3, 7.4, 7.6;
- критическому соотношению высоты и толщины стенки для внецентренно-сжатых и сжато-изгибаемых элементов — п.7.16;
- критическому соотношению свеса и толщины полки — п.7.22.

Как обычно, предусматривается определение значения K_{max} и просмотр значений всех факторов с использованием диаграммы, раскрывающейся при нажатии кнопки **Факторы**.

Ограничение реализации — не рассматриваются конструкции подкрановых балок и односторонние ребра жесткости.

4.5 Диалоговое окно “Сварные соединения”

4.5.1. Этот режим дает возможности проверки сварных соединений следующих трех основных типов:

- присоединения одиночных и спаренных уголков к фасонке;
- нахлесточные присоединения листов;
- торцевое присоединение листа, двутавра, швеллера или прямоугольной трубы.

Набор проверок по СНиП II-23-81* определяется типом соединений и комплектом действующих на него нагрузок. Все типы соединений проверяются в соответствии с указаниями п. 11.2, а в необходимых случаях и - п.п.11.3, 11.5 СНиП II-23-81*.

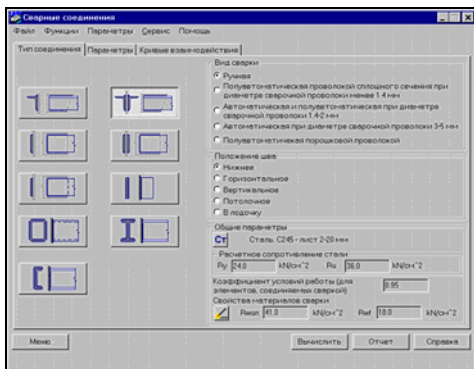


Рис. 4-11

4.5.2. Окно содержит три закладки:

- тип соединения;
- параметры;
- кривые взаимодействия.

Первая из них (Рис. 4-11) содержит девять кнопок, с помощью которых можно выбрать тип проверяемой конструкции. Кроме того здесь располагаются две группы данных о виде сварки и положении шва в процессе производства работ. Необходимо в каждой группе указать на один из альтернативных вариантов, что дает возможность определить коэффициенты β_f и β_z в соответствии с таблицей 34* СНиП II-23-81*.

Другие параметры, участвующие в расчете, были определены ранее при работе режимов **Стали**, **Материалы для сварки**, **Коэффициенты условий работы**. Их значения демонстрируются в соответствующих окнах и при желании могут быть изменены пользователем.

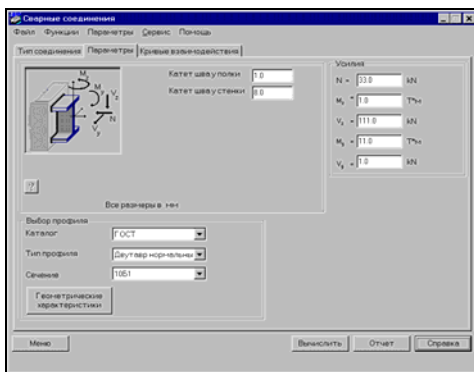


Рис. 4-12

4.5.3. Закладка **Параметры** (Рис. 4-12)

предназначена для задания информации о размерах соединения и для ввода данных об усилиях, действующих на соединение. Здесь же задаются катеты швов. Калькулятор контролирует их на соответствие требованиям п.12.8 СНиП II-23-81*. Проверяемые величины представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Эскиз узла	Контроль исходных данных
	$0 \leq \varphi < 45^\circ$ $b \pm h \operatorname{tg} \varphi \geq 4 \text{ см}$ $t \geq 0.8 t_{\text{уголка}}$
	$b \geq 4 \text{ см}$ $h \geq 4 \text{ см}$

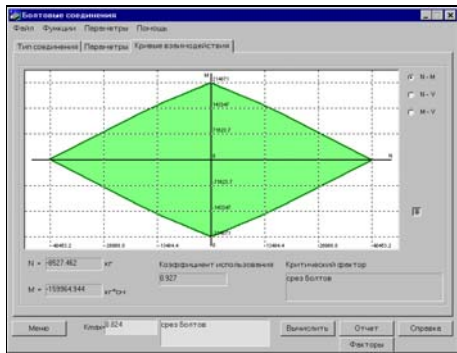


Рис. 4-13

4.5.4. Зкладка Кривые взаимодействия (Рис. 4-13) содержит окно, в которое выводятся кривые взаимодействия силовых факторов, ограничивающие область несущей способности соединения. Она полностью аналогична такой же закладке из режима **Сопротивление сечений, Болтовые соединения** или **Фрикционные соединения**.

5. Проектирование конструктивных элементов

5.1 Диалоговое окно “Элементы ферм”

С помощью этого режима осуществляются все необходимые проверки элементов ферм на прочность и устойчивость, а также проверяется их нормируемая гибкость. При этом работа начинается с определения расчетных значений усилий от задаваемых внешних нагрузок для схем конструкции, наиболее часто используемых на практике. Возможен вариант работы с подбором сечений из заранее составленного сортамента поперечных сечений.

При работе режима для каждого элемента фермы выполняются проверки по:

- прочности — п. 5.2;
- устойчивости в плоскости и из плоскости фермы — п. 5.3;
- по предельной гибкости — пп.6.15-6.16.

Ограничение реализации: При подборе и проверке элементов ферм приняты следующие значения коэффициента условий работы γ_c :

- 0.95 - поясов, опорных раскосов, растянутых элементов решетки, сжатых элементов решетки крестового сечения;
- 0.8 - сжатых элементов решетки таврового сечения при гибкости их больше 60;

Окно состоит из трех закладок:

- **общие данные**
- **сечения**
- **нагрузки.**

5.1.1. Страница Общие данные (Рис. 5-1) содержит группу из шести кнопок, нажатие на которую приводит к выбору конфигурации фермы. Все они статически определимые и предполагаются закрепленными в крайних узлах нижнего пояса статически определимым способом по балочной схеме.

Для выбранной конфигурации задается пролет фермы и ее высота на опоре, если речь идет о трапециевидной схеме, то указывается уклон верхнего пояса, который можно задать либо в градусах, либо в процентах. К числу главных задаваемых характеристик принадлежит и количество панелей верхнего пояса (обязательно четное число), при этом предполагается, что пролет разбит на панели равномерно.

На этой же странице с помощью радиокнопок указывается вариант раскрепления узлов верхнего и нижнего пояса из плоскости фермы. Наконец, имеется возможность задать предельно допустимое значение прогиба фермы в долях от величины пролета (оно будет сопоставлено с относительным прогибом от действия *расчетных* значений нагрузок).

