



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИЙ (ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
В Г. ВОЛГОДОНСКЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

(Институт технологий (филиал) ДГТУ в г. Волгодонске)



Методические указания

по дисциплине

«Расчет прочности сварных конструкций. Использование
современных расчетных программ»

для обучающихся по направлению подготовки

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение

машиностроительных производств

профиль Технология машиностроения

2021 года набора

Волгодонск
2021

Лист согласования

Методические указания по дисциплине «Расчет прочности сварных конструкций. Использование современных расчетных программ» составлены в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки (специальности)

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств


Рассмотрены и одобрены на заседании кафедры «ТСиИТ» протокол № 13 от «01» июля 2021 г

1. Предварительные сведения

Программный продукт фирмы SCAD SOFT «Кристалл» предназначен для выполнения конструктивных расчетов и проверок элементов и соединений стальных конструкций на соответствие требованиям СНиП II-23-81* «Стальные конструкции. Нормы проектирования». Предполагается, что расчетные усилия соответствуют нагрузкам, определенным по СНиП 2.01.07-85. «Нагрузки и воздействия», 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». Некоторые методологические положения подготовленных, но еще не введенных в действие проектов новых норм СНиП 53—1-96 и «Общих правил проектирования элементов стальных конструкций и соединений (СП 53-101-96)» также использовались при разработке программы.

Кристалл, как правило, реализует проверочные расчеты конструкций и соединений, размеры которых заранее выбраны 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 включающего все необходимые проверки.

$$\max K \leq 1,$$

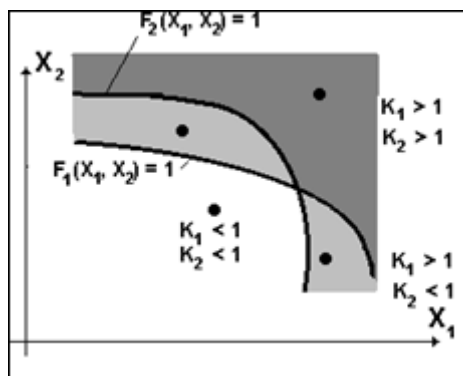


Рис. 1-1

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 исчерпания 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

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).



Рис. 2-1 Рис. 2-2 Рис. 2-3

2.2 Главное окно

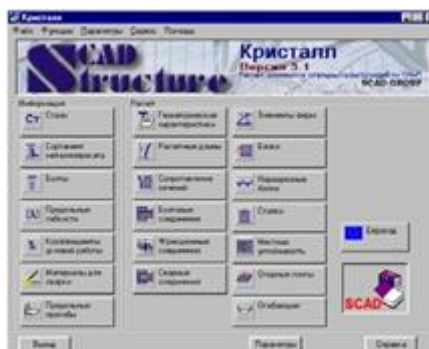


Рис. 2-4

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 конструктивных 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

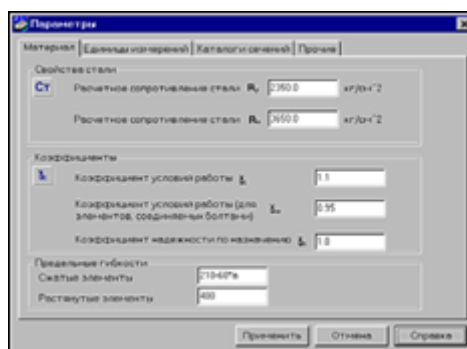



Рис. 2-5

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_k), 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.

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 ).

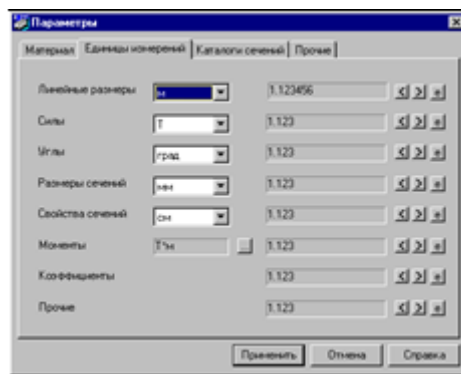


Рис. 2-6

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.

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**.

