



SCAD **Structure**

**SCAD Office. Реализация СНиП в
проектирующих программах**

ББК 32.97

УДК (539.3+624.014):681.3

Карпиловский В.С.

SCAD Office. Реализация СНиП в проектирующих программах / В.С.Карпиловский, Э.З.Криксунов, М.А.Микитаренко, А.В.Перельмутер, М.А.Перельмутер, В.Г.Федоровский.— К.: ВПП «Компас», 2001.— 215 с.— Рс.

Книга предназначена для пользователей программного обеспечения, входящего в пакет **SCAD Office**, и содержит описание программ **ВеСТ**, **Кристалл**, **АРБАТ**, **Монолит**, **КРОСС**. Программы **Кристалл** и **АРБАТ** ориентированы на выполнение детальных проверочных расчетов, связанных с проектированием элементов стальных и железобетонных конструкций. Программа **Монолит** служит для проектирования монолитных ребристых перекрытий. Программа **ВеСТ** предназначена для определения нагрузок и воздействий на элементы строительных конструкций и может быть полезной как при использовании вычислительных комплексов общего назначения, так и таких программ, как **Кристалл** и **АРБАТ**. Программа **КРОСС** позволяет по результатам геологических изысканий вычислить первый коэффициент постели (коэффициент Винклера).

Для всех описанных программ характерна ориентация на строгое и, по возможности, полное выполнение требований, представленных в нормах по проектированию (СНиП).

Книга может представлять интерес для студентов соответствующих специальностей и разработчиков аналогичных программ.

Рецензенты: д.т.н., проф. Гордеев В.Н., д.т.н., проф. Пермяков В.А.

Рекомендовано к печати Ученым советом Украинского научно-исследовательского и проектного института стальных конструкций (УкрНИИпроектстальконструкция).

ISBN

© SCAD Group, 2001

Оглавление

| | |
|--|-----------|
| 1. От авторов..... | 8 |
| 2. Общие сведения | 9 |
| 2.1 Принципы разработки | 9 |
| 2.2 Оценка конструктивного решения | 10 |
| 2.3 Прямая и обратная задачи | 11 |
| 2.4 Анализ несущей способности сечения | 12 |
| 3. Общие принципы управления программами | 14 |
| 3.1 Элементы управления | 14 |
| 3.2 Параметры настройки | 15 |
| 4. Программа ВеСТ | 17 |
| 4.1 Главное окно | 18 |
| 4.2 Параметры | 19 |
| 4.3 Информационные режимы | 19 |
| 4.3.1 Плотности | 19 |
| 4.3.2 Местность | 20 |
| 4.3.3 Коэффициенты | 21 |
| 4.4 Расчетные режимы | 22 |
| 4.4.1 Собственный вес | 22 |
| 4.4.2 Временные нагрузки | 23 |
| 4.4.3 Ветер | 23 |
| 4.4.4 Снег | 29 |
| 4.4.5 Температура | 30 |
| 4.5 Нормативные документы, требования которых реализованы в программе ВеСТ | 31 |
| 5. Программа Кристалл..... | 32 |
| 5.1 Главное окно | 33 |
| 5.2 Параметры | 35 |
| 5.3 Конструирование поперечных сечений | 37 |
| 5.4 Справочные режимы | 41 |
| 5.4.1 Стали | 41 |
| 5.4.2 Сортамент металлопроката | 44 |
| 5.4.3 Болты | 44 |
| 5.4.4 Предельные гибкости | 45 |
| 5.4.5 Коэффициенты условий работы | 46 |
| 5.4.6 Материалы для сварки | 46 |
| 5.4.7 Предельные прогибы | 47 |
| 5.5 Вспомогательные режимы | 48 |
| 5.5.1 Огибающие | 48 |
| 5.5.2 Геометрические характеристики сечений | 50 |
| 5.5.3 Расчетные длины | 51 |
| 5.6 Проверки | 55 |
| 5.6.1 Сопротивление сечений | 55 |
| 5.6.2 Болтовые соединения | 59 |
| 5.6.3 Фрикционные соединения | 62 |
| 5.6.4 Сварные соединения | 63 |
| 5.6.5 Местная устойчивость | 65 |
| 5.7 Проектирование конструктивных элементов | 65 |
| 5.7.1 Элементы ферм | 65 |
| 5.7.2 Балки | 68 |

Оглавление

| | |
|--|------------|
| 5.7.3 Неразрезные балки | 71 |
| 5.7.4 Стойки | 73 |
| 5.7.5 Опорные плиты | 75 |
| 5.8 Нормативные документы, требования которых реализованы в программе Кристалл | 76 |
| 5.9 Приложение. О формуле (49) СНиП II-23-81* | 77 |
| 5.10 Расчет «нестандартных» сечений | 78 |
| 6. Программа Кристалл-Eurocode 3 | 79 |
| 6.1 Главное окно | 79 |
| 6.2 Параметры | 80 |
| 6.3 Конструирование поперечных сечений | 81 |
| 6.4 Вспомогательные режимы | 82 |
| 6.4.1 Сопротивление сечений | 82 |
| 6.4.2 Сопротивление соединений | 86 |
| 6.4.3 Огибающие | 90 |
| 6.4.4 Критический момент | 92 |
| 6.4.5 Прочность и устойчивость при действии продольных сил | 93 |
| 6.4.6 Геометрические характеристики | 93 |
| 6.5 Проектирование конструктивных элементов | 94 |
| 6.5.1 Прокатная балка | 94 |
| 6.5.2 Сварная балка | 96 |
| 6.5.3 Стойки | 98 |
| 6.5.4 Связи | 100 |
| 6.5.5 Соединения ригеля с колонной | 101 |
| 6.5.6 Соединения балок | 103 |
| 6.6 Допущения и волевые решения в трактовке Eurocode 3 | 104 |
| 6.6.1 Определение критического момента | 104 |
| 7. Программа АРБАТ | 107 |
| 7.1 Главное окно | 108 |
| 7.2 Параметры | 109 |
| 7.3 Справочные режимы | 110 |
| 7.3.1 Класс бетона | 110 |
| 7.3.2 Марка бетона | 110 |
| 7.3.3 Арматура | 111 |
| 7.3.4 Коэффициенты условий работы | 111 |
| 7.3.5 Предельные прогибы | 112 |
| 7.4 Экспертиза | 112 |
| 7.4.1 Сопротивление сечений | 113 |
| 7.4.2 Прогиб балки | 120 |
| 7.4.3 Экспертиза балки | 125 |
| 7.4.4 Экспертиза колонны | 128 |
| 7.4.5 Экспертиза плиты | 131 |
| 7.5 Местная прочность | 134 |
| 7.5.1 Местное сжатие | 134 |
| 7.5.2 Продавливание | 138 |
| 7.5.3 Отрыв | 141 |
| 7.5.4 Закладные детали | 144 |
| 7.6 Подбор арматуры | 148 |
| 7.6.1 Подбор арматуры в балке | 148 |
| 7.6.2 Подбор арматуры в колонне | 152 |
| 7.7 Нормативные документы, требования которых реализованы в программе АРБАТ | 157 |
| 8. Программа Монолит | 158 |
| 8.1 Предварительные сведения | 158 |
| 8.1.1 Общая схема перекрытия | 159 |
| 8.1.2 Балки | 159 |

| | |
|---|------------|
| 8.1.3 Плиты..... | 160 |
| 8.2 Управление программой..... | 161 |
| 8.2.1 Главное окно..... | 161 |
| 8.3 Ввод исходных данных..... | 163 |
| 8.4 Работа с таблицами..... | 163 |
| 8.5 Координационные оси..... | 164 |
| 8.5.1 Окно Расчетная схема..... | 166 |
| 8.5.2 Материалы..... | 167 |
| 8.5.3 Узлы..... | 168 |
| 8.5.4 Колонны..... | 169 |
| 8.5.5 Балки..... | 170 |
| 8.5.6 Стены..... | 171 |
| 8.5.7 Плиты..... | 172 |
| 8.5.8 Отверстия..... | 173 |
| 8.5.9 Армирование плит..... | 174 |
| 8.5.10 Армирование балок..... | 176 |
| 8.6 Конструирование..... | 179 |
| 8.6.1 Окно Результаты..... | 182 |
| 8.6.2 Выходные документы..... | 183 |
| 8.7 Информационные режимы..... | 193 |
| 9. Программа КРОСС..... | 194 |
| 9.1 Система координат..... | 194 |
| 9.2 Файлы, создаваемые программой..... | 194 |
| 9.3 Структура модели и исходные данные..... | 194 |
| 9.4 Элементы управления..... | 195 |
| 9.4.1 Окно программы..... | 195 |
| 9.4.2 Параметры настройки..... | 196 |
| 9.4.3 Меню..... | 197 |
| 9.4.4 Строка состояния..... | 198 |
| 9.4.5 Курсоры..... | 198 |
| 9.5 Операции..... | 199 |
| 9.5.1 Новый..... | 199 |
| 9.5.2 Открыть..... | 199 |
| 9.5.3 Сохранить..... | 199 |
| 9.5.4 Сохранить как..... | 200 |
| 9.5.5 Расчет..... | 200 |
| 9.5.6 Отчет..... | 200 |
| 9.5.7 Поля..... | 200 |
| 9.5.8 Дополнительные точки..... | 202 |
| 9.5.9 Осадки подошвы плиты..... | 202 |
| 9.5.10 Сохранить изображение..... | 202 |
| 9.5.11 Отмена..... | 202 |
| 9.5.12 Восстановить..... | 202 |
| 9.5.13 Габариты..... | 203 |
| 9.5.14 Фундаментная плита..... | 203 |
| 9.5.15 Корректировка контура плиты..... | 204 |
| 9.5.16 Существующее здание..... | 204 |
| 9.5.17 Проем..... | 205 |
| 9.5.18 Удалить..... | 205 |
| 9.5.19 Сгладить угол..... | 206 |
| 9.5.20 Переместить..... | 206 |
| 9.5.21 Вершины..... | 207 |
| 9.5.22 Удалить вершины..... | 207 |
| 9.5.23 Нагрузка..... | 207 |
| 9.5.24 Добавить скважину..... | 208 |

Оглавление

| | |
|---|------------|
| 9.5.25 Удалить скважину | 208 |
| 9.5.26 Параметры скважин | 208 |
| 9.5.27 Сброс операции | 210 |
| 9.5.28 Разрез | 210 |
| 9.5.29 Измерение расстояний | 212 |
| 9.5.30 Начало координат | 212 |
| 9.5.31 Особенности задания информации о скважинах | 212 |
| 9.5.32 Шаг сетки | 214 |
| 9.5.33 Сетка | 214 |
| 9.5.34 Поля для зданий | 215 |
| 9.5.35 Увеличение и уменьшение изображения | 216 |
| 9.5.36 Вызов справки | 216 |
| 9.5.37 О программе | 216 |
| 10. Приложения | 217 |
| 10.1 Создание отчета | 217 |
| 10.2 Сервисные функции | 218 |
| 10.2.1 Вычисление по формулам | 218 |
| 10.2.2 Преобразование единиц измерений | 220 |
| 10.2.3 Дискретная арматура | 220 |
| 10.3 Нештатные ситуации | 221 |
| 10.4 Список сортиментов прокатных профилей, поставляемых с пакетом программ | 223 |
| 10.4.1 Сортимент Челябинского металлургического комбината | 223 |
| 10.4.2 ГОСТ | 223 |
| 10.4.3 Сокращенный сортимент | 224 |
| 10.4.4 Старые сортименты | 224 |
| 10.4.5 ASTM | 225 |
| 10.4.6 Великобритания — стандартные профили (British Standard Sections) | 225 |
| 10.4.7 Великобритания — импортируемые профили (Overseas Shapes) | 226 |
| 10.4.8 Arbed | 226 |
| 10.4.9 Сварные профили (welded profiles) | 226 |
| 10.4.10 OTUA | 227 |
| 10.4.11 DIN | 227 |
| 10.5 Прогноз осадок фундаментов мелкого заложения и выбор модели основания для расчета плит ^{*)} | 228 |
| 11. Литература | 238 |

1. От авторов

Пакет программ для проектирования элементов стальных и железобетонных конструкций разработан авторским коллективом **SCAD Group** в составе: Белокопытова И.А., Гавриленко И.С., Карпиловский В.С., Криксунов Э.З., Микитаренко М.А., Перельмутер А.В., Перельмутер М.А., Рудь Д.Н., Семенцов А.И.

Авторы выражают благодарность И.К.Вишницкому (ТЭП, г. Москва), Б.А.Воробьеву (Петростройсистема, г. Санкт-Петербург), О.В.Кабанцеву (ЦПИ-53, г. Москва), Л.Б.Кацнельсону (ЦНИИСК, г. Москва), В.И.Кретову (НИИСК, г. Киев), В.В.Куликову (Мосинжпроект, г. Москва), А.А.Маляренко (SCAD Soft, г. Москва), Т.Е.Прохоровой (Промстройпроект, г. Москва), С.Ю.Решетникову (Краснодарпроект) за критические замечания и предложения, способствовавшие разработке и развитию пакета программ.

Авторы благодарны И.Ф.Лайкиной за терпение и труд, вложенные в подготовку книги к печати.

2. Общие сведения

2.1 Принципы разработки

В основу разработки программ, описание которых приведено в этой книге, положен общий принцип — ориентация на достаточно строгое и, по возможности, полное выполнение всех требований, представленных в нормах по проектированию стальных и железобетонных конструкций. Появление этих программ связано с тем, что система **SCAD** [6], являясь универсальным вычислительным комплексом, предназначенным в большей степени для расчета систем в целом, не оперирует той детализированной информацией о конструктивном решении, которая требуется в процессе конструирования.

Программы **Кристалл** и **АРБАТ** ориентированы на выполнение детальных проверочных расчетов несущих строительных конструкций в соответствии с действующими нормами. Они работают автономно, однако связаны со **SCAD** подходом к проблеме и общностью некоторых функций. Разработчики программ не ставили перед собой цели получения с их помощью проектной (точнее, конструкторской) документации, ограничившись выполнением детальной проверки заданной конструкции (заметим, что строительные нормы и правила — СНиП — построены как проверочные системы).

Имея в виду, что пользователем программ **Кристалл** и **АРБАТ** может быть не только опытный проектировщик, но и начинающий инженер, разработчики старались создать такие программные продукты, которые могли бы предохранить пользователя от пропуска любой из многочисленных проверок, представленных в нормах проектирования. В частности, набор конструктивных решений продиктован в числе прочего и тем, что рассматриваются только такие конструкции, для которых нормы проектирования полностью обозначили все требования. Если хотя бы одно из них нельзя точно определить (например, проверить в программе **Кристалл** устойчивость плоской формы изгиба уголкового элемента), то такие конструкции исключались полностью или для них ограничивался список возможных режимов работы программ. В этом смысле программы выступают в роли придирчивого эксперта.

Таким образом, набор главных идей, положенных в основу разработки программ **Кристалл** и **АРБАТ**, можно сформулировать так:

- пользователь должен быть уверен, что программа проведет исчерпывающую и строгую экспертизу в соответствии с требованиями норм проектирования, и в ней будут реализованы только положения норм, а другие (быть может, весьма разумные) проектные идеи и процедуры не будут применяться;
- пользователь не должен быть связан необходимостью поиска основной справочной и нормативной информации, она должна присутствовать в базе данных программы;
- пользователю предоставляется возможность детального анализа результатов экспертизы, и за ним оставляется право принятия решений по изменению и улучшению конструктивного решения.

Программа **Монолит** служит для проектирования монолитных ребристых перекрытий, и результатом ее работы, в отличие от программ **Кристалл** и **АРБАТ**, является комплект проектной документации. В качестве исходных данных в ней могут быть использованы результаты подбора арматуры в элементах железобетонных конструкций, полученные как с помощью **SCAD**, так и других программ. Правила проектирования, заложенные в программу, взяты из нескольких источников. В основном, это СНиП, пособия и руководства по проектированию, но некоторые решения, не противоречащие нормам, предложены опытными проектировщиками.

Программа **ВеСТ** предназначена для определения нагрузок и воздействий на элементы строительных конструкций и может быть полезной как при использовании комплексов типа **SCAD**, так и таких программ, как **Кристалл** и **АРБАТ**. Именно эта универсальность и позволила ей занять «почетное первое место» на страницах этой книги.

К числу вспомогательных программ, предназначенных для предварительного определения расчетных параметров, относится и программа **КРОСС**, которая позволяет по результатам геологических изысканий вычислить первый коэффициент постели (коэффициент Винклера).

2.2 Оценка конструктивного решения

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

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

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

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

$$\max_j K_j \leq 1,$$

включающем все необходимые проверки. Само значение K_j при этом определяет для элемента (узла, соединения, сечения и т.п.) имеющийся запас прочности, устойчивости или другого нормируемого параметра качества. Если требование норм выполняется с запасом, то коэффициент K_j равен относительной величине исчерпания нормативного требования (например, $K_j = 0,7$ соответствует 30% запасу). При невыполнении требований норм значение $K_j > 1$ свидетельствует о нарушении того или иного требования, т.е. характеризует степень перегрузки. Таким образом, K_j есть левая часть расчетного неравенства, представленного в приведенной выше форме (рис. 2.2-1).

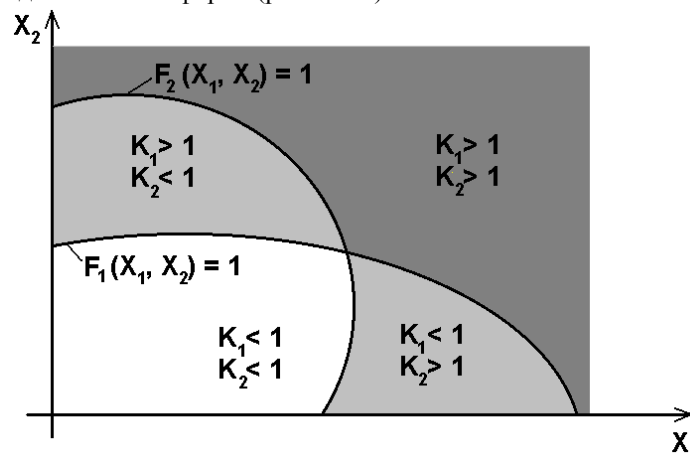


Рис. 2.2-1. Геометрическая иллюстрация области проверок в случае двух переменных

Все полученные в результате проверок значения коэффициентов K_j доступны для анализа в диалоговом окне **Диаграмма факторов** (рис. 2.2-2) или же в полном отчете о проведенной проверке. В рабочих диалоговых окнах выводится значение K_{\max} — максимального (т.е. наиболее опасного) из обнаруженных значений K_j и указывается тип проверки (например, прочность, устойчивость), при которой этот максимум реализовался.

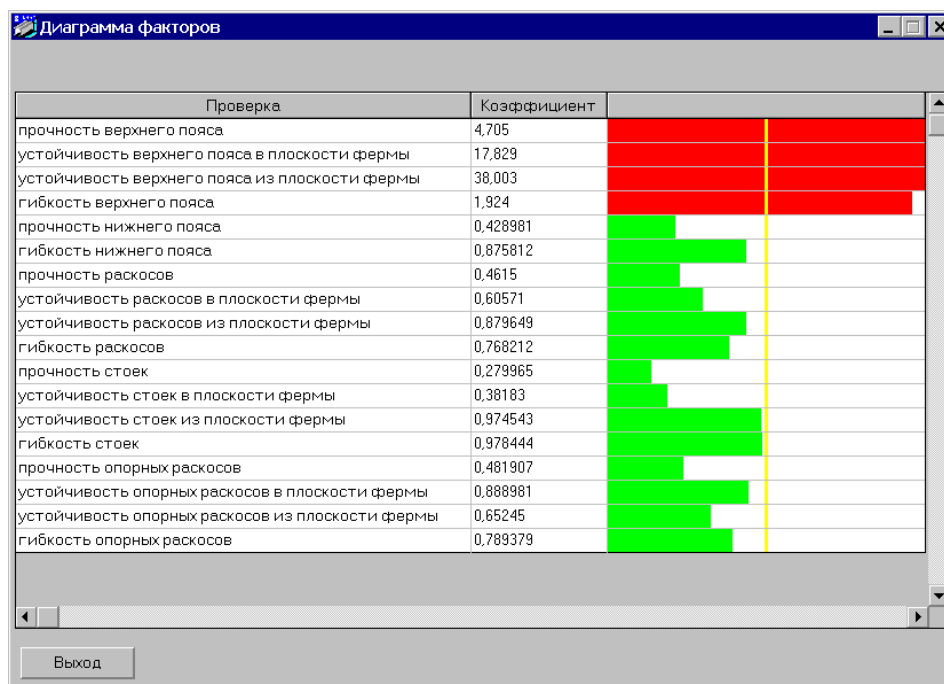


Рис. 2.2-2. Пример Диаграммы факторов

Данные, приведенные в диаграмме факторов, позволяют проектировщику принять правильное решение о типе необходимой модификации конструкции. Например, вряд ли имеет смысл увеличение расчетного сопротивления стали, если критической оказалась проверка устойчивости.

2.3 Прямая и обратная задачи

Нормы проектирования строительных конструкций построены как система проверок известного конструктивного решения, т.е. они решают задачу оценки конструкций, а не проблему ее синтеза. Конструкторские программы **Кристалл** и **АРБАТ** нацелены на решение обеих упомянутых проблем — задачи оценки и задачи подбора. Но последняя проблема (подбор) решается в ограниченной постановке как целенаправленный перебор по списку возможных конструктивных решений.

Так, при проектировании стальных конструкций могут подбираться сечения из указанного сортамента профилей, который упорядочен по возрастанию веса. Поскольку просмотр сортамента реализуется по возрастанию величины (веса) профиля и останавливается на первом, удовлетворяющем всем требованиям норм, то реализуется выбор сечения с наименьшим расходом стали. Аналогично, при проектировании железобетонных конструкций в рамках заданных опалубочных размеров перебирается, постепенно увеличиваясь, площадь арматуры.

Описанный подход к подбору (синтезу) поперечного сечения приводит к решениям, которые, по той или иной причине (конструктивные соображения, унификация и др.), могут не удовлетворить проектировщика. Он имеет возможность скорректировать решение, предлагаемое программой, и оперативно провести его проверку в режиме экспертизы.

2.4 Анализ несущей способности сечения

В программах **Кристалл** и **АРБАТ** предусматривается возможность детального исследования несущей способности поперечного сечения, которое выполняется в рамках режима **Сопротивление сечений**. Активизация функции **Кривые взаимодействия** дает возможность получить графическое изображение области несущей способности для выбранной пары усилий, действующих в поперечном сечении. Кривые (рис. 2.4-1) окружают начало координат замкнутой линией, внутри которой располагаются точки с условно-допустимыми парами рассматриваемых усилий. Напомним, что пара усилий считается допустимой, когда $K_{\max} \leq 1$. При этом все остальные усилия полагаются равными нулю. Именно отбрасывание других компонент усилий заставляет говорить об условной, а не об абсолютной допустимости указанных точек.

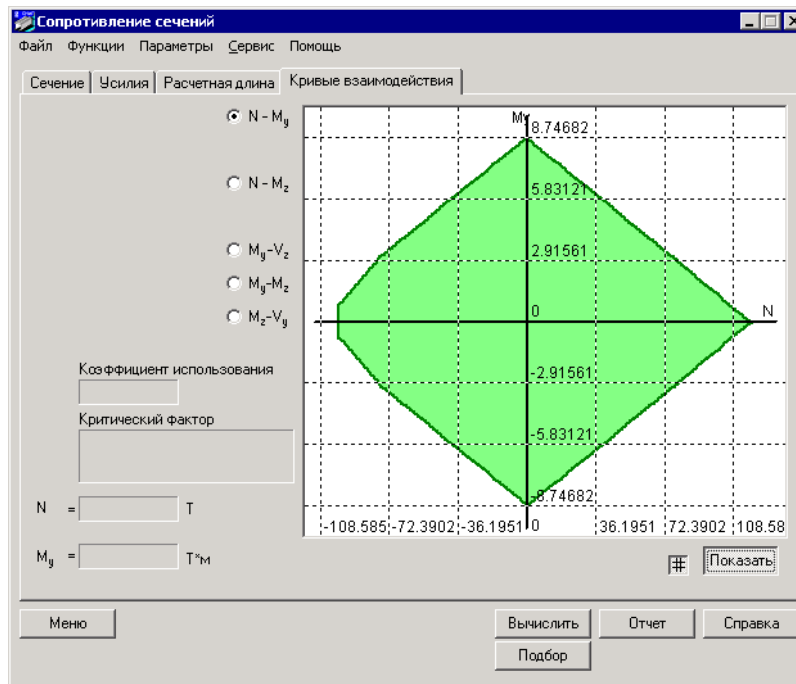


Рис. 2.4-1. Пример кривой взаимодействия

Кривую взаимодействия можно оперативно «ощупать» с помощью курсора. Для каждого его положения будут указаны координаты точки в пространстве усилий, действующих на сечение, а также соответствующее этой точке значение K_{\max} с указанием критического фактора, где этот максимум реализовался.

Полезно заметить, что использование техники анализа кривых взаимодействия дало возможность обнаружить некоторые неточности норм. Например, для стальных конструкций оказалось, что можно встретить случаи, когда область несущей способности элемента оказывается невыпуклой. Пример такой кривой представлен на рис. 2.4-2, а. Здесь рассмотрено поперечное сечение в виде симметричного сварного двутавра со стенкой 400×10 мм и полками 200×10 мм из стали с расчетным сопротивлением $R_y = 2050$ кг/см². Расчетная длина стержня в обоих главных плоскостях составляет 600 см, коэффициент условий работы и коэффициент надежности по назначению приняты равными $\gamma_c = 1,0$, $\gamma_n = 1,0$.

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

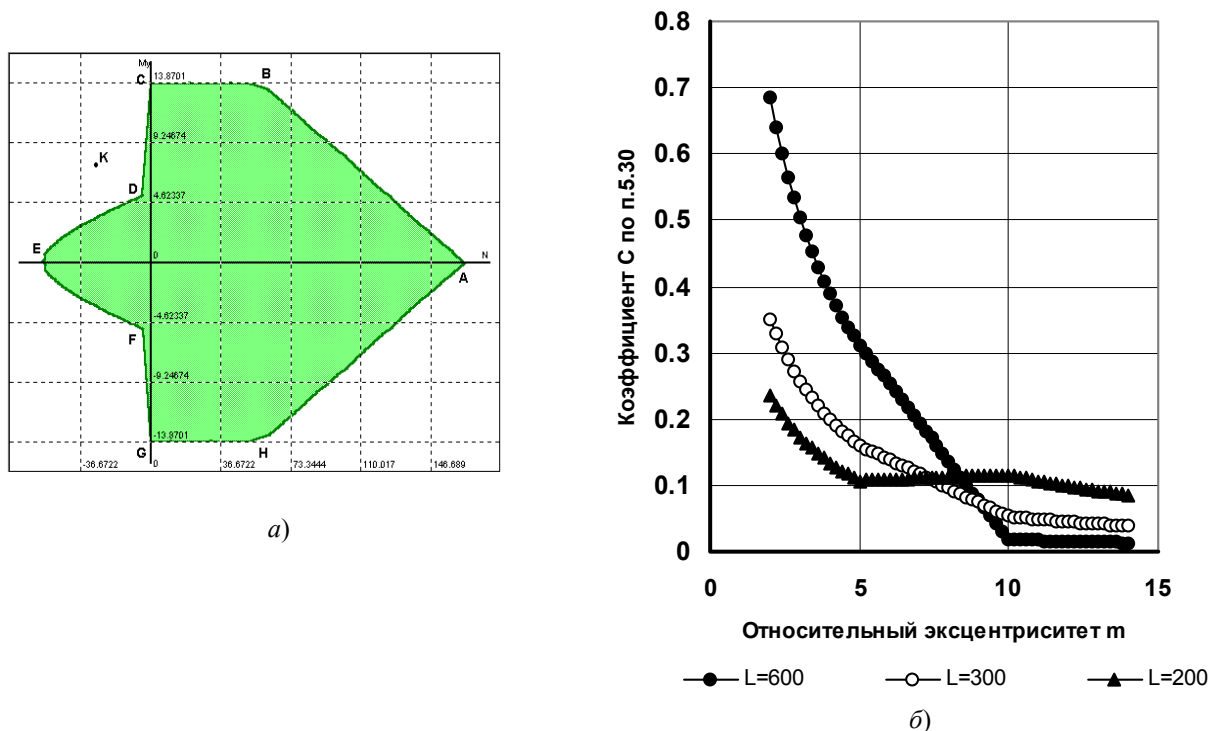


Рис. 2.4-2. Область несущей способности стального двутавра и зависимость $c(m)$

Невыпуклость кривой CDEFG связана со сменой типа зависимости коэффициента влияния формы сечения c , вычисляемого по формулам (57)–(59) СНиП II-23-81*[16], от величины относительного эксцентриситета m . Эта зависимость для трех значений длины рассматриваемого стержня приведена на рис. 2.4-2, б. Характерный излом при значении $m = 10$, где функция $c = c(m)$ меняется с линейной на гиперболическую, соответствует точкам D и F на кривой взаимодействия.

Невыпуклыми оказываются области несущей способности железобетонных сечений, где на границе «растяжение-сжатие» кривая взаимодействия терпит разрыв, определяемый проверкой на трещиностойкость.

Сама по себе невыпуклость рассматриваемой области может привести ко многим **неприятным последствиям**. Наиболее очевидным из них 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, для примера по рис. 2.4-2, 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.

3. Общие принципы управления программами

3.1 Элементы управления

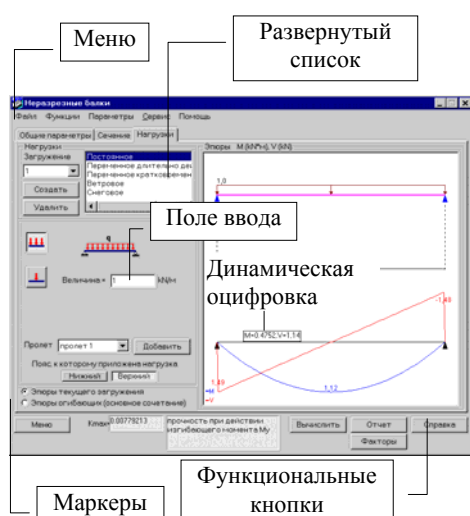


Рис. 3.1-1. Элементы управления

Реализованные в программах принципы и элементы управления обеспечивают единообразие функций диалога. Программы используют 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 (см. рис. 3.1-1):

- меню, которые раскрываются так же, как и меню любого приложения MS Windows¹, щелчком левой клавиши мыши;
- функциональные кнопки, «нажатие» которых (оно реализуется установкой курсора на кнопку и щелчком левой клавиши мыши) приводит к активизации определенных функций или режимов;
- маркеры различного вида, которые позволяют осуществить выбор из набора предлагаемых вариантов;
- поля ввода информации, с помощью которых задаются исходные данные для расчета. Исходными данными всегда являются числа. Если вводится нецелое число, то целая часть отделяется от дробной части точкой или другим разделителем. Разделители назначаются пользователем при настройке операционной системы (см. **Settings (Установки) | Regional Settings (Языки и стандарты) | Number (Числа)**). Кроме того, предусмотрена возможность ввода чисел в экспоненциальной форме, например: $1.56e-7$;
- выпадающие и развернутые списки для выбора данных;
- таблицы — для ввода и отображения табличных данных;
- динамическая оцифровка графика, с помощью которой для указанного курсором аргумента на экран монитора выводятся значения функции.

¹ Microsoft, Windows являются зарегистрированными товарными знаками Microsoft Corporation. Все другие товарные знаки являются собственностью соответствующих фирм.

3.2 Параметры настройки

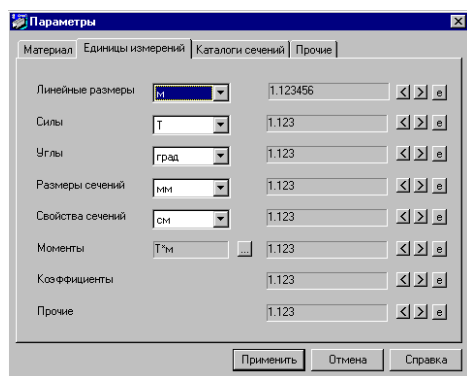


Рис. 3.2-1. Окно Параметры

Окно **Параметры** может быть вызвано в любой момент использования программ. С его помощью выполняется настройка общих параметров работы. Окно содержит несколько закладок. Каждой из закладок соответствует страница, которая обеспечивает выбор определенного вида параметров настройки.

Во всех программах окно **Параметры** содержит, по крайней мере, две страницы — **Единицы измерений** и **Прочие**, которые описаны ниже. Описание других страниц, которые специфичны для того или иного приложения, даны в соответствующих разделах.

Страница **Единицы измерений** (рис. 3.2-1) служит для назначения используемых единиц измерения величин. Она включает две группы данных. В первой задаются единицы измерения, применяемые для определения размеров конструкции и сечений, нагрузок и усилий, углов и др. Для моментов предусмотрена возможность отдельного выбора единиц измерения сил и единиц измерения плеч (кнопка).

Элементы управления второй группы позволяют назначить формат представления данных. Здесь задается количество значащих цифр при представлении данных в форме с десятичной точкой или в экспоненциальном представлении.

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

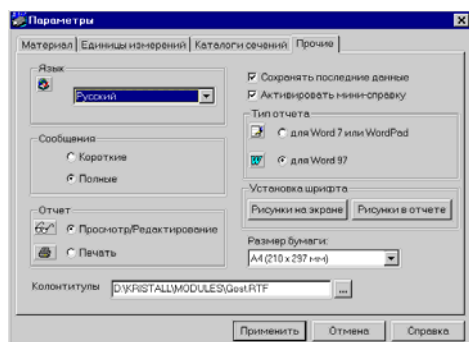



Рис. 3.2-2. Страница Прочие

Страница **Прочие** (рис. 3.2-2) дает возможность выбрать язык общения, на котором будут представлены все тексты в управляющих окнах и оформлены результаты работы.

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 MS 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 (2000). В связи с этим предусмотрена 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** можно указать имя RTF-файла, из которого берутся колонтитулы для оформления страниц отчетного документа, или нажатием кнопки , 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 главного окна появляется справочный текст с пояснением смысла выбираемой функции.

С помощью кнопок группы **Установка шрифта** можно выбрать шрифты, которые будут использоваться для оцифровки рисунков на экране и в отчетном документе.

4. Программа ВеСТ

Программа **ВеСТ** предназначена для выполнения расчетов, связанных с определением нагрузок и воздействий на строительные конструкции в соответствии с рекомендациями СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия» [17].

В программе реализованы лишь наиболее часто встречающиеся случаи нагружения, а также те случаи, для которых выполнение требований СНиП связано с достаточно сложной логикой, и которые, как свидетельствует опыт, часто приводят к ошибкам.

Кроме указанной функции, **ВеСТ**, в определенной мере, играет роль справочника, с помощью которого можно уточнить некоторые фактические данные о районировании территории по нагрузкам и воздействиям или получить другие данные справочного характера.

И наконец, с помощью программы можно накапливать часто используемые проектировщиком решения, создавая свой собственный справочно-информационный фонд.

4.1 Главное окно

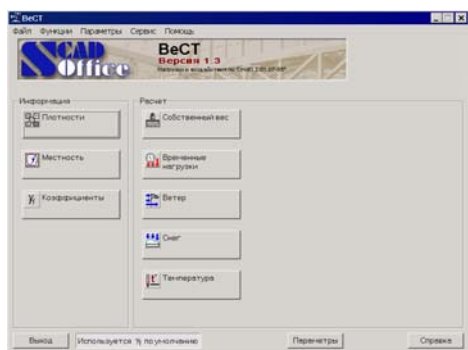


Рис. 4.1-1. Главное окно

При обращении к программе первым на экране появляется главное окно (рис. 4.1-1), содержащее набор кнопок для выбора режима. Режимы работы условно можно разделить на две группы:

- информационные — выполняющие справочные и вспомогательные операции, связанные с определением нагрузок и воздействий;
- расчетные — реализующие вычисления нагрузок и воздействий в соответствии с требованиями СНиП 2.01.07-85* [17].

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

Информационные режимы представлены следующим набором:

- **Плотности** — справочные данные о плотностях основных строительных материалов;
- **Местность** — определение параметров нагрузок, которые зависят от географического положения площадки строительства;
- **Коэффициенты** — справочные данные о значениях коэффициента надежности по нагрузке γ_f .

В группу расчетных режимов входят:

- **Собственный вес** — определение значения нагрузки от собственного веса многослойного пакета из различных материалов, приходящейся на единицу площади;
- **Временные** — определение полных и пониженных значений равномерно распределенных временных нагрузок в различных помещениях в соответствии с указаниями таблицы 3 СНиП 2.01.07-85* [17];
- **Ветер** — вычисление статической компоненты ветровых нагрузок для сооружений различного типа из числа предусмотренных приложением 4 СНиП 2.01.07-85* [17];
- **Снег** — вычисление снеговых нагрузок для сооружений различного типа из числа предусмотренных приложением 3 СНиП 2.01.07-85* [17];
- **Температура** — определение температурных воздействий по СНиП 2.01.07-85* [17].

Для выхода в главное окно во всех режимах используется кнопка **Меню**. Возможен и непосредственный переход от одного режима к другому с использованием раздела **Функции** меню программы.

4.2 Параметры

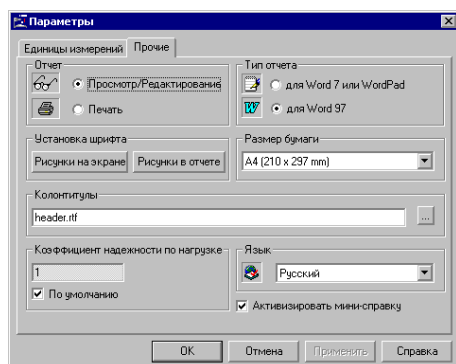


Рис. 4.2-1. Страница Прочие окна Параметры

Специфичным для параметров настройки данного приложения является наличие на странице **Прочие** (рис. 4.2-1) группы **Коэффициент надежности по нагрузке** (γ_f). Это связано с тем, что для всех рабочих режимов используются значения коэффициента γ_f по рекомендации соответствующих разделов СНиП 2.01.07-85* [17]. Но для некоторых специальных сооружений (например, объектов атомной энергетики) соответствующие нормативные документы рекомендуют другие значения γ_f . В этих случаях следует в поле **Коэффициент надежности по нагрузке** задать значение, отличное от единицы, которое и будет использовано при вычислении расчетных величин нагрузок (нормативное значение остается прежним).

Если выставлен маркер **По умолчанию**, то в режимах **Снег** и **Ветер** используется значение $\gamma_f = 1,4$, справедливое для всех случаев, кроме снеговой нагрузки на здания с легкой кровлей (см. пп. 5.7, 6.11 СНиП 2.01.07-85* [17]).

4.3 Информационные режимы

4.3.1 Плотности

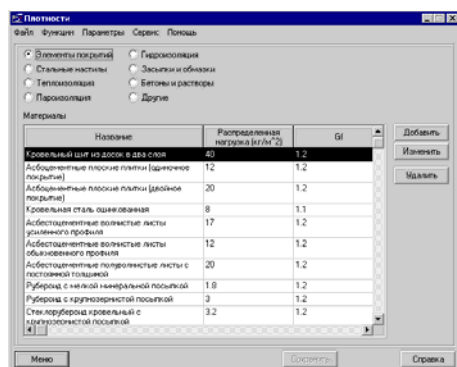


Рис. 4.3.1-1. Диалоговое окно Плотности

В таблицах режима **Плотности** (рис. 4.3.1-1) содержатся заимствованные из справочной литературы сведения о весе единицы объема (или единицы площади) следующих групп строительных материалов или конструктивных элементов:

- элементы покрытий;
- стальные настилы;
- теплоизоляция;
- пароизоляция;
- гидроизоляция;
- засыпки и обмазки;
- бетоны и растворы;
- другие.

Выбор группы, реализуемый с помощью соответствующих маркеров, приводит к открытию таблицы, где помещены наименования, вес единицы объема или площади и коэффициенты надежности по нагрузке материалов, выбранные в соответствии с рекомендациями таблицы 2 СНиП 2.01.07-85* [17].

Кнопка **Изменить** позволяет ввести уточняющие данные, которыми можно заменить предлагаемые в таблице значения параметров. После ее нажатия появляется диалоговое окно **Материал** (рис. 4.3.1-2) с наименованием и характеристиками материала из выбранной (отмеченной) в таблице

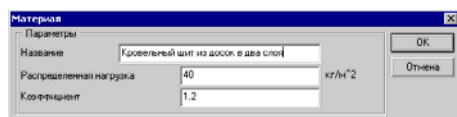


Рис. 4.3.1-2. Диалоговое окно Материал

строки. Наиболее естественное использование этой функции связано с уточнением ранее введенных данных (например, при изменении ГУ). Тот же самый результат, что и нажатием кнопки **Изменить**, может быть достигнут двойным щелчком левой кнопки мыши по строке таблицы, подлежащей изменению.

Кнопка **Добавить** позволяет расширять любую из справочных таблиц за счет включения дополнительных строк, описывающих новые строительные материалы или изделия. Наименование и характеристики нового материала заносятся в поля ввода диалогового окна **Материал**, которое появляется после вызова этой функции.

Для удаления материала из списка служит кнопка **Удалить**.

4.3.2 Местность

Многие данные о нагрузках и воздействиях привязаны к географическому положению площадки строительства (см. приложение 5 СНиП 2.01.07-85* [17] «Карты районирования территории СССР по климатическим характеристикам»). Поиск этих данных реализован в диалоговом окне **Местность** (рис. 4.3.2-1) с использованием древовидной структуры административно-территориального деления, которая помещена в поле **Поиск** рассматриваемого окна. Если выбрать в дереве наименование площадки строительства, то, кроме климатических данных, в группе **Результаты** в поле **Ориентировка** отобразится соответствующий фрагмент карты. Если воспользоваться кнопкой **Поиск**, в одноименном диалоговом окне можно организовать поиск интересующей административной единицы или города по заданному тексту имени.

В силу достаточно большой неопределенности, которую имеют изображения границ территориальных климатических районов на картах приложения 5, предполагается, что эти границы совпадают с границами административно-территориальных образований, т.е. любой административный район целиком принадлежит определенной климатической зоне. Крупные города, где сосредоточено массовое строительство, в древовидной структуре выделены отдельно.

После указания месторасположения площадки строительства в полях группы **Результаты** появляются следующие данные:

- номер снегового района (карта 1* приложения 5 к СНиП 2.01.07-85* [17]);
- номер ветрового района (карта 3 приложения 5 к СНиП 2.01.07-85* [17]);
- значение средней скорости ветра зимой (карта 2 приложения 5 к СНиП 2.01.07-85* [17]);
- среднемесячная температура июля (карта 6 приложения 5 к СНиП 2.01.07-85* [17]);
- среднемесячная температура января (карта 5 приложения 5 к СНиП 2.01.07-85* [17]);

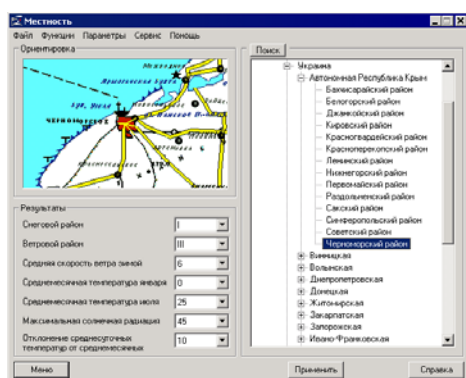


Рис. 4.3.2-1. Диалоговое окно **Местность**

- максимальная солнечная радиация (СНиП 2.01.01-82 [20]);
- отклонение среднесуточных температур от среднемесячных.

Эти значения могут быть изменены пользователем путем выбора из соответствующего выпадающего списка.

Нажатию кнопки **Применить** выбранные значения запоминаются для использования в расчетных режимах программы.