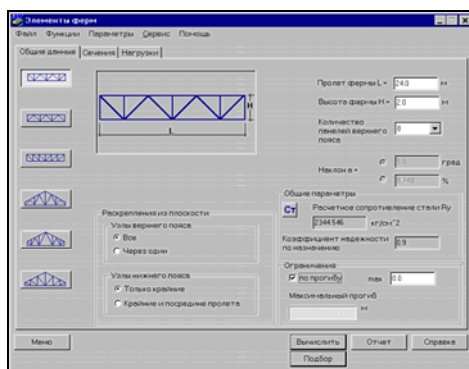


Рис. 5-1

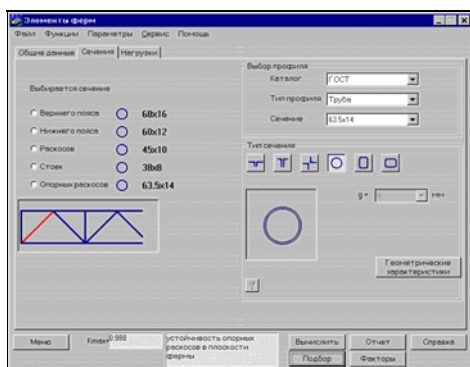


Рис. 5-2

5.1.2. На странице **Сечения** (Рис. 5-2) реализуется выбор задаваемых поперечных сечений основных элементов фермы. Предполагается, что по длине фермы ни сечения поясов, ни сечения элементов решетки не меняются. Все сечения компонуются из парных уголков, располагаемых в форме тавра (равнополочные или неравнополочные уголки, последние в двух вариантах) или в форме креста из равнополочных уголков, а также из труб круглого и прямоугольного сечений.

При выборе сечений используется база данных прокатных профилей и вводится значение зазора между уголками, работа с такими данными описана выше. Выбранный нажатием радиокнопки элемент выделяется на схеме красным цветом, а сечение, на котором остановился пользователь, обозначается в поле выбора.

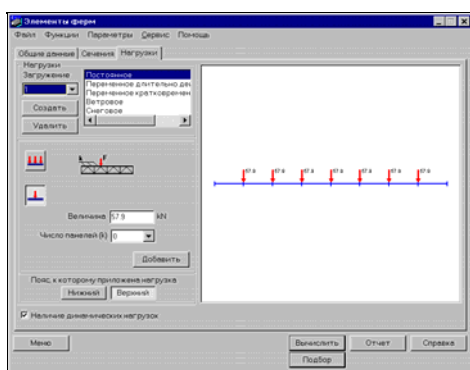


Рис. 5-3

5.1.3. Страница **Нагрузки** (Рис. 5-3) во многом напоминает ту, которая описана в режиме **Огибающие** (см. раздел 3.6.1), однако здесь имеются и свои особенности. Во-первых возможна лишь равномерно распределенная нагрузка и сосредоточенная сила, во вторых, позиция сосредоточенной силы по пролету фермы задается указанием числа панелей верхнего пояса, располагаемых слева от силы. При этом даже в тех случаях, когда нагрузка приложена к нижнему поясу (это является предметом выбора), количество панелей указывается по верхнему поясу фермы.

При нажатии на кнопку выбора пояса, к которому приложена нагрузка, в окне отображения появляется условная схема соответствующего пояса с засечками в месте расположения узлов, а при задании нагрузки (после нажатия на кнопку **Добавить**) — схема соответствующего нагружения со всеми введенными нагрузками.

Ограничение реализации: Предполагается, что в пределах одного нагружения все нагрузки приложены к одному поясу (верхнему или нижнему), выбор которого осуществляется при помощи кнопок Нижний/Верхний.

Внизу окна имеется возможность указать наличие или отсутствие динамических нагрузок на ферме. Если все нагрузки являются статическими, то в соответствии с примечанием 1 к таблице 20* СНИП, проверка гибкости растянутых элементов выполняется только в вертикальной плоскости.

Кнопка **Вычислить**, как всегда, приводит к появлению значения K_{max} и типа проверки (прочность, устойчивость, гибкость), при которой этот максимум реализовался.

Можно оперативно ознакомиться и со значениями все других коэффициентов использования ограничений, используя кнопку **Факторы**, после чего раскроется окно

Диаграмма факторов.

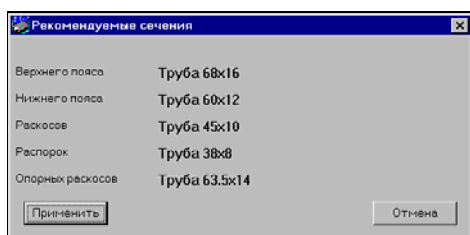


Рис. 5-4

5.1.4. Кнопка Подбор позволяет перейти в режим целенаправленного перебора поперечных сечений элементов фермы с заменой номеров выбранных пользователем профилей (тип поперечного сечения и условия раскрепления не меняются). Программа переходит к следующему большему по площади номеру профиля в каталоге, из которого были первоначально выбраны поперечные сечения, если при проверках рассматриваемого элемента (например, верхнего пояса) было обнаружено значение коэффициента использования ограничений $K > 1$ или к следующему меньшему по площади номеру профиля, если $K < 1$. Такие переходы осуществляются до тех пор, пока по всем проверкам не будет выполнено условие $K < 1$, а замена профиля ближайшим меньшим даст $K > 1$, т.е. найден наименьший из удовлетворяющих требованиям норм профиль. Перебор по различным группам элементов фермы (верхнему и нижнему поясам, раскосам, стойкам) реализуется независимо.

После завершения подбора на экране появляется окно с рекомендациями по выбору поперечных сечений (Рис.5.4).

Пользователь может отвергнуть эти рекомендации (кнопка **Отмена**) или согласиться с ними. В последнем случае нажимается кнопка **Применить** и все рекомендованные сечения будут переданы для выполнения проверочного расчета новой конструкции.

Если в процессе подбора было испробовано максимальное сечение из сортамента и оно дает значение $K > 1$, то в окне появляется соответствующее сообщение и кнопка **Применить** не может использоваться.

5.2 Диалоговое окно “Балки”

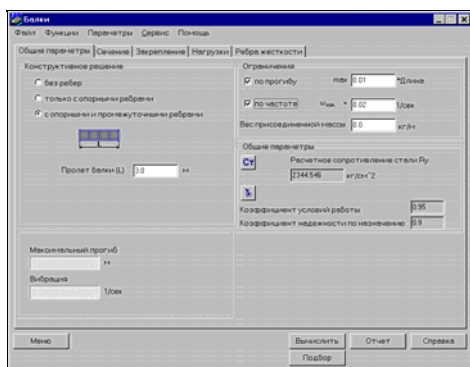


Рис. 5-5

С помощью этого многостраничного окна реализуется проверка балочной конструкции из прокатных и сварных двутавров и швеллеров. Окно имеет пять закладок:

- **Общие параметры**
- **Сечения**
- **Закрепления**
- **Нагрузки**
- **Ребра жесткости**
-

Балки проверяются по:

- прочности при действии изгибающего момента M_y — п.5.12;
- прочности при действии поперечной силы V_z — пп.5.12, 5.18;
- устойчивости плоской формы изгиба при действии момента M_y — п.5.15;
- устойчивости при сжатии с двухосным эксцен-

- триситетом — п.5.34;
- потере устойчивости стенки и свесов полки— пп.7.3, 7.4, 7.6, 7.24;
- выполнению требований к поперечным ребрам жесткости — пп.7.10-7.12.