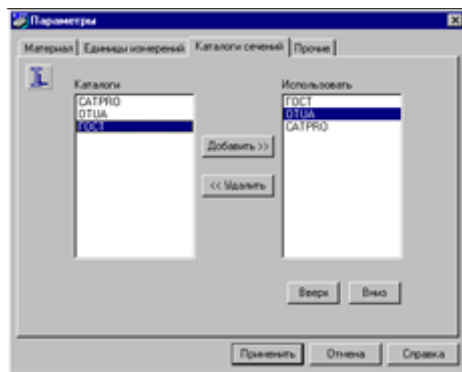


Рис. 2-7

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.

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.

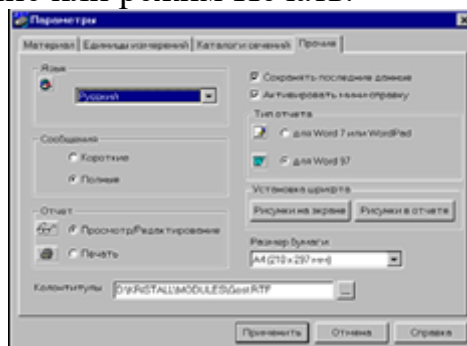



Рис. 2-8

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.

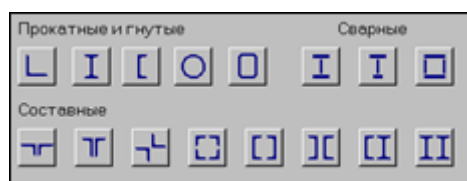


Рис. 2-9

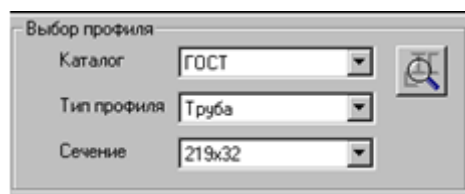


Рис. 2-10

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 откроется 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.

Для доступа к сечениям из пользовательской базы после нажатия кнопки  открывается диалоговое окно Пользовательские сечения (Рис. 2-12), со списком сечений.

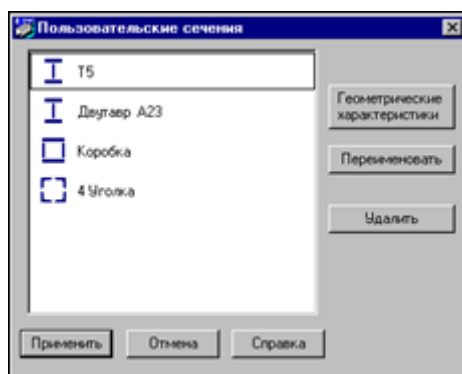


Рис. 2-12

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).

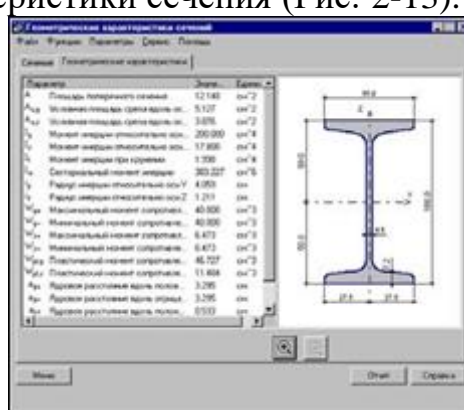


Рис. 2-13


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.

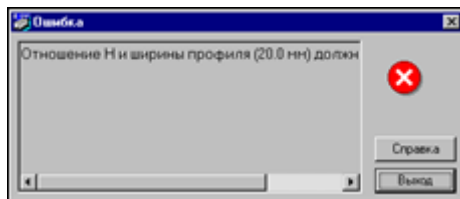


Рис. 2-14

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





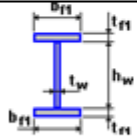
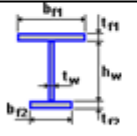
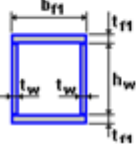