4.3.3 Коэффициенты

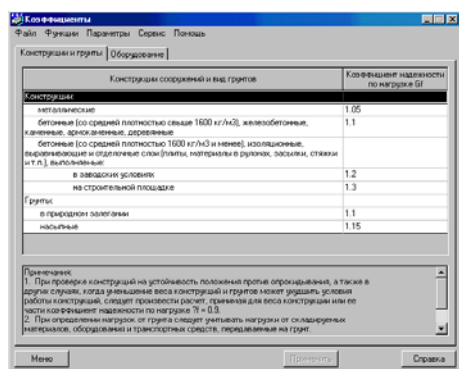


Рис.4.3.3-1. Диалоговое окно Коэффициенты Страница Конструкции и грунты

Этот режим позволяет получить справочную информацию о значениях коэффициентов надежности по нагрузке γ_f предусмотренных СНиП 2.01.07-85* [17]. На странице **Конструкции и грунты** (рис.4.3.3-1) представлены значения из таблицы 1, а на странице **Оборудование** (рис. 4.3.3-2) — из таблицы 2 СНиП 2.01.07-85* [17].

После нажатия кнопки **Применить** выбранное значение (из отмеченной строки) будет использоваться во всех вычислениях, связанных с переходом от нормативного к расчетному значению нагрузки, и отображаться в соответствующем информационном поле страниц расчетных режимов.

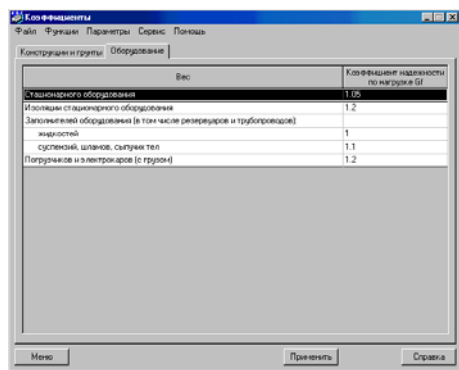


Рис. 4.3.3-2. Диалоговое окно Коэффициенты Страница Оборудование

4.4 Расчетные режимы

4.4.1 Собственный вес

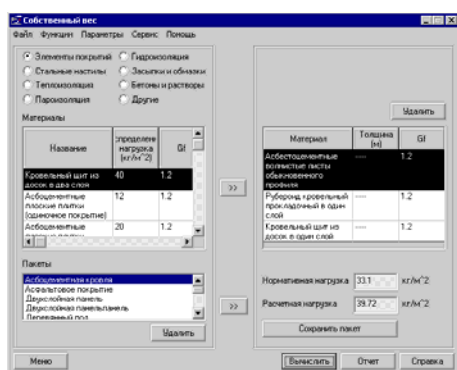



Рис.4.4.1-1. Диалоговое окно
Материалы



Рис. 4.4.1-2. Диалоговое окно Пакет


В режиме **Собственный вес** выполняется вычисление нагрузок от собственного веса пакета, набранного из некоторого числа слоев различных материалов. Эта функция реализуется в одноименном диалоговом окне (рис. 4.4.1-1), в левой половине которого представлена таблица со списком материалов, а в правой — таблица с перечнем выбранных материалов, входящих в пакет.

Для задания каждого слоя пакета необходимо выбрать группу, к которой принадлежит материал слоя. Для этого активизируется маркер с наименованием соответствующей группы (элементы покрытий, стальные настилы, теплоизоляция, пароизоляция, гидроизоляция, засыпки и обмазки, бетоны и растворы, другие). После выбора группы в левой таблице появляется список входящих в нее материалов. Каждая строка таблицы содержит наименование материала, значение его объемного веса или веса единицы площади готового конструктивного элемента, а также значение коэффициента надежности по нагрузке, соответствующего указаниям п. 2.2 СНиП 2.01.07-85* [17].

С помощью кнопки  материал из выбранной (отмеченной) строки левой таблицы может быть перенесен в расположенную справа рабочую таблицу, где таким образом накапливается описание состава пакета.

Если толщина слоя фиксирована и не подлежит изменению, то в соответствующей строке таблицы стоит прочерк. В противном случае двойной щелчок левой кнопкой мыши по нужной строке рабочей таблицы открывает доступ для внесения в столбец **Толщина** данных о толщине слоя.

Состав пакета, описанный в рабочей таблице, может корректироваться с помощью кнопки **Удалить**. Если набранный пакет является типовым, то его можно запомнить под любым удобным именем, воспользовавшись кнопкой **Сохранить пакет**. Нажатие на нее вызывает появление диалогового окна (рис. 4.4.1-2), в котором указывается наименование пакета.

Сохраненный пакет помещается в список **Пакеты** и может быть вызван из этого списка в рабочую таблицу с помощью кнопки . Он может пополняться новыми слоями или из него могут быть удалены некоторые слои.

После нажатия кнопки **Вычислить** в полях **Нормативная нагрузка** и **Расчетная нагрузка** выводятся соответствующие значения нагрузки на единицу площади от собственного веса заданного пакета.

4.4.2 Временные нагрузки

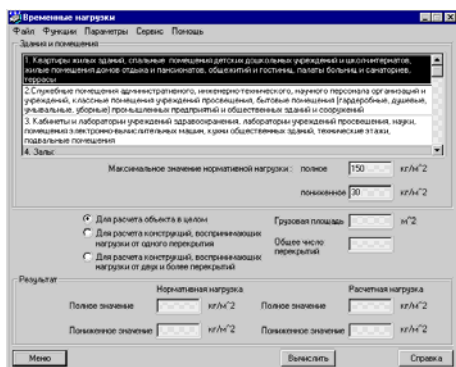


Рис.4.4.2-1. Диалоговое окно
Временные нагрузки

4.4.3 Ветер

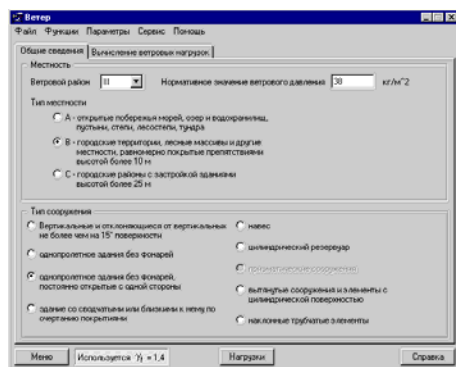


Рис. 4.4.3-1. Диалоговое окно Ветер
Страница Общие сведения

В этом режиме (рис. 4.4.2-1) реализуется функция выбора равномерно распределенных временных нагрузок на плиты перекрытий, лестницы, полы и т.п. в соответствии с указаниями пп. 3.5 – 3.9 СНиП 2.01.07-85* [17].

Определяются полные и пониженные значения нормативных и расчетных нагрузок с учетом коэффициентов снижения, учитывающих величину грузовой площади, на которую действует нагрузка (см. п. 3.8 СНиП 2.01.07-85* [17]), и коэффициентов сочетаний, учитывающих число нагруженных перекрытий многоэтажного здания (см. п. 3.9 СНиП 2.01.07-85* [17]).

Тип помещения выбирается из списка **Здания и помещения**. Вид конструкции, для которой выполняется расчет, назначается путем активизации соответствующего маркера.

Для получения значений нагрузки следует нажать кнопку **Вычислить**, при этом выводятся нормативные и расчетные значения нагрузки.

В этом режиме выполняется расчет ветровых нагрузок на некоторые из представленных в таблице 4 СНиП 2.01.07-85* [17] схем зданий, сооружений и элементов конструкций. Во всех случаях определяется статическое значение ветровой нагрузки, нормальной к поверхности сооружения. Для ввода исходных данных и получения результатов используется двухстраничное диалоговое окно **Ветер**.

Первая страница **Общие сведения** (рис. 4.4.3-1) предназначена для ввода информации о типе местности и ветровом районе расположения объекта расчета. В список **Ветровой район** и поле **Нормативное значение ветрового давления** переносятся значения из диалогового окна **Местность** (если в нем была нажата кнопка **Применить**). Однако, возможен и независимый выбор ветрового района из одноименного списка. Если вводится отличное от рекомендаций норм нормативное значение ветрового давления, то наименование ветрового района в списке не указывается. Назначение типов местности и сооружения реализуется с помощью соответствующих групп маркеров.

После назначения данных на странице **Общие сведения** следует перейти к следующей странице — **Вычисление ветровых нагрузок** (рис. 4.4.3-2), где задаются дополнительные исходные данные, необходимые для расчета, и представляются результаты расчета. Ниже приводится описание этого окна для различных типов сооружений.

Правило знаков при выводе значений ветрового давления для всех видов сооружений принято в соответствии с

указаниями п. 6.6 СНиП 2.01.07-85* [17], а именно: положительным считается давление ветра, направленное на соответствующую поверхность, отрицательным — направленное от поверхности.

Ограничения реализации



Для всех сооружений (кроме навесов) и стен зданий учитывается изменение скоростного напора ветра по высоте. Для всех кровель принято, что ветровая нагрузка не меняется по высоте и соответствует отметке верхней точки покрытия.

Поверхности вертикальные и отклоняющиеся от вертикали не более, чем на 15°

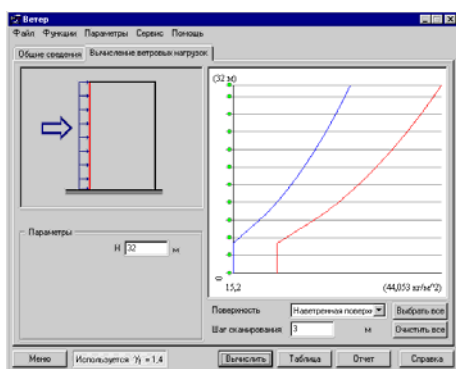


Рис. 4.4.3-2. Страница Вычисление ветровых нагрузок

| Высота (м) | Расчетное значение (кг/м ²) | Нормативное значение (кг/м ²) |
|------------|---|---|
| 0 | 21,28 | 15,2 |
| 3 | 21,28 | 15,2 |
| 6 | 22,557 | 16,112 |
| 9 | 26,387 | 18,848 |
| 12 | 29,757 | 21,255 |
| 15 | 32,535 | 23,239 |
| 18 | 34,996 | 24,997 |
| 21 | 37,222 | 26,587 |
| 24 | 39,264 | 28,046 |
| 27 | 41,159 | 29,399 |
| 30 | 42,93 | 30,664 |
| 32 | 44,053 | 31,466 |

Рис. 4.4.3-3. Окно Результаты расчета

При выборе этого типа сооружения (схема 1 из таблицы 4 СНиП 2.01.07-85* [17]) на странице **Вычисление ветровых нагрузок** (рис. 4.4.3-2) вводится значение высоты сооружения H и указывается шаг сканирования результата (его значение по умолчанию заранее выставлено). Из выпадающего списка выбирается наименование поверхности (навстречная, подветренная), для которой следует вычислить значения ветровой нагрузки.

В окне выдачи результатов приводится график изменения нагрузки по высоте. Возможна динамическая оцифровка этого графика, когда для указанного курсором значения высоты на экран монитора выводятся значения нагрузки. Высоты соответствуют выбранному шагу сканирования.

Зеленые точки (метки) по оси ординат указывают промежуточные значения высоты, для которых будут выполнены вычисления. Их шаг соответствует заданному шагу сканирования. Метки можно удалять и вновь восстанавливать, подведя к ним курсор и щелкнув левой кнопкой мыши. Значения ветрового давления на отметках с неудаленными метками приводятся в таблице, которая формируется по нажатию кнопки **Таблица** и выводится в окно **Результаты расчета** (рис. 4.4.3-3).

Кнопки **Выбрать все** и **Очистить все** позволяют, соответственно, включить в таблицу (график) или убрать из таблицы (графика) все точки, соответствующие шагу сканирования.

Однопролетные здания без фонарей

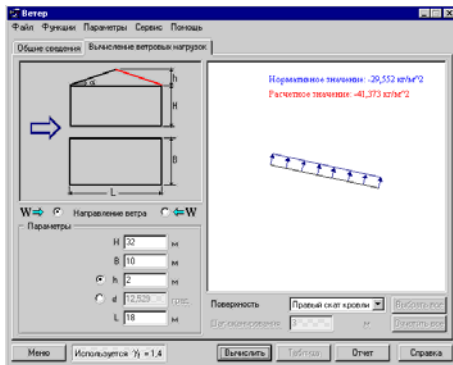


Рис. 4.4.3-4. Страница
Вычисление ветровых нагрузок

Для сооружений этого типа (схема 2 из таблицы 4 СНиП 2.01.07-85* [17]) на странице **Вычисление ветровых нагрузок** (рис. 4.4.3-4) вводятся значения размеров здания. Из раскрывающегося списка выбирается наименование поверхности (левый скат кровли, правый скат кровли, левая стена, правая стена, боковые стены), для которой следует вычислить значения ветровой нагрузки, а маркером указывается расчетное направление ветра.

Для кровли вычисляются значения нагрузок, не меняющиеся по длине ската, а для стен строится график ветровой нагрузки, аналогичный описанному ранее.

Однопролетные здания без фонарей, постоянно открытые с одной стороны

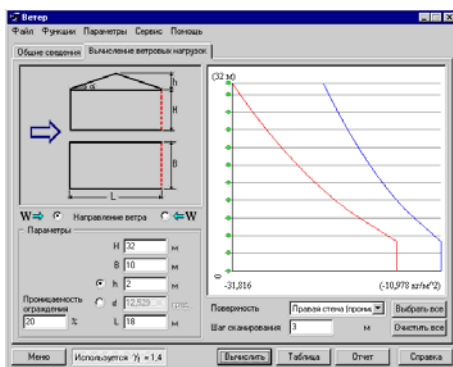


Рис. 4.4.3-5. Страница
Вычисление ветровых нагрузок

При выборе этого типа сооружения (схема 9 из таблицы 4 СНиП 2.01.07-85* [17]) на странице **Вычисление ветровых нагрузок** (рис. 4.4.3-5) вводятся значения размеров здания. Из выпадающего списка выбирается наименование поверхности (левый скат кровли, правый скат кровли, левая стена — сплошная, правая стена — проницаемая, боковые стены), для которой следует вычислить значения ветровой нагрузки. Маркером указывается расчетное направление ветра.

Поскольку в этом случае рассматривается одновременное действие ветрового давления снаружи и внутри сооружения, то в качестве результата указывается суммарная нагрузка на выбранную поверхность.

Значение аэродинамического коэффициента внутреннего давления C_i при заданном значении проницаемости в диапазоне от 5% и до 30% вычислено путем интерполяции между указанными в таблице 4 СНиП 2.01.07-85* [17] граничными величинами.

Здания со сводчатыми и близкими к ним по очертаниям покрытиями

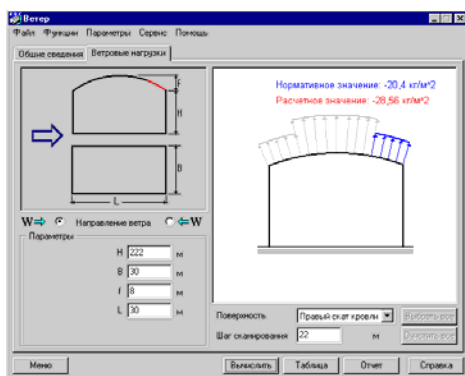


Рис. 4.4.3-6. Страница Вычисление ветровых нагрузок

При выборе этого типа сооружения (схема 3 из таблицы 4 СНиП 2.01.07-85* [17]) на странице **Вычисление ветровых нагрузок** (рис. 4.4.3-6) вводятся значения размеров здания. Из выпадающего списка выбирается наименование поверхности (левый скат кровли, правый скат кровли, средняя часть кровли, левая стена, правая стена, боковые стены), для которой следует вычислить значения ветровой нагрузки. Маркером указывается расчетное направление ветра.

Навесы

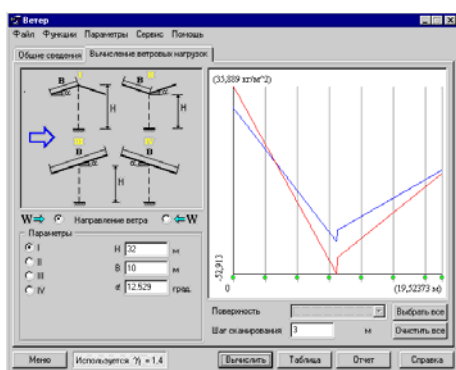


Рис. 4.4.3-7. Страница Вычисление ветровых нагрузок

Для этого типа сооружения (схема 11 из таблицы 4 СНиП 2.01.07-85* [17]) на странице **Вычисление ветровых нагрузок** (рис. 4.4.3-7) с помощью маркеров выбирается конструкция навеса, вводятся значения размеров, а также указывается расчетное направление ветра.

Значения нагрузки на кровлю представляются в форме графика, для которого возможна динамическая оцифровка, но с выбором не высотного положения расчетной точки, а ее ординаты на горизонтальной проекции кровли.

Цилиндрические резервуары

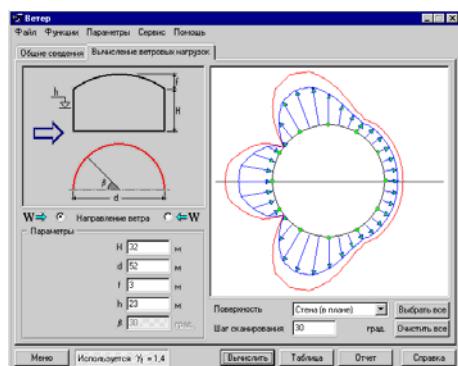


Рис. 4.4.3-8. Страница
Вычисление ветровых нагрузок

При выборе этого типа сооружения (схема 12, б из таблицы 4 СНиП 2.01.07-85* [17]) на странице **Вычисление ветровых нагрузок** (рис. 4.4.3-8) вводятся значения размеров сооружения. Из выпадающего списка выбирается наименование поверхности (крыша сферическая, стена по высоте, стена в плане, внутреннее давление), для которой следует вычислить значения ветровой нагрузки. С помощью маркера следует указать расчетное направление ветра.

В представленной версии программы коническая крыша не рассматривается, поэтому наименование поверхности крыши сопровождается уточнением «сферическая».

Поскольку внутреннее давление реализуется только при отсутствии крыши или при опущенном положении плавающей крыши, то здесь значения внутреннего давления даются отдельно, без суммирования с внешним давлением на стенку. Выбор расчетного случая (суммарное значение или отдельные варианты) остается за пользователем, который к тому же должен рассмотреть различные варианты заполнения резервуара и, следовательно, начала отсчета внутреннего давления по высоте.

Для описания распределения давления по поверхности стенки резервуара используются два графика:

- в горизонтальной плоскости, лежащей на уровне, заданном параметром h — **Стена (в плане)** в выпадающем меню **Поверхность**;
- на вертикали, положение которой определяет угол β между радиусом, проходящим через эту вертикаль, и горизонтальной осью — **Стена (по высоте)** в выпадающем меню **Поверхность**.

В зависимости от того, какой из графиков был выбран, результатом будет:

- распределение ветрового давления в плане на заданной высоте;
- изменение ветрового давления по высоте при заданном положении вертикали.

Вытянутые сооружения и элементы с цилиндрической поверхностью

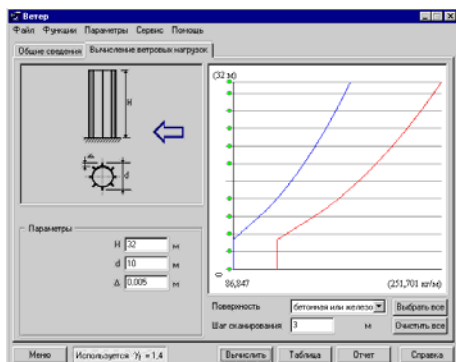


Рис. 4.4.3-9. Страница Вычисление ветровых нагрузок

Ограничения реализации



Значение ветрового давления зависит от числа Рейнольдса Re , для которого в СНиП 2.01.07-85* [17] рассматривается диапазон значений до $Re = 3,2 \cdot 10^6$. При выходе из диапазона этих значений принимается, что величина аэродинамического коэффициента $C_{x\infty}$ остается постоянной.

По параметру относительной шероховатости Δ/d выполняется линейная интерполяция между графиками, представленными в таблице 4 СНиП 2.01.07-85* [17]. При этом в случае $\Delta/d < 10^{-4}$ и $\Delta/d > 0,05$ величина $C_{x\infty}$ определяется по крайним кривым.

Наклонные трубчатые элементы

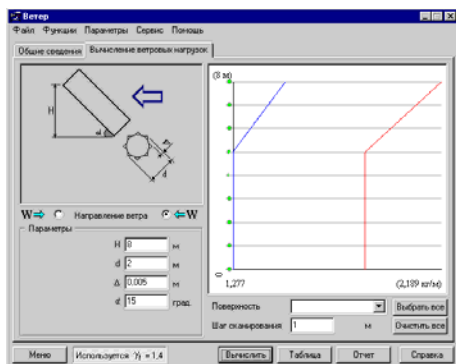


Рис. 4.4.3-10. Страница Вычисление ветровых нагрузок

При выборе этого типа сооружения (схема 18 из таблицы 4 СНиП 2.01.07-85* [17]) на странице **Вычисление ветровых нагрузок** (рис. 4.4.3-10) вводятся значения размеров элемента и указывается направление ветра. Здесь, как и в предыдущем случае, определяется погонная нагрузка, причем рассматривается только компонента нагрузки, нормальная к оси элемента.

Правило знаков для нагрузки формулируется следующим образом: нагрузка является положительной, если ее проекция на вертикаль направлена вниз, т.е. эффекты веса и ветра суммируются.

Результаты вычислений представляются в форме графика изменения погонной нагрузки по высоте. Возможна динамическая оцифровка этого графика, когда для указанного курсором значения высоты на экран монитора выводятся значения функции.

4.4.4 Снег

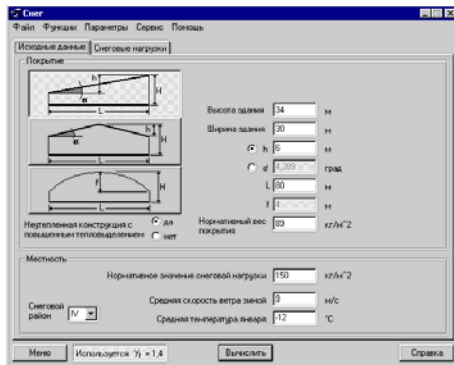


Рис. 4.4.4-1. Страница Исходные данные

В этом режиме вычисляются снеговые нагрузки на однопролетные здания, профили покрытий которых соответствуют схемам 1 и 2 из таблицы 3 СНиП 2.01.07-85* [17].

Страница **Исходные данные** (рис. 4.4.4-1) предназначена для ввода информации о профиле покрытия и снеговом районе, в котором расположен объект расчета. В группе данных **Местность** из выпадающего списка выбирается снеговой район, после чего назначается соответствующее ему нормативное значение снеговой нагрузки. Для расчета необходимо также задать среднюю температуру января и среднюю скорость ветра зимой.

Все перечисленные данные будут введены автоматически, если в диалоговом окне **Местность** было выбрано место строительства и нажата кнопка **Применить**.

Выбор профиля покрытия здания осуществляется с помощью функциональных кнопок с его изображением. Расчет выполняется после нажатия кнопки **Вычислить** или указания на закладку **Снеговые нагрузки**.

Для покрытия с односкатной кровлей (рис. 4.4.4-2) существует только одна схема расположения нагрузки, для которой указываются нормативное и расчетное значения.

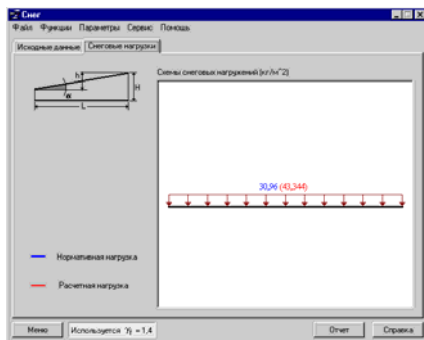


Рис. 4.4.4-2. Страница Снеговые нагрузки (односкатная кровля)

Для покрытия с двухскатной кровлей (рис. 4.4.4-3) может существовать одна или три схемы расположения нагрузки (в зависимости от заданного значения угла α), для каждой из них указываются нормативное и расчетное значения.

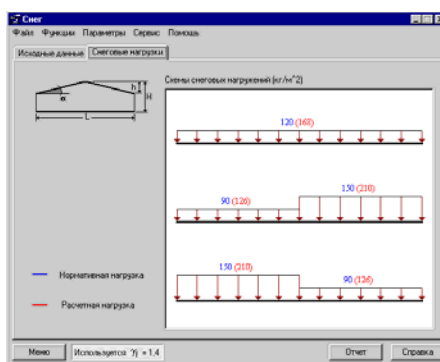


Рис. 4.4.4-3. Страница Снеговые нагрузки (двухскатная кровля)

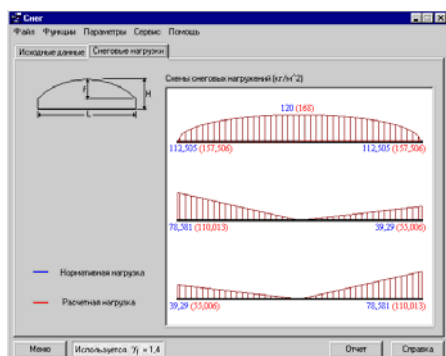


Рис. 4.4.4-4. Страница
Снеговые нагрузки
(сводчатая кровля)

Для покрытия со сводчатой или близкой к ней конфигурацией (рис. 4.4.4-4) существуют три схемы расположения нагрузки, для каждой из них выводится график распределения нагрузки. Этот график можно сканировать (динамическая оцифровка), подобно тому, как это было описано выше в разделе, посвященном ветровым нагрузкам.

4.4.5 Температура

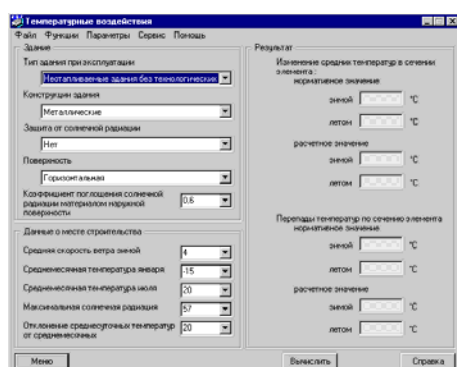


Рис. 4.4.5-1. Окно
Температурные воздействия

В этом режиме вычисляются значения температурных климатических воздействий в соответствии с указаниями пп. 8.1–8.6 СНиП 2.01.07-85* [17].

Все сведения о типе и конструкциях здания выбираются из выпадающих списков и соответствуют формулировкам таблицы 15 СНиП 2.01.07-85* [17]. Данные о месте строительства могут быть получены из режима **Местность** или заданы в окне режима. Принято, что значения температуры внутреннего воздуха помещения составляют в теплое время года 22°C, и в холодное время года –16°C.

4.5 Нормативные документы, требования которых реализованы в программе ВеСТ

| Режим | Ссылки на пункты норм и стандартов |
|------------------------|--|
| Плотности | п. 2.2 СНиП 2.01.07-85* [17] |
| Местность | приложение 5 СНиП 2.01.07-85*[17], СНиП 2.01.01-82 [20] |
| Коэффициенты | пп. 2.2, 3.4 СНиП 2.01.07-85*[17] |
| Собственный вес | п. 2.2 СНиП 2.01.07-85*[17], приложение 5 СНиП 2.03.13-88 [38], ДБН В.2.6-14-97 [39] |
| Временные | пп. 3.5-3.9 СНиП 2.01.07-85*[17] |
| Ветер | пп. 6.1-6.6, 6.11 СНиП 2.01.07-85*[17], приложение 4 (схемы 1-3, 9, 11, 12б, 14, 18) СНиП 2.01.07-85*[17] |
| Снег | пп. 5.1-5.7 СНиП 2.01.07-85*[17], приложение 3 (схемы 1, 2) СНиП 2.01.07-85*[17] |
| Температура | ГОСТ 12.1.005-88 [37], пп. 8.1-8.7 СНиП 2.01.07-85*[17], СНиП 2.01.01-82 [20] |


5. Программа Кристалл

Программа **Кристалл** предназначена для выполнения конструктивных расчетов и проверок элементов и соединений стальных конструкций на соответствие требованиям СНиП II-23-81* Стальные конструкции. Нормы проектирования [16]. Предполагается, что расчетные усилия соответствуют нагрузкам, определенным по СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия [17], требованиям этого же документа соответствуют реализованные программой правила выбора расчетных сочетаний усилий.

При создании программы использовались связанные со СНиП II-23-81* [16] государственные стандарты, а также Пособие по проектированию стальных конструкций к СНиП II-23-81* [13]. Кроме того, учитывались некоторые методологические положения подготовленных, но еще не введенных в действие проектов норм СНиП 53-01-96 [18] и СП 53-101-96 [22] Общие правила проектирования элементов стальных конструкций и соединений.

Отдельная ветвь программы **Кристалл** позволяет выполнить проверки элементов и соединений в соответствии с требованиями Eurocode 3. Она может быть полезна специалистам, выпускающим проектную документацию по заказам европейских фирм. ENV 1993-1-1. Eurocode 3: Design of Steel Structures. — Part 1.1: General rules and rules for buildings [24] предназначен для выполнения проверок элементов и соединений стальных конструкций.

В программе **Кристалл**, как правило, реализуются проверочные расчеты конструкций и соединений, размеры которых заранее выбраны проектировщиком, т.е. программа работает в режиме экспертизы. Для некоторых случаев реализован и режим подбора поперечных сечений, который выполняется по условию выполнения требований первого предельного состояния. Проверка выбранного сечения по второму предельному состоянию должна выполняться пользователем в режиме экспертизы этого сечения.

В программе предусмотрена возможность получения справочных данных относительно сортов металлов и болтов, рекомендаций СНиП II-23-81* [16]. Для этого в состав программы включены специальные справочные режимы (см. ниже). В некоторых случаях диалоговое окно имеет кнопку , нажав которую можно получить дополнительную информацию справочного характера.

Поскольку в СНиП II-23-81* [16] приводятся рекомендации не для всех возможных проектных решений, то в некоторых случаях программа не может выполнить необходимую проверку. В большинстве таких случаев система управления не допускает создания подобного запроса. На экране появляется соответствующее предупреждение, а в отчетном документе — сообщение о возникшей ситуации.

5.1 Главное окно

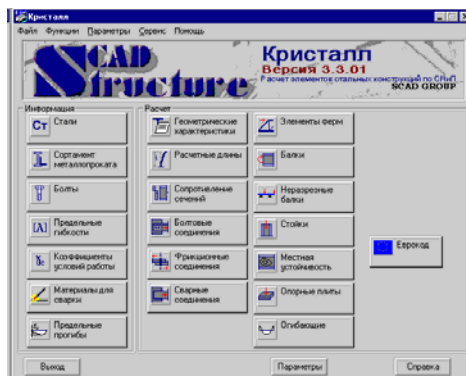


Рис. 5.1-1. Главное окно программы Кристалл

При обращении к программе первым на экране появляется главное окно (рис. 5.1-1), содержащее набор кнопок для выбора режима работы. Эти режимы условно можно разделить на следующие группы:

- справочные;
- вспомогательные, связанные с проектированием стальных конструкций;
- реализующие проверку сечений и узловых соединений на выполнение расчетных требований СНИП II-23-81* [16];
- выполняющие проектирование простых конструктивных элементов.

Детальное описание каждого режима приводится ниже. Здесь представлена только их краткая характеристика.

Справочные режимы включают:

- **Стали**, где основной задачей является реализация рекомендаций СНИП II-23-81* [16] по выбору марок стали (таблицы 50*), при этом учитывается подход, заложенный в проект нового СНИП 53-01-96 [18]. Кроме того, выдаются справки о соответствии классов стали по СНИП II-23-81* [16] (по ГОСТ 27771-88) маркам стали по ГОСТ или ТУ (таблицы 51, б) и справочные данные о механических характеристиках (таблицы 51*);
- **Сортамент металлопроката** — дает возможность просмотра сортаментов;
- **Болты** — дает возможность просмотра сортамента болтов с указанием их класса;
- **Предельные гибкости** — дает возможность просмотра рекомендаций СНИП II-23-81* [16] по предельным гибкостям растянутых и сжатых элементов;
- **Коэффициенты условий работы** — предназначен для просмотра и выбора значений коэффициентов условий работы элементов (γ_c) по рекомендациям СНИП II-23-81* [16].
- **Материалы для сварки**, где реализованы требования раздела 2 СНИП II-23-81* [16] в части выбора материалов для сварных соединений и раздела 3 в части выбора расчетных сопротивлений сварных соединений;
- **Предельные прогибы**, здесь даны таблицы 19, 21, 22 СНИП 2.01.07-85* [17] «Нагрузки и воздействия» с ограничениями на прогибы элементов конструкций.

Вспомогательные режимы включают:

- **Огибающие**, где определяются невыгодные сочетания многих нагрузок, которые действуют на изгибаемые элементы, строятся огибающие эпюры моментов и поперечных сил;
- **Геометрические характеристики** предоставляет возможность вычисления геометрических характеристик поперечного сечения;

- **Расчетные длины**, где реализованы рекомендации из таблиц 11, 12, 13* и 17а СНиП II-23-81* [16] и из ENV 1993-1-1 Eurocode 3 [24].

Последующие режимы являются функциональными и предназначены для проверки конструктивных решений стальных конструкций и соединений на соответствие требованиям СНиП II-23-81* [16] по прочности, устойчивости и гибкости или же для реализации некоторой части таких проверок, имеющих самостоятельный интерес (например, исследование области несущей способности путем построения кривых взаимодействия). Они включают:

- **Сопротивление сечений**, где 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**, в котором 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**, где для определенного числа конструктивных решений сварных соединений определяются коэффициенты использования ограничений и строятся кривые взаимодействия для любых допустимых комбинаций пар усилий;
- **Местная устойчивость**, где реализуются 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. К ним относятся:

- **Элементы ферм** — для конструктивных схем, наиболее часто используемых на практике, реализуются все необходимые проверки элементов ферм на прочность и устойчивость. При этом работа начинается с определения расчетных значений усилий от задаваемых вертикальных внешних нагрузок. 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 реализованы 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 или сварные двутавры и швеллеры;
- **Стойки** — аналогичен предыдущему, но ориентирован на рассмотрение колонн и стоек различного поперечного сечения;
- **Опорные плиты**, где рассматриваются части пластины базы колонны при различных вариантах их окаймления ребрами.

Обращение к любому из указанных режимов приводит к появлению многостраничного диалогового окна, с помощью которого выполняются операции ввода данных и анализа результатов.

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-приложений функции — запрос справочной информации и прекращение работы. Назначение кнопки **Параметры** описано ниже. Кроме того, имеется возможность перехода в режим выполнения расчетов по Eurocode 3 (см. раздел 6) нажатием кнопки **Еврокод**.

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

5.2 Параметры

Помимо общих параметров настройки, описанных в разделе 3, в окне **Параметры** программы **Кристалл** имеются еще две страницы — **Материал** и **Каталоги сечений**. Окно **Параметры** вызывается нажатием одноименной кнопки главного окна программы или соответствующего пункта меню.

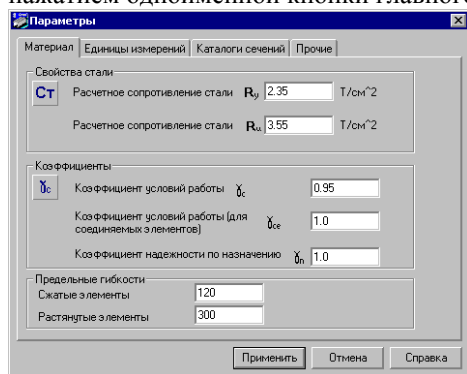


Рис. 5.2-1. Страница **Материал** окна **Параметры**

Страница **Материал** (рис. 5.2-1) дает возможность задать свойства стали (значения R_y и R_u), предельные гибкости, а также значения следующих коэффициентов:

- условий работы для конструкции (γ_c);
- условий работы для элементов, соединяемых болтами (γ_{cc});
- надежности по назначению (γ_n).

При задании этой информации желательно 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 они будут автоматически перенесены на описываемую страницу. В этом случае страница служит для справок.

Значения предельных гибкостей могут быть изменены пользователем, если он считает, что рекомендации соответствующего режима неточны или недостаточны. Введенные значения должны быть положительными целыми числами.

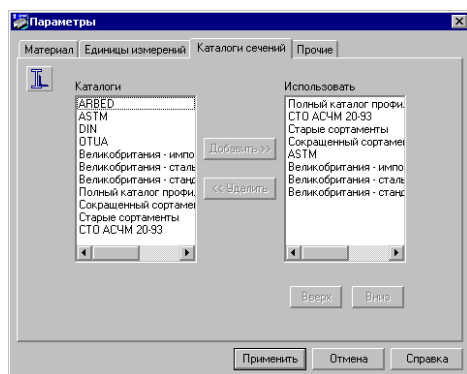


Рис. 5.2-2. Страница Каталоги сечений окна Параметры

Страница **Каталоги сечений** (рис. 5.2-2) 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**.

Кнопками **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 указанных кнопок переместить его в новую позицию.

5.3 Конструирование поперечных сечений

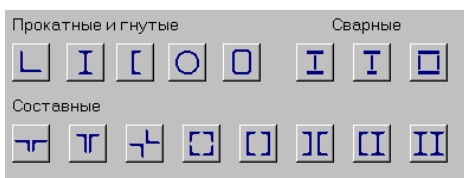


Рис. 5.3-1. Типы поперечных сечений

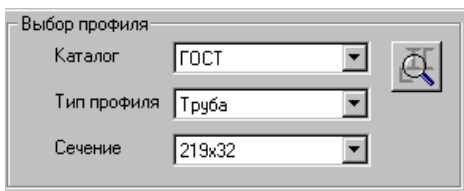


Рис. 5.3-2. Группа **Выбор профиля**

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

Программа работает с шестнадцатью типами поперечных сечений элементов, схемы которых представлены на рис. 5.3-1. 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 выпадающим спискам группы **Выбор профиля** (рис. 5.3-2). Список **Каталог** дает возможность назначить каталог прокатных профилей, из которого будет выбираться требуемое сечение. Используются только те каталоги, которые включены в список **Использовать** (см. раздел 5.2).

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.

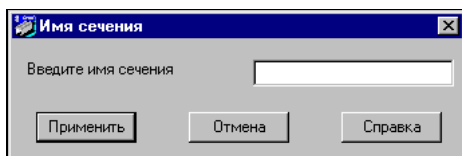



Рис. 5.3-3. Диалоговое окно **Имя сечения**

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 в базу созданного сечения используется кнопка **Сохранить**, которая установлена на страницах конструирования поперечных сечений.

Нажатие кнопки **Сохранить** вызывает диалоговое окно **Имя сечения**, в котором задается имя сохраняемого сечения (рис. 5.3-3). Поскольку программа не контролирует уникальность применяемых имен, то за этим должен следить сам пользователь.

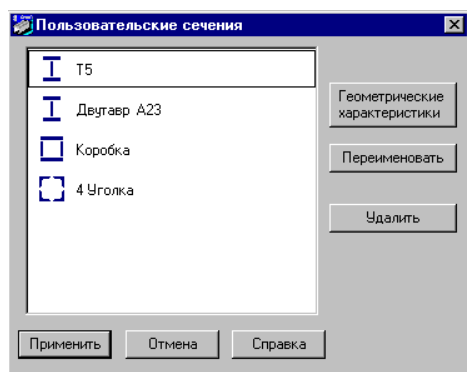


Рис. 5.3-4. Диалоговое окно Пользовательские сечения

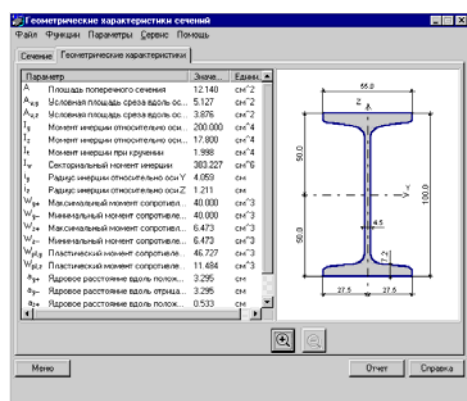



Рис. 5.3-5. Окно Геометрические характеристики сечения

Для доступа к сечениям из пользовательской базы после нажатия кнопки  появляется диалоговое окно **Пользовательские сечения** (рис. 5.3-4) 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 выбрано для работы. Если воспользоваться кнопкой **Геометрические характеристики**, можно в соответствующем окне получить все характеристики сечения (рис. 5.3-5). Сечение изображается в масштабе с указанием главных центральных осей инерции и основных размеров.

Геометрические характеристики вычисляются программой с определенной точностью. Поэтому по некоторым из них возможны несущественные 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** (рис. 5.2-2).

Для комбинированных сечений (рис. 5.3-1), которые имеют в своем составе решетки, соединяющие между собой ветви сечения, предусмотрены кнопки для выбора типа соединительной решетки (см., например, рис. 5.7.4-2).

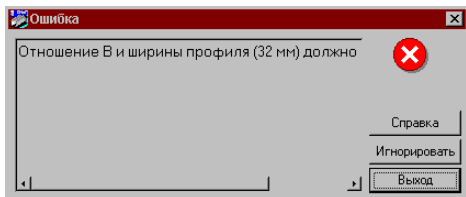



Рис. 5.3-6. Сообщение **Ошибка**



В программе выполняется автоматический контроль конструктивного решения сечения. Список ограничений приведен ниже в таблицах 5.3-1 и 5.3-2. При нарушении этих ограничений на экране появляется сообщение с пояснением смысла допущенной ошибки (пример показан на рис. 5.3-6).

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 (кнопка **Игнорировать**), но при этом все негативные последствия такого решения 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 5.3-1. Ограничения на выбор размеров сечений



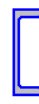

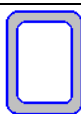
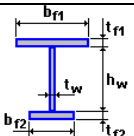
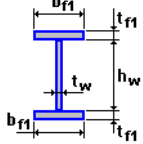

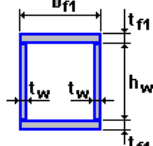


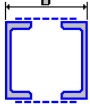
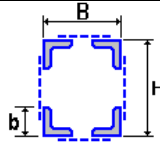
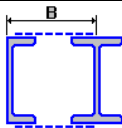
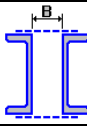
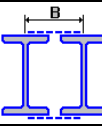
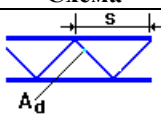
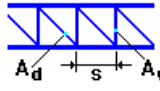
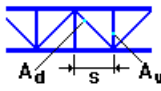
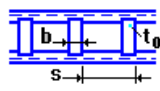
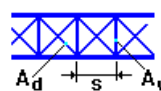
| Сечение | Ограничения | Сечение | Ограничения |
|---|---|--|--|
|  | Только из имеющихся баз данных |  | Только из имеющихся баз данных |
|  | Только из имеющихся баз данных |  | Только из имеющихся баз данных |
|  | Только из имеющихся баз данных |  | $b_{f1} / t_{f1} \geq 5$; $b_{f2} / t_{f2} \geq 5$; $h_w / t_w \geq 5$ |
|  | $b_{f1} / t_{f1} \geq 5$; $h_w / t_w \geq 5$ |  | $0,8t \leq g \leq 2t$ |
|  | $b_{f1} / t_{f1} \geq 5$; $h_w / t_w \geq 5$; $5 \geq b_{f1} / h_w \geq 0,2$ |  | $g \leq 2t$ |
|  | $0,8t \leq g \leq 2t$ |  | $B/b_{fc} \geq 3$ |
|  | $B/b \geq 4$; $H/b \geq 4$; $2,0 \geq H/b \geq 0,5$ |  | $B/b_{fd} \geq 3$ Швеллер и двутавр только из одного каталога прокатных профилей и примерно одинаковой высоты |
|  | $B/b_{fc} \geq 2$ |  | $B/b_{fd} \geq 2$ |
| 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 5.3-2. Ограничения на выбор параметров решетки

| Схема | Ограничения | Схема | Ограничения |
|---|--|---|--|
|  | $s \geq h;$ $A_d < A$ |  | $s \geq h;$ $A_v < A;$ $A_d < A$ |
|  | $s \geq h;$ $A_d < A$ |  | $s \geq 2b$ |
|  | $s \geq h;$ $A_v < A;$ $A_d < A$ | | |

Примечания:
 h — расстояние между осями поясов;
 A — площадь пояса;
 A_d — площадь раскоса;
 A_v — площадь стойки.