Ограничения реализации — не выполняется расчет сварных швов, прикрепляющих ребра жесткости и не проверяются минимальные размеры сварных швов по таблице 38* СНиП;
не выполняется проверка устойчивости стенок балок с учетом развития пластических деформаций по п.7.5 СНиП

5.2.1. Страница **Общие параметры** в группе **Конструктивные решения** содержит радиокнопки для указания предполагаемой системы ребер жесткости:

- без ребер;
- только с опорными ребрами;
- с опорными и промежуточными ребрами.

Здесь же задается пролет балки, который является определяющим параметром.

Если выбрана конструкция с промежуточными ребрами, то в соответствующем окне необходимо указать их шаг. Он не обязательно должен быть кратен пролету балки, регулировка выполняется за счет крайних отсеков.

В необходимых случаях пользователь может задать ограничения по абсолютному значению прогиба или по частоте собственных колебаний. В последнем случае имеется возможность указать значение присоединенной массы, которая будет просуммирована с собственной массой конструкции.

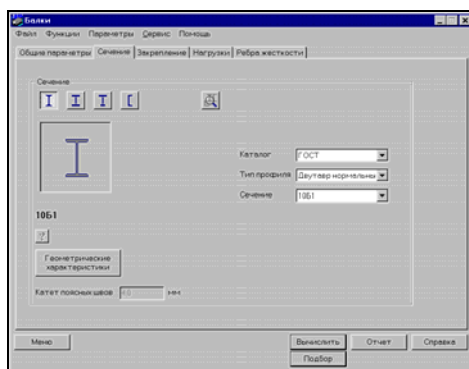


Рис. 5-6

5.2.2. Страница **Сечения** (Рис. 5-6) позволяет задать сведения о поперечном сечении балки. Четыре кнопки дают возможность выбора типа поперечного сечения.

Если задано поперечное сечение из прокатного двутавра или швеллера, то выбор прокатного профиля осуществляется из каталогов. Если поперечное сечение балки — сварной двутавр, то необходимо задать размеры листов, составляющих поперечное сечение. При этом толщины листов могут быть взяты только из предлагаемого списка и соответствуют имеющимся в сорimente.

На этой же странице имеется окно для задания катета поясных швов, которое раскрывается в случае выбора сварного двутавра.

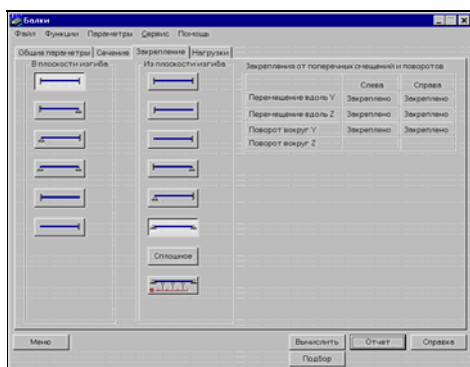


Рис. 5-7

5.2.3. Страница Закрепления (Рис. 5-7) содержит две группы кнопок, с помощью которых указывается система закреплений балки в плоскости изгиба и из плоскости изгиба. Выбор внутри каждой группы осуществляется независимо нажатием кнопки с соответствующей схемой. Если при задании условий закрепления из плоскости изгиба указан последний вариант, то открывается поле для ввода количества участков разбиения пролета балки.

На этой же странице имеется таблица для отображения выбранной системы связей. С ее помощью осуществляется контроль ввода исходных данных.

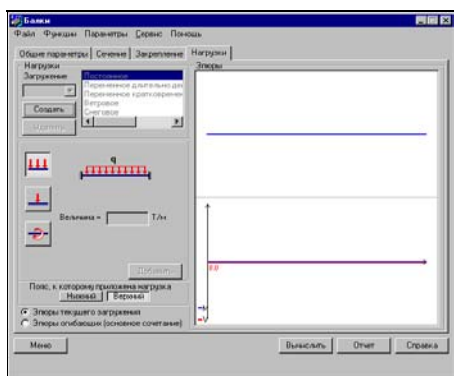


Рис. 5-8

5.2.4. Страница Нагрузки (Рис. 5-8) позволяет задать нагрузки, действующие на балку. Эта страница почти точно повторяет аналогичную страницу из раздела 3.6 и правила работы с ней аналогичны описанным выше. Отличие состоит в том, что для рассматриваемых нагрузок указывается место приложения нагрузок по высоте (верхний или нижний пояс), которое считается одинаковым для всех компонент этого нагружения. Кроме того, для “сосредоточенной силы” необходимо указать ширину зоны ее приложения.

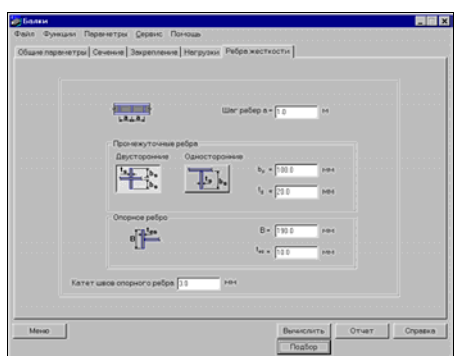


Рис. 5-9

5.2.5. В окне Ребра жесткости (Рис. 5-9), которое появляется, если выбрано соответствующее конструктивное решение, всегда открыты окна ввода информации для задания размеров опорного ребра и катета шва, которым это ребро приваривается к стенке. При выборе конструкции с опорными и промежуточными ребрами появляется возможность указать шаг промежуточных ребер, нажатием на определенную кнопку выбрать тип конструкции (односторонние или двусторонние ребра) и указать размеры промежуточных ребер. Задаваемые размеры ребер проверяются на соответствие требованиям пункта 7.10 СНиП II-23-81* по ширине и толщине выступающей части. Принято, что ширина опорного ребра не должна быть меньше ширины наиболее узкой полки двутавра.

5.2.6. Кнопки Факторы и Подбор (последняя — только для балок из прокатных двутавров) позволяют проанализировать результаты расчета или выполнить режим целенаправленного перебора поперечных сечений. Работа с этими кнопками полностью аналогична той, которая описана в разделе 5.1.4.

Необходимо отметить, что подбор сечений будет выполняться только по условиям прочности и устойчивости, если на странице **Общие параметры** не задано ограничение по прогибу. Ограничение по частоте собственных колебаний на результатах подбора не сказывается.

5.3 Диалоговое окно “Стойки”

5.3.1. С помощью этого многостраничного окна реализуется проверка конструкции стоек и колонн, сплошного (прокатные или сварные двутавры, круглые или прямоугольные трубы) или же сквозного поперечного сечения. Реализован весь комплекс проверок по прочности, устойчивости и предельной гибкости в соответствии с разделом 5 СНиП II-23-81*. Предполагается, что реализуется плоская схема нагружения, хотя проверки выполняются для двух главных плоскостей.

При проверках по гибкости используются значения, заданные в режиме **Предельные гибкости**.