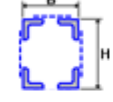


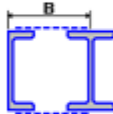

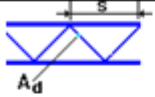
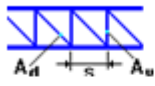
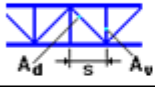
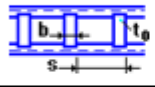
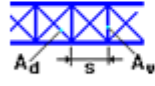
Сечение	Ограничения	Сечение	Ограничения
	Только из имеющихся баз данных		Только из имеющихся баз данных
	Только из имеющихся баз данных		Только из имеющихся баз данных
	$b_{f1} / t_{f1} \geq 5$; $b_{f2} / t_{f2} \geq 5$; Толщина листов только из списка		$b_{f1} / t_{f1} \geq 5$; $b_{f2} / t_{f2} \geq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

Таблица 2.4.2. Ограничения на выбор параметров решетки

Схема	Ограничения	Схема	Ограничения
	$s \geq h;$ $A_d < A$		$s \geq h;$ $A_u < A;$ $A_d < A$
	$s \geq h;$ $A_d < A$		$s \geq 2b;$
	$s \geq h;$ $A_u < A;$ $A_d < A$		
<p>Примечания: h — расстояние между осями поясов; A — площадь пояса; A_d — площадь раскоса; A_u — площадь стойки.</p>			

2.5 Сервисные функции

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;

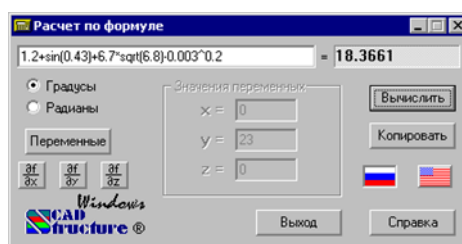


Рис. 2-15

- 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
sqr-корень квадратный

В зависимости от состояния переключателя Градусы/Радианы 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

$$1.2 + \sin(0.43) + 6.7 \cdot \sqrt{6.8} - \sqrt[5]{0.003}$$

должна быть записана следующим образом:

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

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




$$1.2 + \sin(x) + 6.7 \cdot \sqrt{6.8} - \sqrt[5]{y}$$

должна быть записана в виде

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

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. Диалоговое окно “Материалы для сварки”

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*.



Рис. 3-1

3.1. Страница Условия применения (Рис. 3-1)

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.

3.2. Страница Материалы для сварки (Рис. 3-2) содержит список рекомендуемых материалов (марки флюса и сварочной проволоки, типы электродов).

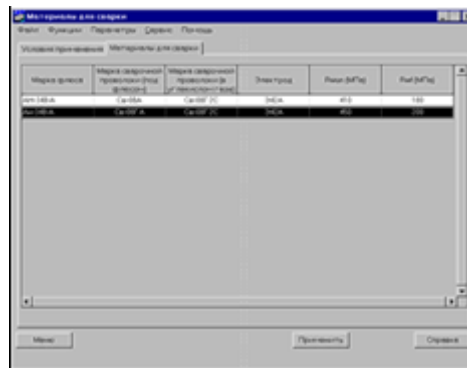


Рис. 3-2

Отметив в списке требуемую строку, можно нажать кнопку Применить, тогда данные о выбранных материалах будут использоваться при проверке несущей способности сварного соединения.

4. Диалоговое окно “Сварные соединения”

4.1. 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*.

4.2. Окно содержит три закладки:

- тип соединения;
- параметры;
- кривые взаимодействия.

Первая из них (Рис. 4-1) 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.




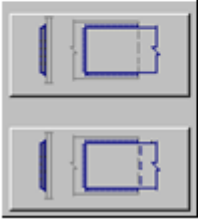
Рис. 4-1

4.3. Закладка Параметры (Рис. 4-2) 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 4.2.1



Рис. 4-2

Таблица 4.2.1

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

4.4. Закладка Кривые взаимодействия (Рис. 4-3) 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.

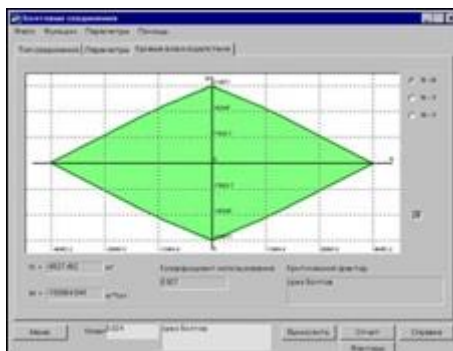


Рис. 4-3