5.4 Справочные режимы

5.4.1 Стали

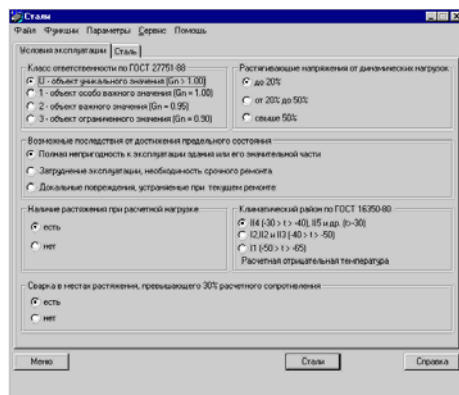


Рис. 5.4.1-1. Страница Условия эксплуатации режима Стали

В этом режиме выбирается марка стали для проектируемой конструкции. Выбор осуществляется для четырех групп конструкций в соответствии с таблицей 50* СНиП II-23-81* [16]. Методика отнесения конструкции к определенной группе соответствует проекту СНиП 53-01-96 [18] и работе [10].

Страница **Условия эксплуатации** (рис. 5.4.1-1) 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 5.2). 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 53-01-96 [18] имеются рекомендации по отнесению некоторых конструкций к одному из этих классов (классы А, Б и В соответствуют трем градациям рассматриваемой группы). Ниже приводятся необходимые выдержки из этих рекомендаций.

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 воздушных линий электропередач (ВЛ) и конструкции открытых распределительных устройств (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 свободстоящей 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.

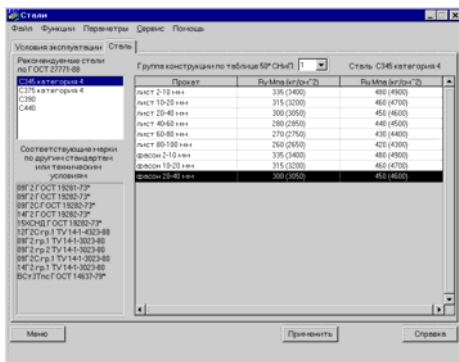
В других группах выполняется выбор характеристик напряженного состояния (**Наличие растяжения при расчетной нагрузке** и **Растягивающие напряжения от динамических нагрузок**), а также указывается температурный режим эксплуатации (**Климатический район по ГОСТ 16350-80**). Последняя группа требует указания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

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

Страница **Стали** (рис. 5.4.1-2) содержит ссылку на группу конструкций по таблице 50* СНиП II-23-81* [16], 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 II-23-81* [16], то предоставляется возможность повысить (но не понизить!) группу конструкций, выбрав ее номер из соответствующего выпадающего списка. Естественно, что при этом изменится и список рекомендуемых сталей.

Если отметить строку в таблице проката и нажать кнопку **Применить**, то данные о выбранной марке стали и о ее расчетных сопротивлениях будут занесены на страницу **Материал** окна **Параметры** и будут использоваться при проверке несущей способности.



5.4.2 Сортамент металлопроката

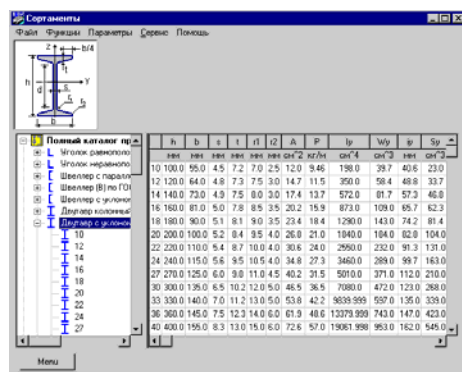


Рис. 5.4.2-1. Окно Сортаменты

Этот режим (рис. 5.4.2-1) дает возможность просмотра сортментов металлопроката, представленных в базе данных программы **Кристалл**.

Окно включает список сортментов, представленный в виде древовидной структуры, и таблицу с набором данных о соответствующих профилях проката. Большие размеры таблицы не позволяют полностью вывести ее на экран монитора, поэтому она имеет вертикальную и горизонтальную полосы прокрутки.

Если выбрать конкретный профиль, то в окне будет показан его чертеж с основными размерами.

5.4.3 Болты

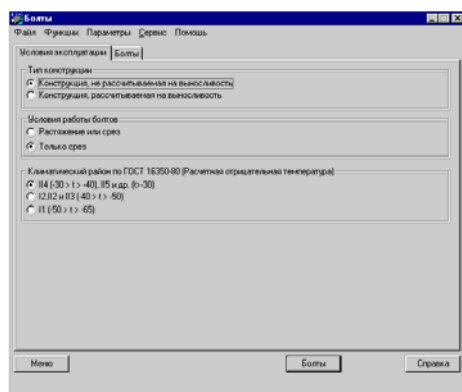


Рис. 5.4.3-1. Страница Условия эксплуатации режима Болты

В этом режиме выполняется выбор болтов для проектируемой конструкции. Выбор реализуется для четырех групп конструкций в соответствии с таблицей 57* СНиП II-23-81* [16].

Страница **Условия эксплуатации** (рис. 5.4.3-1) содержит три группы данных:

- **Тип конструкции**, где выбирается один из двух нормируемых случаев по требованиям, предъявляемым к выносливости болтового соединения.
- **Условия работы болтов** — для выбора варианта работы болта в соединении. Для всех типов соединений, предусмотренных режимом **Болтовые соединения**, необходимо выбирать вариант **Только срез**.
- **Климатический район по ГОСТ 16350-80**, где указывается один из предусмотренных в СНиП II-23-81* [16] температурных режимов эксплуатации.

После заполнения всех данных первой страницы необходимо нажать кнопку **Болты** (или одноименную закладку), после чего откроется вторая страница рассматриваемого окна.

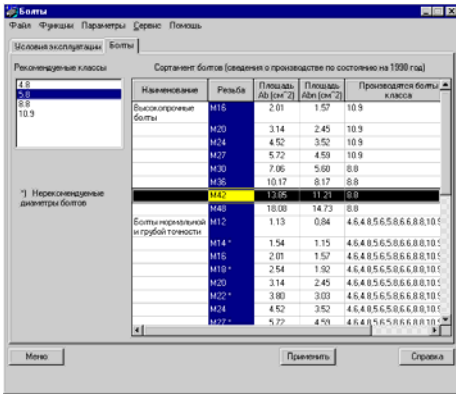


Рис. 5.4.3-2. Страница Болты режима Болты

Страница Болты (рис. 5.4.3-2) содержит список рекомендуемых классов болтов и сведения о сортаменте болтов.

5.4.4 Предельные гибкости

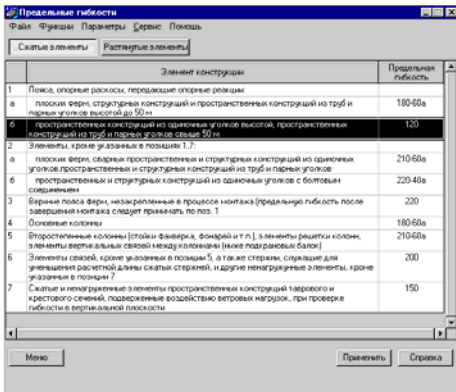


Рис. 5.4.4-1. Информационное окно режима Предельные гибкости

Информационное окно этого режима (рис. 5.4.4-1) содержит сведения, представленные в СНиП II-23-81* [16]. Нажатием кнопки **Сжатые элементы** или **Растянутые элементы** вызывается соответственно таблица 19* или таблица 20* СНиП II-23-81* [16].

Если активна опция **Растянутые элементы**, то 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* [16] растянутые элементы, подверженные действию нагрузок от кранов и железнодорожных составов, в программе не рассматриваются.

5.4.5 Коэффициенты условий работы

| Конструкция | Элемент конструкции | Коэффициент |
|-------------|---|-------------|
| 1 | Сплошные балки и сжатые элементы ферм сферической под элементами тавров, клубов, кинотавров, под грифонами, под подвесными навесными кронштейнами, арками и т.п. при всех перерывах, равно или больше временной нагрузки | 0,9 |
| 2 | Колонны общественных зданий и опор водопроводных башен | 0,95 |
| 3 | Сжатые основные элементы (кроме опорных) решетки составного твердого сечения из угловой сварной фермы покрытий и перегородки (фермер, стальной или алюминиевый или ферма) при гибкости больше шестидесяти | 0,9 |
| 4 | Сплошные балки рассчитан на общую устойчивость при $R_y \leq 1,3$ | 0,95 |
| 5 | Затяжки, тяги, стержни, подкосы, выполненные из прочной стали | 0,9 |
| 6 | Элементы стержневых конструкций покрытий и перегородки в) сжатые (за исключением замкнутой трубчатых сечений) при расчете на устойчивость | 0,95 |
| 7 | В) рассчитанные в сварных конструкциях в) двутавровые, сжатые, а также стальные накладки в болтовых конструкциях, методом статической нагрузки болтов конструкций на высокопрочных болтах из стали с пределом текучести до 480 МПа (450 кг/см ²) при расчете на прочность | 1,05 |
| 8 | Сплошные составные балки колонны, а также стальные накладки стоек с пределом текучести до 480 МПа (450 кг/см ²), методом статической нагрузки и выполненные сплошными болтовыми соединениями (кроме соединений на высокопрочных болтах) при расчете на прочность Сечения прокатных и сварных элементов, а также накладки из стали с пределом текучести до 480 МПа, (450 кг/см ²) в настилах стоек, выполненных на болтах, кроме стоек на высокопрочных болтах), методом статическую нагрузку при расчете на прочность в) сплошные балки и колонны | 1,1 |

Рис. 5.4.5-1. Информационное окно режима Коэффициенты условий работы

Информационное окно этого режима (рис. 5.4.5-1) содержит сведения, представленные в таблице 6* СНиП II-23-81* [16]. Кроме одиннадцати позиций, предусмотренных этой таблицей, добавлено еще семь случаев, реализующих указания примечания 2 и примечания 4 к таблице 6* СНиП II-23-81* [16].

Поскольку примечание 3 к этой таблице ограничивает применение коэффициентов условий работы при расчете болтовых соединений, то для этих случаев предусмотрена специальная выборка коэффициентов, переход к которой осуществляется активизацией опции **Соединяемые элементы**. Соответствующие коэффициенты условий работы будут применены в дополнение к коэффициентам условий работы соединения γ_b из таблицы 35* СНиП II-23-81* [16].

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

5.4.6 Материалы для сварки

Рис. 5.4.6-1. Страница Условия применения режима Материалы для сварки

В этом режиме выбираются сварочные материалы для проектируемой конструкции. Выбор реализуется в соответствии с указаниями таблицы 55* СНиП II-23-81* [16].

Страница **Условия применения** (рис. 5.4.6-1) содержит две группы данных.

В группе **Свариваемая конструкция** необходимо задать номер группы (по таблице 50 СНиП II-23-81* [16] 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 II-23-81* [16] температурных режимов эксплуатации.

После заполнения всех данных первой страницы можно активизировать закладку **Материалы для сварки** (или нажать кнопку **Материалы**), после чего откроется вторая страница рассматриваемого окна.

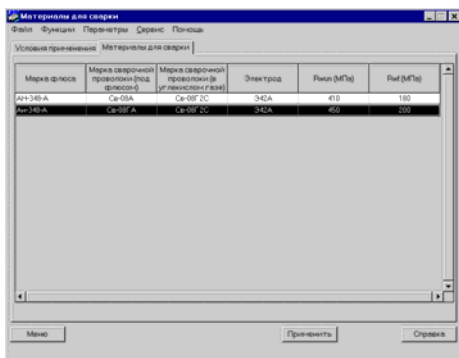


Рис. 5.4.6-2. Страница **Материалы для сварки** режима **Материалы для сварки**

Эта страница (рис. 5.4.6-2) содержит список рекомендуемых материалов (марки флюса и сварочной проволоки, типы электродов). Если отметить в списке требуемую строку и нажать кнопку **Применить**, то данные о выбранных материалах будут использоваться при проверке несущей способности сварных соединений.

5.4.7 Предельные прогибы

На страницах этого окна (рис. 5.4.7-1) представлены данные из таблиц 19, 21 и 22 СНиП 2.01.07-85*.

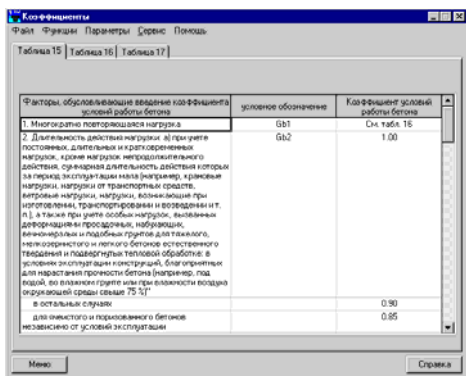


Рис. 5.4.7-1. Диалоговое окно **Предельные прогибы**

5.5 Вспомогательные режимы

5.5.1 Огибающие

Этот режим предназначен для решения частной задачи определения невыгодных основных сочетаний многих нагрузок, действующих 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.

В диалоговом окне **Огибающие** (рис. 5.5.1-1) задается пролет балки (введенное значение фиксируется нажатием кнопки **Применить**). 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.

В программе предусмотрена возможность расчета на несколько (до десяти) вариантов загрузки, при этом каждое нагружение может состоять из нескольких нагрузок.

Для ввода очередного нагружения (включая первое) следует выполнить следующие действия:

- ☞ нажать кнопку **Создать** в группе **Нагрузки**;
- ☞ выбрать вид нагружения (постоянное, временное длительно действующее, кратковременное, снеговое или ветровое), что определяет коэффициенты сочетаний по СНиП 2.01.07-85 [17], с которыми будут учитываться нагрузки этого нагружения в комбинации нагрузок;
- ☞ нажать кнопку с изображением нужного вида нагрузки;
- ☞ ввести значения характеристик нагрузки;
- ☞ нажать кнопку **Добавить**.

Для каждого нагружения можно задать несколько компонентов нагрузки. Предполагается, что задаются расчетные значения нагрузок.

В зависимости от вида нагрузки ее характеристики включают:

- для распределенных нагрузок — интенсивность нагрузки;
- для сосредоточенной силы — величину силы и ее положение в пролете;
- для сосредоточенного момента — величину момента и его положение в пролете.

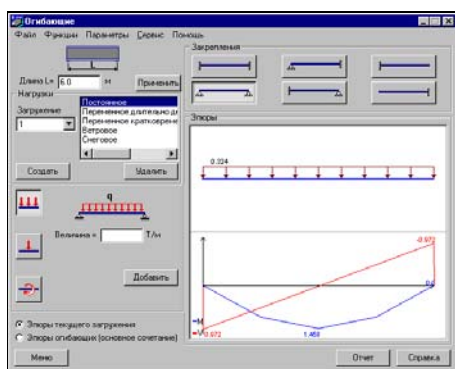


Рис. 5.5.1-1. Диалоговое окно **Огибающие**

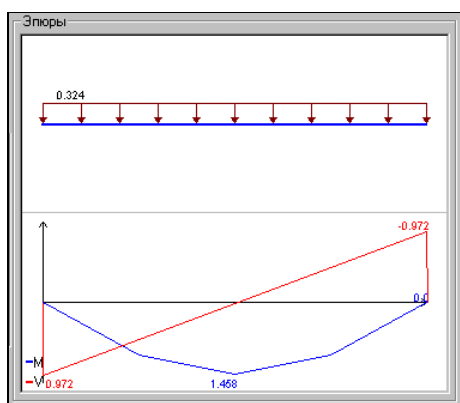


Рис. 5.5.1-2. Эпюры

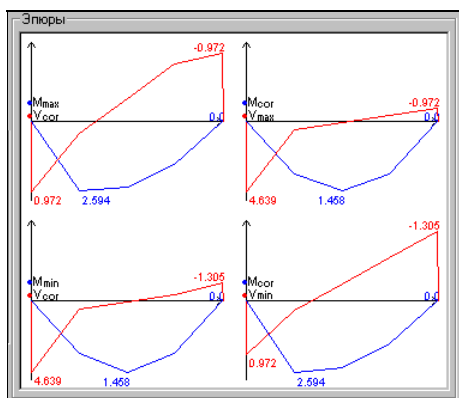


Рис. 5.5.1-3. Огибающие эпюры.

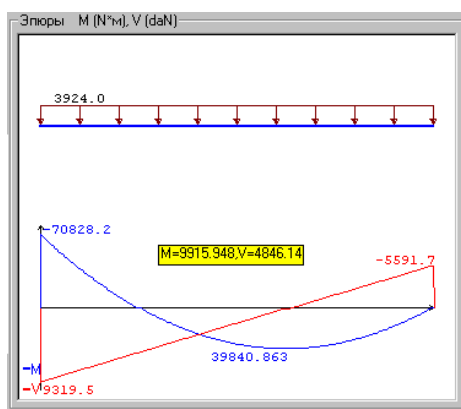


Рис. 5.5.1-4. Указание на эпюре значения момента и перерезывающей силы в конкретном сечении.

Для удаления загрузки (но не отдельной нагрузки, входящей в него) используется кнопка **Удалить**.

Переход к следующему загрузению реализуется кнопкой **Создать**, при нажатии которой количество загрузений автоматически увеличивается на единицу. Если необходимо уточнить данные по любому из ранее введенных загрузений, то достаточно выбрать его номер в списке **Загружение**.

После нажатия кнопки **Добавить** в поле **Нагрузки** появляется изображение текущего состояния загрузки, а под ним — совмещенная схема эпюры моментов и поперечных сил (рис. 5.5.1-2). 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 активизировать маркер **Эпюры огибающих (основное сочетание)**, что приведет к появлению в окне **Эпюры** соответствующих графиков (рис. 5.5.1-3). 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.

При нажатой левой клавише мыши на экран выводятся значения момента и перерезывающей силы в конкретном сечении, которое соответствует положению курсора (см. рис. 5.5.1-4).

Ограничение реализации



Программа оперирует расчетными значениями нагрузок. Переход к ним путем умножения нормативных значений на коэффициент надежности по нагрузке γ_f должен быть выполнен пользователем.

5.5.2 Геометрические характеристики сечений

В этом режиме вычисляются геометрические характеристики поперечных сечений по описанным выше правилам (см. раздел 5.3). Исходные данные вводятся на странице **Сечение** (рис. 5.5.2-1). Результаты в форме, представленной на рис. 5.5.2-2, выдаются на странице **Геометрические характеристики**.

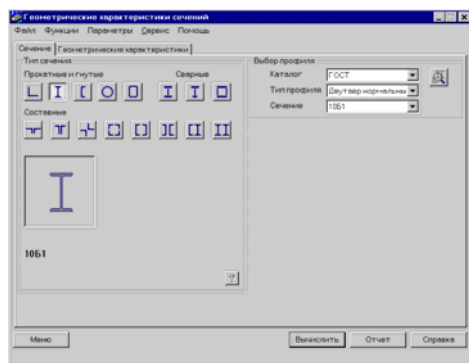


Рис. 5.5.2-1. Страница **Сечение** режима **Геометрические характеристики сечений**

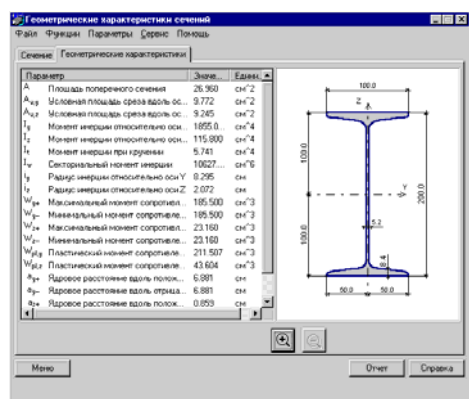


Рис. 5.5.2-2. Страница **Геометрические характеристики**.

5.5.3 Расчетные длины

С помощью этого режима решается задача определения расчетной длины элементов по рекомендациям раздела 6 СНиП II-23-81* [16] и ENV 1993-1-1. Eurocode 3 [24]. Поскольку проблема, по сути, является задачей строительной механики, использование рекомендаций Eurocode 3 не может считаться недопустимым. Результатом работы является величина коэффициента расчетной длины или значение гибкости элемента.

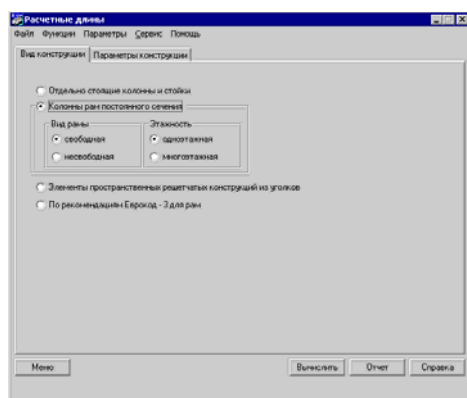


Рис. 5.5.3-1. Страница Вид конструкции диалогового окна Расчетные длины

Основное окно (рис. 5.5.3-1) содержит две страницы. 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 II-23-81* [16] и ENV 1993-1-1. Eurocode 3 [24]);
- элементы пространственных решетчатых конструкций из уголков.

Предусмотренные п.п. 6.1 — 6.4 СНиП II-23-81* [16] решения для элементов ферм реализованы в режиме **Элементы ферм** (см. далее).

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

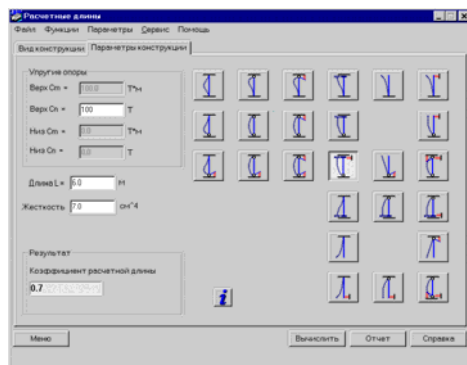


Рис. 5.5.3-2. Страница Параметры конструкции для Отдельно стоящих колонн и стоек

При выборе вида конструкции **Отдельно стоящие колонны и стойки** появляется страница с изображением 25-и возможных вариантов концевых закреплений (рис. 5.5.3-2).

Для варианта закреплений с идеализированными граничными условиями (нажата соответствующая кнопка) в поле **Коэффициент расчетной длины** появляется значение в соответствии с указаниями таблицы 71, а СНиП II-23-81* [16]. 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*) [13].



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, реализуемой с деформацией элемента.

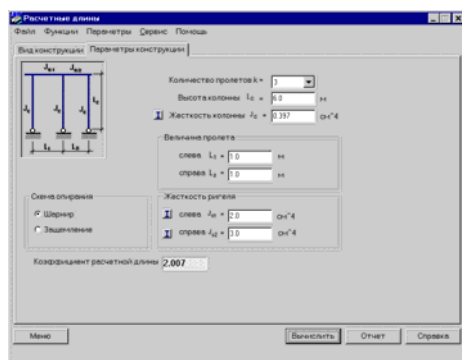


Рис. 5.5.3-3. Страница
Параметры конструкции
для колонн рам постоянного сечения

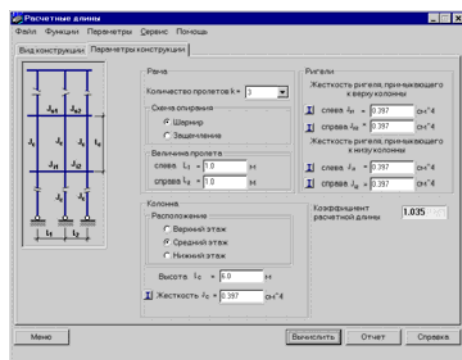


Рис. 5.5.3-4. Страница Параметры
конструкции для колонн рам
постоянного сечения

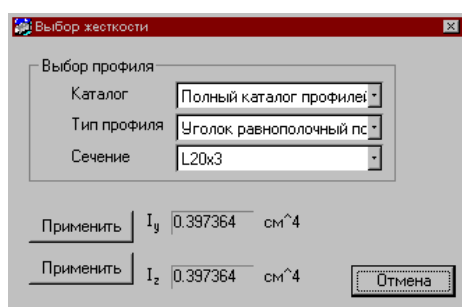



Рис. 5.5.3-5. Диалоговое окно
Выбор жесткости

При выборе вида конструкции **Колонны рам постоянного сечения** и указания на тип рамы (**свободная/несвободная** и **одноэтажная/многоэтажная**) раскрывается страница с изображением соответствующей расчетной схемы (примеры на рис. 5.5.3-3 и рис. 5.5.3-4) 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* и таблице 17, а СНиП II-23-81* [16]. При этом считается, что все стойки рамы имеют одинаковую жесткость и загружены одинаковыми продольными силами. В связи с этим формула (71)* СНиП II-23-81* 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 (это 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 назначить их жесткость выбором из сортамента, нажав кнопку . При этом появляется диалоговое окно **Выбор жесткости** (рис. 5.5.3-5), в котором следует выбрать соответствующий профиль и нажать кнопку **Применить** для жесткости I_y или I_z .

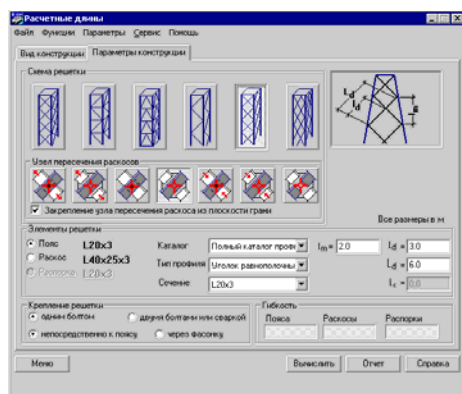


Рис. 5.5.3-6. Страница
Параметры конструкции
для элементов пространственных
решетчатых конструкций из уголков

Если на странице **Вид конструкции** выбраны **Элементы пространственных решетчатых конструкций из уголков**, открывается страница (рис. 5.5.3-6) с изображением схем, предусмотренных п. 6.5 СНиП II-23-81* [16]. Выбор варианта конструктивного решения реализуется нажатием кнопки с изображением соответствующей схемы. Сечения элементов выбираются из сортамента с использованием обычной технологии, принятой в программе. Отличием является лишь то, что перед выбором сечения необходимо активизировать маркер с наименованием элемента (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.

Для некоторых вариантов конструктивного решения предусмотрен выбор вида узла пересечения раскосов с помощью группы кнопок. Одновременно выбирается и вид усилия в подкрепляющем элементе в соответствии с таблицей 14* СНиП II-23-81* [16] (рассматривается сжатый элемент, выделенный более темным цветом на пиктограмме).

Активизировав соответствующий маркер 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, в программе не рассматриваются.

Поскольку для пространственных конструкций таблицей 13* СНиП II-23-81* [16] 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 программа **Кристалл** выдает большее из двух значений гибкости (в плоскости и из плоскости грани), которое и контролируется таблицей 19* СНиП II-23-81* [16]. Оба значения гибкостей (в плоскости грани и из плоскости грани) можно увидеть в отчетном документе.

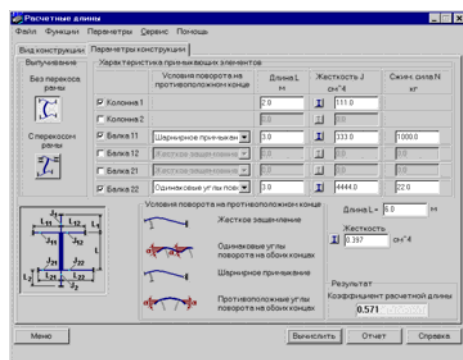


Рис. 5.5.3-7. Страница
Параметры конструкции
для режима По рекомендациям
Еврокод-3 для рам

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. 5.5.3-7). 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 [24].

5.6 Проверки









5.6.1 Сопротивление сечений

В этом режиме 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* [16] 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 таблицы 13 Пособия к СНиП II-23-81* [13], а не по п. 5.6 СНиП II-23-81* [16];
- 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* [16] 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  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_y или V_z — 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 , ,  не проверяются;
- устойчивости плоской формы изгиба при действии момента M_y — п. 5.15; сечения типа , , ,  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_y или V_z — 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_y или M_z — п. 5.27;
- устойчивости ветви из плоскости действия момента M_y или M_z — 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 предусмотрено выполнение проверок:

- 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 — местная устойчивость стенок с учетом их подкрепления ребрами жесткости;
- расчета соединительных решеток и планок, за исключением режима **Стойки**;
- местного напряжения в стенке балки по п. 5.13 СНиП II-23-81* [16], за исключением режима **Балки**;
- прочности неразрезных и защемленных балок с учетом перераспределения усилий в пластической стадии по пп. 5.19, 5.20, 5.22, 5.23 СНиП II-23-81* [16].

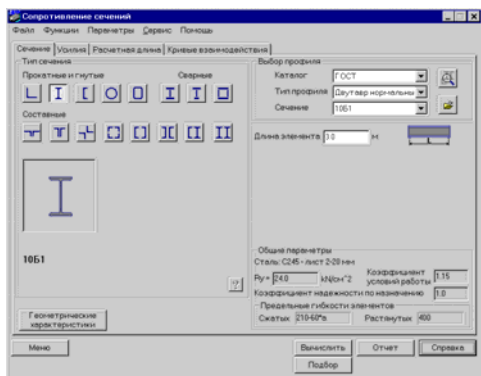



Рис. 5.6.1-1. Страница Сечение диалогового окна Сопротивление сечений

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 $N = 0$.

Окно режима содержит четыре страницы: **Сечения**, **Усилия**, **Расчетная длина**, **Кривые взаимодействия**. Первые три страницы используются при вводе исходных данных, а четвертая — для анализа результатов расчета.

Страница **Сечения** (рис. 5.6.1-1) содержит шестнадцать кнопок, нажатие которых реализует выбор типа поперечного сечения. Работа с этим окном описана в разделе 5.5.2.

С помощью кнопки  осуществляется доступ к архиву произвольных сечений, созданных с помощью программы **Конструктор сечений** (см. [7]). Поскольку СНиП II-23-81* [16] не дает рекомендаций по определению некоторых параметров для расчета произвольных сечений (коэффициента влияния формы сечения η , коэффициентов α и β по таблице 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. 5.6.1-2) 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. Эта страница содержит таблицу, в которой задаются усилия, действующие в сечении от одного или нескольких загрузжений. Количество строк в таблице соответствует количеству загрузжений. Таблица

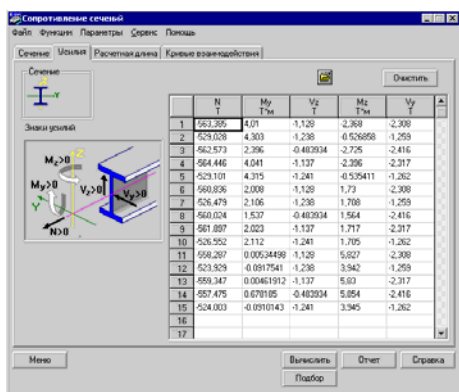


Рис. 5.6.1-2. Страница Усилия

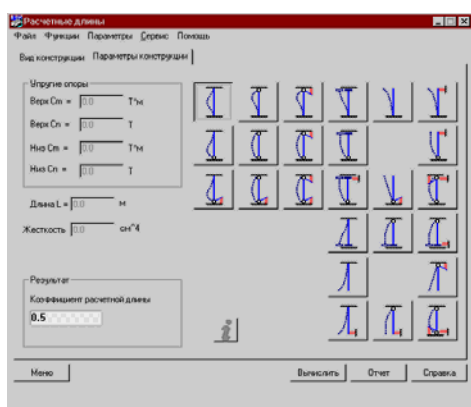



Рис. 5.6.1-3. Страница Расчетная длина

может быть заполнена и путем импорта из **SCAD** данных, описывающих расчетные сочетания (PCY). Файл с расширением **.RSU** создается в режиме **Информация об элементе** комплекса

SCAD и импортируется в **Кристалл** по нажатию кнопки , расположенной над таблицей. Отметим, что при использовании сечений, созданных в программе **Конструктор Сечений**, усилия должны быть заданы в главных осях U,V. При этом следует в качестве M_y задавать величину M_u (момент относительно оси максимального момента инерции), вместо M_z — задавать величину M_v , и т.п.

Страница **Расчетная длина** является точной копией страницы **Параметры конструкции** для случая **Отдельно стоящие колонны и стойки** из режима **Расчетные длины** и предлагает 25 возможных вариантов концевых закреплений для сжатого стержневого элемента, отличающихся друг от друга комбинациями граничных условий (свободный конец, шарнир, упругое опирание, упругое защемление, полное защемление). Работа с этим окном описана в разделе 5.5.3. В отличие от режима **Расчетные длины** в этом окне есть кнопка **Другие**. При нажатии этой кнопки пользователь получает возможность ввести любые значения коэффициентов расчетной длины и подтвердить свой выбор нажатием кнопки **Применить**. Во всех остальных случаях эти поля не допускают ввода данных.

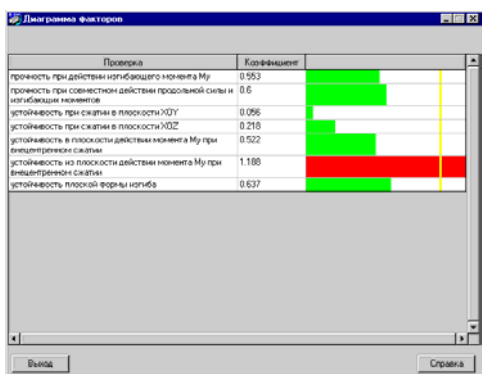


Рис. 5.6.1-4. Окно Диаграмма факторов

После ввода исходных данных можно нажать кнопку **Вычислить** и в поле K_{max} , расположенном в нижней части окна, получить максимальное (т.е. наиболее опасное) значение из проверенных коэффициентов использования ограничений и тип проверки (прочность, устойчивость, местная устойчивость и 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. 5.6.1-4) в числовой и графической формах представлены значения соответствующих коэффициентов.

Кроме того, на странице **Кривые взаимодействия** (рис. 5.6.1-4) строятся кривые, ограничивающие область несущей способности сечения при действии на него различных пар усилий, которые могут быть приложены к рассматриваемому сечению (эти пары отмечены плюсом в следующей таблице):

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

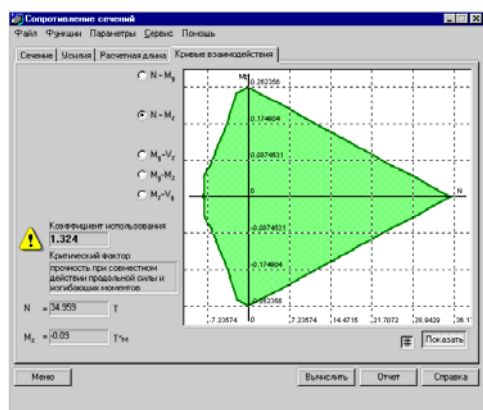





Рис. 5.6.1-5. Страница
Кривые взаимодействия

Для получения такой кривой необходимо нажать кнопку **Показать**. Выбор пар усилий реализуется нажатием одного из маркеров типа , а нажатие кнопки  приводит к появлению сетки в поле отображения.

Кривые (см. рис. 5.6.1-5) окружают начало координат замкнутой линией, внутри которой располагаются точки с условно-допустимыми парами рассматриваемых усилий. Напомним, что пара усилий считается допустимой, когда $K_{\max} \leq 1$. При этом все остальные усилия полагаются равными нулю.

С помощью курсора можно обследовать представленную на графике область изменения усилий. Каждому положению курсора соответствует определенная пара числовых значений действующих усилий, величины которых отображаются в соответствующих полях.

Одновременно выводится и максимальное значение коэффициента использования ограничений, соответствующее этим усилиям, и тип проверки, при которой он вычислен. Если курсор располагается в точке со значением $K_{\max} > 1$, то появляется предупреждающий сигнал .

5.6.2 Болтовые соединения

Этот режим дает возможность проверки болтовых соединений следующих трех типов:

- присоединение одиночных и спаренных уголков к фасонке;
- соединение листовых деталей на накладках;
- присоединение стенки балки на накладках.

Набор проверок по СНиП II-23-81* [16] 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.

Присоединения стенки балки проверяются по:

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

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* [16] во многих случаях не контролируется (например, при проверке несущей способности эксплуатируемых конструкций ДБН 362-92 [3]).

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

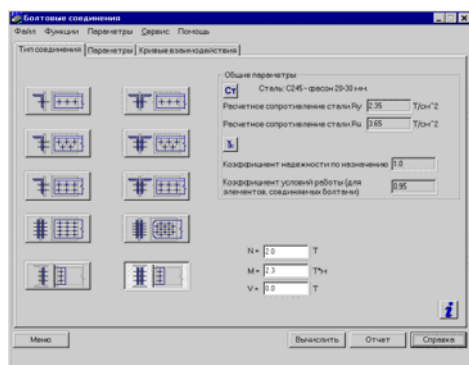


Рис. 5.6.2-1. Страница Тип соединения

Окно **Болтовые соединения** содержит три страницы: **Тип соединения**; **Параметры**; **Кривые взаимодействия**. Первая из них (рис. 5.6.2-1) содержит кнопки, с помощью которых можно выбрать тип проверяемого соединения, а также поля для ввода данных о действующих на него усилиях.

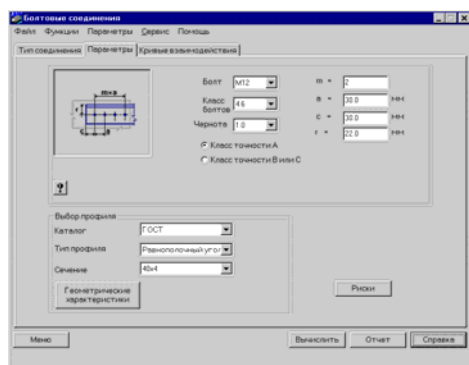


Рис. 5.6.2-2. Страница Параметры

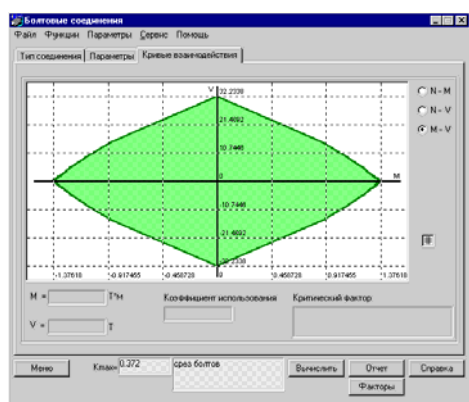



Рис. 5.6.2-3. Страница Кривые взаимодействия

Страница **Параметры** (рис. 5.6.2-2) предназначена для задания информации о размерах соединения, диаметре и классе используемых болтов, черноте (разности номинальных диаметров отверстий и болтов).

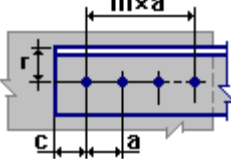
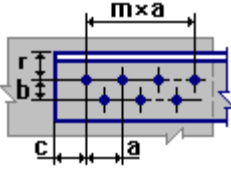
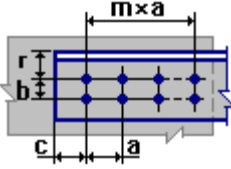
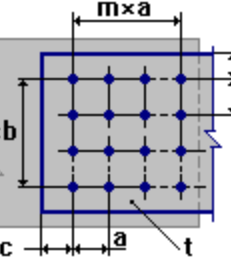
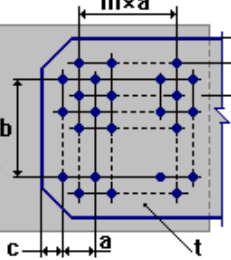
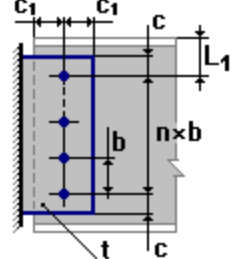
Программа контролирует задаваемые размеры на соответствие требованиям п. 12.19* СНиП II-23-81* [16]. Проверяемые величины представлены в таблице 5.6.2-1 (стр.60).

Кнопка  позволяет оперативно просмотреть используемые ограничения размеров.

Для конструкций, использующих прокатные профили (уголки, двутавры), предусмотрено получение справки о рекомендуемом расположении болтовых отверстий в пределах профиля (кнопка **Риски**).

На странице **Кривые взаимодействия** (рис. 5.6.2-3) выводятся кривые взаимодействия силовых факторов, ограничивающие область несущей способности соединения. Управление выводом аналогично описанному в разделе **Сопrotивление сечений** (см. раздел 5.6.1).

Таблица 5.6.2-1

| Эскиз узла | Контроль (табл. 39 СНиП II-23-81*) | Обозначения |
|---|---|---|
|  | $m \geq 0$ $c_{\max L} \geq c \geq 1,5d_0$ $a_{\max L} \geq a \geq a_{\min}$ $r \geq 0,95d_0 + R_1 + t_L$ $b_L - r \geq 1,2d_0$ | d_0 — диаметр отверстия для болта; $a_{\max L}$ — максимальное расстояние между болтами крайнего ряда; |
|  | $m \geq 1$ $c_{\max L} \geq c \geq 1,5d_0$ $a_{\max L} \geq a \geq a_{\min}; \quad a_{\max T} \geq b \geq 0,5a_{\min}$ $r \geq 0,95d_0 + R_1 + t_L$ $b_L - r - b \geq 1,2d_0$ | $a_{\max T}$ — максимальное расстояние между болтами среднего ряда; a_{\min} — минимальное расстояние между болтами; R_1 — радиус закругления прокатного профиля; |
|  | $m \geq 1$ $c_{\max L} \geq c \geq 1,5d_0$ $a_{\max L} \geq a \geq a_{\min}; \quad a_{\max T} \geq b \geq a_{\min}$ $r \geq 0,95d_0 + R_1 + t_L$ $b_L - r - b \geq 1,2d_0$ | t_L — толщина уголка; b_L — ширина уголка; h_w — толщина полки двутавра; H — высота двутавра; |
|  | $m \geq 1$ $n \geq 1$ $c_{\max} \geq c \geq 1,5d_0$ $a_{\max T} \geq a \geq a_{\min}; \quad a_{\max T} \geq b \geq a_{\min}$ | $c_{\max L}$ — максимальное расстояние до края профиля. |
|  | $m \geq 1$ $n \geq 1$ $c_{\max} \geq c_1 \geq 1,5d_0$ $a_{\max T} \geq a \geq a_{\min}; \quad a_{\max T} \geq b \geq a_{\min}$ | |
|  | $n \geq 1$ $c_{\max} \geq c_1 \geq 1,5d_0$ $c_1 \geq 1,5d_0$ $a_{\max} \geq b \geq a_{\min}$ $H - nb \geq 2L_1$ $L_1 - c \geq (H - h_w)/2$ | |

5.6.3 Фрикционные соединения

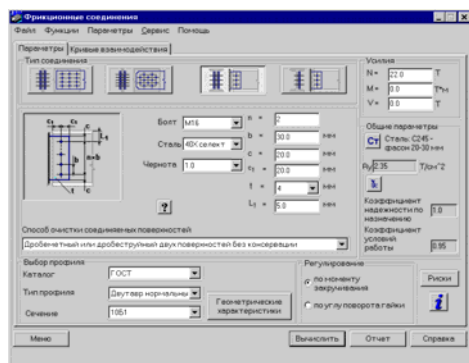


Рис. 5.6.3-1. Страница Параметры

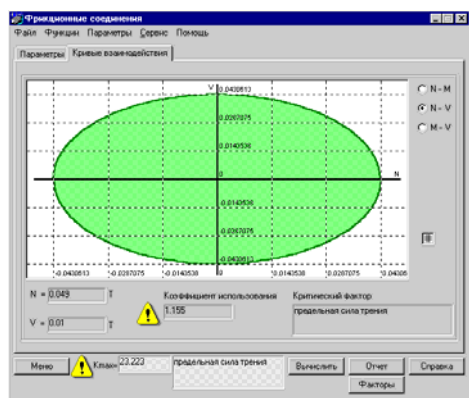


Рис. 5.6.3-2. Страница Кривые взаимодействия

Окно этого режима и методы работы с ним во многом повторяют окно **Болтовые соединения**. Режим дает возможность проверки болтовых соединений на высокопрочных болтах следующих типов:

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

Выбор типа соединения реализуется нажатием на соответствующую кнопку страницы **Параметры** (рис. 5.6.3-1). 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* [16] коэффициенты трения μ и коэффициенты надежности γ_n определяются программой в зависимости от способа очистки, выбранного в выпадающем списке **Способ очистки соединяемых поверхностей**, и указанного с помощью маркера 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* [16] 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.