Сплошные стержни проверяются по:

- прочности при действии продольной силы N — п.5.1;
- устойчивости при сжатии в плоскости XOZ и XOY — п.5.3;
- прочности при действии изгибающего момента M_y или M_z — п.5.12;
- прочности при действии поперечной силы V_z или V_y — пп.5.12, 5.18;
- устойчивости в плоскости изгиба (XOZ или XOY) при внецентренном сжатии — п.5.27;
- устойчивости из плоскости изгиба (XOZ или XOY) при внецентренном сжатии — пп.5.30-5.32;
- устойчивости плоской формы изгиба при действии момента M_y , когда плоскость XOZ определена как силовая — п.5.15;
- чрезмерным деформациям растянутого волокна — п.5.28.

Сквозные стержни проверяются по:

- прочности ветви при действии продольной силы N — п.5.1;
- общей устойчивости стержня в плоскости XOZ и XOY при центральном сжатии — п.5.6;
- прочности ветви при действии поперечной силы V_z или V_y — пп.5.12, 5.18;
- прочности ветви при действии изгибающего момента M_y или M_z — п.5.12;
- прочности ветви при совместном действии N , M_y и M_z когда в качестве силовой определена нематериальная плоскость — пп. 5.24, 5.25;
- устойчивости ветви в плоскости действия момента M_z или M_y — п.5.27;
- устойчивости ветви из плоскости действия момента M_z или M_y — пп.5.30-5.32;
- устойчивости плоской формы изгиба ветви — п.5.15;
- устойчивости ветви при сжатии с двухосным эксцентриситетом — п.5.34;
- устойчивости ветви при сжатии в плоскости XOZ и XOY — п. 5.3;
- несущей способности решетки по прочности и устойчивости — п.5.1, 5.3, 5.8.

Ограничение реализации — проверка местной устойчивости стенки и полок не выполняется, для этого следует воспользоваться режимом **Местная устойчивость**.

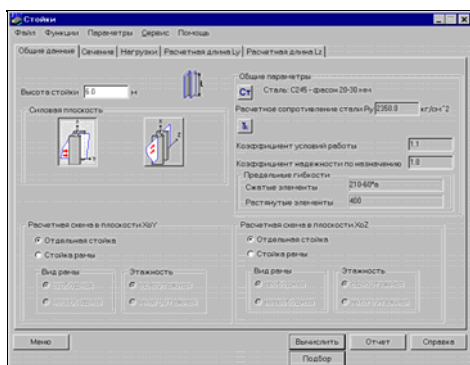


Рис. 5-10

5.3.2. Окно имеет пять закладок:

- **Общие данные**
- **Сечения**
- **Нагрузки**
- **Расчетная длина в плоскости ХоУ**
- **Расчетная длина плоскости ХоZ**

Страница **Общие данные** (Рис. 5-10) содержит окно для ввода высоты стойки и две кнопки для выбора силовой плоскости (ориентация плоскости деформирования).

На этой же странице располагаются радиокнопки, с помощью которых можно задать расчетную схему определения свободной длины для каждой из главных плоскостей. Работа с этими радиокнопками полностью повторяет все, что было описано в п. 3.8.

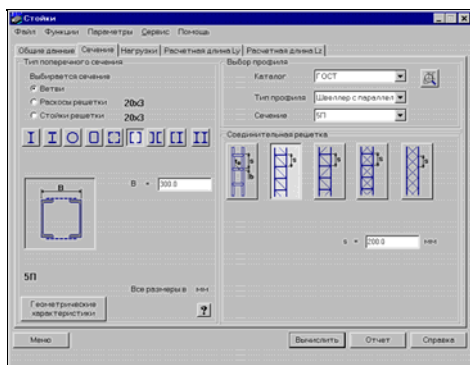


Рис. 5-11

5.3.3. Страница **Сечения** (Рис. 5-11) позволяет выбрать поперечное сечение колонны и определить его параметры. При использовании прокатных профилей их выбор осуществляется из базы данных. Ввод характеристик сварных сечений выполняется в соответствующих полях для ввода данных о толщине и ширине листов. Соответствующие операции уже описывались выше в разделе 2.4.

Для поперечных сечений с решетками используются кнопки выбора типа решетки и окна для ввода соответствующих данных. При этом сечения элементов решетки выбираются из каталога равнополочных или неравнополочных уголков.

Выбор отдельных элементов сквозного поперечного сечения реализуется при нажатии соответствующей радиокнопки.

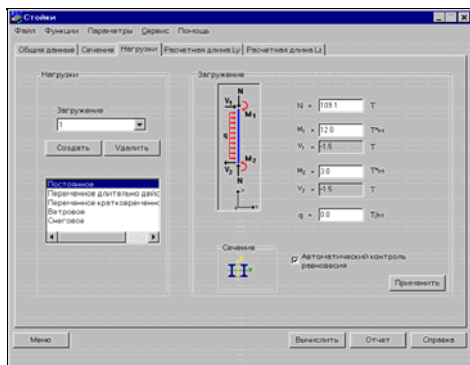


Рис. 5-12

5.3.4. Страница **Нагрузки** (Рис. 5-12) аналогична странице, описанной в разделах 5.1 и 5.2. Отличие состоит в том, что здесь для каждого нагружения все действующие нагрузки задаются одновременно. Для этих сил и моментов должны выполняться общие условия равновесия и пользователь должен проследить за этим. В частности, поперечные силы V_1 и V_2 а также узловые моменты M_1 и M_2 необходимо принимать по результатам расчета системы в целом. Условия равновесия имеют вид:

$$V_1 - V_2 + qL = 0$$

$$M_2 - M_1 - V_1L - qL^2/2 = 0.$$

Кроме того, имеется возможность задать опцию **“Автоматический контроль равновесия”**. В этом случае пользователь должен задать только часть

силовых факторов, а остальные будут вычислены программой автоматически исходя из условий равновесия.

Необходимо напомнить, что все нагрузки действуют в плоскости XY или в плоскости XZ (ось X ориентирована вдоль стержня). Выбор плоскости выполняется на странице **Общие данные**.

5.3.5. Страницы **Расчетная длина плоскости ХоУ** и **Расчетная длина плоскости ХоZ** эквивалентны представленным в разделе 3.8 и реализуют те же возможности, за исключением правил определения расчетных длин по рекомендациям Еврокода. Они позволяют задать конфигурацию колонны и необходимые параметры для вычисления расчетных длин. Эти длины определяются для фрагмента рамной системы, расположенной в силовой плоскости.

5.3.6. Кнопки **Факторы** и **Подбор** (последняя — только для балок из прокатных двутавров) позволяют проанализировать результаты расчета или выполнить режим целенаправленного перебора поперечных сечений. Работа с этими кнопками полностью аналогична той, которая описана в разделе 5.1.4.

5.4 Диалоговое окно “Опорные плиты”

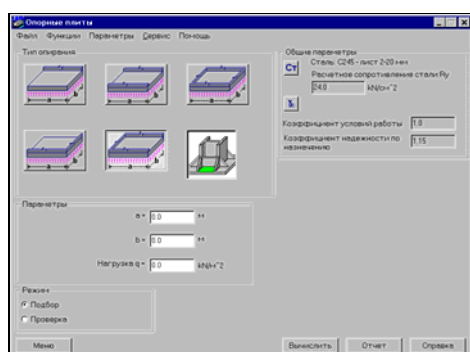


Рис. 5-13

Это окно предназначено для подбора толщины опорной плиты базы колонны. Рассматриваются части опорной плиты, на которые она разбивается торцом колонны, траверсами и ребрами.

В окне представлено пять возможных расчетных схем пластин, опертых по одной, двум, трем и четырем сторонам (кантам). Выбрав вариант расчетной схемы, пользователь задает размеры сторон и нагрузку от отпора фундамента.

В режиме **Подбор** после нажатия кнопки **Вычислить** будет получена рекомендуемая толщина плиты, а в режиме **Проверка** эту толщину следует задать и будет получено значение K_{max} . Смену режимов **Подбор** и **Проверка** можно использовать для детального анализа.

5.5 Диалоговое окно “Неразрезные балки”

С помощью этого многостраничного окна (Рис. 5-14) реализуется проверка балочной конструкции из прокатных двутавров и швеллеров, а также из сварных двутавров. Окно имеет четыре закладки:

- **Общие параметры**
- **Сечения**
- **Нагрузки**
- **Ребра жесткости**

Балки проверяются по:

- прочности при действии изгибающего момента M_y — п.5.12;
- прочности при действии поперечной силы V_z — пп.5.12, 5.18;
- устойчивости плоской формы изгиба при действии момента M_y — п.5.15;
- устойчивости при сжатии с двухосным эксцентриситетом — п.5.34;
- потере устойчивости стенки и свесов полки— пп.7.3, 7.4, 7.6, 7.24;
- выполнению требований к поперечным ребрам жесткости — пп.7.10-7.12.

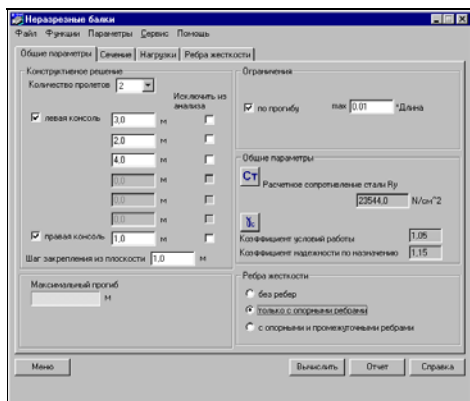


Рис. 5-14

5.5.1. На странице **Общие параметры** в первую очередь представляется схема многопролетной балки, которая определяется количеством пролетов, их величинами и наличием или отсутствием консолей. Все эти сведения задаются в соответствующих окнах группы **Конструктивное решение**. Здесь же имеется окно для задания шага раскрепления сжатого пояса балки из плоскости изгиба. Этот шаг предполагается постоянным по всей длине балки и, кроме того, предполагается, что такие крепления имеются на всех опорах.

Пользователь имеет возможность смоделировать жесткое защемление на каком-нибудь краю балки заданием фиктивного, очень малого пролета (это, кстати, часто соответствует и конструктивной реализации защемления). Усилия в этом фиктивном пролете не должны влиять на результаты проверки сечения или их подбор. В связи с этим предусматривается возможность исключить из рассмотрения проверку помеченного пролета. Такими же пометками можно воспользоваться и при других основаниях для отказа от учета усилий (например, для оценки роли усилий того или иного пролета в подборе сечения).

В группе **Ребра жесткости** содержатся радиокнопки для указания предполагаемой системы ребер жесткости:

- без ребер;
- только с опорными ребрами;
- с опорными и промежуточными ребрами.

В необходимых случаях пользователь может задать ограничения по прогибу.

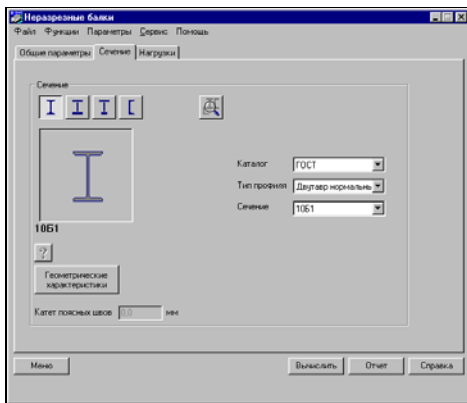


Рис. 5-15

5.5.2. Страница Сечения (Рис.5-15) позволяет задать сведения о поперечном сечении балки. Три кнопки дают возможность выбора типа поперечного сечения.

Если задано поперечное сечение из прокатного двутавра, то выбор прокатного профиля осуществляется из каталогов. Если поперечное сечение балки — сварной двутавр, то необходимо задать размеры листов, составляющих поперечное сечение. При этом толщины листов могут быть взяты только из предлагаемого списка и соответствуют имеющимся в сортаменте.

На этой же странице имеется окно для задания катета поясных швов, которое раскрывается в случае выбора сварного двутавра.

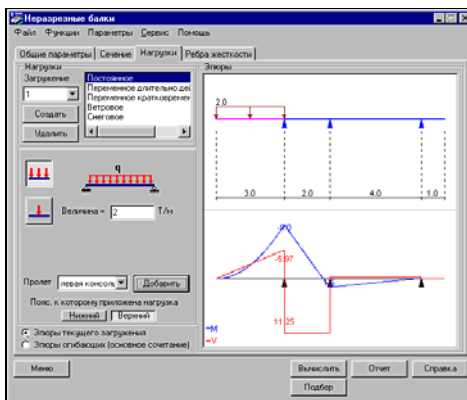


Рис. 5-16

5.5.3. Страница Нагрузки (Рис. 5-16) позволяет задать нагрузки, действующие на балку. Эта страница почти точно повторяет аналогичную страницу из раздела 5.2 и правила работы с ней аналогичны описанным выше. Основное отличие состоит в том, что нагрузки задаются попролетно, т.е. сперва необходимо определить, в каком пролете (на какой консоли) действует задаваемая нагрузка. Привязки сосредоточенных сил задаются относительно левого края пролета.

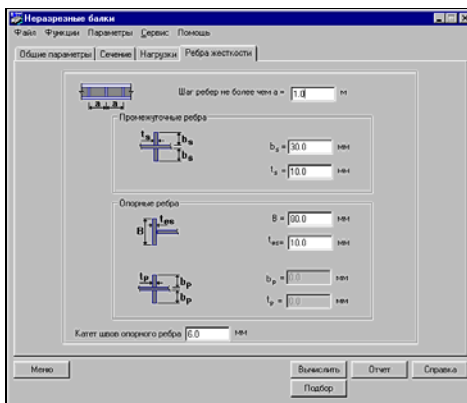


Рис. 5-17

5.5.4. Страница Ребра жесткости (Рис. 5-17) появляется лишь в тех случаях, когда на странице Общие параметры не указан режим Без ребер. В зависимости от наличия промежуточных и концевых опор открывается для ввода тот или иной (иногда оба) вариант конструктивного решения опорных ребер.