На странице **Кривые взаимодействия** (рис. 5.6.3-2) можно построить кривые взаимодействия силовых факторов, ограничивающие область несущей способности соединения. Она полностью аналогична такой же странице режима **Болтовые соединения** (см. раздел 5.6.2).

5.6.4 Сварные соединения

Этот режим дает возможность проверки сварных соединений следующих трех типов:

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

Набор проверок по СНиП II-23-81* [16] 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* [16].

Окно содержит три страницы: **Тип соединения**, **Параметры**, **Кривые взаимодействия**.

Первая из них (рис. 5.6.4-1) 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* [16].

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.

Страница **Параметры** (рис. 5.6.4-2) предназначена для задания информации о размерах соединения и для ввода данных об усилиях, действующих на соединение. Здесь же задаются катеты швов, контролируемых на соответствие требованиям п. 12.8 СНиП II-23-81* [16]. Проверяемые величины представлены в таблице 5.6-1.

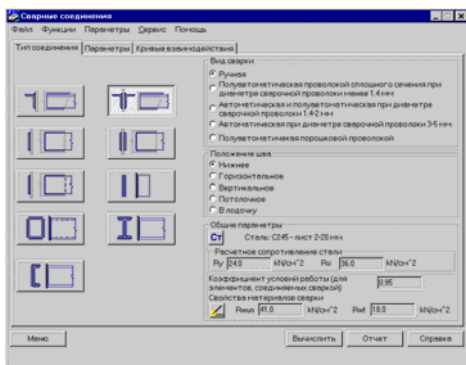


Рис. 5.6.4-1. Страница Тип соединения

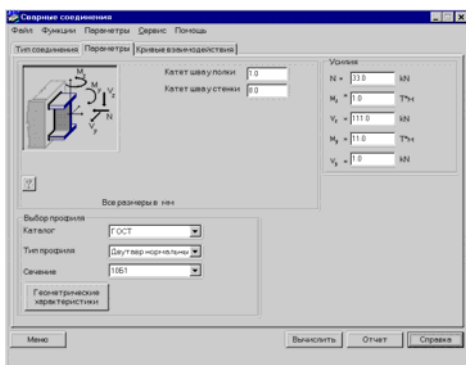
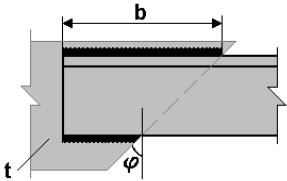
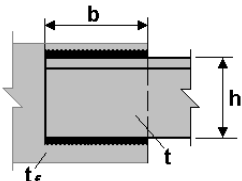


Рис. 5.6.4-2. Страница Параметры

Таблица 5.6-1

| Эскиз узла | Контроль исходных данных |
|---|--|
|  | $0 \leq \varphi < 45^\circ$ $b \pm h \operatorname{tg} \varphi \geq 4 \text{ см}$ $t \geq 0,8 t_{\text{уголка}}$ |
|  | $b \geq 4 \text{ см}$ $h \geq 4 \text{ см}$ |

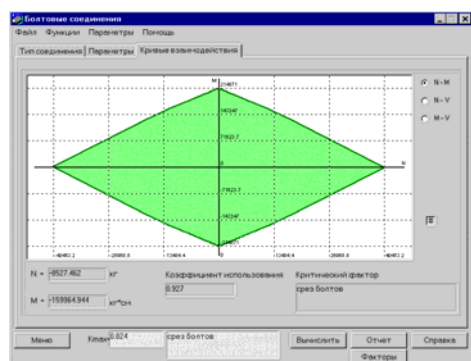


Рис. 5.6.4-3. Страница
Кривые взаимодействия

На странице **Кривые взаимодействия** (рис. 5.6.4-3) выводятся кривые взаимодействия силовых факторов, ограничивающие область несущей способности соединения. Управление выводом аналогично режиму **Болтовые соединения**.

5.6.5 Местная устойчивость

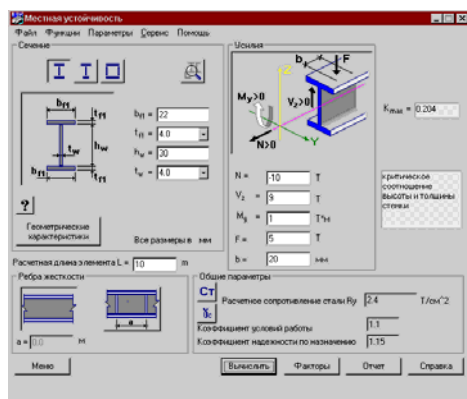


Рис. 5.6.5-1. Режим Местная устойчивость

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. 5.6.5-1.

Выполняются проверки местной устойчивости стенок для балочных 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 — пп. 7.3, 7.4, 7.6 [16];
- критическому соотношению высоты и толщины стенки для внецентренно-сжатых и сжато-изгибаемых элементов — п. 7.16 [16];
- критическому соотношению свеса и толщины полки — п. 7.22 [16].

Определяется значение K_{max} и выполняется просмотр значений всех факторов с использованием диаграммы, раскрывающейся при нажатии кнопки **Факторы**.

Ограничение реализации



Не рассматриваются конструкции подкрановых балок и односторонние ребра жесткости (п. 18 СНиП II-23-81* [16]).

5.7 Проектирование конструктивных элементов

5.7.1 Элементы ферм

С помощью этого режима осуществляются все необходимые проверки элементов ферм на прочность и устойчивость, а также проверяется их гибкость. При этом работа начинается с определения расчетных значений усилий от задаваемых внешних нагрузок для схем конструкций, 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 [16];
- устойчивости в плоскости и из плоскости фермы — п. 5.3 [16];
- предельной гибкости — пп. 6.15-6.16 [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 включает три страницы: **Общие данные**, **Сечения**, **Нагрузки**.

Страница **Общие данные** (рис. 5.7.1-1) содержит группу кнопок для выбора конфигурации фермы. Все фермы 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. При вводе количества панелей верхнего пояса (обязательно четное число) предполагается, что пролет разбит на панели.

На этой же странице с помощью маркеров указывается вариант раскрепления узлов верхнего и нижнего поясов 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). Предусмотрена возможность задания прогиба фермы в форме доли пролета (величина $1/A$), где A есть набор наиболее часто употребляемых величин (1/500, 1/750 и т.п.).

На странице **Сечения** (рис. 5.7.1-2) назначаются поперечные сечения элементов фермы. Предполагается, что по длине фермы ни сечения поясов, ни сечения элементов решетки не меняются. Сечения компонуются из парных равнополочных или неравнополочных уголков, располагаемых в форме тавра (последние — в двух вариантах) или 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. Выбранный с помощью маркера элемент выделяется на схеме красным цветом, а в поле выбора отображается его сечение.

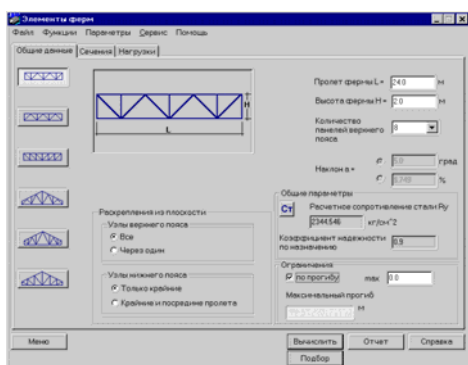


Рис. 5.7.1-1. Страница **Общие данные** режима **Элементы ферм**

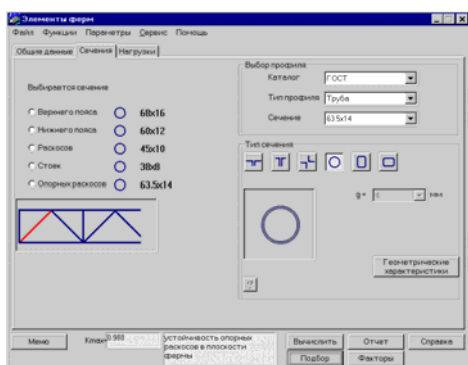


Рис. 5.7.1-2. Страница **Сечения** режима **Элементы ферм**

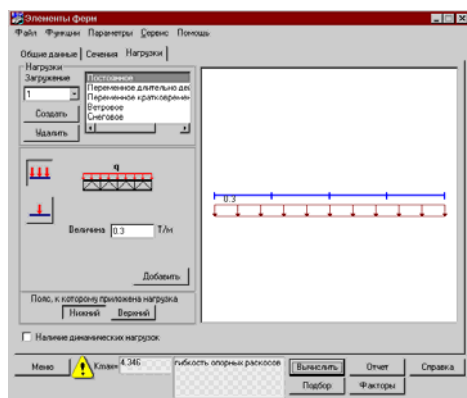


Рис. 5.7.1-3. Страница **Нагрузки** режима **Элементы фермы**

Страница **Нагрузки** (рис. 5.7.1-3) во многом напоминает ту, которая описана в режиме **Огибающие** (см. раздел 5.7), однако здесь имеются 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 кнопки **Добавить**) — схема соответствующего нагружения со всеми введенными нагрузками.

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 II-23-81* [16], проверка гибкости растянутых элементов выполняется только в вертикальной плоскости.

Нажатие кнопки **Вычислить** приводит к появлению значения K_{max} и указанию типа проверки (прочность, устойчивость, гибкость), при которой этот максимум реализовался. Используя кнопку **Факторы**, можно ознакомиться и со значениями всех других коэффициентов использования ограничений.

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**.

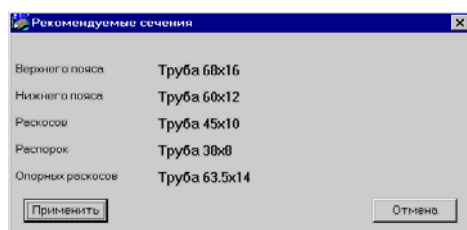


Рис. 5.7.1-4. Сообщение **Рекомендуемые сечения**

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. будет 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. 5.7.1-4).

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** блокируется.

Отметим, что ограничение по прогибу на результаты подбора не сказываются.

5.7.2 Балки

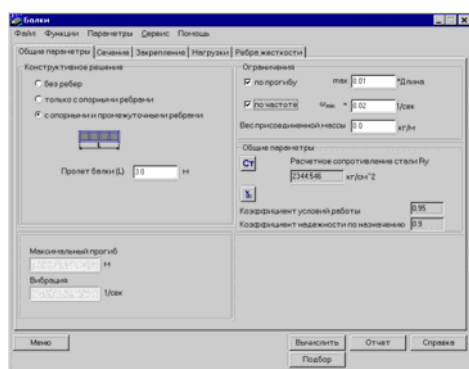


Рис. 5.7.2-1. Страница **Общие параметры** режима **Балки**

Ограничения реализации



С помощью этого многостраничного окна реализуется проверка балки из прокатных и сварных двутавров и швеллеров. Окно включает пять страниц: **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 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.

- не выполняется расчет сварных швов, прикрепляющих ребра жесткости, и не проверяются минимальные размеры сварных швов по таблице 38* СНИП II-23-81* [16];
- не выполняется проверка устойчивости стенок балок с учетом развития пластических деформаций по п. 7.5 СНИП II-23-81* [16].

На странице **Общие параметры** (рис. 5.7.2-1) задается пролет балки. Кроме того, группа **Конструктивные решения** содержит маркеры для указания предполагаемой системы ребер жесткости:

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

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.

После активизации соответствующих маркеров в

группе **Ограничения** могут быть заданы 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. Предельно допустимое значение прогиба балки задается в долях от величины пролета (оно будет сопоставлено с относительным прогибом от действия *расчетных* значений нагрузок). Предусмотрена возможность задания прогиба балки в форме доли пролета (величина $1/A$), где A есть набор наиболее часто употребляемых величин ($1/500$, $1/750$ и т.п.).

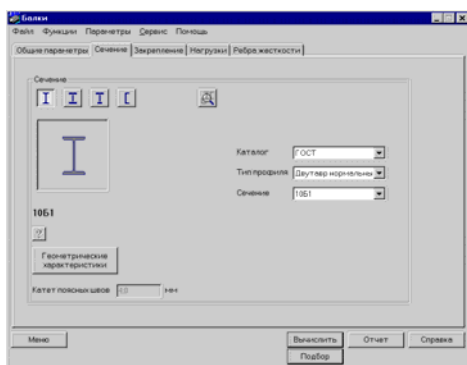


Рис. 5.7.2-2. Страница Сечение режима Балки

На странице **Сечения** (рис. 5.7.2-2) назначается поперечное сечение балки.

Если задано сечение из прокатного двутавра или швеллера, то выбор профиля осуществляется из каталогов. Если поперечное сечение балки — сварной двутавр, то необходимо задать размеры составляющих его листов. При этом толщины листов могут быть взяты как из предлагаемого списка (соответствуют имеющимся в сортаменте), так и заданы пользователем.

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

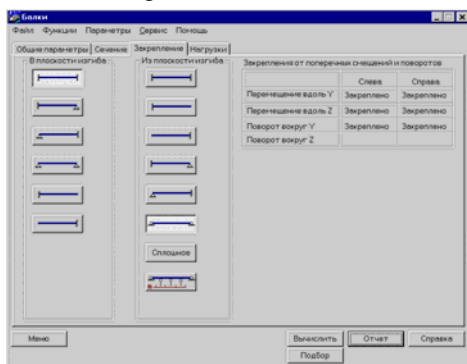


Рис. 5.7.2-3. Страница Закрепления режима Балки

Страница **Закрепления** (рис. 5.7.2-3) 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 назначен последний вариант, то открывается поле для ввода количества участков разбиения пролета балки.

С помощью таблицы отображения выбранной системы связей осуществляется контроль введенных исходных данных.

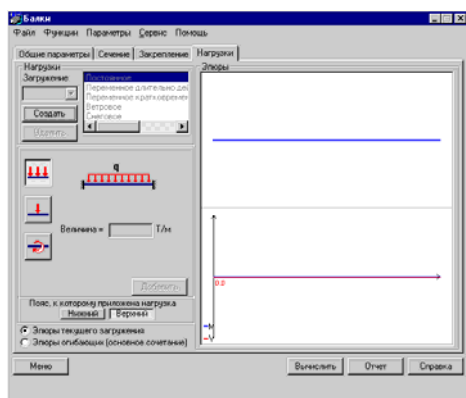


Рис. 5.7.2-4. Страница **Нагрузки** режима **Балки**

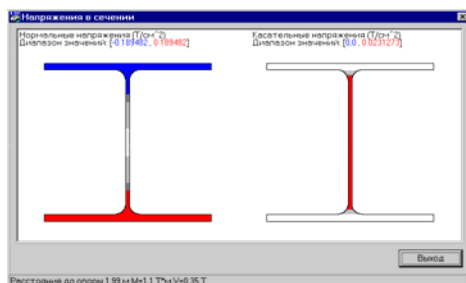


Рис. 5.7.2-5. Поля нормальных и касательных напряжений в сечении балки

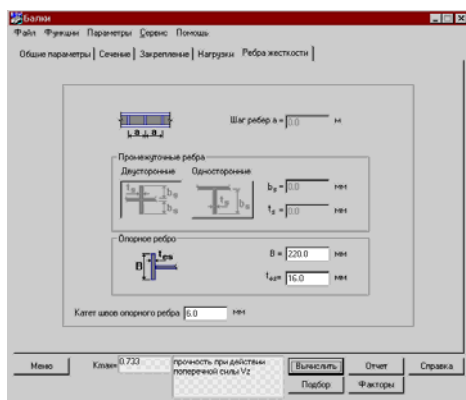


Рис. 5.7.2-6. Страница **Ребра жесткости** режима **Балки**

На странице **Нагрузки** (рис. 5.7.2-4) задаются нагрузки, действующие на балку. Эта страница почти точно повторяет аналогичную страницу из раздела 3.6, и правила работы с ней аналогичны описанному выше. Отличие состоит в том, что для рассматриваемых нагрузок указывается место их приложения по высоте (верхний или нижний пояс), которое считается одинаковым для всех компонент текущего нагружения. Кроме того, для «сосредоточенной силы» необходимо указать ширину зоны ее приложения.

Если курсор находится в поле эпюры, то при нажатии правой клавиши мыши появляется окно (см. рис. 5.7.2-5), в котором изображены поля нормальных и касательных напряжений в сечении балки, соответствующем положению курсора.

На странице **Ребра жесткости** (рис. 5.7.2-6), которая появляется, если выбрано соответствующее конструктивное решение, задаются размеры опорного ребра и катета шва, которым это ребро приваривается к стенке. При выборе конструкции с опорными и промежуточными ребрами задается шаг промежуточных ребер.

Тип конструкции (односторонние или двусторонние ребра) выбирается с помощью кнопок с изображением схемы ребер. Задаваемые размеры ребер проверяются на соответствие требованиям пункта 7.10 СНиП II-23-81* [16] по ширине и толщине выступающей части. Принято, что ширина опорного ребра не должна быть меньше ширины наиболее узкой полки двутавра.

Кнопки **Факторы** и **Подбор** (последняя — только для балок из прокатных двутавров) позволяют проанализировать результаты расчета или выполнить целенаправленный перебор поперечных сечений. Работа в этих режимах описана в разделе 5.7.1.

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.

5.7.3 Неразрезные балки

В этом режиме выполняется проверка балочной конструкции из прокатных двутавров и швеллеров, а также из сварных двутавров. Окно (рис. 5.7.3-1) включает четыре страницы: **Общие параметры**, **Сечения**, **Нагрузки** и **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.

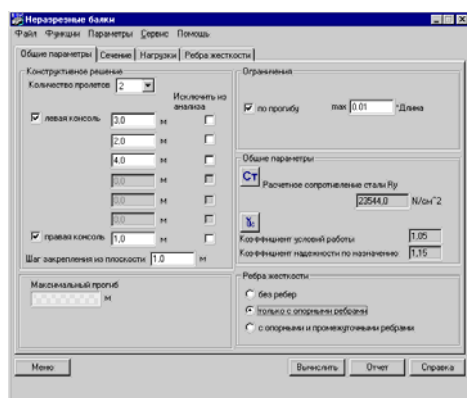


Рис. 5.7.3-1. Страница **Общие параметры** режима **Неразрезные балки**

На странице **Общие параметры** в группе **Конструктивное решение** задается схема многопролетной балки, которая определяется количеством пролетов, их величинами и наличием или отсутствием консолей. Здесь же имеется поле для задания шага раскрепления сжатого пояса балки из плоскости изгиба. Этот шаг предполагается постоянным по всей длине балки и, кроме того, предполагается, что такие закрепления имеются на всех опорах.

Есть 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 предусмотрена возможность с помощью одноименных маркеров исключить из анализа проверку отмеченного пролета. Этой возможностью следует пользоваться всегда. Кроме того, если необходимо выполнить экспертизу или подбор балки не во всех пролетах, а только в нескольких или даже в одном, следует исключить пролеты, которые не рассматриваются.

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

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

В необходимых случаях может быть задано ограничение по прогибу аналогично режиму **Балки**.

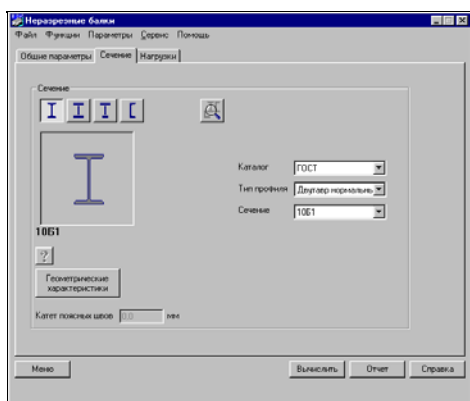


Рис. 5.7.3-2. Страница Сечения режима Неразрезные балки

Страница **Сечения** (рис. 5.7.3-2) аналогична одноименной странице режима **Балки** (см. 5.7.2).

Страница **Нагрузки** (рис. 5.7.3-3) позволяет задать нагрузки, действующие на балку. Эта страница почти точно повторяет аналогичную страницу из раздела 5.7.2, и правила работы с ней аналогичны описанным выше. Основное отличие состоит в том, что нагрузки задаются по пролету. Номер пролета (консоли), на котором действует задаваемая нагрузка, выбирается из выпадающего списка. Привязки сосредоточенных сил задаются от левого края пролета.

Если курсор находится в поле эпюры, то при нажатии правой клавиши мыши появляется окно (рис. 5.7.3-5), в котором изображены поля нормальных и касательных напряжений в сечении балки, соответствующем положению курсора.

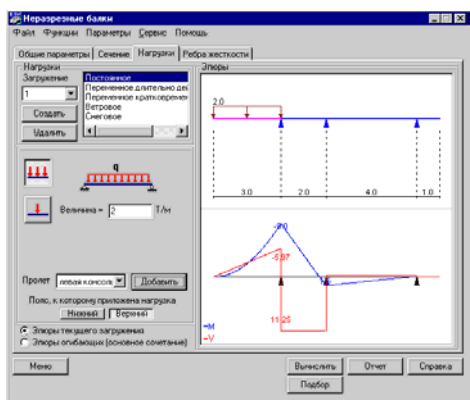


Рис. 5.7.3-3. Страница Нагрузки режима Неразрезные балки

Страница **Ребра жесткости** (рис. 5.7.3-4) появляется лишь в тех случаях, когда на странице **Общие параметры** выбрана конструктивная схема балки с ребрами. Вариант конструктивного решения опорных ребер открывается для ввода в зависимости от наличия промежуточных и концевых опор.

Расчет активизируется нажатием кнопки **Вычислить**. После завершения расчета появляются кнопки **Факторы** и **Подбор** (последняя — только для балок из прокатных двутавров), с помощью которых можно проанализировать результат расчета или выполнить целенаправленный перебор поперечных сечений. Работа в этих режимах описана в разделе 5.7.2.

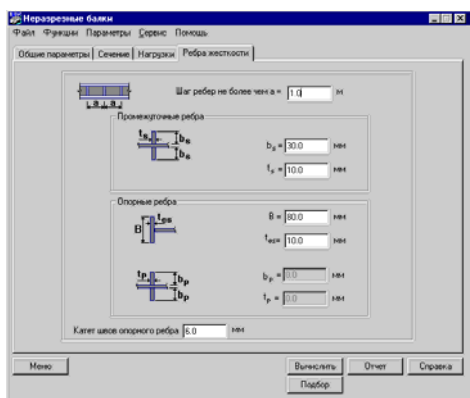


Рис. 5.7.3-4. Страница Ребра жесткости режима Неразрезные балки

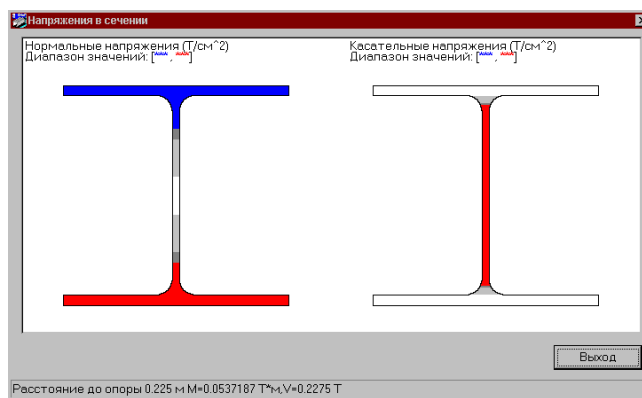


Рис. 5.7.3-5. Поля напряжений

5.7.4 Стойки

В этом режиме выполняется 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* [16]. 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_y или V_z — 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_y или V_z — 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_y или M_z — п. 5.27;
- устойчивости ветви из плоскости действия момента M_y или M_z — 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.п. 5.1, 5.3, 5.8.

Ограничение реализации



Проверка местной устойчивости стенки и полок не выполняется, для этого следует воспользоваться режимом **Местная устойчивость**.

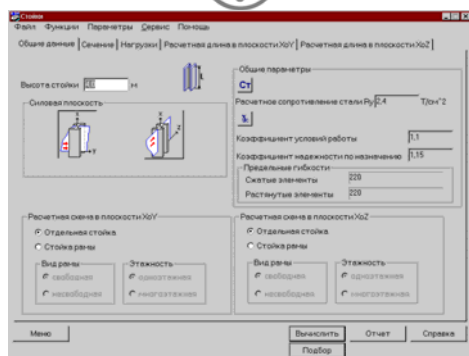


Рис. 5.7.4-1. Страница **Общие данные** режима **Стойки**

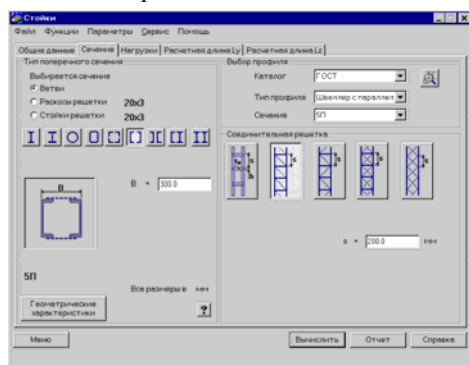


Рис. 5.7.4-2. Страница **Сечение** режима **Стойки**

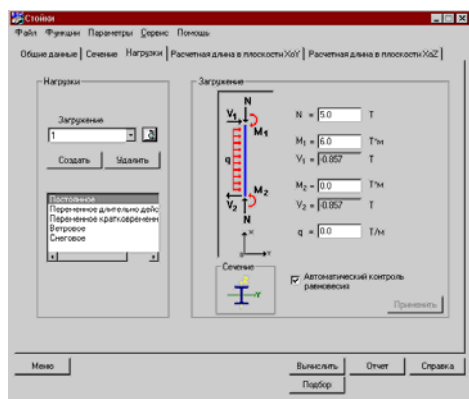


Рис. 5.7.4-3. Страница **Нагрузки** режима **Стойки**

Диалоговое окно режима **Стойки** включает пять страниц: **Общие данные**, **Сечения**, **Нагрузки**, **Расчетная длина в плоскости XOY**, **Расчетная длина в плоскости XOZ**.

Страница **Общие данные** (рис. 5.7.4-1) содержит поле ввода высоты стойки и две кнопки для выбора силовой плоскости (ориентация плоскости деформирования).

На этой же странице располагаются маркеры, с помощью которых можно задать расчетную схему определения свободной длины для каждой из главных плоскостей. Работа с ними аналогична описанной в п. 5.5.3.


Страница **Сечение** (рис. 5.7.4-2) 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 ввода данных о толщине и ширине листов. Для поперечных сечений с решетками используются кнопки выбора типа решетки и поля ввода соответствующих данных. При этом сечения элементов решетки выбираются из каталога равнополочных или неравнополочных уголков.

Выбор отдельных элементов сквозного поперечного сечения реализуется активизацией соответствующего маркера.

На странице **Нагрузки** (рис. 5.7.4-3) для каждого нагружения все действующие нагрузки задаются одновременно. Для этих сил и моментов должны выполняться общие условия равновесия, и необходимо 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:

$$\begin{aligned} V_1 - V_2 + qL &= 0 \\ M_2 - M_1 - V_1L - qL^2/2 &= 0. \end{aligned}$$

По нажатии кнопки  есть возможность получить эпюры усилий M_y и V_z . Кроме того, имеется возможность задать опцию **Автоматический контроль равновесия**. В этом случае задается 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**.

Страницы **Расчетная длина в плоскости XOY** и **Расчетная длина в плоскости XOZ** эквивалентны представленным в разделе 5.5.3 и реализуют те же возможности, за исключением правил определения расчетных длин по рекомендациям Eurocode 3. Они позволяют задать конфигурацию колонны и необходимые параметры для вычисления расчетных длин. Эти длины определяются для фрагмента рамной системы, расположенной в силовой плоскости.

Кнопки **Факторы** и **Подбор** (последняя — только для балок из прокатных профилей) позволяют проанализировать результаты расчета или выполнить режим целенаправленного перебора поперечных сечений. Работа с этими кнопками описана в разделе 5.7.1.

5.7.5 Опорные плиты

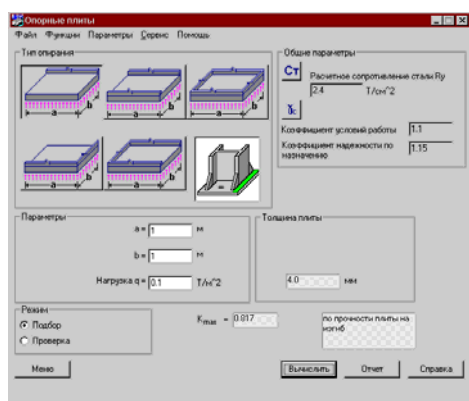


Рис. 5.7.5-1. Окно Опорные плиты

Этот режим предназначен 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). После выбора варианта расчетной схемы задаются размеры сторон и нагрузка от отпора фундамента.

В режиме **Подбор** (рис. 5.7.5-1) 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.

5.8 Нормативные документы, требования которых реализованы в программе Кристалл

| Режим | Ссылки на пункты норм и стандартов |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| Стали | Табл. 50* СНиП II-23-81*[16] |
| | Табл. 51* СНиП II-23-81*[16] |
| | Табл. 51, б СНиП II-23-81*[16] |
| | Проект СНиП 53-01-96 [18] |
| Сортамент металлопроката | ГОСТ 26020-83 [41]; ГОСТ 8239-89[42] |
| | ГОСТ 8240-89 [43]; |
| | ГОСТ 8509-93 [47]; ГОСТ 8510-86*[44] |
| Болты | Табл. 57* СНиП II-23-81*[16] |
| | ГОСТ 1759.4-87 [45] |
| Предельные гибкости | Табл. 19* СНиП II-23-81*[16] |
| | Табл. 20* СНиП II-23-81*[16] |
| Коэффициенты условий работы | Табл. 6* СНиП II-23-81*[16] |
| Расчетные длины | пп. 6.1–6.4 СНиП II-23-81*[16] |
| | пп. 6.5–6.6 СНиП II-23-81*[16] |
| | Табл. 71, а СНиП II-23-81*[16] |
| | Табл. 17, а СНиП II-23-81*[16] |
| | Annex F ENV 1993-1-1 [24] |
| Сопротивление сечений | п. 5.1 СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 5.3 СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 5.8 СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 5.12 СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 5.15. СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 5.18 СНиП II-23-81*[16] |
| | пп. 5.24–5.25 СНиП II-23-81*[16] |
| | пп. 5.27–5.28 СНиП II-23-81*[16] |
| | пп. 5.30–5.32 СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 5.34 СНиП II-23-81*[16] |
| Болтовые соединения | п. 5.1 СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 11.7 СНиП II-23-81*[16] |
| Фрикционные соединения | п. 5.1 СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 11.13* СНиП II-23-81*[16] |
| Элементы ферм | пп. 1.10–1.12 СНиП 2.01.07-85*[17] |
| | пп. 5.2–5.3 СНиП II-23-81*[16] |
| | пп. 6.1–6.4 СНиП II-23-81*[16] |
| | пп. 6.15–6.16 СНиП II-23-81*[16] |
| Балки | пп. 1.10–1.12 СНиП 2.01.07-85*[17] |
| | п. 5.12 СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 5.15 СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 5.18 СНиП II-23-81*[16] |

| Режим | Ссылки на пункты норм и стандартов |
|----------------------|--|
| Балки | п. 5.34 СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 7.3–7.4 СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 7.6; СНиП II-23-81*[16] |
| | пп. 7.10–7.12 СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 7.24 СНиП II-23-81*[16] |
| Неразрезные балки | пп. 1.10–1.12 СНиП 2.01.07-85*[17] |
| | п. 5.12 СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 5.15 СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 5.18 СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 5.34 СНиП II-23-81*[16] |
| | пп. 7.3–7.4 СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 7.6; СНиП II-23-81*[16] |
| | пп. 7.10–7.12 СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 7.24 СНиП II-23-81*[16] |
| Стойки | пп. 1.10–1.12 СНиП 2.01.07-85*[17] |
| | п. 5.1 СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 5.3 СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 5.6 СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 5.8 СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 5.12 СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 5.15 СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 5.18 СНиП II-23-81*[16] |
| | пп. 5.24–5.25 СНиП II-23-81*[16] |
| | пп. 5.27–5.28 СНиП II-23-81*[16] |
| | пп. 5.30–5.32 СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 5.34 СНиП II-23-81*[16] |
| Местная устойчивость | пп. 7.3–7.4 СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 7.6 СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 7.16 СНиП II-23-81*[16] |
| | п. 7.22 СНиП II-23-81*[16] |
| Опорные плиты | п. 5.12 СНиП II-23-81*[16] |
| Огибающие | пп. 1.10–1.12 СНиП 2.01.07-85*[17] |
| Материалы для сварки | пп. 2.2*, 3.4 СНиП II-23-81*[16] |
| Сварные соединения | пп. 11.2*–11.3*, 11.5, 12.8 СНиП II-23-81*[16] |

5.9 Приложение. О формуле (49) СНиП II-23-81*

Формула (49) не вызывает никаких нареканий для сечений типа прямоугольного, где имеется характерная угловая точка А (рис. 5.9-1), в которой суммируются условные напряжения $M_x/(c_x W_{xn, \min} R_y \gamma_c)$ и $M_y/(c_y W_{yn, \min} R_y \gamma_c)$.

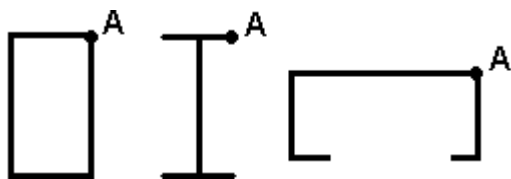


Рис. 5.9-1. Сечения с угловой точкой

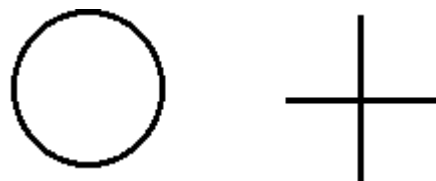


Рис. 5.9-2. Сечения без угловой точки

В сечениях без такой угловой точки (рис. 5.9-2) суммирование напряжений выполнить невозможно. В этом смысле более правильно построена формула (50) СНиП II-23-81* [16], 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.

5.10 Расчет «нестандартных» сечений

СНиП II-23-81* [16] регламентирует проверку только ограниченного набора форм сечений. Тем не менее, в проектной практике часто возникает необходимость использования сечений с формой, не оговоренной СНиП II-23-81* [16]. В этой ситуации возможно использовать программы, входящие в пакет **SCAD Office** одним из следующих способов:

1. С помощью программы **Конструктор сечений** (см. [7]) создать файл с описанием сечения требуемой формы. Использовать режим **Сопротивление Сечений** (см. раздел 5.6.1) программы **Кристалл** для анализа работы требуемого сечения. При этом следует помнить, что СНиП II-23-81* [16] не дает рекомендаций по определению некоторых параметров для расчета произвольных сечений (коэффициента влияния формы сечения η , коэффициентов α и β по таблице 10 и др.). Поэтому 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.
2. Воспользоваться программой **СЕЗАМ** (см. [7]) для подбора эквивалентного сечения и заменить некоторое нестандартное поперечное сечение близким ему стандартным (например, двутавром или коробкой).
3. Для некоторых часто встречающихся случаев можно использовать «хитрости», позволяющие, например, рассчитать балку из спаренных швеллеров. СНиП II-23-81* [16] не регламентирует проверку устойчивости плоской формы изгиба и определение коэффициента φ_6 для сечений указанного типа. Такая устойчивость заведомо обеспечена для сечений, у которых выполняется ограничение программы **Кристалл** на взаимное расположение швеллеров (расстояние между стенками превышает две ширины полки), а для других случаев будем предполагать, что устойчивость плоской формы изгиба обеспечена постановкой связей. Тогда можно поступать следующим образом — назначить поперечное сечение из одного швеллера, задав тип закрепления из плоскости изгиба **Сплошное**. Затем это полусечение рассчитать 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.

6. Программа Кристалл-Eurocode 3

Программа **Кристалл-Eurocode 3** предназначена для выполнения проверок элементов и соединений стальных конструкций на соответствие требованиям ENV 1993-1-1. Eurocode 3: Design of Steel Structures — Part 1.1: General Rules and Rules for Buildings [24]. Этот документ действует в настоящее время в качестве предстандарта и сопровождается национальными документами по применению (NAD), которые в некоторых пунктах уточняют общие положения ENV 1993-1-1 [24]. Наличие NAD учитывается двумя способами:

- для частных коэффициентов надежности, значения которых устанавливаются национальными органами, ответственными за безопасность, предусматривается возможность выбора значений, соответствующих рекомендациям NAD;
- для прочих случаев программа ориентируется на общие указания ENV 1993-1-1 [24], однако в результирующих документах приводятся ссылки, что тот или иной из использованных пунктов ENV 1993-1-1 [24] имеет национальные отличия, и пользователь должен самостоятельно проверить корректность решения.

6.1 Главное окно

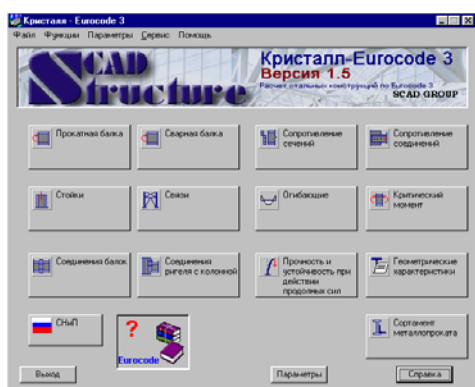


Рис. 6.1-1. Главное окно программы

В главном окне программы (рис. 6.1-1) расположены кнопки выбора режима работы.

Режимы **Прокатная балка**, **Сварная балка**, **Колонны**, **Связи** реализуют комплексную проверку отдельных конструктивных элементов стальных конструкций, а режимы **Соединения балок**, **Соединения ригеля с колонной** — проверку узлов по всем относящимся к соответствующей конструкции нормативным требованиям, начиная с составления расчетных комбинаций нагрузок. Режимы **Сопротивление сечений** и **Сопротивление соединений** реализуют выполнение предусмотренных ENV 1993-1-1 [24] отдельных операций по определению сопротивлений поперечных сечений и соединений. Вспомогательные режимы **Огибающие**, **Критический момент**, **Прочность и устойчивость при действии продольных сил** и **Геометрические характеристики** реализуют некоторые часто используемые этапы расчета, представляющие самостоятельный интерес. Информационный режим **Сортамент металлопроката** служит для просмотра сортовентов металлопроката.

Обращение к кнопкам выбора режима приводит к появлению специального многостраничного диалогового окна.

В главном окне располагаются элементы управления, являющиеся общими для всех режимов работы. К ним относятся разделы меню **Файл**, **Функции**, **Параметры**, **Сервис** и **Помощь**. Кнопки **Справка** и **Выход** выполняют обычные для Windows-приложений функции запроса справочной информации и прекращения работы. Назначение других кнопок описано ниже.

Для входа в главное окно программы во всех режимах используется кнопка **Меню**. Кнопка **СНиП** используется для перехода в режим выполнения расчетов в соответствии со СНиП II-23-81* [16].

6.2 Параметры

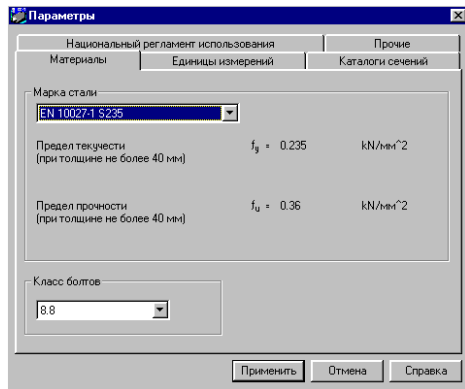


Рис. 6.2-1. Страница **Материалы** диалогового окна **Параметры**

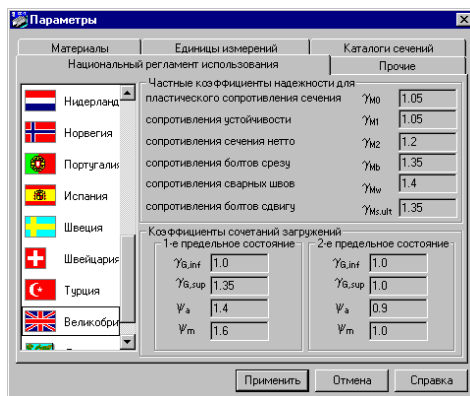


Рис. 6.2-2. Страница **Национальный регламент использования**

Окно **Параметры** содержит отличную от программы **Кристалл** (СНиП) страницу **Материалы** и дополнительную страницу **Национальный регламент использования**.

Страница **Материалы** (рис. 6.2-1) дает возможность выбрать марку стали и класс болтов. Выбор осуществляется из списка марок, рекомендованных в ENV 1993-1-1 [24]. Для выбранных материалов приводятся справочные данные об их прочностных параметрах — номинальные значения предела текучести f_y и временного сопротивления f_u для проката толщиной до 40 мм, как наиболее часто используемого в конструкциях.

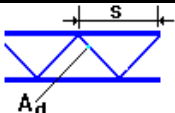
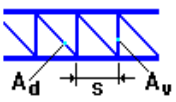
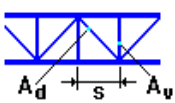
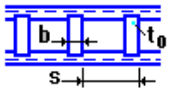
Страница **Национальный регламент использования (NAD)** (рис. 6.2-2) позволяет выбрать частные коэффициенты надежности в соответствии с рекомендациями ENV 1993-1-1 [24] (используются boxed value) или по требованиям национальных документов по применению Eurocode (NAD). Выбор реализуется отметкой соответствующей строки списка, помеченной национальным флагом или флагом ЕЭС. При этом численные значения соответствующих частных коэффициентов безопасности отображаются в информационных окнах.

Если в списке отмечена строка **Другие**, то появляется возможность задать значения этих коэффициентов. Таким образом обеспечивается использование программы в нестандартных ситуациях, а также при изменениях, вносимых в NAD.

6.3 Конструирование поперечных сечений

Операции выбора поперечного сечения элементов конструкций аналогичны соответствующим операциям, описанным в разделе 5.3. Отличия состоят только в наличии другого набора соединительных решеток для составных сечений. Перечень соединительных решеток и ограничения на выбор параметров решетки приведены в следующей таблице:

Таблица 6.3-1. Ограничения на выбор параметров решетки

| Схема | Ограничения | Схема | Ограничения |
|--|---------------------------|--|--|
|  | $s \geq 2h;$ $A_d < A$ |  | $s \geq h;$ $A_v < A;$ $A_d < A$ |
|  | $s \geq h;$ $A_d < A$ |  | $s \geq b;$ |
| Примечания: h — расстояние между осями поясов; A — площадь пояса; A _d — площадь раскоса; A _v — площадь стойки. | | | |

6.4 Вспомогательные режимы

6.4.1 Сопротивление сечений

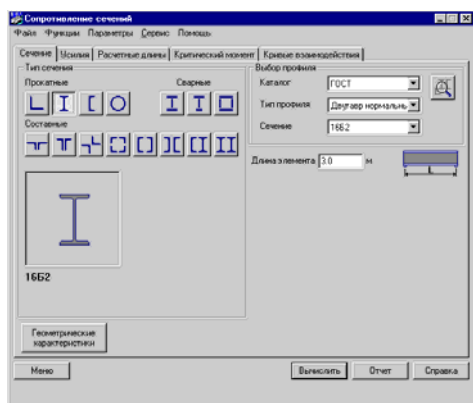


Рис. 6.4.1-1. Страница Сечение
диалогового окна
Сопротивление сечений

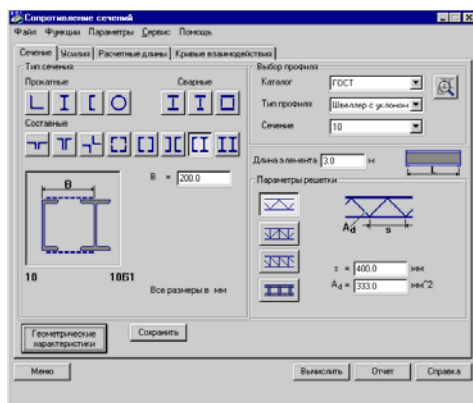


Рис. 6.4.1-2. Страница Сечение,
выбор параметров соединительной
решетки

В этом режиме реализуется функция определения несущей способности любого из предусмотренных в программе поперечных сечений. Окно содержит пять страниц: **Сечение, Усилия, Расчетные длины, Критический момент, Кривые взаимодействия.**

Страница **Сечение** (рис. 6.4.1-1) содержит набор кнопок выбора типа поперечного сечения. Для составных сечений выводится эскиз с обозначением размеров и открываются поля для ввода размеров. Здесь же приводятся единицы измерения, которыми следует пользоваться при задании размеров элементов сечения.