5.5.5. После завершения расчета появляются кнопки **Факторы** и **Подбор** (последняя — только для балок из прокатных двутавров), с помощью которых можно проанализировать результат расчета или перейти в режим целенаправленного перебора поперечных сечений. Работа с этими кнопками полностью аналогична той, которая описана в разделе 5.1.4.

6. Создание отчета

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

- вычисление коэффициентов использования ограничений (т.е. 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 (**Просмотр/Редактирование** или **Печать**) это приложение активизируется для немедленной печати отчета или для его просмотра и (возможной) 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 Вашем 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**.

7. Нештатные ситуации

Данный раздел содержит перечень некоторых возможных проблем, которые могут возникать при работе программы и рекомендации по их устранению.

Ситуация 1.

Все исходные данные заданы корректно, вычисления производятся, но не создается отчетный документ.

Проверьте, есть ли на компьютере приложение ассоциированное с файлами типа RTF. Это можно сделать зайдя в окно **My Computer | Options | File Types**. Если такое приложение отсутствует, можно, например, установить программу WordPad, входящую в состав MS Windows, или установить свободно распространяемую программу WordView.

Ситуация 2.

После нескольких сеансов работы с программой вход в одну из функций приводит к появлению на экране заведомо некорректных данных или сообщениям типа “Ошибка плавающей арифметики”.

Чтобы сделать работу пользователя более удобной, программа сохраняет всю введенную пользователем информацию в файлах на жестком диске (в директории, в которую была установлена программа). Это позволяет при очередной активации программы продолжить работу с ранее прерванного места. В случае возникновения проблем с файловой системой жесткого диска, эти файлы могут содержать заперченную информацию. В этом случае рекомендуется удалить соответствующий файл, и программа начнет работу “с начального состояния”. Перечень режимов работы и соответствующих им имен файлов приведен в таблице:

Режим работы	Имя файла
Стали	—
Сортамент металлопроката	—
Болты	—
Предельные гибкости	LimitFle.sav
Коэффициенты условий работы”	—
Огибающие	BeamLoad.sav
Геометрические характеристики	SecProp.sav
Расчетные длины	BucLen.sav
Сопrotивление сечений	SecRes.sav
Болтовые соединения	ConRes.sav
Фрикционные соединения	Friction.sav
Местная устойчивость	LocalBuc.sav
Элементы ферм	Truss.sav
Балки	Beam.sav
Стойки	Column.sav
Опорные плиты	Plates.sav
Неразрезные балки	MultSpan.sav

Ситуация 3.

В отчетном документе отсутствуют некоторые элементы (например, изображения поперечных сечений).

Существуют различия в формате RTF файлов, которые используются программами MS Word v.7 или WordPad и программой MS Word 97. Проверьте правильность соответствующего выбора формата RTF в режиме **Параметры | Прочие**.

8. Литература

1. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции / Минстрой России. — М.: ГП ЦПП, 1996. — 96 с.
2. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия / Минстрой России. — М.: ГП ЦПП, 1996. — 44 с.
3. Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП II-23-81*) / ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. — М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. — 148 с.
4. СНиП 53-01-96. Стальные конструкции / Проект подготовленный ЦНИИСК им. Кучеренко, ЦНИИпроектстальконструкция им. Мельникова, УкрНИИпроектстальконструкция, Энергосетьпроект и МИСИ им. Куйбышева.— М.: 1991
5. СП 53-101-96. Общие правила проектирования элементов стальных конструкций и соединений / Проект подготовленный ЦНИИСК им. Кучеренко.— М.: 1995
6. ДБН 362-92. Оценка технического состояния стальных конструкций эксплуатируемых производственных зданий и сооружений / Госстрой Украины.— К.: Укрархстройинформ, 1993.— 46 с.
7. Перельмутер А.В., Гильденгорн Л.А. О классификации стальных конструкций, Строительная механика и расчет сооружений, 1990, №3, с.67-70.
8. Металлические конструкции. Т.1. Элементы стальных конструкций: Учебное пособие для вузов / В.В. Горев, Б.Ю. Уваров, В.В. Филиппов, Г.И. Белый, Л.В. Енджиевский, И.И. Крылов, Я.И. Ольков, В.Ф. Сабуров. — М.: Высшая школа, 1977.—527 с.
9. Металлические конструкции / Под ред. Н.П. Мельникова.— 2-е изд.— М.: Стройиздат, 1980.— 776 с. (Справочник проектировщика)
10. ENV 1993-1-1. Eurocode 3. Design of steel structures. - Part 1.1: General rules and rules for building.— Brussel: CEN, 1992.— 344 p.

9. Приложения

9.1 Нормативные документы, требования которых реализованы в программе “Кристалл”

Режим	Ссылки на пункты норм и стандартов
Стали	Табл.50* СНиП II-23-81*
	Табл.51* СНиП II-23-81*
	Табл.51,б СНиП II-23-81*
	Проект СНиП 53-01-96
Сортамент металлопроката	ГОСТ 26020-83; ГОСТ 8239-89
	ГОСТ 8240-89; ГОСТ 8240-89
	ГОСТ 8509-86; ГОСТ 8510-86
Болты	Табл.57*
	ГОСТ 1759.4-87
Предельные гибкости	Табл.19* СНиП II-23-81*
	Табл.20* СНиП II-23-81*
Коэффициенты условий работы	Табл.6* СНиП II-23-81*
Геометрические характеристики	—
Расчетные длины	пп.6.1-6.4 СНиП II-23-81*
	пп.6.5-6.6 СНиП II-23-81*
	Табл.71,а СНиП II-23-81*
	Табл.17,а СНиП II-23-81*
	Annex F ENV 1993-1-1
Соппротивление сечений	п.5.1 СНиП II-23-81*
	п.5.3 СНиП II-23-81*
	п.5.8 СНиП II-23-81*
	п.5.12 СНиП II-23-81*
	п.5.15. СНиП II-23-81*
	п.5.18 СНиП II-23-81*
	пп.5.24-5.25 СНиП II-23-81*
	пп.5.27-5.28 СНиП II-23-81*
	пп.5.30-5.32 СНиП II-23-81*
п.5.34 СНиП II-23-81*	
Болтовые соединения	п.5.1 СНиП II-23-81*
	п.11.7 СНиП II-23-81*
Фрикционные соединения	п.5.1 СНиП II-23-81* п.11.13* СНиП II-23-81*
Элементы ферм	пп.1.10 - 1.12 СНиП 2.01.07-85
	пп.5.2-5.3 СНиП II-23-81*
	пп.6.1-6.4 СНиП II-23-81*
	пп.6.15-6.16 СНиП II-23-81*

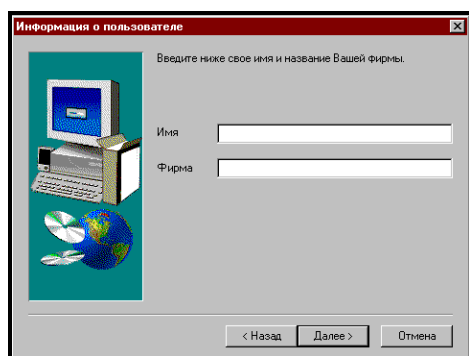
Режим	Ссылки на пункты норм и стандартов
Балки	пп.1.10 - 1.12 СНиП 2.01.07-85
	п.5.12 СНиП II-23-81*
	п. 5.15 СНиП II-23-81*
	п. 5.18 СНиП II-23-81*
	п.5.34 СНиП II-23-81*
	п.7.3-7.4 СНиП II-23-81*
	п. 7.6; СНиП II-23-81*
	пп.7.10-7.12 СНиП II-23-81*
Неразрезные балки	пп.1.10 - 1.12 СНиП 2.01.07-85
	п.5.12 СНиП II-23-81*
	п. 5.15 СНиП II-23-81*
	п. 5.18 СНиП II-23-81*
	п.5.34 СНиП II-23-81*
	п.7.3-7.4 СНиП II-23-81*
	п. 7.6; СНиП II-23-81*
	пп.7.10-7.12 СНиП II-23-81*
Стойки	пп.1.10 - 1.12 СНиП 2.01.07-85
	п.5.1 СНиП II-23-81*
	п. 5.3 СНиП II-23-81*
	п.5.6 СНиП II-23-81*
	п.5.8 СНиП II-23-81*
	п.5. 12 СНиП II-23-81*
	п.5.15 СНиП II-23-81*
	п 5.18 СНиП II-23-81*
	пп. 5.24-5.25 СНиП II-23-81*
	пп.5.27-5.28 СНиП II-23-81*
	пп.5.30-5.32 СНиП II-23-81*
	п.5.34 СНиП II-23-81*
Местная устойчивость	пп.7.3-7.4 СНиП II-23-81*
	п.7.6 СНиП II-23-81*
	п.7.16 СНиП II-23-81*
	п.7.22 СНиП II-23-81*
Опорные плиты	п.5.12 СНиП II-23-81*
Огибающие	пп.1.10 - 1.12 СНиП 2.01.07-85
Материалы для сварки	пп. 2.2*, 3.4 СНиП II-23-81*
Сварные соединения	пп. 11.2*-11.3*, 11.5, 12.8 СНиП II-23-81*

9.2 Инсталляция Кристалл

9.2.1. Программа может работать на любой аппаратной платформе, обеспечивающей поддержку операционной системы Windows 95/98/NT. Для инсталляции программы требуется около 4 мегабайт свободного дискового пространства.

Кристалл поставляется с устройством защиты МетoHASP (оно необходимо при использовании программы). Рекомендуем установить МетoHASP на параллельный порт до инсталляции. При отсутствии устройства защиты программа будет работать в ДЕМО-режиме (при этом вместо каких-либо вычисленных значений будет выводиться строка "****")

Для корректной печати результатов расчета необходимо наличие установленного в системе текстового редактора, поддерживающего формат файла RTF (rich text format), например MS Word (версия 6.0 и выше) или WordPad, поставляемого в стандартном комплекте Windows 95.



9.2.2. Кристалл поставляется с автоматической программой инсталляции, позволяющей легко и эффективно установить программу на компьютер. Во время инсталляции программа задает несколько вопросов, на которые пользователь должен ответить для продолжения установки.

Вставьте в дисковод **Диск 1** инсталляционного пакета. Запустите файл **setup.exe**. На экране появится заставка программы инсталляции **Кристалл**, а затем - диалоговое окно **"Добро пожаловать"** с напоминанием об авторском праве и некоторыми полезными рекомендациями.

После ознакомления с содержанием окна, нажмите кнопку **"Далее"**.

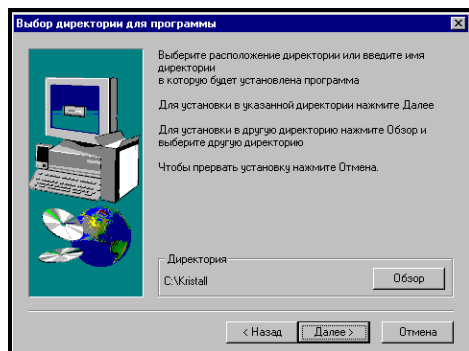
На экране появится диалоговое окно **"Информация о пользователе"**. Введите в соответствующие поля ваше имя и название организации, в которой вы работаете.

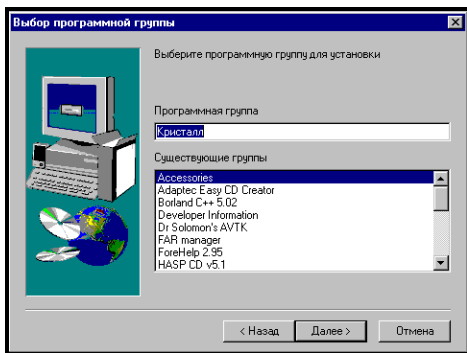
Нажмите кнопку **"Далее"**.

На экране появится диалоговое окно **"Выбор директории для программы"**.

По умолчанию программа устанавливается в директорию Kristall на диске C. Если такая директория не существует, программа инсталляции создаст ее автоматически.

Если **Кристалл** необходимо установить в другую директорию, то следует нажать на кнопку "Обзор" и выбрать место установки программы. Если задано имя несуществующей директории, то программа инсталляции выдаст запрос о ее создании.





Нажмите кнопку **"Далее"**. На экране появится диалоговое окно **"Выбор программной группы"**. Можно создать для **Кристалл** новую программную группу в Start-меню (по умолчанию ей присваивается имя Кристалл), либо воспользоваться одной из групп, созданных ранее. Выбрав программную группу, нажмите кнопку **"Далее"**. Программа инсталляции начнет копирование файлов **Кристалл** на диск компьютера, запрашивая очередные диски инсталляционного пакета. После того, как все файлы скопированы, появится запрос о создании ярлыка **Кристалл** на Рабочем столе.

Теперь инсталляция **Кристалл** завершена.