Для составных сечений последних пяти типов предусмотрены кнопки для выбора типа соединительной решетки. Нажатие такой кнопки приводит к появлению детального изображения решетки с обозначением размеров, значения которых вводятся в соответствующие поля (рис. 6.4.1-2).

Кнопка **Геометрические характеристики** используется для вызова окна отображения вычисленных значений геометрических характеристик сконструированного сечения.

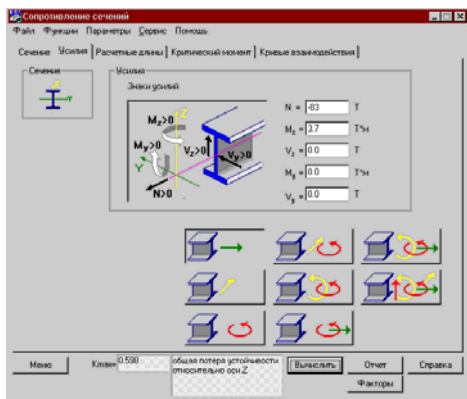


Рис. 6.4.1-3. Страница Усилия

Страница **Усилия** (рис. 6.4.1-3) предназначена для ввода усилий, действующих на поперечное сечение элемента. На ней представлена схема поперечного сечения с изображением главных осей инерции, а также условная схема (двухтавр) с обозначением положительных направлений усилий.

Набор кнопок с изображением усилий дает возможность выбрать вариант проверки при действии на сечение только части усилий. При этом все прочие усилия предполагаются нулевыми независимо от того, какие величины заданы для них в полях ввода информации. Это позволяет исследовать несущую способность сечения более детально. В приведенной ниже таблице показаны допустимые комбинации усилий в зависимости от типа сечения.

После нажатия кнопки **Вычислить** выводится результат расчета — значение K_{max} (максимального из обнаруженных уровней использования нормативных ограничений). Одновременно в поле **Критический фактор** появляется сообщение о типе проверки (прочность, устойчивость, местная устойчивость и т.п.), при котором этот максимум реализовался.

Таблица 6.4.1-1. Возможные комбинации усилий при проверке сечений

| Тип сечения | Проверка на действие: | | | | |
|-------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| | N | V_z | M_y | V_y | M_z |
| | + | | | | |
| | + | + | + | + | + |
| | + | | | | |
| | + | + | + | + | + |
| | + | + | + | + | + |
| | + | | | | |
| | + | | + | | + |
| | + | | + | | |

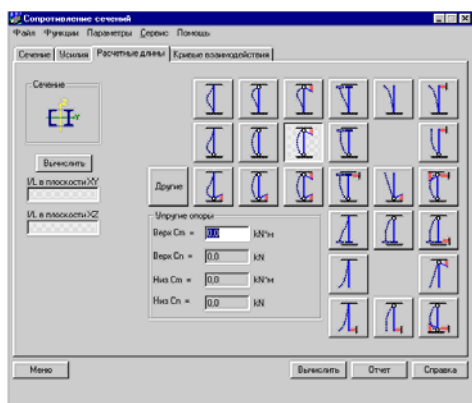


Рис. 6.4.1-4. Страница Расчетные длины

Страница **Расчетные длины** (рис. 6.4.1-4) содержит группу кнопок с изображением расчетных схем сжатого стержневого элемента, отличающихся друг от друга комбинациями граничных условий (свободный конец, шарнир, упругое опирание, упругое защемление, полное защемление).

Если выбирается вариант с упругим опиранием или с упругим защемлением, то открывается доступ к полям для ввода данных о податливости соответствующей связи.

Коэффициенты $k = l/L$ представляют собой отношение расчетной длины l к геометрической длине стержня L в различных плоскостях и отображаются в соответствующих полях результатов. При нажатии кнопки **Другие** пользователь получает возможность ввести любые значения k в поля с результатами и подтвердить свой выбор нажатием кнопки **Применить**. Во всех остальных случаях эти поля не допускают ввода данных.

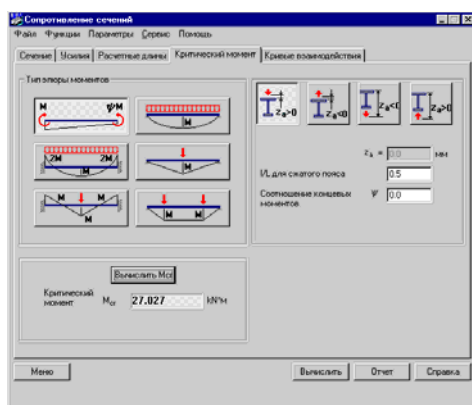


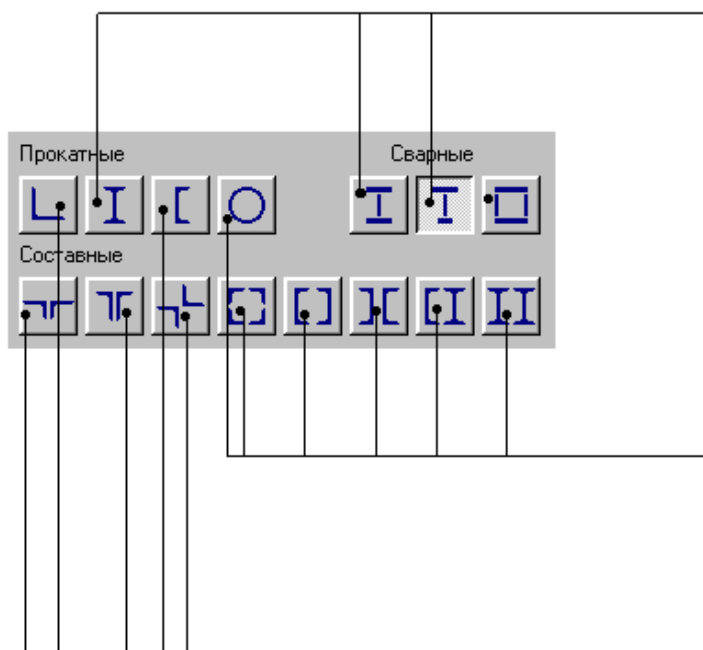
Рис. 6.4.1-5. Страница Критический момент

Страница **Критический момент** (рис. 6.4.1-5) предназначена для определения критического изгибающего момента балок и реализует метод расчета, представленный в приложении F к ENV 1993-1-1 [24]. Вычисления выполняются только для поперечных сечений типа двутавра. Если выбрано сечение другого типа, то эта страница не появляется и предполагается, что устойчивость плоской формы изгиба обеспечена соответствующими закреплениями. Предполагается также, что имеются закрепления от деформаций по концам пролета ($k_w = 1$).

Для определения критического момента необходимо задать тип эпюры моментов, выбрав его из предлагаемых в приложении F к ENV 1993-1-1 [24] шести вариантов. Если выбран первый вариант, то следует также задать параметр ψ . Кроме того, задается также расстояние от точки приложения нагрузок до уровня верхнего пояса z_a . Знак z_a назначается в соответствии с приведенной на странице схемой.

Нажатие кнопки **Вычислить M_{cr}** реализует вычисление критического момента M_{cr} .

Дальнейшие действия зависят от типа сечения по схеме, представленной на рис. 6.4.1-6, где приводится информация по учету M_{cr} для сечений различного типа.



Выполняется расчет

При рассматриваемых соотношениях размеров сечения не теряют устойчивость по изгибно-крутильной форме

Для этих сечений ENV 1993-1-1 [24] не содержит рекомендаций по определению критического момента

Рис. 6.4.1-6. Реакция режима **Критический момент** на тип сечения

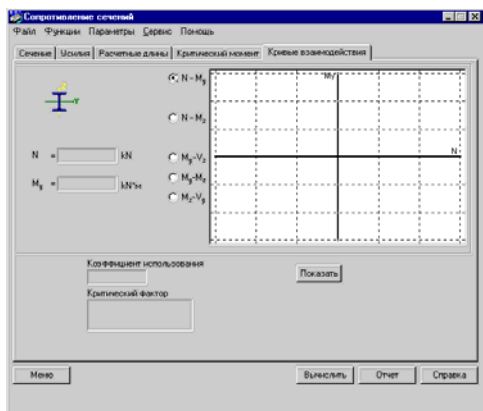







Рис. 6.4.1-7. Страница **Кривые взаимодействия**

На странице **Кривые взаимодействия** (рис. 6.4.1-7) можно построить кривые, ограничивающие область несущей способности сечения при действии на него различных пар усилий, которые могут быть приложены к рассматриваемому сечению.

Сечения типа , , ,  и  рассчитываются только на осевые силы (см. таблицу 6.4.1-1). В этом случае область графического отображения становится одномерной, и кривая взаимодействия вырождается.

Для построения кривых взаимодействия необходимо выбрать пару усилий и нажать кнопку **Показать** (подробнее см. раздел 5.6.1).

Список проверок, выполняемых в режиме **Сопроотивление сечений**, представлен в таблице 6.4.1-2, там же указаны и пункты ENV 1993-1-1 [24], в соответствии с которыми эти проверки реализованы (полный перечень результатов этих проверок приводится в отчетном документе).

Таблица 6.4.1-1. Список проверок сечений по ENV 1993-1-1

| Фактор | Ссылка на Eurocode 3 |
|--|------------------------------|
| пластическое сопротивление продольной силе | [5.4.3 (1)] |
| пластическое сопротивление продольному сжатию | [5.4.4 (1)] |
| потеря устойчивости относительно оси Y (U) | [5.5.1.1] |
| потеря устойчивости относительно оси Z (V) | [5.5.1.1] |
| потеря устойчивости с учетом действия дополнительного момента, вызванного смещением центральной оси в сечении класса 4 | [5.5.4] |
| общая потеря устойчивости относительно оси Y | [5.5.1.1] |
| общая потеря устойчивости относительно оси Z | [5.5.1.1] |
| устойчивость из плоскости при действии (N, M_y) | [5.5.2 (7)], [5.5.3] |
| прочность на срез относительно оси Z | [5.4.6 (1)] |
| прочность на срез относительно оси Y | [5.4.6 (1)] |
| сопротивление совместному действию сил (N, M_y, M_z, V_y, V_z) | [5.4.8.1 – 5.4.8.3], [5.4.9] |
| сопротивление выпучиванию при действии сил (N, M_y, M_z) | [5.5.4 (1), 5.5.4 (3)] |
| потеря устойчивости по изгибно-крутильной форме | [5.5.4 (2), 5.5.4 (4)–(6)] |
| устойчивость стенки | [5.6.7.2], [5.4.5.2] |
| выпучивание элементов решетки при сдвиге вдоль оси Y | [5.9.2] |
| выпучивание элементов решетки при сдвиге вдоль оси Z | [5.9.2] |
| прочность при действии M_y | [5.4.5.1] |
| прочность при действии M_z | [5.4.5.1] |

Выполняются проверки только поперечного сечения элемента.

Не предусмотрены проверки:

- ослабленных сечений, в которых имеются отверстия для болтов;
- элементов соединительных решеток в сечениях сквозного типа;
- устойчивости стенок с учетом их подкрепления ребрами жесткости для двутавровых, швеллерных и коробчатых элементов.

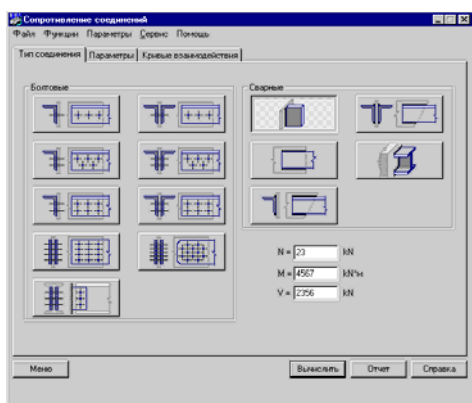
6.4.2 Сопротивление соединений

В этом режиме выполняется определение несущей способности соединения для реализованных в программе конструктивных решений, относящихся к наиболее используемым в практике проектирования. Окно содержит три страницы: **Тип соединения**, **Параметры**, **Кривые взаимодействия**.

Список проверок представлен в таблице 6.4.2-1, там же указаны и пункты ENV 1993-1-1 [24], в соответствии с которыми эти проверки реализованы (полный перечень результатов этих проверок имеется в отчетном документе).

Таблица 6.4.2-1. Список проверок сопротивления соединений по ENV 1993-1-1

| Фактор | Ссылка на Eurocode 3 |
|--|----------------------|
| смятие уголка | [6.5.5 (2)] |
| прочность болтов на срез | [6.5.5] |
| прочность уголка по сечению нетто | [5.4.3 (1)] |
| смятие фланца | [6.5.5] |
| смятие стенки | [6.5.5] |
| прочность фланца по сечению нетто | [5.4.2.2] |
| прочность стенки по сечению нетто | [5.4.2.2] |
| полное сопротивление углового шва | Annex M |
| сопротивление углового шва в направлении, перпендикулярном оси шва | Annex M |



Страница **Тип соединения** (рис. 6.4.2-1) содержит две группы кнопок: **Болтовые** — для проверки конструкций болтовых соединений и **Сварные** — для проверки конструкций сварных соединений. На странице имеются поля для ввода значений усилий, действующих на соединение.

Рис. 6.4.2-1. Страница Тип соединения, режим Сопротивление соединения

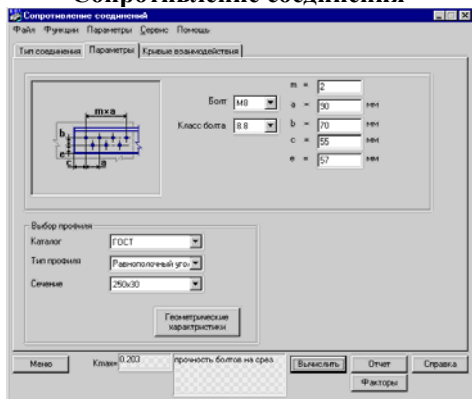


Рис. 6.4.2-2. Страница Параметры, режим Сопротивление соединения

Страница **Параметры** (рис. 6.4.2-2) включает поля ввода значений параметров конструктивного решения. В тех случаях, когда рассматривается стык прокатного профиля (уголка или двутавра), предусмотрена возможность доступа к базе данных прокатных профилей.

При расчете болтовых соединений диаметр болта выбирается из выпадающего списка. Для сварных соединений необходимо задать размер катета сварного шва.

Исходные данные проверяются на соответствие требованиям пунктов 6.5.1.2, 6.5.1.3, 6.5.1.4, 6.5.1.5 и 6.5.1.6 Eurocode 3, регламентирующих расположение болтов. При этом диаметр отверстия для болта d_0 принимался больше диаметра болта на 1 мм для болтов от M12 до M14, на 2 мм — для болтов от M16 до M24 и на 3 мм — для болтов M27 и больших.

Для болтовых соединений проверка элементов, к которым крепятся уголки и накладки, как правило, не выполняется. Исключение составляет опирание двутавра (нижняя кнопка в группе).

Для сварных соединений проверяется требование

пункта 6.6.5.1 (2) и при его нарушении выдается сообщение о невозможности использования соединения в связи с малой длиной швов. Контроль исходных данных выполняется по правилам, приведенным в таблицах 6.4.2-2 и 6.4.2-3.

Таблица 6.4.2-2. Болтовые соединения

| Эскиз узла | Контроль исходных данных | Обозначения | |
|------------|--|---|-------------------------|
| | $e + 5(d_0 - 3 \text{ мм})/3 \leq b_L - t_L$ $4 t_L + 40 \text{ мм} \geq c \geq 1,2 d_0$ $\min(14 t_L; 200 \text{ мм}) \geq a \geq 2,2 d_0$ $(b_L - t_L)/2 \geq 1,5 d_0$ $e \geq 1,2 d_0$ | d_0 – диаметр отверстия для болта; t_L – толщина уголка; b_L – ширина уголка; | |
| | $e + b + 5(d_0 - 3 \text{ мм}) / 3 \leq b_L - t_L$ $b \geq 2,2 d_0; e \geq 1,2 d_0$ $4 t_L + 40 \text{ мм} \geq c \geq 1,2 d_0$ $\min(14 t_L; 200 \text{ мм}) \geq a \geq 2,2 d_0$ $\min(14 t_L; 200 \text{ мм}) \geq b \geq 2,4 d_0$ $(b_L - t_L - b) / 2 \geq 1,5 d_0$ | | |
| | $e + b + 5(d_0 - 3 \text{ мм}) / 3 \leq b_L - t_L$ $b \geq 3,0 d_0; e \geq 1,2 d_0$ $4 t_L + 40 \text{ мм} \geq c \geq 1,2 d_0$ $\min(14 t_L; 200 \text{ мм}) \geq a \geq 2,2 d_0$ $\min(14 t_L; 200 \text{ мм}) \geq b \geq 2,4 d_0$ $(b_L - t_L - b)/2 \geq 1,5 d_0$ | | |
| | $4 t + 40 \text{ мм} \geq c_1 \geq 1,2 d_0$ $4 t + 40 \text{ мм} \geq c_2 \geq 1,5 d_0$ $\min(14 t; 200 \text{ мм}) \geq a \geq 2,2 d_0$ $\min(14 t; 200 \text{ мм}) \geq b \geq 2,4 d_0$ | | t – толщина накладки. |
| | $4 t + 40 \text{ мм} \geq c_1 \geq 1,2 d_0$ $4 t + 40 \text{ мм} \geq c_2 \geq 1,5 d_0$ $\min(14 t; 200 \text{ мм}) \geq a \geq 2,2 d_0$ $\min(14 t; 200 \text{ мм}) \geq b \geq 2,4 d_0$ | | |

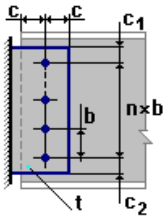
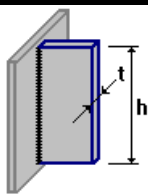
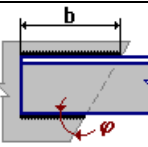
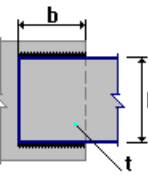
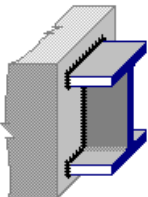
| Эскиз узла | Контроль исходных данных | Обозначения |
|---|--|-------------|
|  | $c \geq 1,2 d_0$ $c_1 \geq 1,5 d_0$ $c_2 \geq 1,5 d_0$ $\min(14 t; 200 \text{ мм}) \geq b \geq 2,2 d_0$ $c_1 + c_2 + n b \leq h_w$ | |

Таблица 6.4.2-3. Сварные соединения

| Эскиз узла | Контроль исходных данных | Обозначения |
|---|---|---|
|  | $h > 20 \text{ мм}$ $c_w < 1,2 t$ | t_L – толщина уголка; b_L – ширина примыкающей полки; c_w – катет шва; t_w – толщина стенки двутавра; t – толщина накладки. |
|  | $b > 40 \text{ мм}$ $30^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$ $c_w < 1,2 t$ | |
|  | $b > 20 \text{ мм}$ $c_w < 1,2 t$ $h / b > 0,1$ | |
|  | $c_w < 1,2 t_w$ | |

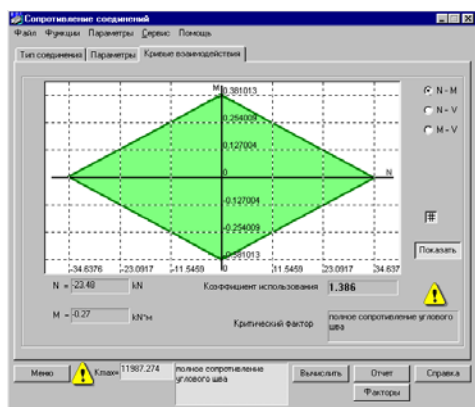


Рис. 6.4.2-3. Страница Кривые взаимодействия

После завершения ввода исходных данных и нажатия кнопки **Вычислить** выполняется расчет соединения.

Кривые взаимодействия строятся на одноименной странице (рис. 6.4.2-3) по правилам, описанным в разделе 5.6.1.

6.4.3 Огибающие

Это окно предназначено для решения частной задачи: определение невыгодных сочетаний многих нагрузок, действующих на изгибаемые элементы.

Комбинации нагрузок определяются с использованием упрощенного варианта, предусмотренного п. 2.3.3 (5) ENV 1993-1-1 [24] по формулам

$$\begin{aligned} & \sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + 1,5 Q_{k,1} ; \\ & \sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + 1,35 \sum_{i \geq 1} Q_{k,i} \end{aligned}$$

для первого предельного состояния и по формулам

$$\begin{aligned} & \sum G_{k,j} + Q_{k,1} ; \\ & \sum G_{k,j} + 0,9 \sum_{i \geq 1} Q_{k,i} \end{aligned}$$

для второго предельного состояния.

Используемые здесь коэффициенты сочетаний $\psi_m = 1,5$ или $\psi_m = 1,0$, $\psi_a = 1,35$ или $\psi_a = 0,9$, а также значения $\gamma_{G,inf}$ и $\gamma_{G,sup}$ по умолчанию приняты в соответствии с рекомендацией п.2.3.3 (5) ENV 1993-1-1. Они приводятся на странице **Национальный регламент использования** окна **Параметры** (см. раздел 6.2) и могут быть изменены пользователем.

Необходимо отметить, что в числе временных нагрузок 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.

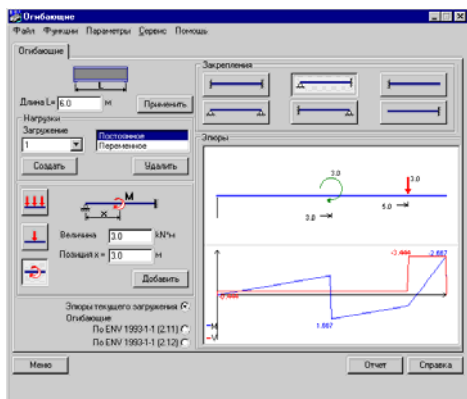


Рис. 6.4.3-1. Диалоговое окно **Огибающие**

В диалоговом окне **Огибающие** (рис. 6.4.3-1) задается пролет балки. С помощью кнопок выбирается один из способов опирания — шарнирное опирание с двух сторон; двухстороннее защемление; шарнир с одной стороны и защемление с другой или консольная схема.

Перед вводом очередного нагружения (включая первое) следует нажать кнопку **Создать** в группе **Нагрузки**. После этого в списке видов нагружения необходимо выбрать вид рассматриваемого нагружения — **Постоянное** или **Временное**. Вид нагружения определяет коэффициенты сочетаний, с которыми будут учитываться нагрузки этого нагружения при определении комбинации нагрузок.

При вводе нагрузок используются три кнопки, которые указывают тип нагрузки (распределенная по пролету, сосредоточенная сила, сосредоточенный момент). При нажатии соответствующей кнопки открываются поля для ввода характеристик нагрузок:

- для распределенных нагрузок — интенсивность нагрузки;
- для сосредоточенной силы — величина силы и ее положение в пролете;
- для сосредоточенного момента — величина момента и его положение в пролете.

Задав характеристики нагрузки, необходимо нажать кнопку **Применить**.

Для перехода к следующему нагружению следует нажать кнопку **Создать**, после чего количество рассматриваемых нагружений автоматически увеличивается на единицу. Если необходимо уточнить данные по любому из ранее введенных нагружений, то к нему можно вернуться, выбрав его в списке **Загружения**. Для удаления нагружения используется кнопка **Удалить**. Удаление отдельных нагрузок из нагружения не предусмотрено.

После нажатия кнопки **Применить** в поле **Эпюры** появляется изображение схемы нагружения. Под ним выводится совмещенная схема эпюры моментов и поперечных сил. После ввода всех нагружений можно просмотреть, какой вид имеют выбранные по приведенным выше формулам значения экстремальных моментов и соответствующих им поперечных сил, а также экстремальных поперечных сил и соответствующих им моментов. Для этого следует активизировать один из маркеров **Огибающие** — **по ENV 1993-1-1 (2.11)**, **по ENV 1993-1-1 (2.12)**. На эпюрах огибающих (рис. 6.4.3-2) показаны экстремальные по длине балки значения рассматриваемых факторов.

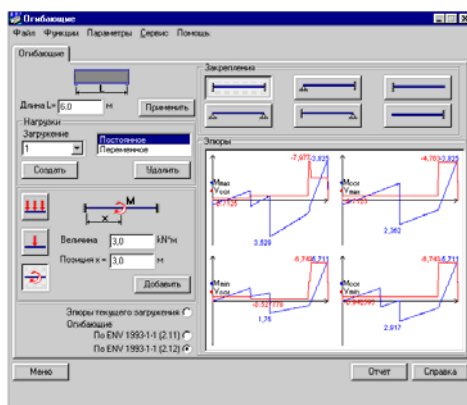


Рис. 6.4.3-2. Окно **Огибающие**

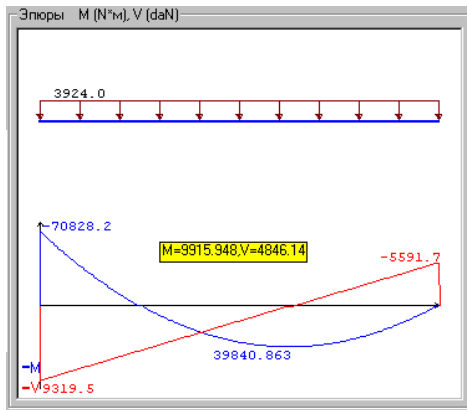


Рис. 6.4.3-3. Оцифровка эпюры моментов

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 показывается явно. Взамен приводятся значения в двух различных, хотя и близко расположенных сечениях. В связи с этим возможно кажущееся нарушение условий равновесия.

При нажатой левой клавише мыши на экран выводятся значения момента и перерезывающей силы в конкретном сечении, которое соответствует положению курсора (рис. 6.4.3-3).

6.4.4 Критический момент

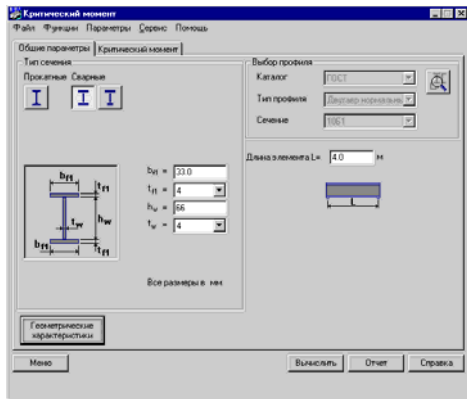


Рис. 6.4.4-1. Страница Общие параметры

В этом режиме решается задача определения упругого критического изгибающего момента для изгибаемого элемента с двутавровым поперечным сечением. Окно содержит две страницы — **Общие параметры** и **Критический момент**.

На странице **Общие параметры** (рис. 6.4.4-1) задается поперечное сечение элемента и длина пролета. Поперечное сечение может быть выбрано из общей базы данных о профилях проката или из пользовательской базы данных о сварных профилях. Последние могут быть также заданы по правилам, описанным в п. 6.4.1.

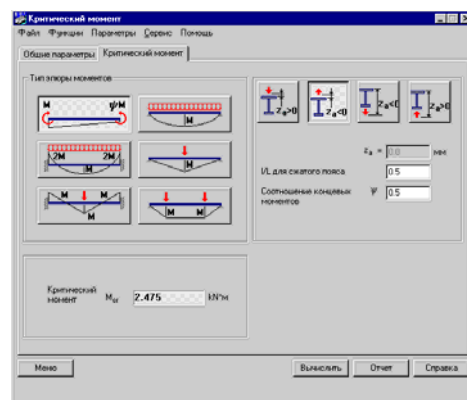


Рис. 6.4.4-2. Страница Критический момент

На странице **Критический момент** (рис. 6.4.4-2) задается вид эпюры изгибающих моментов (один из шести, предусмотренных приложением F к ENV 1993-1-1). При этом, для варианта с прямолинейной эпюрой указывается соотношение между конечными моментами ψ . Поскольку вид эпюры моментов задан, то тем самым определены закрепления элемента в плоскости изгиба. Закрепления из плоскости изгиба определяются задаваемым для сжатого пояса отношением расчетной длины l к длине пролета L . Предполагается также, что имеются закрепления от деформаций по концам пролета ($k_w = 1$).

Задается высота приложения поперечных нагрузок Z_a .

После нажатия кнопки **Вычислить** выводится значение критического момента, которое и является результатом работы.

6.4.5 Прочность и устойчивость при действии продольных сил

В этом режиме решается задача определения упругого сопротивления сечений под действием только продольных сил. Окно содержит страницы **Общие параметры** (рис. 6.4.5-2) и **Сечение** (рис. 6.4.5-1).

Работа с этими окнами полностью аналогична описанной ранее в п. 6.4.1.

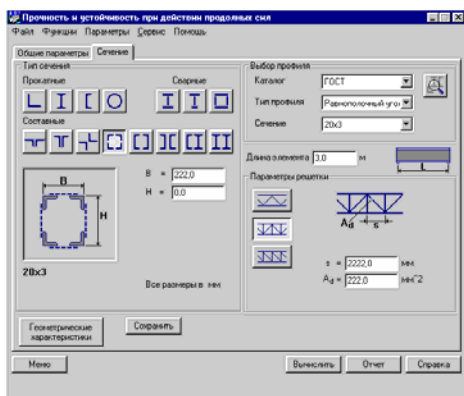


Рис. 6.4.5-1. Страница Сечение режима Прочность и устойчивость при действии продольных сил

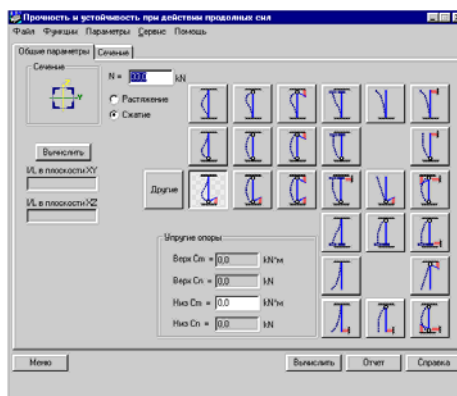


Рис. 6.4.5-2. Страница Общие параметры режима Прочность и устойчивость при действии продольных сил

6.4.6 Геометрические характеристики

В этом режиме вычисляются геометрические характеристики поперечных сечений таким же образом, как это было описано выше в разделе 6.4.1. Исходные данные вводятся на странице **Сечение** (рис. 6.4.6-1). Результаты в форме, представленной на рис. 6.4.6-2, выдаются на странице **Геометрические характеристики**.

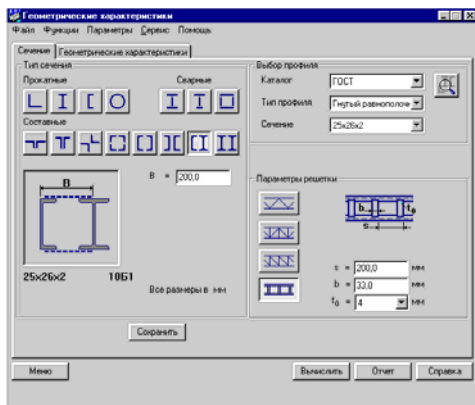


Рис. 6.4.6-1. Страница Сечение режима Геометрические характеристики

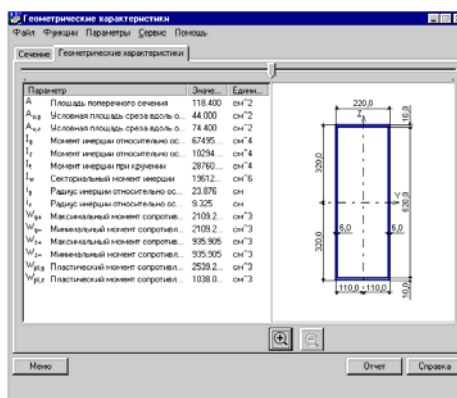


Рис. 6.4.6-2. Страница Геометрические характеристики

6.5 Проектирование конструктивных элементов

Выбор режима проектирования отдельных конструктивных элементов осуществляется нажатием соответствующей кнопки в главном окне программы. В программе реализован расчет следующих конструктивных элементов: **Прокатная балка**, **Сварная балка** и **Стойка**.

6.5.1 Прокатная балка

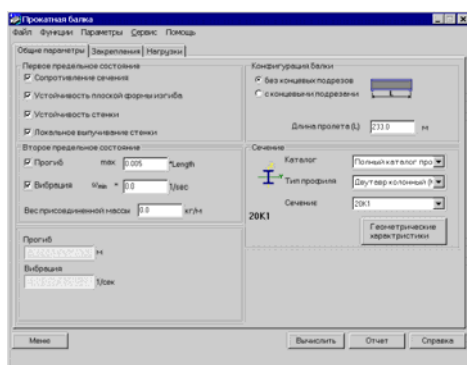


Рис. 6.5.1-1. Диалоговое окно
Прокатная балка,
режим Общие параметры

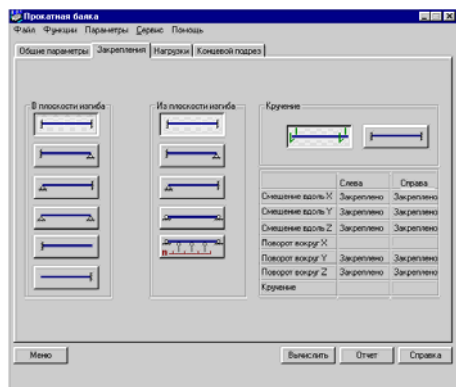


Рис. 6.5.1-2. Страница Закрепления

В этом режиме выполняется проверка балочной конструкции из простого прокатного профиля без ребер, подкрепляющих стенку двутавра. Окно содержит четыре страницы: **Общие параметры**, **Закрепления**, **Нагрузки**, **Концевой подрез**.

Страница **Общие параметры** (рис. 6.5.1-1) включает две группы маркеров, с помощью которых назначается список проверок по двум основным предельным состояниям.

В группе данных **Конфигурация балки** расположены маркеры для выбора конструктивного оформления конца балки — с концевыми подрезами и без них, а также поле ввода длины пролета.

Выбор профиля (группа **Сечение**) реализован аналогично разделу 6.3. В этом режиме не предусмотрена работа с пользовательской базой сечений, а в списке **Тип профиля** доступны только профили типа двутавров.

Страница **Закрепления** (рис. 6.5.1-2) содержит три группы кнопок, с помощью которых указывается система закрепления балки в плоскости изгиба, из плоскости изгиба и относительно деформаций. Выбор осуществляется нажатием на кнопку 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.

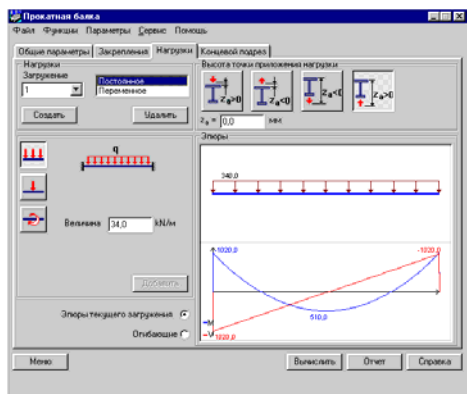


Рис. 6.5.1-3. Страница Нагрузки

На странице **Нагрузки** (рис. 6.5.1-3) задаются нагрузки, действующие на балку. Правила работы с ней аналогичны описанным выше (см. раздел 6.4.3). Отличие состоит в том, что для рассматриваемых нагрузок задается высота точки приложения (группа **Высота точки приложения нагрузки**), которая считается одинаковой для всех компонент текущего нагружения, а также условная ширина приложения сосредоточенной нагрузки.

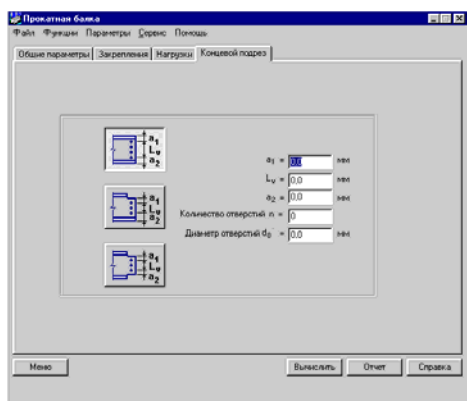


Рис. 6.5.1-4. Страница Концевой подрез

Страница **Концевой подрез** (рис. 6.5.1-4) позволяет задать сведения об ослаблении поперечного сечения балки в зоне ее примыкания к опорам. Эта страница доступна в тех случаях, когда на странице **Общие параметры** в группе **Конфигурация балки** был выбран признак «с концевыми подрезами». Вариант конструктивного решения концевых креплений выбирается с помощью кнопок, после чего следует ввести соответствующие размеры. Обращаем внимание на то, что задаются не диаметры крепежных болтов, а диаметры отверстий для них.

Список проверок, выполняемых в этом режиме, представлен в таблице 6.5.1-1, там же указаны и пункты ENV 1993-1-1 [24], в соответствии с которыми эти проверки реализованы (полный перечень результатов этих проверок приводится в отчетном документе).

Таблица 6.5.1-1. Список проверок прокатных балок по ENV 1993-1-1

| Фактор | Ссылка на Eurocode 3 |
|---|----------------------|
| прочность по срезу | [5.4.6 (1)] |
| сопротивление срезу стенки для группы отверстий концевого крепления балки | [6.5.2.2] |
| прочность сечения по изгибающему моменту | [5.4.5.2] |
| устойчивость из плоскости действия момента | [5.5.2] |
| прочность при совместном действии (M_v, V_z) | [5.6.7.2] |
| прочность стенки при действии локальной поперечной нагрузки | [5.7.3] |
| выпучивание стенки при действии локальной поперечной нагрузки | [5.7.4] |
| устойчивость стенки при действии локальной поперечной нагрузки | [5.7.5] |
| прочность опорного ребра | [5.7.6] |

6.5.2 Сварная балка

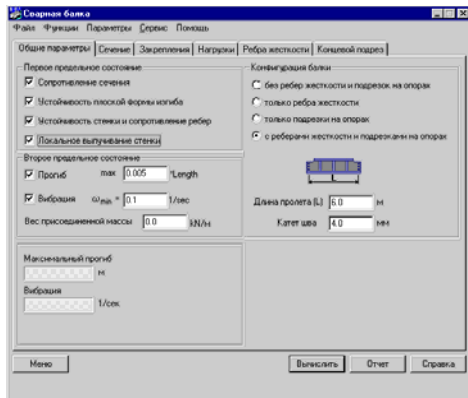


Рис. 6.5.2-1. Страница Общие параметры

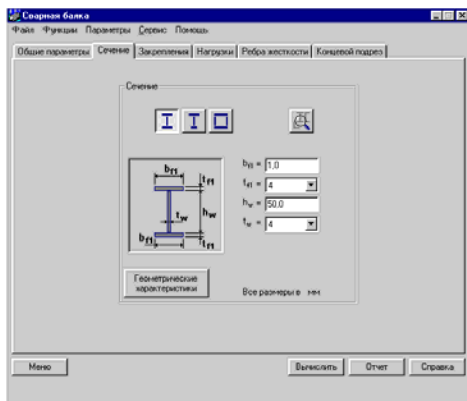


Рис. 6.5.2-2. Страница Сечение

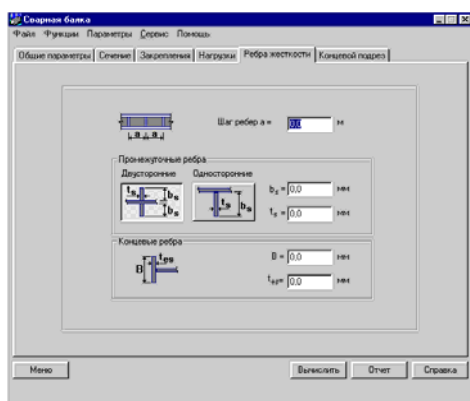


Рис. 6.5.2-3. Страница Ребра жесткости

В этом режиме (рис. 6.5.2-1) выполняется проверка балочной конструкции из сварных двутавров с применением поперечных ребер жесткости.

Окно включает шесть страниц: **Общие параметры**, **Сечение**, **Закрепления**, **Нагрузки**, **Ребра жесткости**, **Концевой подрез**.

Страница **Общие параметры** содержит две группы маркеров, с помощью которых назначается список проверок по двум предельным состояниям.

В группе **Конфигурация балки** расположены четыре маркера для выбора конструктивного решения конца балки:

- без ребер жесткости и подрезок на опорах;
- только ребра жесткости;
- только подрезки на опорах;
- с ребрами и концевыми подрезками на опорах.

Здесь же задается **Длина пролета** балки и рекомендуемый **Катет шва**.

На странице **Сечения** (рис. 6.5.2-2) вводятся данные о поперечном сечении балки. Три кнопки, расположенные в группе **Сечение**, дают возможность выбора типа поперечного сечения.

Для поперечного сечения балки (сварной двутавр или коробчатый профиль) необходимо задать размеры листов, составляющих поперечное сечение. При этом толщины листов могут быть взяты только из выпадающих списков и соответствуют имеющимся в сорimente.

Страницы **Закрепления**, **Нагрузки** и **Концевой подрез** не отличаются от описанных выше в разделе 6.5.1.

Страница **Ребра жесткости** (рис. 6.5.2-3) служит для ввода информации о промежуточных и концевых ребрах жесткости и будет доступна лишь в том случае, когда на странице **Общие параметры** выбраны конструктивные решения **только ребра жесткости** или **с ребрами жесткости и подрезками на опорах**.

Список проверок, выполняемых при работе, представлен в таблице 6.5.2-1, там же указаны и пункты ENV 1993-1-1 [24], в соответствии с которыми эти проверки реализованы (полный перечень результатов этих проверок приводится в отчетном документе).

Таблица 6.5.2-1. Список проверок сварных балок по ENV 1993-1-1

| Фактор | Ссылка на Eurocode 3 |
|--|-----------------------------|
| прочность по срезу | [5.4.6 (1)] |
| сопротивление срезу стенки для группы отверстий концевое крепления балки | [6.5.2.2] |
| устойчивость стенки | [5.6.3] |
| прочность сечения по изгибающему моменту | [5.4.5.2] |
| устойчивость из плоскости действия момента | [5.5.2] |
| прочность при совместном действии (M_y, V_z) | [5.6.7.2] |
| прочность стенки при действии локальной поперечной нагрузки | [5.7.3] |
| выпучивание стенки при действии локальной поперечной нагрузки | [5.7.4] |
| устойчивость стенки при действии локальной поперечной нагрузки | [5.7.5] |
| прочность опорного ребра | [5.7.6] |
| прочность промежуточного ребра | [5.7.6] |
| ограничение по свободному свесу пояса | [5.7.7] |
| прочность сварки | Annex M |

6.5.3 Стойки



Рис. 6.5.3-1. Типы поперечных сечений колонны

В этом режиме выполняется проверка конструкции колонны, поперечное сечение которой выбирается из представленных на рис. 6.5.3-1 типов.

Окно включает четыре страницы: **Общие параметры**, **Сечение**, **Расчетная длина**, **Нагрузки**.

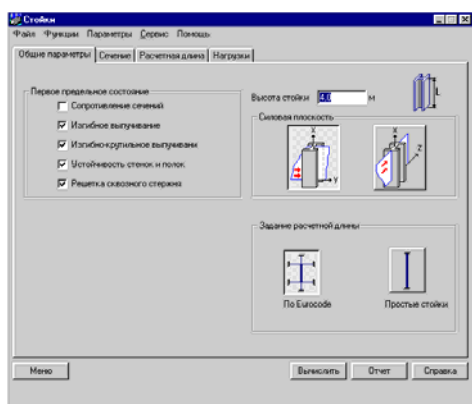


Рис. 6.5.3-2. Страница **Общие параметры** режима **Стойки**

Страница **Общие параметры** (рис. 6.5.3-2) содержит набор маркеров, с помощью которых назначается список проверок по первому предельному состоянию и поле ввода высоты стойки.

Ориентация плоскости деформирования выполняется в с помощью кнопок в группе **Силовая плоскость**. Все нагрузки, приложенные к колонне, располагаются в этой плоскости.

Кнопки группы **Задание расчетной длины** позволяют выбрать способ определения расчетной длины — по схеме простого стержня или как для фрагмента рамы по рекомендациям Annex E ENV 1993-1-1 [24].

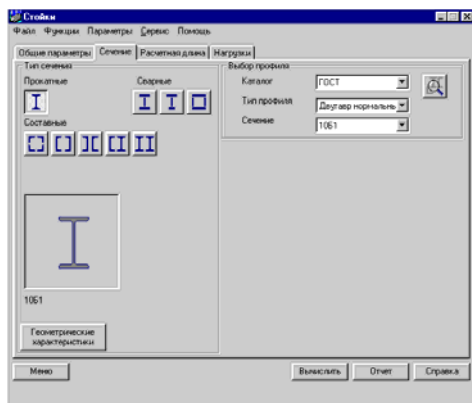


Рис. 6.5.3-3. Страница **Сечение**

Страница **Сечение** (рис. 6.5.3-3) 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 ввода. Аналогичные операции уже описывались ранее.

Для поперечных сечений с решетками открываются кнопки выбора типа решетки и поля для ввода их параметров (рис. 6.5.3-4, а). В соответствии с рекомендациями п. 5.9.2.2 ENV 1993-1-1 [24], параллельные решетки одинаково ориентированы. Для сечения из четырех уголков с помощью соответствующих кнопок необходимо указать взаимное расположение решеток в соседних гранях (рис. 6.5.3-4, б).

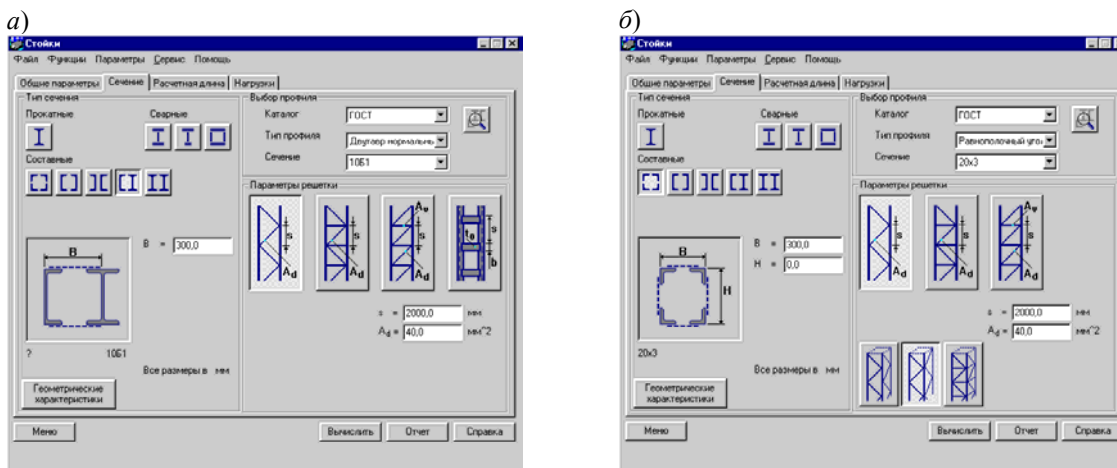


Рис. 6.5.3-4. Ввод данных о решетках

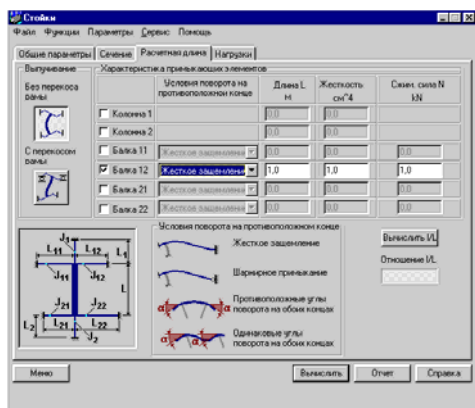


Рис. 6.5.3-5. Страница Расчетная длина

На странице **Расчетная длина** (рис. 6.5.3-5) задается конфигурация части рамы, где расположена колонна, и вводятся необходимые параметры для вычисления расчетных длин. Эти длины определяются для фрагмента рамной системы, расположенной в силовой плоскости, заданной на странице **Общие параметры**. Расчет выполняется в соответствии с указаниями Annex E ENV 1993-1-1 [24] и требует задания информации о характеристиках элементов, окружающих колонну.

Если нажать кнопку **Вычислить**, то в соответствующее окно выводится значение l/L . Предполагается, что закрепление колонны в другой плоскости определяет значение $l/L = 1$.

Если на странице **Общие параметры** выбран способ задания расчетной длины **Простые стойки**, то появляется страница **Расчетные длины**, аналогичная описанной в разделе 5.5.3 (рис. 5.5.3-2).

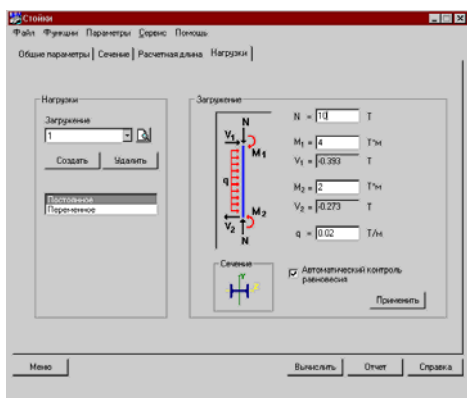


Рис. 6.5.3-6. Страница Нагрузки

Страница **Нагрузки** (рис. 6.5.3-6) аналогична странице, описанной в разделе 5.7.4.

По нажатии кнопки  есть возможность получить эпюры усилий.

Следует обратить внимание на то, что, в отличие от режима **Сопротивление сечений**, продольная сила всегда считается сжимающей, и задание ее знака лишено смысла.

6.5.4 СВЯЗИ

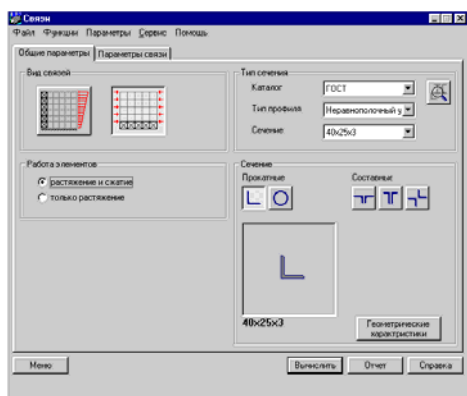


Рис. 6.5.4-1. Страница Связи

Этот режим выполняет проверку системы связей на действие ветровых нагрузок, передаваемых на эту систему, а также на действие эквивалентных сил. С помощью этих сил учитывается возможное несовершенство раскрепляемой конструкции в соответствии с указаниями пп. 5.2.4.3 и 5.2.4.4 ENV 1993-1-1 [24].

Окно включает страницы **Общие параметры** и **Параметры связи**.

На странице **Общие параметры** (рис. 6.5.4-1) с помощью кнопок группы **Вид связи** выбирается один из двух основных случаев расположения ветровых связей. Это вертикальные связи, раскрепляющие конструкции многоэтажной рамы, или горизонтальные связи по покрытию здания. Каждая из этих конструкций может быть представлена одной из следующих расчетных моделей:

- сжато-растянутая модель, в которой должна быть обеспечена работа элементов связей как на сжатие так и на растяжение;
- растянутая модель, в которой гибкий сжатый элемент выключается из работы вследствие потери устойчивости.

Выбор модели осуществляется с помощью маркеров в группе **Работа элементов**. Поперечное сечение выбирается из базы профилей проката или из пользовательской базы данных.

Поперечное сечение элементов связей может быть из прокатных профилей или сварное и назначается с помощью элементов управления группы **Сечение**.

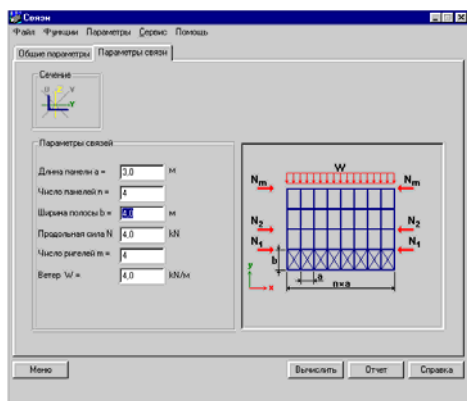


Рис. 6.5.4-2, а. Страница **Параметры связи** при выборе связей по покрытию

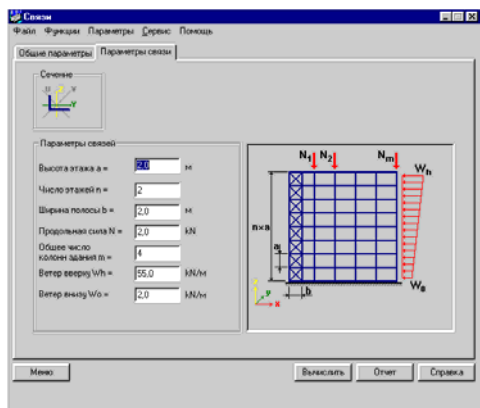


Рис. 6.5.4-2, б. Страница **Параметры связи:** при выборе вертикальных связей

Страница **Параметры связи** (рис. 6.5.4-2) служит для ввода информации о параметрах конструктивной схемы и нагрузках, передаваемых на связевую систему.

Для горизонтальных связей (рис. 6.5.4-2, а) осевая сила N определяется как усилие в верхнем поясе раскрепляемых ферм покрытия. Если раскрепляются от потери устойчивости балки покрытия, то в соответствии с п. 5.2.4.4 (3) ENV 1993-1-1 [24] сила N определяется через значение наибольшего изгибающего момента. Предполагается, что сила N одинакова для всех ригелей.

Для вертикальных связей (рис. 6.5.4-2, б) сила N есть нагрузка, передаваемая на колонну в пределах этажа. Предполагается, что она одинакова для всех колонн и всех этажей.

После нажатия кнопки **Вычислить** в соответствующее поле выводится значение коэффициента K_{max} и наименование фактора, его определившего.

6.5.5 Соединения ригеля с колонной

В этом режиме (рис. 6.5.5-1) выполняется проверка несущей способности узловых соединений балок с колоннами. Все проверки реализованы в соответствии с Revised annex J: Joints in building frames [25], дополняющим указания ENV 1993-1-1 [24].

Окно включает три страницы: **Общие параметры**, **Параметры соединения**, **Нагрузки**.

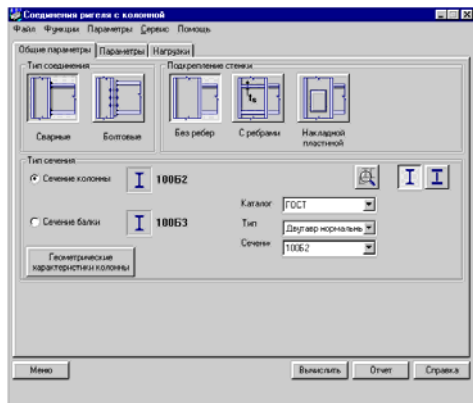


Рис. 6.5.5-1. Страница **Общие параметры** режима **Соединение ригеля с колонной**

На странице **Общие параметры** (рис. 6.5.5-1) выбирается конструктивное решение соединения. В группе **Тип соединения** назначается тип стыка балки с колонной (сварной или болтовой). В группе **Подкрепление стенки** определяются детали элементов жесткости (без них, с ребрами жесткости или с усиливающей пластиной).

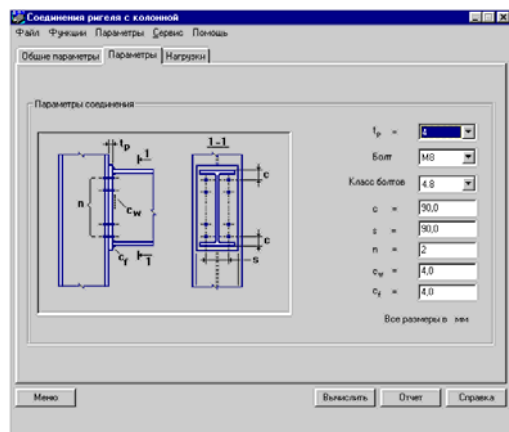


Рис. 6.5.5-2. Страница **Параметры** (соединения)

Здесь же располагается группа выбора поперечного сечения. К этой группе необходимо обратиться дважды: первый раз — для назначения сечения балки, второй раз — для назначения сечения колонны (вариант выбора определяется активным маркером).

На странице **Параметры** (соединения) (рис. 6.5.5-2) задаются данные о размерах отдельных деталей выбранного узла.

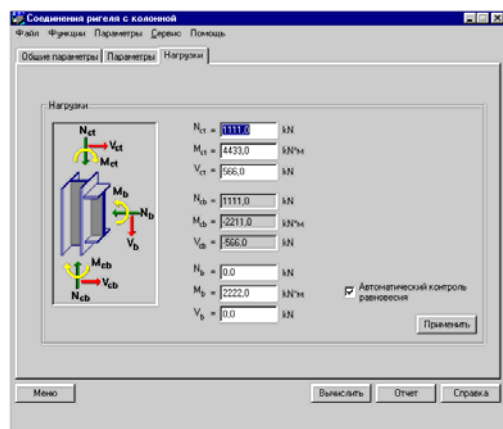


Рис. 6.5.5-3. Страница **Нагрузки**

На странице **Нагрузки** (рис. 6.5.5-3) задаются действующие на узел усилия. Их положительные направления представлены на схеме. Усилия должны быть уравновешены. Об отсутствии равновесия выдается специальное сообщение.

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.

После ввода нагрузок следует нажать кнопку **Применить**.

Список проверок, выполняемых в этом режиме, представлен в таблице 6.5.5-1. Там же указаны и пункты ENV 1993-1-1 [24], в соответствии с которыми эти проверки реализованы (полный перечень результатов этих проверок приводится в отчетном документе).

Таблица 6.5.5-1. Список проверок соединения ригеля с колонной по ENV 1993-1-1

| Фактор | Ссылка на Eurocode 3 |
|--|----------------------|
| прочность зоны растяжения узла от действия N_b и M_b | [J.3.2] |
| прочность сжатой зоны узла от действия N_b и M_b | [J.3.5.4], [J.3.5.3] |
| прочность болтов на срез | [6.5.5] |
| смятие болта | [6.5.5] |
| прочность угловых швов | Annex M |
| прочность стенки колонны на срез | [J.3.5.2] |
| прочность полки и стенки ригеля по сжатию | [J.3.5.4] |
| прочность стенки колонны по сжатию | [J.3.5.3] |
| устойчивость стенки колонны | [J.3.5.3 (7)] |

6.5.6 Соединения балок

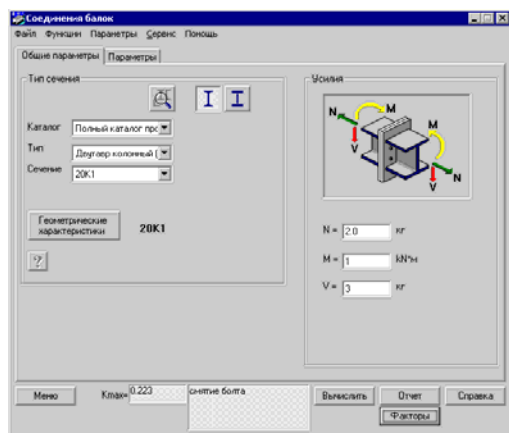


Рис. 6.5.6-1. Страница Общие параметры

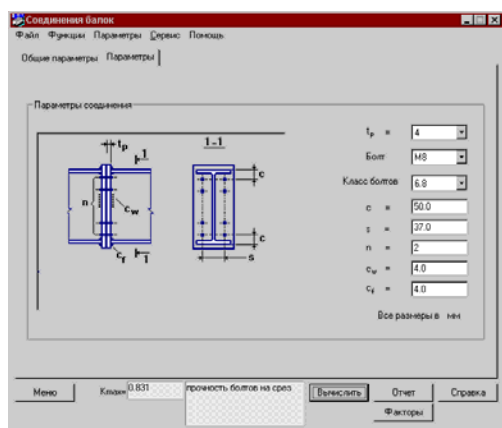


Рис. 6.5.6-2. Страница Параметры

Режим реализует фланцевые соединения балок двутаврового сечения и включает две страницы — **Общие параметры** и **Параметры**.

Сечение балок может быть задано в виде сварного или прокатного двутавра. Выбор профиля из сортамента и задание размеров сварного соединения выполняется аналогично ранее описанным режимам.

На странице **Общие параметры** (рис. 6.5.6-1) задаются нагрузки, действующие на стык (положительное направление нагрузок приведено на схеме).

Параметры соединения вводятся на странице **Параметры** (рис. 6.5.6-2).

После нажатия кнопки **Вычислить** в поле K_{max} выводится значение коэффициента. Одновременно в поле **Критический фактор** появляется сообщение о типе проверки, при котором этот максимум реализовался. Кроме того, можно получить диаграмму со значениями коэффициентов использования и по другим факторам (кнопка **Факторы**).

6.6 Допущения и волевые решения в трактовке Eurocode 3

В этом разделе описываются некоторые допущения, принятые разработчиками программы с целью получения решений для тех случаев, которые напрямую не представлены в Eurocode 3. Такого рода допущения, вообще говоря, относятся к трактовке нормативного документа и обычно принимаются инженером-проектировщиком при практической работе. Однако, имея в виду определенную «закрытость внутренней кухни» программного продукта, разработчики посчитали необходимым представить их в явной форме.

6.6.1 Определение критического момента

Вопросу определения критического момента посвящено специальное приложение F к ENV 1993-1-1 [24]. В нем для балок со сплошным поперечным сечением приводится формула для определения упругого критического момента, вызывающего изгибно-крутильное выпучивание

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{(kL)^2} \left\{ \left[\left(\frac{k}{k_w} \right)^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(kL)^2 GI_t}{\pi^2 EI_z} + (C_2 z_g - C_3 z_j)^2 \right]^{1/2} - (C_2 z_g - C_3 z_j) \right\},$$

где C_1 , C_2 и C_3 — коэффициенты, значения которых зависят от вида загрузки и условий опирания балки. Они представлены в таблицах F.1.1 и F.1.2 для шести базовых случаев, определяемых видом эпюры моментов.

При коэффициенте свободной длины $k = 1,0$ и прямолинейной эпюре моментов с концевыми значениями M и ψM указанное приложение, кроме табличных значений C_1 , дает формулу

$$C_1 = 1,88 - 1,40\psi + 0,52\psi^2.$$

Для других значений k и других коэффициентов аналогичные формулы получены нами как аппроксимация, минимизирующая в классе полиномов третьего порядка среднеквадратичное отклонение от табличных значений. Вычисления проводились с помощью MS Excel и дали следующий результат:

| k | C_1 | C_3 |
|-----|---|---|
| 1,0 | $0,6674\psi^3 - 0,0279\psi^2 - 1,5486\psi + 1,9639$ | $0,2354\psi^3 - 0,4454\psi^2 + 0,2697\psi + 0,9415$ |
| 0,7 | $0,6569\psi^3 - 0,0856\psi^2 - 1,6902\psi + 2,1959$ | $0,0247\psi^3 - 0,9187\psi^2 + 0,556\psi + 1,5173$ |
| 0,5 | $0,6535\psi^3 - 0,1015\psi^2 - 1,7289\psi + 2,2596$ | $-0,325\psi^3 - 1,5745\psi^2 + 0,9492\psi + 2,2586$ |

Качество приближения видно из следующих графиков на рисунках 6.6.1-1 — 6.6.1-4.

Следует отметить, что это еще не решает проблему, поскольку неясно, как следует поступать в случаях, когда коэффициент k имеет другое значение, и в случаях, когда эпюра моментов отлична от представленного в ENV 1993-1-1 [24] варианта.

Первая проблема решается путем интерполяции между решениями для случая $k = 0,5$ и случая $k = 1,0$.

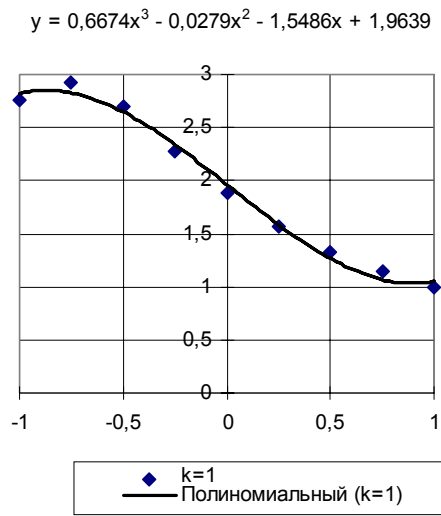


Рис. 6.6.1-1

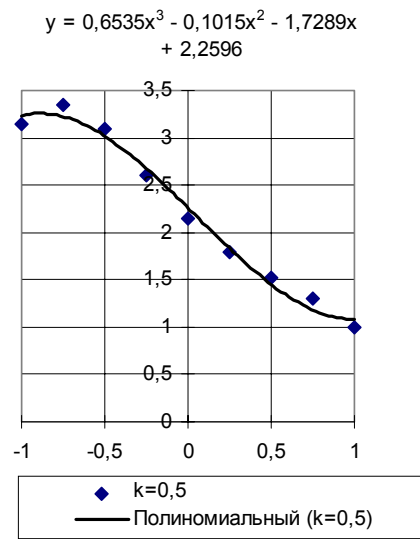


Рис. 6.6.1-2

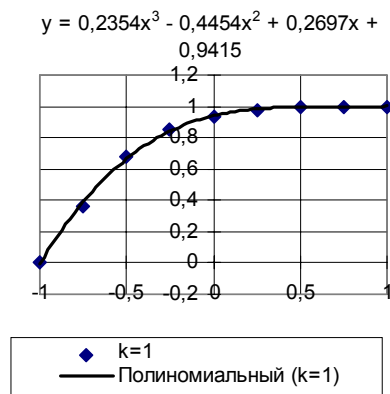


Рис 6.6.1-3

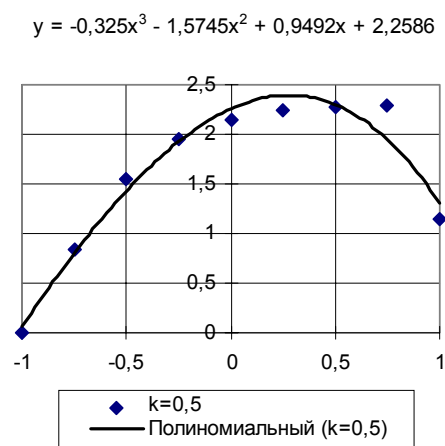
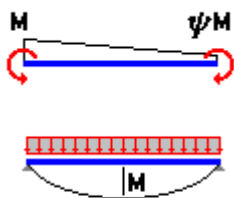


Рис. 6.6.1-4

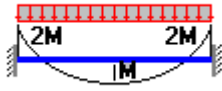
Вторая проблема решается путем разложения фактической эпюры моментов по системе базисных эпюр, решения для которых дает приложение F.



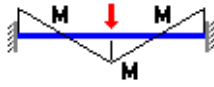
$$M_1(x) = M_1 f_1(x) = M_1(1 - x / L)$$

$$M_2(x) = M_2 f_2(x) = M_2 x / L$$

$$M_3(x) = M_3 f_3(x) = M_3 4x(L - x) / L^2$$

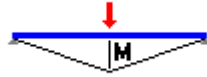


$$M_4(x) = M_4 f_4(x) = M_4 [-2 + 12x(L-x)/L^2]$$



$$M_5(x) = M_5 f_5(x) = M_5 (-1 + 4x/L) \quad \text{при } (x < L/2)$$

$$M_5 f_5(x) = M_5 (3 - 4x/L) \quad \text{при } (x > L/2)$$



$$M_6(x) = M_6 f_6(x) = M_6 2x/L \quad \text{при } (x < L/2)$$

$$= M_6 f_6(x) = M_6 2(1-x/L) \quad \text{при } (x > L/2)$$



$$M_7(x) = M_7 f_7(x) = M_7 4x/L \quad \text{при } (x < L/4)$$

$$= M_7 f_7(x) = M_7 \quad \text{при } (L/4 < x < 3L/4)$$

$$= M_7 f_7(x) = M_7 (4 - 4x/L) \quad \text{при } (x > 3L/4)$$

Разложение по этой системе функций реализуется путем подбора коэффициентов X_i , с помощью которых минимизируется функционал средневзвешенного отклонения заданной эпюры $M(x)$ от взвешенной суммы базисных эпюр

$$D = \int_0^L \left[M(x) - \sum_{i=1}^7 X_i f_i(x) \right]^2 dx.$$

Определение средневзвешенных значений коэффициентов:

$$\psi = X_1 / X_2;$$

$$\begin{cases} C_1 = X_1 (1,9639 - 1,548\psi - 0,0279\psi^2 + 0,6674\psi^3) \\ C_2 = 0; \\ C_3 = X_1 (0,9415 + 0,2697\psi - 0,4454\psi^2 + 0,2354\psi^3) \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_1 = C_1 + 1,132 X_3; \\ C_2 = C_2 + 0,459 X_3; \\ C_3 = C_3 + 0,525 X_3; \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_1 = C_1 + 1,285 X_4; \\ C_2 = C_2 + 1,562 X_4; \\ C_3 = C_3 + 0,753 X_4; \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_1 = C_1 + 1,365 X_5; \\ C_2 = C_2 + 0,553 X_5; \\ C_3 = C_3 + 1,730 X_5; \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_1 = C_1 + 1,565 X_6; \\ C_2 = C_2 + 1,267 X_6; \\ C_3 = C_3 + 2,640 X_6; \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_1 = C_1 + 1,046 X_7; \\ C_2 = C_2 + 0,430 X_7; \\ C_3 = C_3 + 1,120 X_7; \end{cases}$$

7. Программа АРБАТ

Программа **АРБАТ** предназначена для проверки несущей способности или подбора арматуры в элементах железобетонных конструкций, для вычисления прогибов в железобетонных балках, для проверки местной прочности элементов железобетонных конструкций (включая закладные детали) согласно требованиям СНиП 2.03.01-84* Бетонные и железобетонные конструкции [19]. Расчет выполняется с учетом предельных состояний первой и второй группы (прочность и трещиностойкость) для расчетных сочетаний усилий (РСУ), выбираемых автоматически в зависимости от заданных расчетных нагрузок в соответствии с требованиями СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия [17] и СНиП 2.03.01-84* [19].

Подбор и проверки выполняются для балок, колонн и плит из тяжелого, мелкозернистого и легкого бетонов с применением арматурной стали классов А-I, А-II, А-III, А-IV, А-V и А-VI, а также арматурной проволоки класса ВР-I и арматуры классов А400С, А500С.

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

7.1 Главное окно

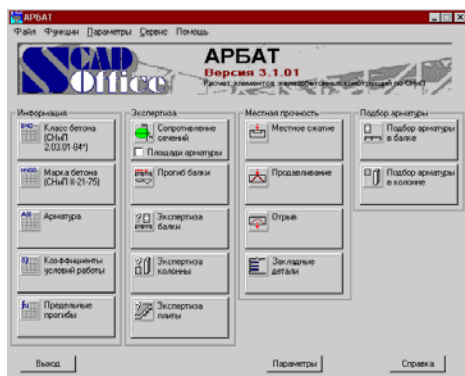


Рис. 7.1-1. Главное окно

При обращении к программе первым на экране монитора появляется главное окно (рис. 7.1-1), с помощью которого выполняется выбор режима работы. Каждый из предусмотренных режимов вызывается нажатием соответствующей кнопки.

Все режимы работы можно условно разделить на четыре группы:

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

Справочные режимы представлены следующим набором:

- **Класс бетона (СНиП 2.03.01-84*)**, где предоставлена возможность просмотра значений нормативного и расчетного сопротивления бетонов различного класса по предельным состояниям первой и второй группы по СНиП 2.03.01-84* [19].
- **Марка бетона (СНиП II-21-75)**, где представлена информация, аналогичная предыдущему режиму, но по маркам бетона в соответствии со СНиП II-21-75 [31].
- **Арматура**, где представлены данные о сортаменте, нормативном и расчетном сопротивлении арматуры различного класса.
- **Коэффициенты условий работы**, где приводится соответствующая информация из таблиц СНиП 2.03.01-84* [19].
- **Предельные прогибы**, где приводятся данные о значениях предельных прогибов из таблицы 19 СНиП 2.01.07-85* [17].

Проверочные режимы включают:

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

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

- **Местное сжатие** — проверка несущей способности элементов конструкций на местное сжатие.
- **Продавливание** — проверка несущей способности плитных конструкций на продавливание.
- **Отрыв** — проверка несущей способности мест сопряжений конструкций на отрыв.
- **Закладные детали** — проверка несущей способности закладных деталей.

В группу **Подбор арматуры** включены:

- **Подбор арматуры в балке;**
- **Подбор арматуры в колонне.**

7.2 Параметры

Многостраничное окно **Параметры**, помимо общих параметров настройки, описанных в разделе 3.2, содержит страницу **Армирование**, на которой выбираются нормы проектирования, используемые при экспертизе и подборе арматуры. В данной версии допускается выбор СНиП 2.03.01-84* [19] или этого же нормативного документа с учетом изменений для применения на территории Украины.

Кроме того, здесь задается максимально допустимый процент армирования (эта величина используется в режимах подбора арматуры). Если при подборе процент армирования превышает заданную величину, то считается, что арматуру подобрать не удалось.

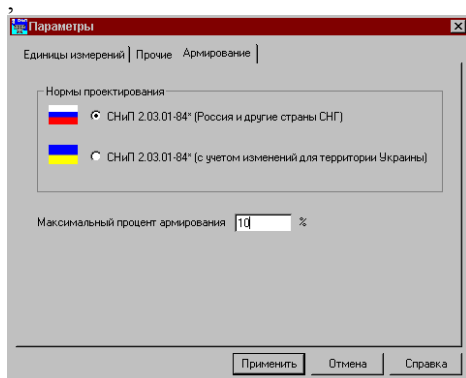


Рис. 7.2-1. Страница **Армирование** диалогового окна **Параметры**

7.3 Справочные режимы

7.3.1 Класс бетона

| Вид сопротивления | Бетон | B1 | B1.5 | B2 | B2.5 | B3.5 |
|---|------------------------------|------|------|-----|------|------|
| Сжатие осевое (прочность) R_{b1} и R_{b2} | Тяжелый и мелкозернистый | | | | | 2.7 |
| | Легкий | | | | 1.9 | 2.7 |
| Расстояние осевое R_{b1} и R_{b2} | Тяжелый | 0.95 | 1.4 | 1.9 | 2.4 | 3.3 |
| | Легкий | | | | | |
| Расстояние осевое R_{b1} и R_{b2} | Мелкозернистый группа А | | | | | 0.29 |
| | Мелкозернистый группа Б | | | | | 0.26 |
| | Легкий при средней плотности | | | | 0.29 | 0.29 |
| | Легкий при малой пористости | | | | 0.29 | 0.29 |

Рис. 7.3.1-2. Окно режима Класс бетона

Двухстраничное окно этого режима (рис. 7.3.1-2) включает данные, представленные в разделе 2 (таблицы 12 и 13) СНиП 2.03.01-84* [19]. По умолчанию значения нормативных и расчетных сопротивлений бетона приводится в МПа. Если активизировать маркер **Использовать установленные единицы измерений**, то информация в таблицах будет пересчитана в единицы, заданные на странице **Единицы измерений** диалогового окна **Параметры**.

7.3.2 Марка бетона

| Вид сопротивления | Бетон | M15 | M25 | M35 | M50 | M75 | M100 |
|---|------------------------------|-----|------|------|------|------|------|
| Сжатие осевое (прочность) R_{b1} и R_{b2} | Тяжелый | - | - | - | 30.0 | 45.0 | 60.0 |
| | Напорный заполнитель | | 15.0 | 21.0 | 30.0 | 45.0 | 60.0 |
| Расстояние осевое R_{b1} и R_{b2} | Тяжелый | | | | 4.2 | 5.8 | 7.2 |
| | Легкий при средней плотности | | 2.3 | 3.1 | 4.2 | 5.8 | 7.2 |
| Легкий при малой пористости | Легкий при малой пористости | | 2.3 | 3.1 | 4.2 | 5.8 | 7.2 |
| | Легкий при малой пористости | 1.4 | 2.3 | 3.1 | 4.2 | 5.7 | 7.2 |
| Легкий при малой пористости | Легкий при малой пористости | 1.2 | 2.1 | 2.8 | 3.9 | 5.1 | 6.6 |
| | Легкий при малой пористости | | | | | | |

Рис. 7.3.2-1. Окно режима Марка бетона

В этом режиме (рис. 7.3.2-1) можно получить информацию о расчетных и нормативных сопротивлениях бетона различных марок в соответствии со СНиП II-21-75 [31]. Кроме того, здесь содержится информация о соотношении марок и классов бетона в соответствии с ГОСТ 26638-85.

7.3.3 Арматура

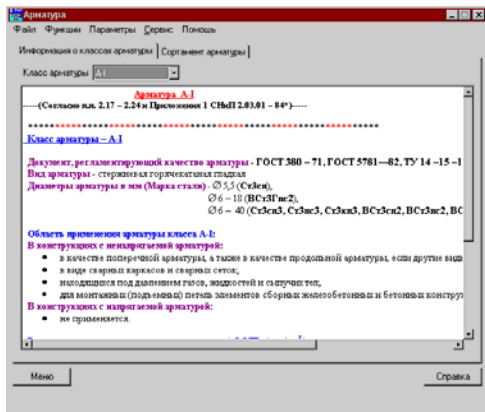


Рис. 7.3.3-1. Окно режима Арматура

В этом режиме представлены данные о классах арматуры, а также информация о сортаменте арматуры, включающая расчетную площадь поперечного сечения при различном количестве стержней, теоретическую массу одного погонного метра и диаметры арматуры различного класса.

7.3.4 Коэффициенты условий работы

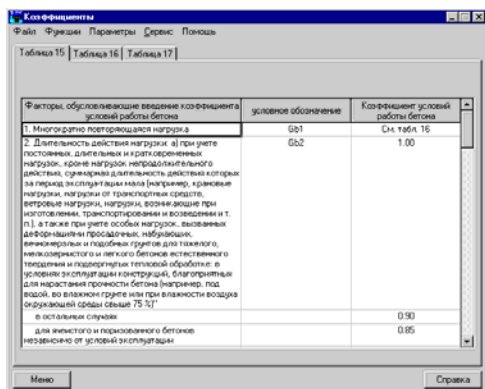


Рис. 7.3.4-1. Окно режима Коэффициенты условий работы

Этот режим (рис. 7.3.4-1) позволяет получить информацию о коэффициентах условий работы, приведенную в таблицах 15, 16 и 17 СНиП 2.03.01-84* [19].

7.3.5 Предельные прогибы

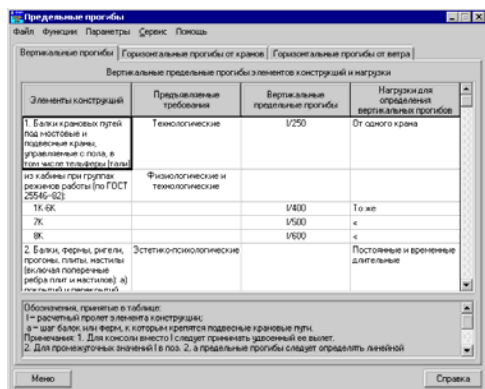


Рис. 7.3.5-1. Окно режима
Предельные прогибы

Этот режим (рис. 7.3.5-1) позволяет получить информацию о значениях предельных вертикальных прогибов, а также предельных горизонтальных прогибов от кранов и ветра, приведенную в таблицах 19, 21 и 22 СНиП 2.01.07-85 [17].

7.4 Экспертиза

Экспертные режимы производят проверку сечений элементов железобетонных конструкций на соответствие требованиям СНиП 2.03.01-84* [19] по следующим факторам²:

- прочность по предельному моменту сечения — пп. 3.15–3.20, 3.27–3.28;
- прочность по предельной продольной силе сечения — п. 3.26;
- продольная сила при учете прогиба при гибкости $L_0 / I > 14$ — пп. 3.24, 3.6 СНиП, п. 3.54 Пособия к СНиП 2.03.01-84* [11];
- прочность по предельной продольной силе с учетом арматуры по высоте сечения — п. 3.64 Пособия к СНиП 2.03.01-84* [11];
- момент, воспринимаемый сечением, при образовании трещин — п. 4.5;
- ширина раскрытия трещин (кратковременная) — пп. 4.14, 4.15;
- ширина раскрытия трещин (длительная) — пп. 4.14, 4.15;
- ширина раскрытия наклонных трещин (кратковременная) — п. 4.17;
- ширина раскрытия наклонных трещин (длительная) — п. 4.17;
- напряжения в поперечной арматуре — п. 4.17;
- прочность по наклонной полосе между наклонными трещинами — п. 3.30;
- прочность по наклонным сечениям без поперечной арматуры — п. 3.32;
- прочность по наклонной трещине — п. 3.31 СНиП, п. 3.31 Пособия к СНиП 2.03.01-84* [11]³.

² Расчет на действие крутящего момента производится по формулам, предложенным Мёршем и Раушем (см. [35]).

³ Программа использует данный пункт Пособия вместо пункта 3.31 СНиП, поскольку рекомендации Пособия дают более точные результаты.

7.4.1 Сопrotивление сечений

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

В общем случае расчеты выполняются на действие продольной силы, изгибающих моментов, крутящего момента и поперечных сил, действующих в главных плоскостях инерции. Сечение стержня проверяется по следующим факторам:

- прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов;
- прочность при совместном действии продольной и поперечных сил;
- трещиностойкость при совместном действии продольной силы и изгибающего момента;
- трещиностойкость при совместном действии продольной и поперечной сил.

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

Общие параметры

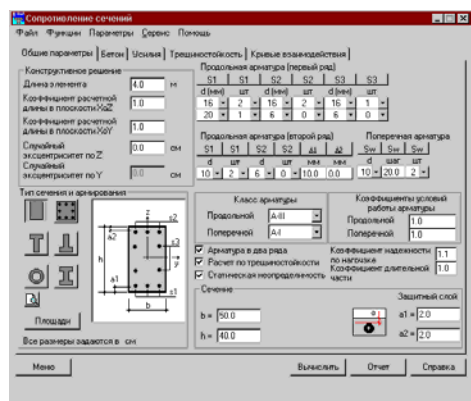


Рис. 7.4.1-1. Страница **Общие параметры** (маркер **Площади арматуры** неактивен)

Вид страницы **Общие параметры** зависит от состояния маркера **Площади арматуры** на кнопке **Сопrotивление сечений** главного окна. Если этот маркер не активен, то в качестве исходных данных используется информация о расположении арматурных стержней, и на странице **Общие параметры** (рис. 7.4.1-1) задаются:

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

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

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

Сечение выбирается нажатием кнопки с его изображением, после чего в соответствующие поля вводятся размеры

сечения и величины **защитного слоя** (значения a_1 и a_2).

Коэффициенты расчетной длины задаются в соответствии с п. 3.25 СНиП 2.03.01-84* [19].

Если величина случайного эксцентриситета задана равной нулю, то при расчете будет использоваться значение, вычисленное в соответствии с п. 1.21 СНиП 2.03.01-84* [19]. Если задан ненулевой случайный эксцентриситет, то будет использован максимум из значений: 1 см и заданного значения (согласно п. 3.50 Пособия к СНиП 2.03.01-84* [11]).

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

Таблица **Продольная арматура (первый ряд)** включает две строки. В первой строке приводится информация о диаметрах и количестве стержней нижней, верхней и боковой продольной арматуры, установленной в первом ряду. Вторая строка в таблице заполняется только в тех случаях, когда в первом ряду нижней (S1), верхней (S2) и/или боковой (S3) арматуры установлены стержни разного диаметра (в программе предусмотрено, что в первом ряду можно разместить арматурные стержни двух диаметров).


Если активен маркер **Арматура в два ряда**, то появляется таблица **Продольная арматура (второй ряд)**. В ней задаются диаметр и количество стержней нижней и верхней продольной арматуры, установленной во втором ряду, а также расстояние в свету между первым и вторым рядами нижней (Δ_1) и верхней (Δ_2) арматуры.

Данные о поперечной арматуре вводятся в таблице

Поперечная арматура.

При заполнении таблиц действуют следующие правила интерпретации введенных данных:

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

Контроль формы и положение арматуры в сечении выполняется в окне **Сечение** (рис. 7.4.1-2), которое появляется после нажатия кнопки . Воспользовавшись кнопкой **Площадь**, можно получить таблицу со значениями площадей заданной дискретной арматуры (рис. 7.4.1-3).

Для прямоугольных сечений предусмотрена возможность задания «равномерного» армирования, при котором вдоль каждой грани сечения размещается одинаковое количество арматурных стержней одного диаметра и которое очень часто используется при армировании колонн. Для задания количества и диаметра стержней используется диалоговое окно **Прямоугольное сечение** (рис. 7.4.1-4), которое появляется, если нажать кнопку . После выхода из

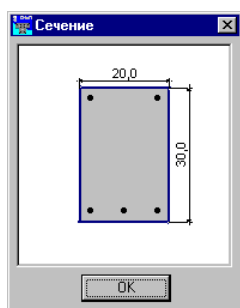


Рис. 7.4.1-2. Окно Сечение

| AS1 | AS2 | AS3 | ASw1 |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| см ² | см ² | см ² | см ² |
| 12.535 | 13.697 | 0.0 | 0.0 |

Рис. 7.4.1-3. Площади арматуры

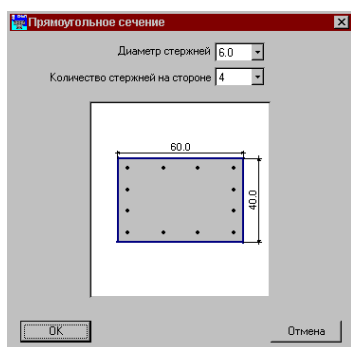


Рис. 7.4.1-4. Диалоговое окно Прямоугольное сечение

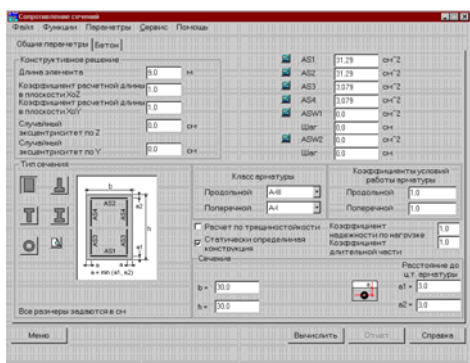


Рис. 7.4.1-5. Страница **Общие параметры** (маркер **Площади арматуры** активен)

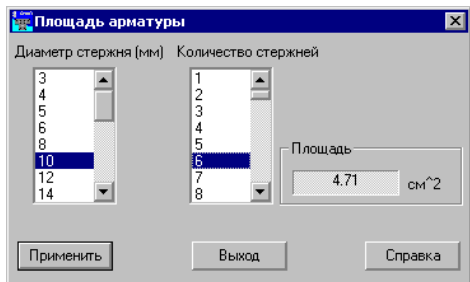



Рис. 7.4.1-6. Окно калькулятора **Площадь арматуры**

этого окна выполняется автоматическое заполнение таблицы **Продольная арматура (первый ряд)**. Если количество стержней больше двух, то заполняются обе строки таблицы. При этом в первую строку попадают по два стержня арматуры S1 и S2, которые являются угловыми, а также все стержни арматуры S3. Во второй строке дается информация о промежуточных стержнях арматуры S1 и S2. Такое размещение информации в таблицах позволяет легко изменить диаметр угловых стержней.

Если маркер **Площади арматуры**, установленный на кнопке **Сопротивление сечений** в главном окне активен, то в качестве исходных данных задаются площади продольной и поперечной арматуры (страница **Общие параметры** имеет вид, показанный на рисунке 7.4.1-5). Кроме того, в данном режиме задаются не величины защитного слоя арматуры, а **расстояния до центров тяжести** арматурных стержней.