9.3 О невыпуклых кривых взаимодействия

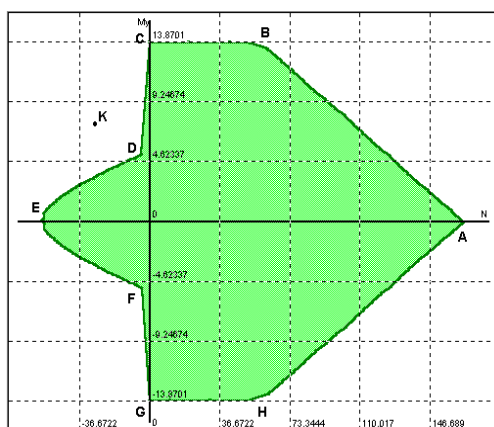


Рис. 9-1

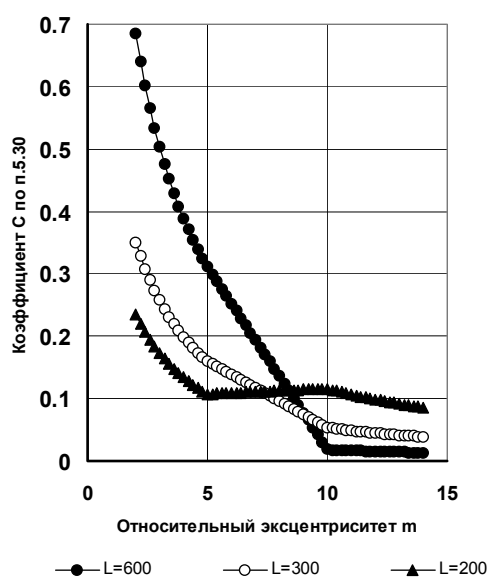


Рис. 9-2

При построении кривых взаимодействия можно встретить случаи, когда область несущей способности элемента оказывается невыпуклой. Типичный пример такой кривой представлен на Рис. 9-1.

Здесь рассмотрено поперечное сечение в виде симметричного сварного двутавра со стенкой 400×10 мм и полками 200×10 мм из стали с расчетным сопротивлением $R_y = 2050 \text{ кг/см}^2$. Расчетная длина стержня в обоих главных плоскостях составляет 600 см, коэффициент условий работы и коэффициент надежности по назначению приняты равными

$$\gamma_c = 1,0 \quad \gamma_n = 1,0.$$

Граница области несущей способности на участках АВ и АН определяется условием прочности при совместном действии растяжения и изгиба, на участках ВС и GH — устойчивостью плоской формы изгиба, на участках CD и GF, как и на участке DEF, — устойчивостью из плоскости действия момента.

Невыпуклость кривой CDEFG связана со сменой типа зависимости коэффициента c , вычисляемого по формулам (57) — (59) СНиП II-23-81*, от величины относительного эксцентриситета m . Эта зависимость для трех значений длины рассматриваемого стержня приведена на Рис. 9-2. Характерный излом при значении $m = 10$, где функция $c = c(m)$ меняется с линейной на гиперболическую, соответствует точкам D и F на кривой взаимодействия.

Невыпуклость области несущей способности не проявляется при малых гибкостях элемента из плоскости изгиба, несмотря на то, что излом кривой $c = c(m)$ не исчезает, это попросту связано с тем, что для таких случаев устойчивость из плоскости изгиба не является определяющей. Сама по себе невыпуклость рассматриваемой области может привести ко многим неприятным последствиям. Наиболее очевидным является следующее — по традиции оценивая невыгодные сочетания усилий, инженеры либо вообще не рассматривают некоторые воздействия, либо учитывают их полностью. Для невыпуклой области, однако, возможно и такое, что невыгодным является некоторое промежуточное значение. Так, если одно нагружение соответствует точке С, а другое - точке Е (в обоих случаях несущая способность обеспечена), то, приняв момент и силу равными половине предельных значений, мы окажемся в точке К, за пределами допустимой области.

С учетом сказанного выше при обнаружении

невыпуклости рекомендуется не выходить за границу выпуклой подобласти ABCDFGHA, т.е. отсечь участок DEF. Можно поступить и по-другому, а именно - отбросить участки BCD и FGH, что также даст выпуклую допустимую область. Какой именно вариант использовать, зависит от существа задачи и от реально возможных вариантов действия нагрузки.

В заключение заметим, что в проекте СНиП 53-01-96 формула (57) из действующего СНиП II-23-81* скорректирована.

9.4 О формуле (49) СНиП II-23-81*

Формула (49) не вызывает никаких нареканий для сечений типа прямоугольного, где имеется характерная угловая точка А (Рис. 9-3) в которой суммируются условные напряжения $M_x/(c_x W_{xn, \min} R_y \gamma_c)$ и $M_y/(c_y W_{yn, \min} R_y \gamma_c)$.

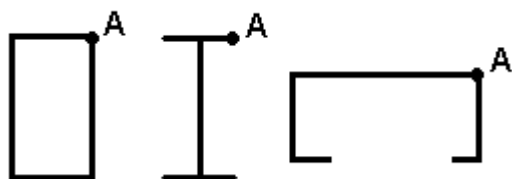


Рис. 9-3. Сечения с угловой точкой

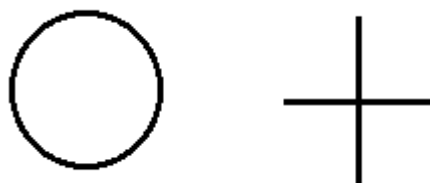


Рис. 9-4. Сечения без угловой точкой

В сечениях без такой угловой точки (Рис. 9-4) суммирование напряжений выполнить невозможно. В этом смысле более правильно построена формула (50) СНиП II-23-81*, где имеется возможность перебирать координаты x и y различных точек сечения.

На указанное различие рассматриваемых случаев обратил внимание Л.Б.Кацнельсон (ЦНИИСК), которому авторы разработки признательны за инициирование рассмотрения этого и многих других деталей реализации норм.

9.5 Вопросы и ответы

Вопрос. Зачем нам покупать КРИСТАЛЛ, если приобретена подсистема проверки и подбора элементов стальных конструкций SCAD ?

Ответ. Пользователь, купивший SCAD, но не купивший КРИСТАЛЛ, останется без целого ряда возможностей. Главная из них - проверка несущей способности сквозных сечений. Кроме того, для изгибаемых элементов не будет выполняться проверка устойчивости плоской формы изгиба, не проверяются ребра жесткости, нет возможности проверить местную устойчивость полок и стенок. Важно и то, что такой пользователь лишается возможности получить справочную информацию, заложенную в КРИСТАЛЛ и такого рода сервисные функции, как определение расчетных длин.

Может возникнуть вопрос - почему же эти функции не включены в SCAD? Дело в том, что SCAD это универсальная программа, а для общего случая СНиП не дает никаких рекомендаций по выполнению некоторых проверок (например, устойчивость плоской формы изгиба определена только для балок и только при вполне определенных видах нагрузки). В то же время КРИСТАЛЛ, как локальная и объектно-ориентированная разработка может реализовать и те указания СНиП, которые относятся к конструкциям частного вида

Вопрос Как ли рассчитать по КРИСТАЛЛу балки из спаренных швеллеров ?

Ответ. СНиП II-23-81* не регламентирует проверку устойчивости плоской формы изгиба и определение коэффициента φ_b для сечений указанного типа, поскольку такая устойчивость заведомо обеспечена. Чтобы обойти эту формальную сложность следует поступать следующим образом — назначить поперечное сечение из одного швеллера, задав тип закрепления из

плоскости изгиба “Сплошное”. Затем это полусечение рассчитывается на половинную нагрузку. Указанный тип закрепления из плоскости изгиба не позволяет реализовать потерю устойчивости плоской формы изгиба.

Аналогично можно поступать и с сечением из спаренных двутавров.