Для вычисления площади дискретной арматуры можно воспользоваться калькулятором **Площадь арматуры** (рис. 7.4.1-6). Вызов калькулятора выполняется нажатием кнопки , расположенных слева от соответствующих полей ввода.

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

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

На рисунках 7.4.1-7 и 7.4.1-9 приведено принятое в программе размещение продольной и поперечной арматуры в сечениях различного вида.

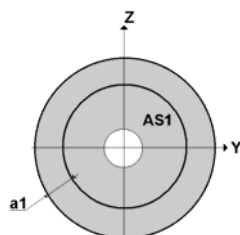
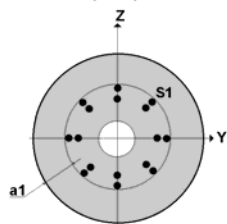
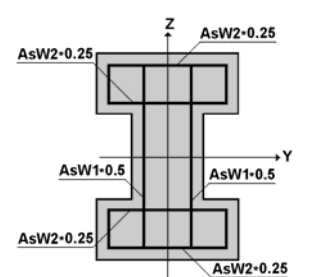
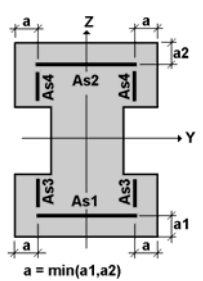
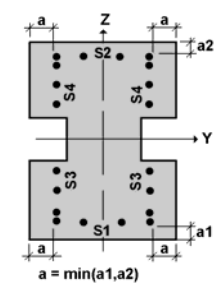
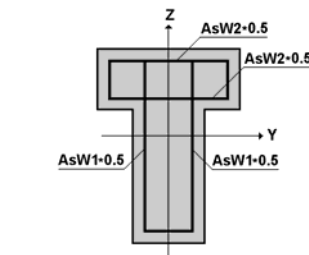
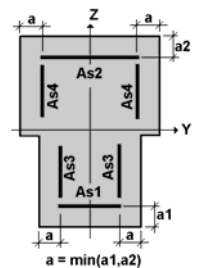
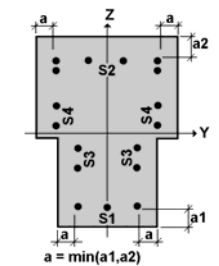
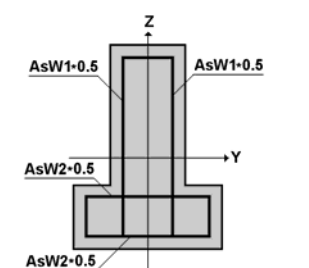
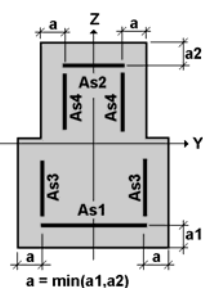
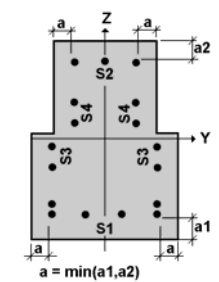
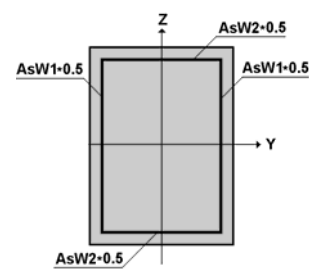
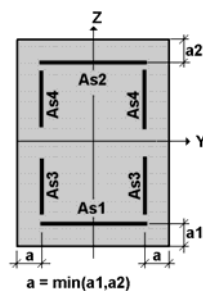
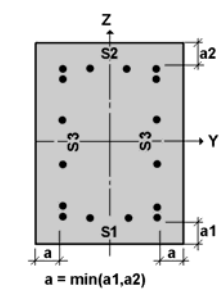
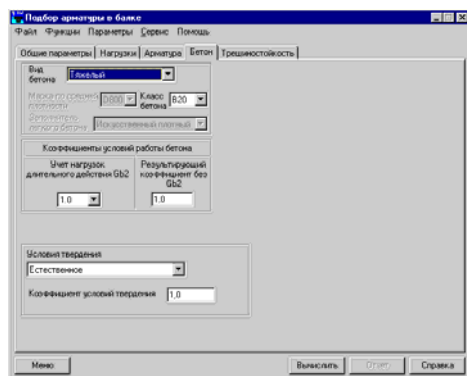


Рис. 7.4.1-7. Размещение продольной дискретной арматуры

Рис. 7.4.1-8. Размещение «площадей» продольной арматуры

Рис. 7.4.1-9. Размещение поперечной арматуры

БетонРис. 7.4.1-10. Страница **Бетон**

При подготовке данных на странице **Бетон** (рис. 7.4.1-10) задается следующая информация: вид бетона, класс бетона, коэффициенты условий работы бетона, условия твердения и коэффициент условий твердения.

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

Коэффициент условий работы бетона $\gamma_{\beta 2}$ (G_{b2}), учитывает длительность действия нагрузки. Величина коэффициента задается равной 1 или 0,9 (поз. 2 а таблицы 15 СНиП 2.03.01-84* [19]) и по умолчанию принимается равной единице. В тех случаях, когда по условиям расчета необходимо принять другое значение для этого коэффициента, следует вносить соответствующие корректировки в коэффициент γ_{β} .

Коэффициент условий работы бетона γ_{β} представляет собой произведение всех коэффициентов условий работы бетона из таблицы 15 СНиП 2.03.01-84* [19] за исключением $\gamma_{\beta 2}$. По умолчанию он принимается равным единице.

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

Усилия

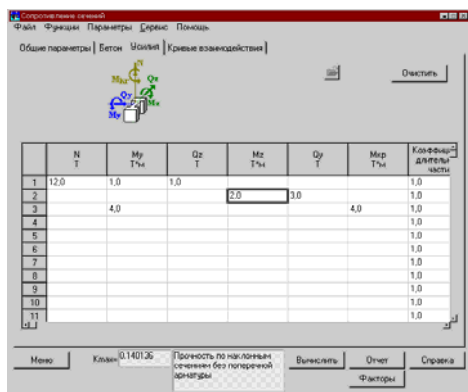



Рис. 7.4.1-11. Страница Усилия

На странице **Усилия** (рис. 7.4.1-11) расположена таблица, в которую могут быть записаны как расчетные сочетания усилий, так и усилия от отдельных загружений, 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 ограничений 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 прочесть, воспользовавшись кнопкой , расположенной в верхней части окна **Усилия**. Там же находится и кнопка **Очистить** для удаления данных из таблицы усилий.

Трещиностойкость

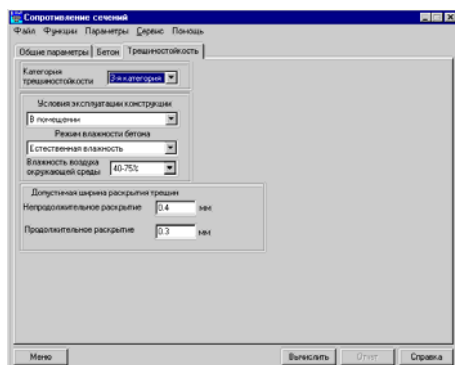


Рис. 7.4.1-12. Страница Трещиностойкость

Страница **Трещиностойкость** (рис. 7.4.1-12) доступна в тех случаях, когда на странице **Общие параметры** активна опция **Расчет по трещиностойкости**.

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

Если выбрана 3-я категория, то необходимо из соответствующих списков выбрать условия эксплуатации конструкции, режим влажности бетона и влажность воздуха окружающей среды, после чего назначить допустимую ширину кратковременного и длительного раскрытия трещин (по умолчанию принимаются значения, рекомендуемые СНиП 2.03.01-84* [19] из условий эксплуатации конструкции и параметров влажности).

Кривые взаимодействия

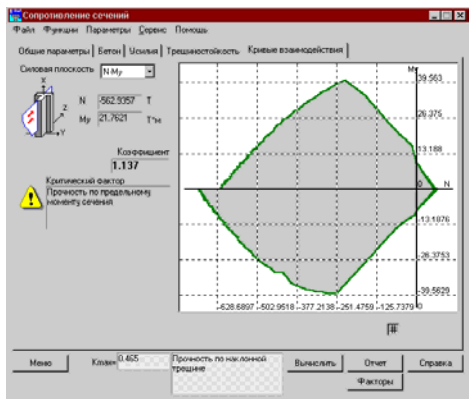


Рис. 7.4.1-13. Страница Кривые взаимодействия

Результаты расчета отображаются на странице **Кривые взаимодействия** (рис. 7.4.1-13) и представляются в виде кривой, ограничивающей область несущей способности сечения при действии на него выбранной пользователем пары усилий. Если производится расчет с учетом трещиностойкости, допустимы две пары усилий: $N-M_y$ (продольная сила и изгибающий момент) или $N-Q_z$ (продольная сила и поперечная сила). При этом результаты по последней паре будут отображаться только в том случае, когда в окне **Общие параметры** заданы диаметр и шаг поперечной арматуры.

В случае, когда расчет по трещиностойкости не заказан, пользователь может выбрать из выпадающего списка следующие пары усилий:

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

Кривые взаимодействия ограничивают область, внутри которой располагаются точки с допустимыми парами рассматриваемых усилий. Пара усилий считается допустимой, если коэффициент использования несущей способности сечения $K_{max} \leq 1$. При этом остальные усилия в сечении полагаются равными нулю.

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

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

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

7.4.2 Прогиб балки

В этом режиме вычисляются прогибы при изгибе многопролетной балки под действием заданной нагрузки. Расчет прогибов выполняется для прямоугольного, таврового и двутаврового сечений согласно требованиям п. 4.31 СНиП 2.03.01-84* [19]. Кривизна определяется с учетом трещин в растянутой зоне согласно п. 4.27 СНиП 2.03.01-84* [19]. Исходные данные готовятся на страницах **Общие параметры**, **Нагрузки**, **Бетон**, **Условия эксплуатации** и **Участки балки**, анализ результатов расчета выполняется на странице **Прогибы**, которая появляется после вычисления (кнопка **Вычислить**).

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

Общие параметры

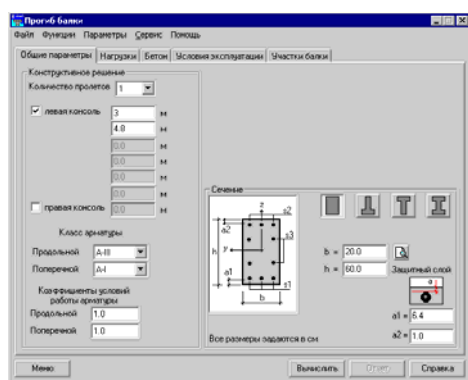



Рис. 7.4.2-1. Страница Общие параметры

На странице **Общие параметры** (рис. 7.4.2-1) назначаются количество и длины пролетов, класс и коэффициенты условий работы продольной и поперечной арматуры, вид сечения, вводятся размеры сечения и величины защитного слоя.

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

Выбор формы сечения выполняется нажатием кнопки с изображением сечения, после чего в соответствующие поля вводятся размеры сечения и величины **защитного слоя** (значения **a1** и **a2**).

Форму сечения можно проконтролировать в окне **Сечение** (рис. 7.4.2-2), которое появляется после нажатия кнопки . Единицы измерения назначаются в окне **Параметры**.

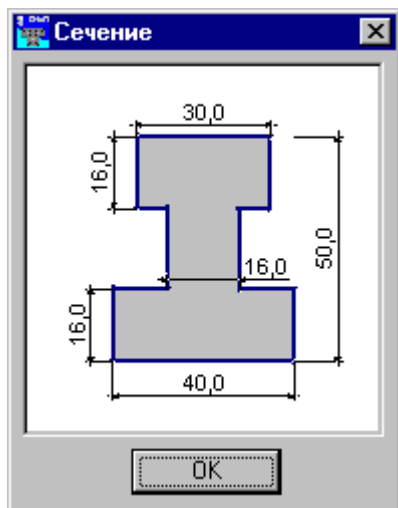


Рис. 7.4.2-2. Окно Сечение

Нагрузки

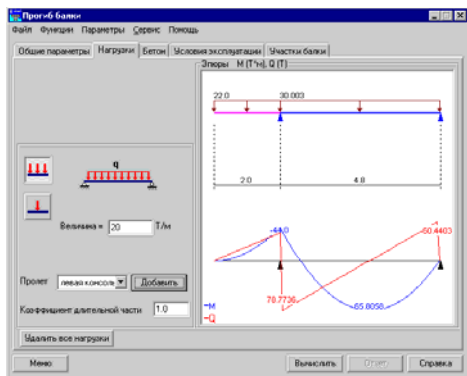


Рис. 7.4.2-3. Страница Нагрузки

Определение прогибов выполняется для одного нагружения, в состав которого могут входить сосредоточенные и распределенные нагрузки. Нагрузки вводятся на одноименной странице (рис. 7.4.2-3). Для ввода нагрузки следует выполнить следующие действия:

- ☞ нажатием соответствующей кнопки выбрать вид нагрузки;
- ☞ ввести значение величины нагрузки (для сосредоточенной нагрузки — и ее привязку в пролете);
- ☞ для кратковременных и снеговых нагружений следует задать коэффициент длительной части;
- ☞ выбрать из списка пролет или консоль приложения нагрузки (выбранный пролет отображается красным цветом);
- ☞ нажать кнопку **Добавить**.

Одновременно с вводом нагрузки в поле **Эпюры** отображаются эпюры изгибающих моментов и поперечных сил.

При переходе из режимов экспертизы и подбора арматуры в многопролетных балках в режим определения прогибов передаются все нагружения. В качестве нагрузки принимается их комбинация, которая задается в одноименном окне (рис. 7.4.2-4). По умолчанию все нагружения в комбинации, кроме первого, имеют коэффициент, равный нулю.

Чтобы удалить все нагрузки, используется одноименная кнопка.

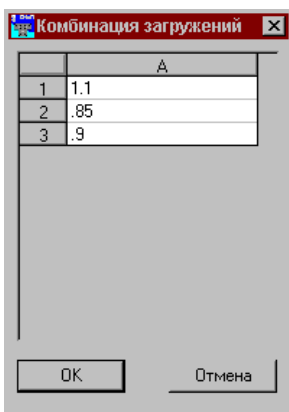


Рис. 7.4.2-4. Диалоговое окно Комбинация нагружений

Бетон

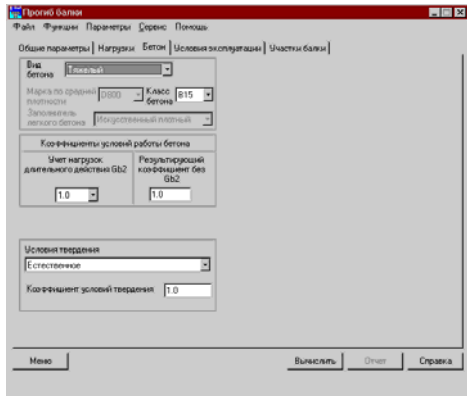


Рис. 7.4.2-5. Диалоговое окно Бетон

Характеристики бетона задаются на странице **Бетон** по тем же правилам, что и в режиме **Сопrotивление сечений** (см. раздел 7.4.1).

Условия эксплуатации

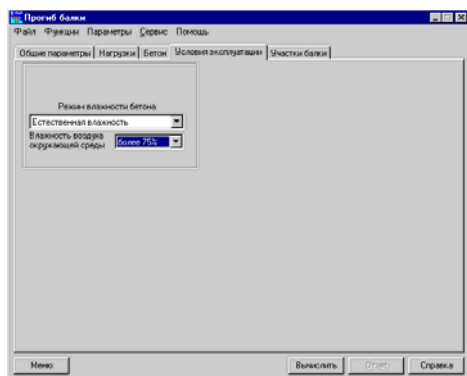


Рис. 7.4.2-6. Страница Условия эксплуатации

В качестве исходных данных на странице **Условия эксплуатации** (рис. 7.4.2-6) задается только режим влажности бетона. Все остальные параметры, необходимые для расчета, определяются автоматически в соответствии с требованиями СНиП 2.03.01-84* [19].

Участки балки

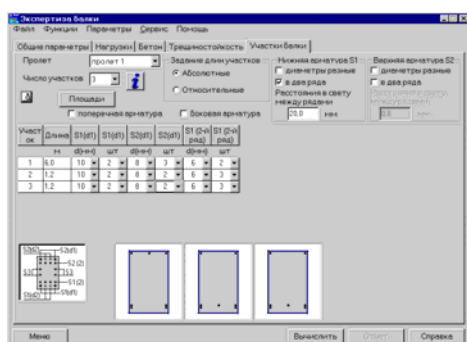


Рис. 7.4.2-7. Страница Участки балки

Для задания армирования балки каждый пролет или консоль разбивается на ряд участков (максимальное количество участков — 5). Считается, что в рамках одного участка армирование одинаковое. При этом каждому пролету или консоли можно назначить свое количество участков. Нумерация участков производится слева направо. Исходные данные по размещению арматуры на участках задаются на странице **Участки балки** (рис. 7.4.2-7). Информация вводится отдельно для каждого пролета (консоли). Окно включает следующие группы данных:

- **Пролет**, где для каждого пролета или консоли из выпадающего списка выбирается количество участков;
- **Задание длин участков**, где с помощью маркеров назначается способ задания длин:

Абсолютные — длины участков будут задаваться в единицах длины, (единицы измерения длин пролетов назначаются в окне **Параметры**);

Относительные — длины участков будут задаваться в процентах от длины пролета;

- **Нижняя арматура S1** — в этой группе с помощью маркеров можно выбрать:

Диаметры разные — наличие арматуры разного диаметра в одном ряду нижней арматуры;

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

- **Верхняя арматура S2** — аналогично нижней арматуре;
- маркер **Поперечная арматура** — включенный маркер указывает на наличие на участке поперечной арматуры;

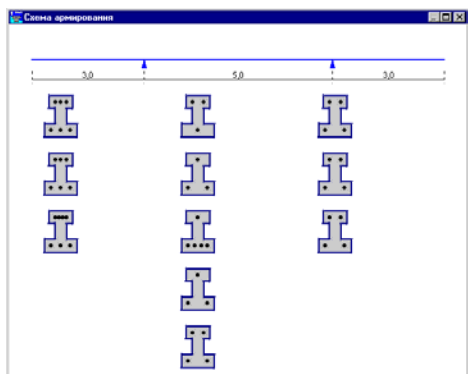




Рис. 7.4.2-8. Окно Схема армирования

- маркер **Боковая арматура** — включенный маркер указывает на наличие на участке боковой арматуры;
- таблица с параметрами арматуры, где для каждого пролета, выбранного из списка **Пролет**, заполняется таблица с характеристиками армирования. Количество столбцов таблицы зависит от настроек, заданных для текущего пролета, а количество строк — от числа участков, назначенных для этого пролета.

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

Контроль заданной схемы армирования балки выполняется в окне **Схема армирования** (рис. 7.4.2-8), которое появляется после нажатия кнопки . Справочная информация с примерами армирования балок может быть получена с помощью кнопки .

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

- ☞ из списка **Пролет** выбрать наименование пролета (консоли), для которого будут вводиться данные;
- ☞ в списке **Число участков** установить количество участков для выбранного пролета;
- ☞ в группе **Задание длин участков** отметить маркер с выбранным способом задания длины;
- ☞ в группах **Нижняя арматура S1** и **Верхняя арматура S2** активизировать маркеры, определяющие особенности армирования пролета (если арматура расположена в два ряда, то ввести расстояние между рядами);
- ☞ активизировать маркеры **Поперечная арматура** и/или **Боковая арматура**, если предполагается задание поперечной и/или боковой арматуры;
- ☞ заполнить таблицу, назначив длины пролетов, диаметр и количество арматурных стержней;
- ☞ повторить приведенные выше операции для других пролетов балки.

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

Информацию о площадях арматуры **AS1**, **AS2**, ... можно получить в окне **Площади арматуры** (см. рис. 7.4.2-9), которое появляется после нажатия кнопки **Площади**.

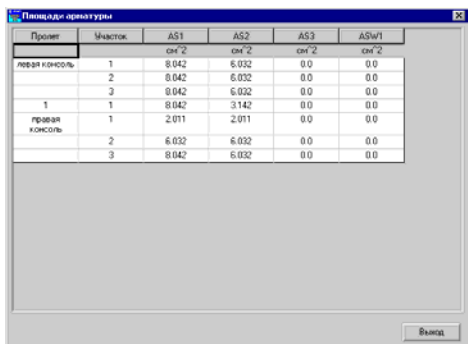


Рис. 7.4.2-9. Окно Площади арматуры

Прогибы

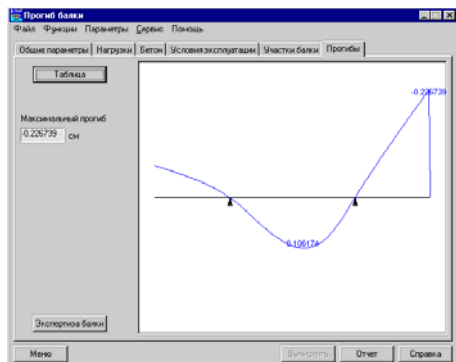


Рис. 7.4.2-10. Страница Прогибы

Эта страница (рис. 7.4.2-10) открывается автоматически после активизации режима определения прогибов (кнопка **Вычислить**). Результаты расчета отображаются в виде эпюры или в табличном виде (после нажатия кнопки **Таблица**). Значение максимального прогиба указывается в одноименном поле. По результатам расчета может быть получен отчет (по нажатии кнопки **Отчет**).

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

7.4.3 Экспертиза балки

В этом режиме проверяется прочность и трещиностойкость многопролетной неразрезной балки постоянного сечения в соответствии с требованиями СНиП 2.03.01-84* [19]. Рассматривается изгиб балки в одной силовой плоскости под действием распределенных и сосредоточенных нагрузок. Нагрузки объединяются в загрузки, которые по физическому происхождению и свойствам могут быть классифицированы как постоянные, временные длительно действующие, кратковременные, ветровые и снеговые. Проверки всех сечений выполняются для автоматически формируемых расчетных сочетаний усилий (PCY). Коэффициенты PCY, учитывающие характер загрузки, назначаются программой в соответствии с требованиями СНиП 2.01.07-85* [17].

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

M — изгибающий момент;

Q — поперечная сила.

Расчеты могут быть выполнены для балок прямоугольного, таврового и двутаврового сечений. Указывается конкретная схема расположения арматурных стержней. Число стержней и их диаметр могут быть различными на отдельных участках по длине балки. Пользователь назначает количество и длины участков, на которые делится каждый пролет балки.

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

Общие параметры

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

Состав данных и правила работы на этой странице аналогичны описанным в разделе 7.4.2.

Нагрузки

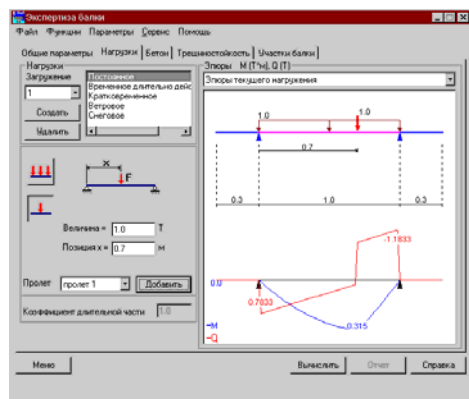


Рис. 7.4.3-1. Страница **Нагрузки**

Экспертиза заданного армирования выполняется по PCY, формируемым на основе нескольких загрузок. Ввод загрузок выполняется на странице **Нагрузки** (рис. 7.4.3-1) по следующим правилам:

- ☞ нажать кнопку **Создать** (загрузка);
- ☞ выбрать из списка вид загрузки (постоянное, временное длительно действующее, кратковременное, ветровое или снеговое);
- ☞ назначить тип нагрузки (нажать кнопку с изображением распределенной или сосредоточенной нагрузки);
- ☞ ввести значение величины нагрузки (для сосредоточенной нагрузки — ввести дополнительно ее привязку в пролете);
- ☞ для снеговых и кратковременных нагрузок задать значение коэффициента длительной части;
- ☞ выбрать из выпадающего списка пролет или консоль приложения нагрузки (выбранный пролет отображается красным цветом);
- ☞ нажать кнопку **Добавить**;
- ☞ выполнить ввод других нагрузок, входящих в текущее загрузку.

До тех пор, пока не будет создано следующее

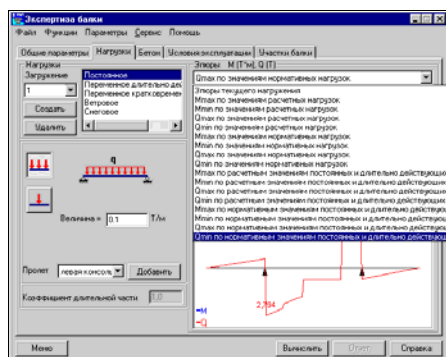


Рис. 7.4.3-2. Страница Нагрузки с открытым списком факторов

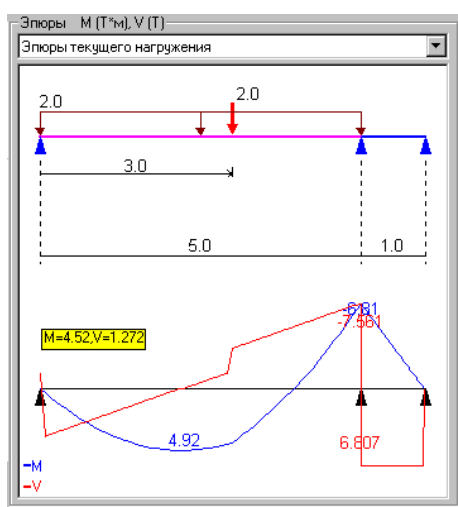


Рис. 7.4.3-3. Вывод промежуточных значений моментов и поперечных сил

Бетон

загружение, все введенные нагрузки будут относиться к текущему загружению. Здесь следует отметить, что **Коэффициент длительной части** относится ко всему загружению и при вычислении РСУ будет учитываться значение, введенное последним.

Удаление текущего загружения выполняется кнопкой **Удалить**. Удаление отдельных нагрузок в программе не предусмотрено.

Для корректировки ранее введенного загружения его номер следует выбрать из списка номеров загружений.

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

Кроме эпюр моментов и поперечных сил каждого из рассматриваемых загружений, в программе определяются усилия, которые могут возникнуть в каждом сечении балки от комбинации заданных нагрузок. Правила комбинирования соответствуют указаниям СНиП 2.01.07-85* [17]. Список этих комбинаций (рис. 7.4.3-2) располагается в верхней части окна эпюр и включает:

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

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

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 поперечных сил при действии сосредоточенной силы), он не дается явно на эпюре. Взамен приводятся значения в двух различных, хотя и близко расположенных сечениях.

При нажатой левой клавише мыши на экране выводятся значения момента и поперечной силы в конкретном сечении (рис. 7.4.3-3), которое соответствует положению курсора.

Характеристики бетона задаются на странице **Бетон** по тем же правилам, что и в режиме **Сопротивление сечений** (см. раздел 7.4.1).

Условия эксплуатации

Заполнение страницы **Условия эксплуатации** аналогично описанному в разделе 7.4.2.

Трещиностойкость

Данные для проверки армирования балки по трещиностойкости (второе предельное состояние) задаются по тем же правилам, что и в режиме **Сопротивление сечений** (см. раздел 7.4.1).

Участки балки

Описание участков балки выполняется на одноименной странице по тем же правилам, что и в режиме **Прогиб балки** (см. раздел 7.4.2).

Результаты экспертизы

Эта страница (рис. 7.4.3-4) открывается автоматически после активизации режима экспертизы (кнопка **Вычислить**).

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

В окне предусмотрен переход в режим анализа прогибов (по нажатию кнопки **Прогибы**), куда автоматически передаются исходные данные, включая все загрузки.

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

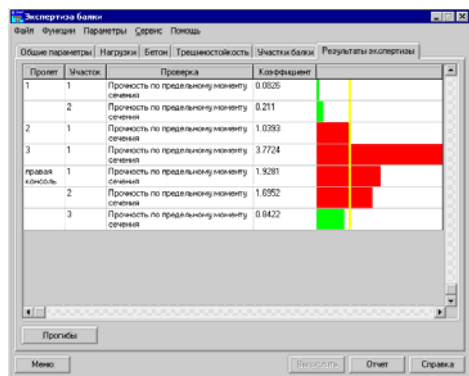


Рис. 7.4.3-4. Страница Результаты экспертизы

При двойном щелчке мыши на строку таблицы с результатами экспертизы участка появляется окно **Диаграмма факторов** (рис. 7.4.3-5) с детальной информацией обо всех проверках, выполненных для этого участка, и соответствующих им коэффициентах.

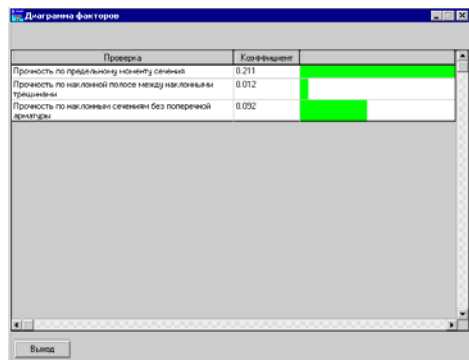


Рис. 7.4.3-5. Окно Диаграмма факторов

7.4.4 Экспертиза колонны

В этом режиме выполняется проверка колонн постоянного сечения по прочности и трещиностойкости. Рассматривается внецентренное сжатие-растяжение с двухосным эксцентриситетом. Проверки всех сечений выполняются для автоматически формируемых расчетных сочетаний усилий (PCY). Коэффициенты PCY, учитывающие характер загрузки, назначаются программой в соответствии с требованиями СНиП 2.01.07-85* [17]. Если выполняются проверки только по первому предельному состоянию, то учитывается действие следующих силовых факторов:

- N — продольная сила;
- M_y — момент, изгибающий элемент в плоскости XOZ, вектор которого направлен по оси Y;
- M_z — момент, изгибающий элемент в плоскости XOY, вектор которого направлен по оси Z;
- Q_z — поперечная сила, направленная вдоль оси Z;
- Q_y — поперечная сила, направленная вдоль оси Y;
- $M_{кр}$ — крутящий момент, вектор которого направлен по оси X;

В противном случае рассматриваются только перечисленные ниже силовые факторы:

- N — продольная сила;
- M_y — момент, изгибающий элемент в плоскости XOZ, вектор которого направлен по оси Y;
- Q_z — поперечная сила, направленная вдоль оси Z.

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

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

Общие параметры

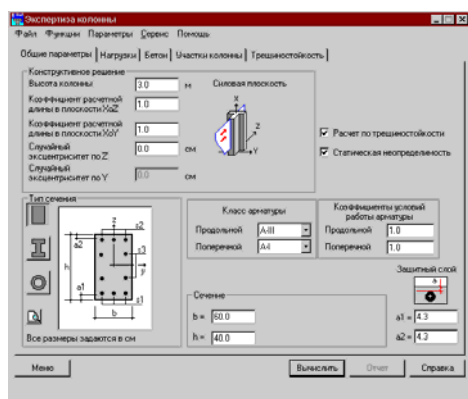


Рис. 7.4.4-1. Страница **Общие параметры**

На странице **Общие параметры** (рис. 7.4.4-1) вводятся высота колонны, коэффициенты расчетной длины, значения случайного эксцентриситета, выбирается класс и назначаются коэффициенты условий работы продольной и поперечной арматуры, выбирается вид сечения, вводятся размеры сечения и защитного слоя. Кроме того, состояние специального маркера **Расчет по трещиностойкости** определяет необходимость экспертизы колонны по второму предельному состоянию, а маркер **Статическая неопределимость** определяет, принадлежит колонна статически определимой или статически неопределимой конструкции.

Выбор формы сечения выполняется нажатием кнопки с изображением сечения, после чего в соответствующие поля вводятся размеры сечения и величина защитного слоя (значения a_1 и a_2).

Контроль формы сечения выполняется в окне **Сечение**, которое появляется после нажатия кнопки . Единицы измерения высоты колонны назначаются в окне **Параметры**.

Коэффициенты расчетной длины задаются в соответствии с п. 3.25 СНиП 2.03.01-84* [19].

Случайные эксцентриситеты принимаются в соответствии с п. 1.21 СНиП 2.03.01-84* [19].

Нагрузки

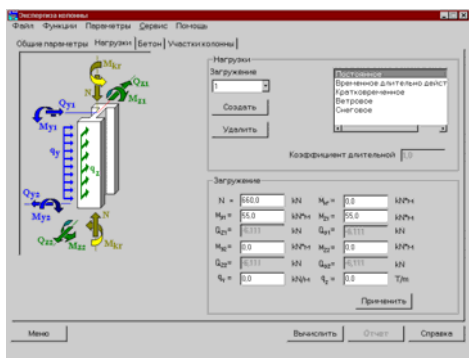


Рис. 7.4.4-2. Страница Нагрузки

На странице **Нагрузки** (рис. 7.4.4-2) задаются усилия в виде продольной силы и узловых моментов в концевых сечениях, описывающих взаимодействие колонны с остальной конструкцией, а также равномерно распределенная поперечная нагрузка по всей длине колонны и крутящий момент. Обратите внимание, что в этом режиме положительная продольная сила соответствует сжатию. В зависимости от состояния маркера **Расчет по трещиностойкости**, пользователь может задать весь набор усилий или только усилия, соответствующие одноосному эксцентриситету.

Порядок задания усилий для каждого нагружения следующий:

- ↳ нажать кнопку **Создать** (нагружение), после чего в списке нагружений появится его номер;
- ↳ в списке видов нагружений выбрать вид рассматриваемого нагружения (постоянное, временное длительно действующее, кратковременное, ветровое, снеговое). Вид нагружения определяет коэффициенты сочетаний по СНиП 2.01.07-85* [17], с которыми будут учитываться нагрузки этого нагружения при вычислении РСУ;
- ↳ в полях ввода усилий ввести значения, соответствующие рассматриваемому нагружению;
- ↳ в поле **Кoeffициент длительной части** ввести значение коэффициента для рассматриваемого нагружения (в случае снеговых и кратковременных нагрузок);
- ↳ нажать кнопку **Применить**.

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

Удаление текущего нагружения выполняется кнопкой **Удалить**.

По нажатии кнопки  есть возможность получить эпюры усилий.

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

Бетон

Характеристики бетона задаются на странице **Бетон** по тем же правилам, что и в режиме **Соппротивление сечений** (см. раздел 7.4.1).

Участки колонны

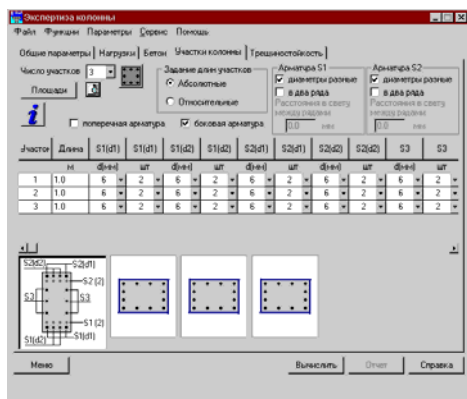


Рис. 7.4.4-3. Страница Участки колонны

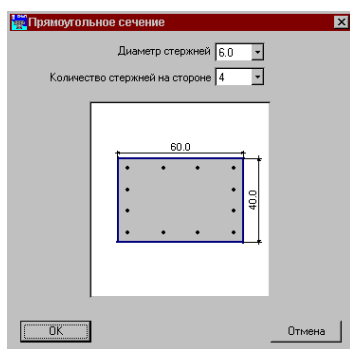


Рис. 7.4.4-4. Диалоговое окно Прямоугольное сечение

Трещиностойкость

Описание участков колонны выполняется на одноименной странице (рис. 7.4.4-3) по тем же правилам, что и в режиме **Прогиб балки** (см. п. 7.4.2). Отличие только в том, что отсутствует список пролетов и данные задаются сразу для всех участков, количество которых выбирается из списка **Число участков**. Нумерация участков колонны идет снизу вверх.

Кроме того, на данной странице находится кнопка **Площади**, при нажатии которой появляется окно с информацией о площадях арматур **AS1**, **AS2**, ... аналогичное описанному в разделе 7.4.2.

Для прямоугольных сечений предусмотрена возможность задания «равномерного» армирования, при котором вдоль каждой грани сечения размещается одинаковое количество арматурных стержней одного диаметра и которое очень часто используется при армировании колонн. Для задания количества и диаметра стержней используется диалоговое окно **Прямоугольное сечение** (рис. 7.4.4-4), которое появляется, если нажать кнопку . После выхода из этого окна выполняется автоматическое заполнение таблицы **Продольная арматура (первый ряд)**.

Данные об арматуре **S1** и **S2** представлены в таблице таким образом, что можно легко изменить диаметры угловых стержней (они даны в первой строке). Информация о промежуточных стержнях попадает во вторую строку.

Состояние маркера **Расчет по трещиностойкости** на странице **Общие параметры** определяет необходимость экспертизы армирования колонны по трещиностойкости.

Данные для экспертизы (второе предельное состояние) задаются по тем же правилам, что и в режиме **Сопrotивление сечений** (см. раздел 7.4.1).

Результаты экспертизы

| Участок | Проверка | Коэффициент | Графическое отображение |
|---------|--|-------------|-------------------------|
| 1 | Прочность по предельному моменту сечения | 0.56821 | [График] |
| 2 | Прочность по предельному моменту сечения | 0.52647 | [График] |
| 3 | Прочность по предельному моменту сечения | 0.47842 | [График] |

Рис. 7.4.4-5. Страница Результаты экспертизы

Эта страница (рис. 7.4.4-5) открывается автоматически после активизации режима экспертизы (кнопка **Вычислить**).

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

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

Аналогично режиму **Экспертиза балки** (см. раздел 7.4.3) двойной щелчок мыши на строку участка позволяет получить детальную информацию обо всех проверках, выполненных для конкретного участка колонны.

7.4.5 Экспертиза плиты

В этом режиме выполняется экспертиза заданного конструктивного решения прямоугольного поля монолитной сплошной плиты. В зависимости от соотношения длин сторон различаются плиты, изгибаемые в одном направлении, и плиты, изгибаемые в двух направлениях. Поле плиты может быть как самостоятельным конструктивным элементом здания или сооружения (перекрытие прямоугольного проема), так и элементом ребристой плиты. Несущая способность плиты определяется из условий предельного равновесия по методике, приведенной в Пособии к СНиП 2.08.01-85 [12] и Инструкции по расчету статически неопределимых железобетонных конструкций с учетом перераспределения усилий [5].

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

В программе проверяются:

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

Особенности реализации



- Для плит, изгибаемых в одном направлении, реализованы указания Пособия к СНиП 2.08.01-85 [12] о возможности увеличения на 20% предельных пролетных и опорных изгибающих моментов;
- для плит, изгибаемых в двух направлениях, реализовано указание Инструкции [5] об увеличении на 10% предельной равномерно распределенной нагрузки;
- на восприятие поперечной силы проверяются только сечения вблизи опор;
- проверка образования трещин и длина их раскрытия выполняются только для сечений, нормальных к продольной оси плиты.

Условия опирания плит:

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

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

Нагрузки во всех случаях приняты равномерно распределенными по полю плиты.

Плиты проверяются по прочности и трещиностойкости в соответствии с требованиями СНиП 2.03.01-84* [19].

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

Общие параметры

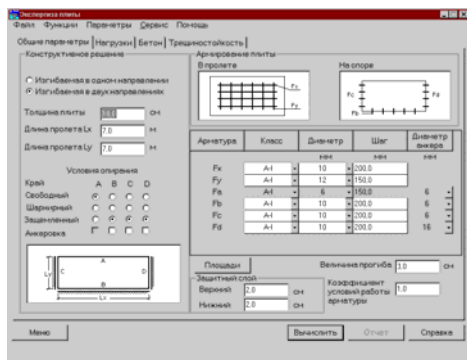


Рис. 7.4.5-1. Страница **Общие параметры**

На этой странице (рис. 7.4.5-1) вводятся данные, описывающие конструктивное решение плиты, диаметр, класс и шаг арматурных, а также диаметр анкерных стержней (для плит, изгибаемых в двух направлениях), величины нижнего и верхнего защитных слоев, коэффициент условий работы арматуры и допустимую величину прогиба. Анкерные стержни могут устанавливаться только на защемленных сторонах плиты. Класс арматуры анкерных стержней принят такой же, как и для рабочей арматуры. Принято, что анкера выполнены из одиночных арматурных стержней, установленных в один ряд.

Для выбора конструктивного решения плиты следует с помощью соответствующего маркера указать характер ее работы (изгибаемая в одном или в двух направлениях), задать толщину плиты и ее размеры вдоль осей X (L_x) и Y (L_y). При соотношении длин сторон меньшем или равном трем (то есть $\frac{L_x}{L_y} \leq 3$ или $\frac{L_y}{L_x} \leq 3$) плита должна рассматриваться как изгибаемая в двух направлениях.

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

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

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

Нагрузки

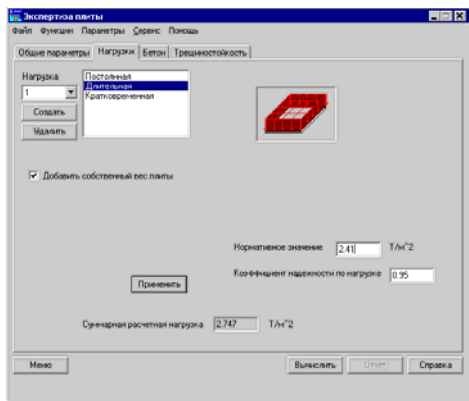


Рис. 7.4.5-2. Страница Нагрузки

Плита проверяется на действие только равномерно распределенных нагрузок по всему полю. Приведение нагрузок к равномерно распределенным производит пользователь. На этой странице (рис. 7.4.5-2) задаются равномерно распределенные нагрузки. Расчет плиты производится только на одну комбинацию нагрузок. Технология задания нагрузок аналогична описанной в разделе 7.4.2.

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

Бетон

Характеристики бетона задаются на странице **Бетон** по тем же правилам, что и в режиме **Сопrotивление сечений** (см. раздел 7.4.1).

Ограничения реализации



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

Трещиностойкость

Данные для экспертизы плиты по трещиностойкости (второе предельное состояние) задаются по тем же правилам, что и в режиме **Сопrotивление сечений** (см. раздел 7.4.1).

Результаты экспертизы

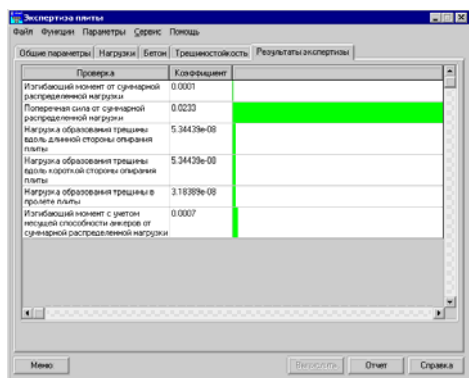


Рис. 7.4.5-3. Страница Результаты экспертизы

Эта страница (рис. 7.4.5-3) открывается автоматически после активизации режима экспертизы (кнопка **Вычислить**).

Результаты экспертизы отображаются в таблице. Приводятся описания факторов и значения коэффициентов их использования.

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

7.5 Местная прочность

Все режимы этой группы реализуют экспертизу (проверку) элементов железобетонных конструкций, в том числе и закладных деталей, на местное действие нагрузок в соответствии с требованиями СНиП 2.03.01-84* [19] с учетом требований и рекомендаций Пособия к СНиП 2.03.01-84* [11], Руководства по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона [15], Руководства по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона [33], Рекомендаций по проектированию стальных закладных деталей для железобетонных конструкций [36].

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

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

7.5.1 Местное сжатие

В этом режиме реализуются проверки элементов железобетонных конструкций на местное сжатие в соответствии с требованиями пп. 3.39–3.41 СНиП 2.03.01-84* [19]. Реализованы все схемы железобетонных элементов, приведенные на чертеже 15 СНиП 2.03.01-84* [19].

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

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

Общие параметры

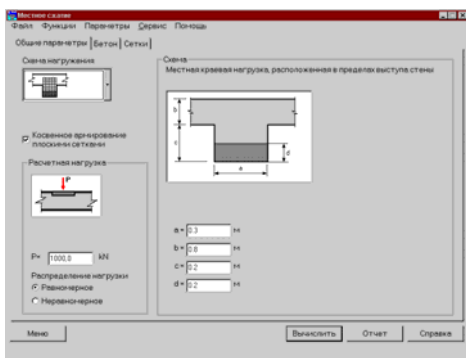


Рис. 7.5.1-1. Страница Общие параметры

- На этой странице (рис. 7.5.1-1) задаются:
- схема для расчета на местное сжатие и размеры зоны приложения нагрузки (показана темным прямоугольником на схеме);
 - расчетная нагрузка с указанием о том, как она распределена по зоне приложения (равномерно или неравномерно);
 - сведения о наличии косвенного армирования.

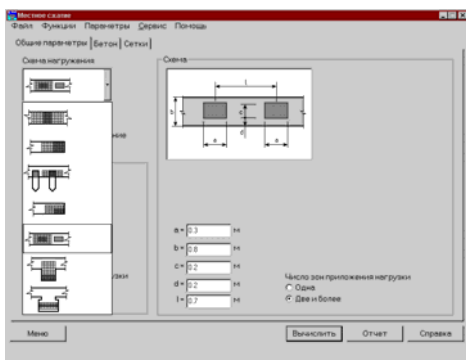


Рис. 7.5.1-2. Страница Общие параметры, список Схемы нагружения

Схема нагружения выбирается из одноименного выпадающего списка (рис. 7.5.1-2) и соответствует одной из схем, представленных на чертеже 15 СНиП 2.03.01-84* [19]. Модификации схем нагружения, принятые по чертежу 15, описаны в разделе **Особенности реализации**.

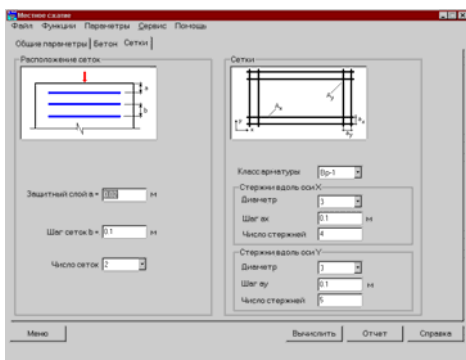


Рис. 7.5.1-3. Страница Сетки

При включенном маркере **Косвенное армирование плоскими сетками** становится доступной для ввода данных страница **Сетки** (рис. 7.5.1-3, в).

На этой странице задаются:

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

Бетон

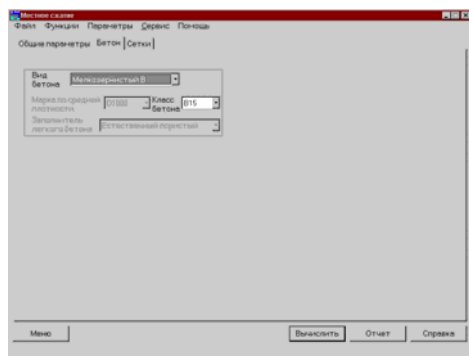


Рис. 7.5.1-4. Страница **Бетон**

Особенности реализации



Характеристики бетона задаются на странице **Бетон** (рис. 7.5.1-4) по тем же правилам, что и в режиме **Сопротивление сечений** (см. раздел 7.4.1).

Схемы нагружения *в*) и *г*) чертежа 15 СНиП 2.03.01-84* [19] совмещены на одном изображении (см. рис. 7.5.1-2).

Схема нагружения *е*) чертежа 15 СНиП 2.03.01-84* [19] модифицирована. В программе предусмотрена возможность указать несколько мест приложения одинаковых нагрузок (см. рис. 7.5.1-2) подобно тому, как это предусмотрено для схем *в*) и *г*). Правила определения локальной площади смятия приняты в этом случае аналогичными схемам *в*) и *г*).

При проверке принятого шага сеток по вертикали и числа сеток использованы формулы (198) и (199) п. 3.94 Пособия к СНиП 2.03.01-84* [11].

Ограничения реализации



Ограничения реализации связаны со следующими обстоятельствами:

- правомерность выполнения проверки на местное сжатие (зависит от соотношения поперечных размеров проверяемого элемента и размеров зоны приложения нагрузки);
- принятая схема косвенного армирования плоскими сетками;
- конструктивные ограничения на используемые классы и диаметры арматурных стержней, расстояния между стержнями в сетках и сеток между собой, и другие ограничения, приведенные в документах [11], [15], [33].

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

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

Ниже приведены принятые конструктивные ограничения:

- число сеток косвенного армирования от 2 до 4;
- защитный слой бетона от 10 до 20 мм;
- расстояние между сетками по вертикали (шаг сеток) от 60 до 150 мм;
- классы арматуры ВрI, А-I, А-II, А-III по СНиП 2.03.01-84* [19] и А400С по ТСН 102-00 [34];
- диаметры арматурных стержней в зависимости от класса от 3 до 14 мм;
- расстояние между стержнями сеток (шаг стержней) в каждом из направлений — от 50 до 100 мм.

7.5.2 Продавливание

В этом режиме реализуется проверка на продавливание плитных конструкций (без поперечной арматуры) в соответствии с требованиями п.3.42 СНиП 2.03.01-84* [19] и п. 3.98 Руководства по проектированию из тяжелого бетона [33]. Проверяются конструкции как с дополнительным косвенным армированием в виде вертикальных стержней, расположенных в пределах пирамиды продавливания, так и без учета косвенного армирования.

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

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

На этой странице (рис. 7.5.2-1) задаются:

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

Общие параметры

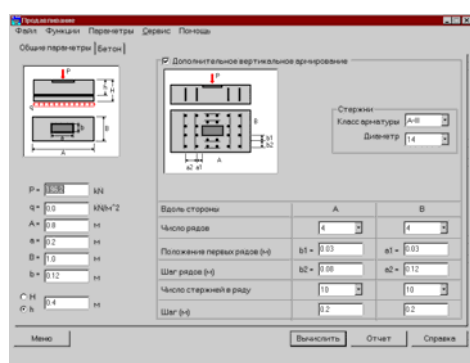


Рис. 7.5.2-1 Страница Общие параметры

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

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

Бетон

Характеристики бетона задаются на странице **Бетон** по тем же правилам, что и в режиме **Сопротивление сечений** (см. раздел 7.4.1).

Особенности реализации



Требование п. 3.42 СНиП 2.03.01-84* [19] о том, что продавливающая сила действует «на ограниченной площади», реализовано следующим образом — площадь считается «ограниченной», если наклон к горизонту боковых граней пирамиды продавливания не превышает 68° . Это ограничение соответствует требованиям пятого абзаца п. 3.42 СНиП 2.03.01-84* [19].

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

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

Не реализован предпоследний абзац п. 3.42 СНиП 2.03.01-84* [19].

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

Реализовано требование п. 5.29 СНиП 2.03.01-84* [19] о зоне установки дополнительной арматуры при расчете на продавливание.

Ограничения реализации



Ограничения реализации связаны с:

- правомерностью выполнения проверки на продавливание, что зависит от соотношения поперечных размеров плиты и размеров зоны приложения нагрузки;
- соотношением продавливающей нагрузки и давления под основанием плиты;
- конструктивными ограничениями на используемые классы и диаметры арматурных стержней, на расстояние между стержнями в сетках и сеток между собой, другими ограничениями, приведенными в документах [11], [15], [33].

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

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

Ниже приведены принятые конструктивные ограничения:

- классы арматуры ВрI, А-I, А-II, А-III по СНиП 2.03.01-84* [19] и А400С по документу [34];
- диаметры арматурных стержней в зависимости от класса от 3 до 14 мм;
- минимальное расстояние между рядами стержней определяется требованиями п.5.29 СНиП 2.03.01-84* [19];
- расстояние первого ряда стержней от зоны приложения нагрузки должно быть не менее 30 мм и не более расстояния между рядами;
- общее число рядов стержней вдоль каждой из сторон от 2 до 10;
- число стержней во всех рядах принято одинаковым для рядов вдоль каждой из сторон и должно быть не менее 2 и не более 10.

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

7.5.3 Отрыв

В этом режиме реализуются проверки соединений элементов железобетонных конструкций на отрыв в соответствии с требованиями п. 3.43 СНиП 2.03.01-84* [19], п. 3.97 Пособия к СНиП 2.03.01-84* [11] и п. 3.121 Руководства по конструированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона [15].

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

В результате проверки вычисляется прочность из условий местного отрыва.

Общие параметры

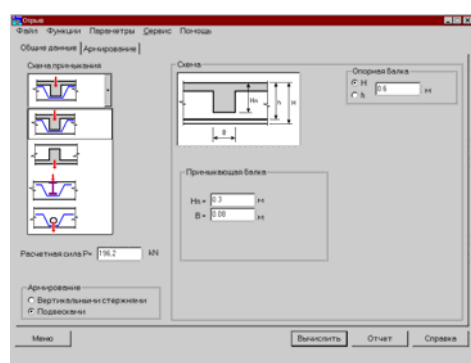


Рис. 7.5.3-1 Страница **Общие параметры**

На этой странице выбирается одна из четырех схем, проверяемых на отрыв.

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

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

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

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

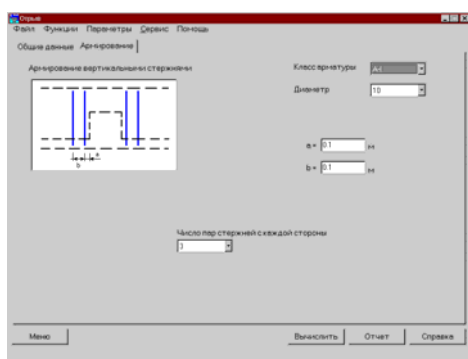
Выбор армирования зоны отрыва вертикальными стержнями или подвесками осуществляется соответствующими маркерами в группе **Армирование**.

После выбора схемы примыкания необходимо задать: расчетную нагрузку; размеры опорной и примыкающей балок (для схем 1–3); размеры опорной балки, положение и диаметр отверстия (для схемы 4).

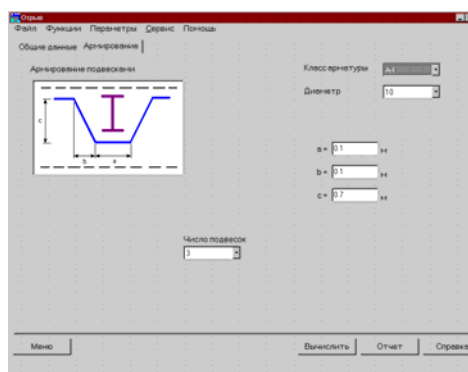
Во всех проверяемых схемах для опорной балки необходимо задать ее высоту (H), либо рабочую высоту сечения (h), где h — расстояние от верха балки до центра тяжести нижней арматуры (выбор осуществляется соответствующим маркером).

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

Армирование



а)



б)

Рис. 7.5.3-2 Страница Армирование

Особенности реализации



На этой странице в зависимости от принятой схемы армирования задаются сведения о вертикальных стержнях (рис. 7.5.3-2, а), либо о подвесках (рис. 7.5.3-2, б).

При армировании вертикальными стержнями задаются:

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

При армировании подвесками задаются:

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

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

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

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

Не реализован последний абзац п. 3.97 ГОСТ 21.101-97 [2].

Ограничения реализации

Приняты следующие возможные схемы армирования для конструктивных схем сопряжений:

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

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

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

Ниже приведены принятые конструктивные ограничения:

- при армировании вертикальными стержням число пар стержней с каждой стороны от узла — от 1 до 3;
- при армировании подвесками число подвесок — от 1 до 3;
- расстояние между вертикальными стержнями — не менее 50 мм;
- классы арматуры ВрI, А-I, А-II, А-III по СНиП 2.03.01-84* [19] и А400С по ТСН 102-00 [34];
- диаметры арматурных стержней (в зависимости от класса) — от 3 до 14 мм;

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

7.5.4 Закладные детали

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

Проверки выполняются в соответствии с требованиями пп.3.44 – 3.46 СНиП 2.03.01-84* [19] и Рекомендаций по проектированию стальных закладных деталей [36].

Проверяются три типа анкеров закладных деталей:

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

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

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

Для каждого из предусмотренных типов анкеров проверяются:

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

Общие параметры

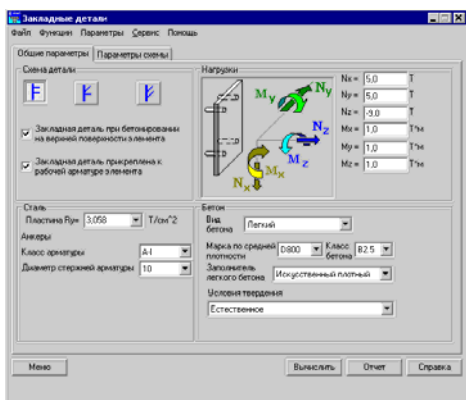


Рис.7.5.4-1. Страница Общие параметры

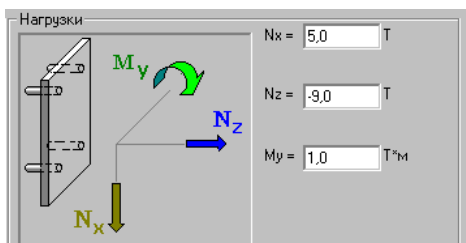


Рис. 7.5.4-2 Нагрузки на закладные детали типа 2 и 3.

На этой странице (рис. 7.5.4-1) задаются:

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

Через закладную деталь первого типа на железобетонный элемент могут быть переданы 6 компонент усилий — 3 силы, направленные вдоль координатных осей, и 3 момента с векторами вдоль соответствующих координатных осей. Положительные направления сил и векторов моментов показаны на рис. 7.5.4-1.

Через закладную деталь второго и третьего типов на железобетонный элемент могут быть переданы только три компонента усилий, лежащих в плоскости XOZ (рис. 7.5.4-2).

Параметры схемы

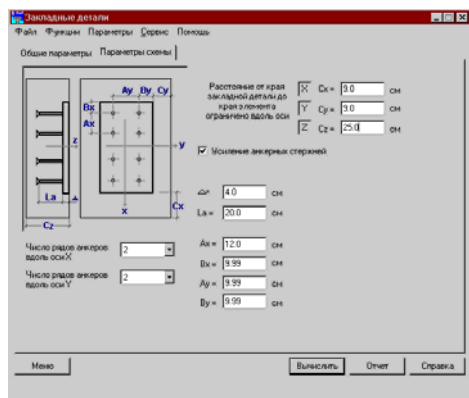


Рис. 7.5.4-3. Параметры схемы для 1-го типа закладной детали

На этой странице (рис. 7.5.4-3 – 7.5.4-5) для каждого типа закладной детали задаются:

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

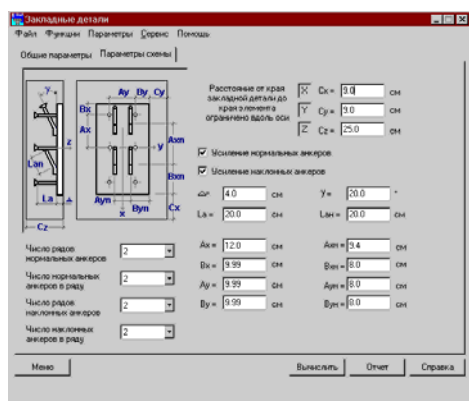


Рис.1.5.4-4. Параметры схемы для 2-го типа закладной детали

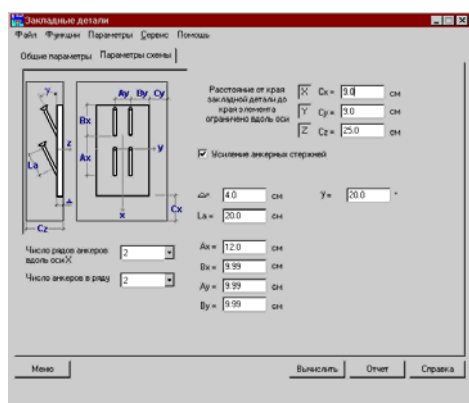


Рис.1.5.4-5. Параметры схемы для 3-го типа закладной детали

Ограничения реализации



Ограничения реализации связаны с конструктивными ограничениями на используемые классы и диаметры арматурных стержней для анкеров, расстояниями между анкерами, соотношениями толщины пластины и диаметрами анкерных стержней, минимальным числом анкеров и другими, приведенными в СНиП 2.03.01-84* [19] и Рекомендациях по проектированию стальных закладных деталей [36].

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

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

Ниже приведены принятые конструктивные ограничения:

- анкерные стержни могут быть из арматуры классов А-I, А-II, А-III, А-IV и А-400;
- диаметры арматуры, в зависимости от класса, — от 8 до 25 мм;
- ограничения по расстановке арматуры приняты по п. 5.5 Рекомендаций [36];
- число рядов анкерных стержней — от 1 до 4 в зависимости от типа закладной детали. Число анкерных стержней в каждом из рядов также от 1 до 4;
- в плоскости действия изгибающего момента (M_x , M_y) должно быть установлено не менее двух нормальных или наклонных анкеров. Для восприятия крутящего момента (M_z) должно быть установлено не менее двух нормальных анкеров;
- не конкретизируется размер усиления на конце анкера. Условно принято, что диаметр усиления равен утроенному диаметру анкера. Если анкеры выполнены из арматуры класса А-I, то усиления есть всегда.

Особенности реализации



Особенности реализации связаны с допущениями и ограничениями, принятыми при выполнении проверок, которые регламентируются СНиП 2.03.01-84* [19] и Рекомендациями [36]. Они заключаются в следующем:

- при проверке на смятие бетона под усилением анкера принято, что расчетная площадь бетона всегда существенно больше площади усиления анкера. Коэффициент φ_b по п. 3.39 СНиП 2.03.01-84* [19] всегда равен 2,5;
- при проверке на смятие бетона под усилением анкера принято, что всегда возможно образование в бетоне трещины, направленной вдоль анкера;
- «в запас» принято, что при проверке длины заделки в бетон растянутого анкера весь анкер находится в растянутой зоне бетона. При этом в формуле (62) Рекомендаций [36] принято, что $\omega_{an} = 0,7$ и $\varphi_c = 1$;
- не выполняются проверки продавливания бетона под растянутыми анкерами.

7.6 Подбор арматуры

7.6.1 Подбор арматуры в балке

В этом режиме выполняется подбор арматуры в многопролетных неразрезных балках постоянного сечения по прочности и трещиностойкости в соответствии с требованиями СНиП 2.03.01-84* [19]. Рассматривается плоский изгиб балки под действием распределенных и сосредоточенных нагрузок, объединенных в загрузки, которые по физическому происхождению и свойствам могут быть классифицированы как постоянные, временные длительно действующие, кратковременные, ветровые и снеговые. Подбор выполняется для автоматически формируемых расчетных сочетаний усилий (PCY). Коэффициенты PCY, учитывающие характер загрузки, назначаются программой в соответствии с требованиями СНиП 2.01.07-85* [17].

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

M — изгибающий момент;

Q — поперечная сила.

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

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

Общие параметры

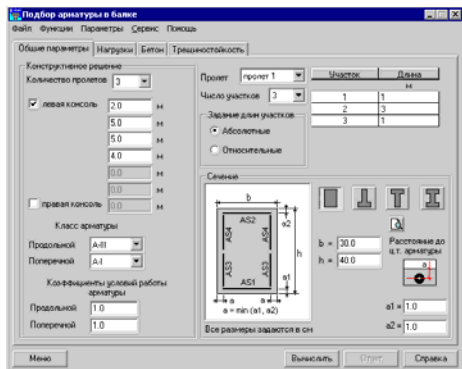


Рис. 7.6.1-1. Страница Общие параметры

На странице **Общие параметры** (рис. 7.6.1-1) назначаются геометрические характеристики многопролетной балки и вид сечения, вводятся размеры сечения и расстояние до центра тяжести стержней арматуры, назначается количество участков в пролете и их длины, задаются вид и коэффициенты условий работы продольной и поперечной арматуры.

Для назначения геометрических характеристик балки следует выполнить следующие действия:

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


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

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

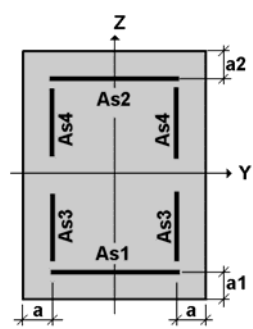
- **Абсолютные** — длины участков будут задаваться в единицах длины;
- **Относительные** — длины участков будут задаваться в процентах от длины пролета.

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

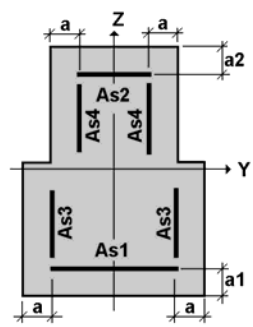
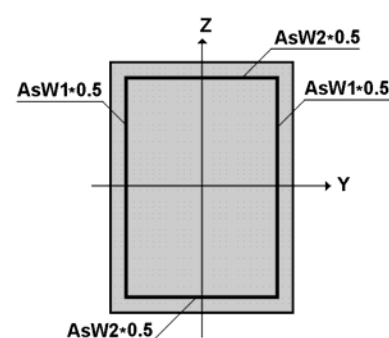
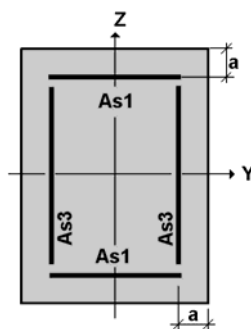
Выбор формы сечения выполняется нажатием кнопки с изображением сечения. После этого в соответствующие поля вводятся размеры сечения и расстояния до центра тяжести арматуры **a1** и **a2**.

Контроль формы сечения выполняется в окне **Сечение**, которое появляется после нажатия кнопки .

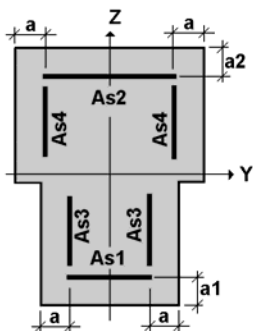
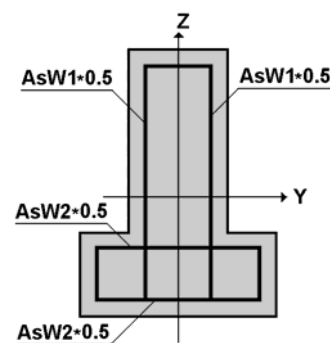
Размещение продольной и поперечной арматуры в рассматриваемых сечениях представлены на рисунках 7.6.1-2 и 7.6.1-3 соответственно.



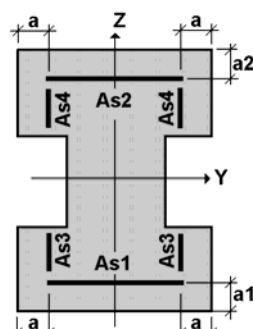
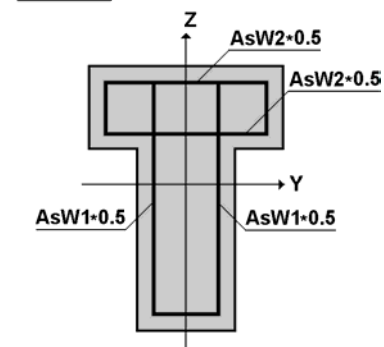
$a = \min(a1, a2)$



$a = \min(a1, a2)$



$a = \min(a1, a2)$



$a = \min(a1, a2)$

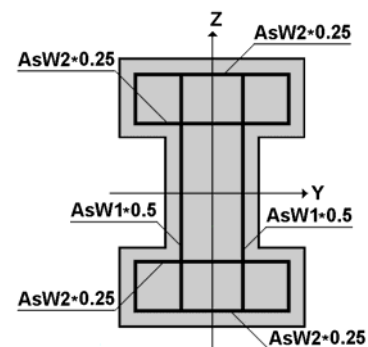
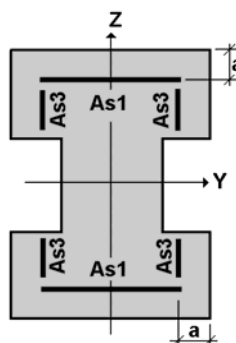


Рис. 7.6.1-2. Размещение «площадей» продольной арматуры

Рис. 7.6.1-3. Размещение поперечной арматуры

Нагрузки

Ввод нагрузок выполняется по тем же правилам, что и в режиме **Экспертиза балки** (см. раздел 7.4.3).

Бетон

Характеристики бетона задаются на странице **Бетон** по тем же правилам, что и в режиме **Сопротивление сечений** (см. раздел 7.4.1).

Трещиностойкость

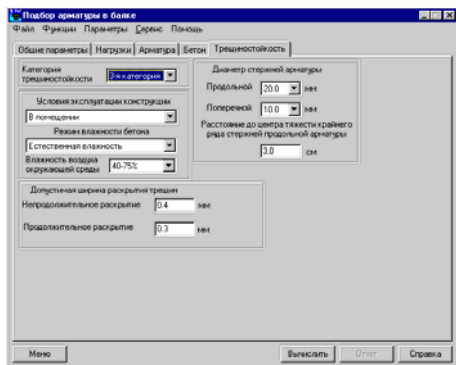


Рис. 7.6.1-4. Страница Трещиностойкость

Данные для подбора арматуры в балке с учетом трещиностойкости (второе предельное состояние) задаются на странице **Трещиностойкость** (рис. 7.6.1-4). Для подготовки данных следует выполнить следующие действия:

- ☞ назначить категорию трещиностойкости;
- ☞ если выбрана **1-я категория**, то дополнительная информация не задается;
- ☞ если выбрана **3-я категория**, то следует задать условия эксплуатации конструкции, режим влажности бетона и влажность воздуха окружающей среды, после чего вводится допустимая ширина раскрытия трещин.

Обязательно задаются диаметры стержней продольной и поперечной арматуры.

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

По результатам подбора площади арматуры с помощью сервисной функции **Дискретная арматура** (см. п.10.2.3 Приложения) можно подобрать необходимый диаметр и количество арматурных стержней. Если при этом окажется, что диаметр стержней не соответствует заданному в окне **Трещиностойкость**, то необходимо выполнить новый расчет, уточнив диаметр стержней продольной арматуры.

Результаты

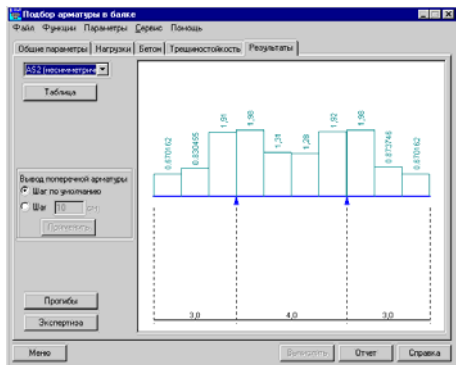


Рис. 7.6.1-5. Страница Результаты

Подбор арматуры активизируется после подготовки исходных данных нажатием кнопки **Вычислить**. После этого открывается страница **Результаты** (рис. 7.6.1-5), на которой в виде эпюр представлены результаты подбора арматуры. Вид арматуры на эпюрах, а также процент армирования и ширина раскрытия трещин выбираются из выпадающего списка, расположенного в левом верхнем углу страницы. На участках, выделенных красным цветом, арматуру подобрать не удалось (данный результат зависит от установленного пользователем максимального процента армирования (см. раздел 7.2 **Параметры**). Информацию о причинах, по которым это произошло, можно получить в таблице с результатами подбора.

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

| Пролет | Участок | Тип | AS1 | AS2 | AS3 | AS4 | % | AS1 |
|----------------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|-----------------|
| | | | см ² | см ² | см ² | см ² | | см ² |
| левая консоль | 1 | суммарная | 0.2835 | 0.2835 | | | 0.105 | 0.2835 |
| | 2 | суммарная | 0.2835 | 0.2835 | | | 0.105 | 0.2835 |
| | 3 | суммарная | 0.2835 | 0.2835 | | | 0.105 | 0.2835 |
| | 4 | суммарная | 0.2835 | 0.54257 | | | 0.152915 | 0.54257 |
| | 5 | суммарная | 0.2835 | 1.16 | | | 0.262217 | 1.16 |
| 1 | 1 | суммарная | 0.562889 | 1.22 | | | 0.330530 | 1.22 |
| | 2 | суммарная | 1.28 | 0.514657 | | | 0.333037 | 1.6 |
| | 3 | трещины | 0.0868318 | | | | | 0.393314 |
| 4 | суммарная | 2.37 | 0.2835 | | | 0.491211 | 3.03 | |
| | трещины | 0.201134 | | | | | 0.39147 | |
| 5 | суммарная | 1.44 | 0.328025 | | | 0.328045 | 1.75 | |
| | трещины | 0.157369 | | | | | 0.473692 | |
| правая консоль | 1 | суммарная | 0.818295 | 1.07 | | | 0.349413 | 1.07 |
| | 2 | суммарная | 0.2835 | 1.22 | | | 0.278789 | 1.22 |
| | 3 | суммарная | 0.2835 | 0.664735 | | | 0.175599 | 0.664735 |
| | 4 | суммарная | 0.2835 | 0.2835 | | | 0.105 | 0.2835 |

Рис. 7.6.1-6. Диалоговое окно
Результаты армирования

Диаметры стержней

Диаметр стержней арматуры

Продольной: 14.0 мм

Поперечной: 10.0 мм

Справка

Отмена

OK

Рис. 7.6.1-7. Диалоговое окно
Диаметры стержней

В программе предусмотрена возможность передачи результатов подбора арматуры в режиме определения прогибов (кнопка **Прогибы**) или в режиме экспертизы (кнопка **Экспертиза**). Эти два режима работают с конкретной схемой армирования, для которой количество стержней определяется автоматически в соответствии с диаметрами, заданными на странице **Трещиностойкость** (при этом предполагается, что арматурные стержни расположены в один ряд; если число стержней оказывается больше 40, выдается сообщение об ошибке). Если расчет выполнялся для первой категории трещиностойкости, то диаметр стержней задается пользователем в диалоговом окне **Диаметры стержней** (рис. 7.6.1-7), которое появляется после вызова указанных выше режимов.

7.6.2 Подбор арматуры в колонне

В этом режиме выполняется подбор площади арматуры в колонне постоянного сечения по прочности и трещиностойкости в соответствии с требованиями СНиП 2.03.01-84* [19]. Рассматривается внецентренное растяжение-сжатие при двухосном эксцентриситете. Проверки всех сечений выполняются для автоматически формируемых расчетных сочетаний усилий (PCY). Коэффициенты PCY, учитывающие характер нагружения, назначаются программой в соответствии с требованиями СНиП 2.01.07-85* [17]. Если выполняются проверки только по первому предельному состоянию, то действуют следующие силовые факторы:

N — продольная сила;

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

показаны эпюры AS1 и AS2. После нажатия кнопки **Предварительный просмотр армирования** открывается окно **Схема армирования**, в котором для каждого пролета балки в сечениях показаны площади подобранной продольной арматуры. Если арматуру подобрать не удалось, то сечение отображается красным цветом.

Табличные данные выводятся в отдельном диалоговом окне **Результаты армирования** (рис. 7.6.1-6), которое вызывается нажатием кнопки **Таблица**. Результаты подбора для каждого участка приводятся в одной строке, если при учете трещиностойкости не требуется дополнительной арматуры, или в двух строках, если такая арматура необходима. При этом в первой строке показано значение суммарной арматуры (по прочности и трещиностойкости), а во второй — площадь арматуры, добавленная для обеспечения трещиностойкости.

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

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

По результатам подбора арматуры можно сформировать отчет (кнопка **Отчет**), в котором приводятся схема балки и схемы нагружений, описываются параметры сечения, характеристики бетона и арматуры, отображаются эпюры силовых факторов по нагружениям, а также эпюры и таблица с результатами подбора. Информацию об управлении формированием отчета можно найти в разделе **Приложение**.

M_z — момент, изгибающий элемент в плоскости XOY, вектор которого направлен по оси Z;
 Q_z — поперечная сила, направленная вдоль оси Z;
 Q_y — поперечная сила, направленная вдоль оси Y;
 $M_{кр}$ — крутящий момент, вектор которого направлен по оси X.

В противном случае рассматриваются только перечисленные ниже силовые факторы:

N — продольная сила;
 M_y — момент, изгибающий элемент в плоскости XOZ, вектор которого направлен по оси Y;
 Q_z — поперечная сила, направленная вдоль оси Z.

Расчеты могут быть выполнены для колонн прямоугольного, двутаврового и кольцевого сечений.

Результатом расчета являются площади симметричной и/или несимметричной продольной арматуры, а также площадь и шаг поперечной арматуры (для кольцевого сечения — только продольная симметричная арматура) на участках колонны. Предполагается, что подобранная арматура является постоянной по длине участка, при этом пользователь сам назначает количество и длину участков, на которые делится колонна.

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

Общие параметры

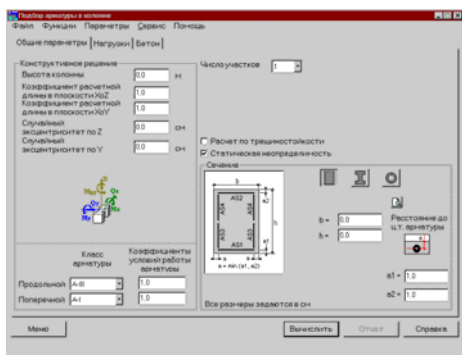


Рис. 7.6.2-1. Страница **Общие параметры**

На странице **Общие параметры** (рис. 7.6.2-1) назначаются высота колонны и вид сечения, вводятся размеры сечения и расстояния до центра тяжести арматуры, коэффициенты расчетной длины и значения случайных эксцентриситетов, выбирается количество участков в колонне, назначаются классы и коэффициенты условий работы продольной и поперечной арматуры. Кроме того, состояние специального маркера **Расчет по трещиностойкости** определяет необходимость подбора арматуры колонны по второму предельному состоянию, а маркер **Статическая неопределимость** определяет, принадлежит ли колонна статически определимой или статически неопределимой конструкции.

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

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

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

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

Выбор формы сечения выполняется нажатием кнопки с изображением сечения. После чего в соответствующие поля вводятся размеры сечения и расстояния до центра тяжести арматуры a_1 и a_2 . Контроль формы сечения выполняется в окне **Сечение**, которое появляется после нажатия кнопки

Размещение продольной и поперечной арматуры в рассматриваемых сечениях представлены на рисунках 7.6.2-2 и 7.6.2-3 соответственно.

Коэффициенты расчетной длины принимаются в соответствии с п. 3.25 СНиП 2.03.01-84* [19]. Если их значения заданы равными нулю, то колонна будет армироваться по тем же правилам, что и изгибаемый стержень.

Если значение случайного эксцентриситета задано равным нулю, то при расчете будет использоваться значение, вычисленное в соответствии с п. 1.21 СНиП 2.03.01-84* [19]. Если пользователь задал ненулевой случайный эксцентриситет, то при расчете будет использован максимум из значений: 1 см и значения, заданного пользователем (согласно п. 3.50 Пособия к СНиП 2.03.01-84* [11]).

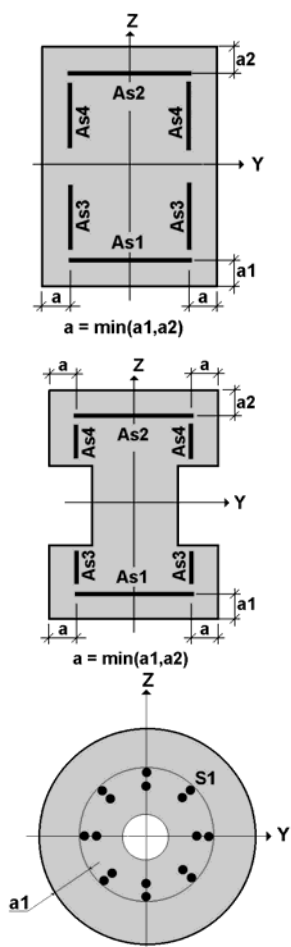


Рис. 7.6.2-2. Размещение «площадей» продольной арматуры

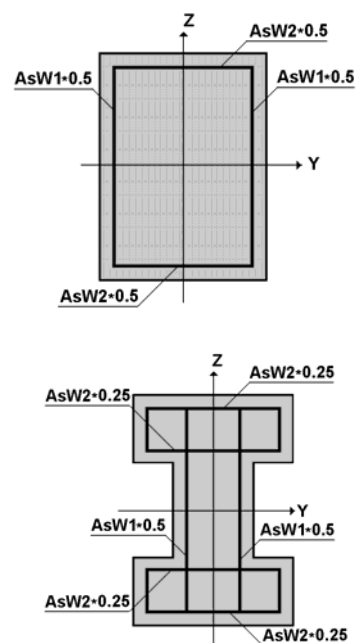


Рис. 7.6.2-3. Размещение поперечной арматуры

Нагрузки

Параметры загрузжений задаются на странице **Нагрузки** по тем же правилам, что и в режиме **Экспертиза** колонны (см. раздел 7.4.4).

Бетон

Характеристики бетона задаются на странице **Бетон** по тем же правилам, что и в режиме **Сопротивление сечений** (см. раздел 7.4.1).

Трещиностойкость

Параметры трещиностойкости на странице **Трещиностойкость** задаются по тем же правилам, что и для многопролетной балки (см. раздел 7.4.2). Страница доступна при активном маркере **Расчет по трещиностойкости** на странице **Общие параметры**.

Результаты

После подготовки исходных данных процесс подбора арматуры активизируется нажатием кнопки **Вычислить**. Затем открывается страница **Результаты** (рис. 7.6.2-4), на которой в виде эпюр представлены результаты расчета (площадь арматуры, процент армирования, ширина раскрытия трещин). Вид отображаемых результатов выбирают из выпадающего списка, расположенного в левом верхнем углу страницы. На участках, выделенных красным цветом, арматуру подобрать не удалось (данный результат зависит от установленного пользователем максимального процента армирования (см. раздел 7.2 **Параметры**). Информацию о причинах, по которым это произошло, можно получить в таблицах с результатами подбора.

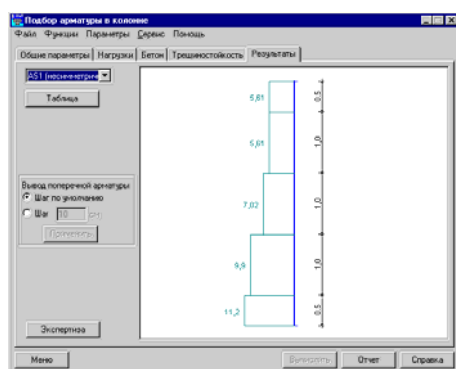



Рис. 7.6.2-4. Страница **Результаты**

В зависимости от выбранного в списке пункта эпюры армирования могут отображаться отдельно для каждого вида арматуры или парами. Например, одновременно будут показаны эпюры AS1 и AS2 или AS3 и AS4. После нажатия кнопки  **Предварительный просмотр армирования** открывается окно **Схема армирования**, в котором для каждого участка колонны в сечениях показаны площади подобранной продольной арматуры. Если арматуру подобрать не удалось, то сечение отображается красным цветом.

| Участок | Тип | AS1 см ² | AS2 см ² | AS3 см ² | AS4 см ² | % | AS1 см ² | AS3 см ² | % |
|---------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------|------------------------|------------------------|------|
| 1 | суммарная | 11,2 | 12,66 | | | 3,99 | 12,51 | | 4,10 |
| 2 | суммарная | 9,9 | 11,06 | | | 3,51 | 10,95 | | 3,66 |
| 3 | суммарная | 7,02 | 7,53 | | | 2,43 | 7,49 | | 2,5 |
| 4 | суммарная | 5,81 | 6,33 | | | 1,90 | 5,82 | | 1,90 |
| 5 | суммарная | 5,81 | 5,83 | | | 1,88 | 5,82 | | 1,88 |

Рис. 7.6.2-5. Диалоговое окно **Результаты армирования**

Табличные данные представлены в отдельном диалоговом окне **Результаты армирования** (рис. 7.6.2-5), которое вызывается нажатием кнопки **Таблица**. Результаты подбора для каждого участка отображаются в одной строке, если при учете трещиностойкости не требуется дополнительной арматуры, или в двух строках, если такая арматура необходима. При этом в первой строке показано значение суммарной арматуры (по прочности и трещиностойкости), а во второй — площадь арматуры, добавленная для обеспечения трещиностойкости.

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

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

По результатам подбора арматуры можно сформировать отчет (кнопка **Отчет**), в котором приводятся схема колонны и параметры загрузений, размеры сечения, характеристики бетона и арматуры, таблица с результатами подбора. Подробная информация об управлении формированием отчета дана в Приложении.

В программе предусмотрена возможность передачи результатов подбора в режим экспертизы армирования (кнопка **Экспертиза**). При этом количество стержней арматуры определяется по тем же правилам, что и в режиме **Подбор арматуры в балке** (см. раздел 7.6.1).

Расстановка арматурных стержней

Программа контролирует выполнение конструктивных требований п. 5.12 СНиП 2.03.01-84* [19] относительно минимального расстояния между стержнями арматуры и при нарушении этих требований выдает сообщение. При этом имеется возможность игнорировать предупреждение о нарушении ограничений нажатием кнопки **Игнорировать**, но все негативные последствия такого отказа не будут анализироваться.

Особенности реализации



Расчет внецентренно сжатых элементов

Согласно пункту 3.24 СНиП 2.03.01-84* [19] расчет конструкций выполняется по недеформированной схеме, учитывая при гибкости $l_0/I > 14$ влияние прогиба элемента на его прочность (l_0 — расчетная длина элемента, I — радиус инерции в силовой плоскости поперечного сечения элемента).

Расчет слабоармированных сечений

При определении ширины раскрытия трещин для слабоармированных сечений при $M = M_{cr}$ трещины сразу получают большое раскрытие. В программе величина a_{cr} в диапазоне $M_{cr} \leq M \leq M_0$ уменьшается умножением на коэффициент, учитывающий работу растянутого бетона над трещиной [4].

Ограничения реализации



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

Не выполняется расчет предварительно напряженных железобетонных элементов.

Не выполняется расчет на выносливость.

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

7.7 Нормативные документы, требования которых реализованы в программе АРБАТ

| Режим | Ссылки на пункты норм и стандартов |
|------------------------------------|---|
| Класс бетона | табл. 12, 13 СНиП 2.03.01-84* [19] |
| Марка бетона | табл. 11, 13 СНиП II-21-75 [31] |
| Арматура | табл. 19, 22 СНиП 2.03.01-84* [19]; ГОСТ 5781-82* |
| Коэффициенты условий работы | табл. 15–17 СНиП 2.03.01-84* [19] |
| Предельные прогибы | табл. 19, 21, 22 СНиП 2.01.07-85* [17] |
| Сопротивление сечений | пп. 3.10–3.12, 3.15–3.20, 3.24, 3.6, 3.28, 3.30, 3.32 СНиП 2.03.01-84* [19]; пп. 3.1, 3.11–3.23, 3.50–3.54, 3.61–3.62, 3.64–3.68, 3.30–3.33, 3.40, 4.2–4.4, 4.7–4.9, 4.11 Пособия к СНиП 2.03.01-84* [11] |
| Прогиб балки | пп. 4.24, 4.27–4.31 СНиП 2.03.01-84* [19]; пп. 4.12–4.19, 4.21, 4.22 Пособия к СНиП 2.03.01-84* [11] |
| Экспертиза балки | пп. 3.10–3.12, 3.15–3.18, 3.30, 3.32 СНиП 2.03.01-84* [19]; пп. 3.1, 3.11–3.23, 3.30–3.33, 3.40, 4.2–4.4, 4.7–4.9, 4.11 Пособия к СНиП 2.03.01-84 [11] |
| Экспертиза колонны | пп. 3.10–3.12, 3.19–3.20, 3.24, 3.6, 3.28, 3.30, 3.32 СНиП 2.03.01-84*; пп. 3.1, 3.50–3.54, 3.61–3.62, 3.64–3.68, 3.30–3.33, 3.40, 4.2–4.4, 4.7–4.9, 4.11 Пособия к СНиП 2.03.01-84 [11] |
| Экспертиза плиты | пп. 2.3, 2.12–2.14, 2.17, 2.26, 2.30, 4.1, 4.2, 4.5, 4.13, 4.14, 5.3, 5.5, 5.16 СНиП 2.03.01-84* [19]; пп. 18, 19 Инструкции [5]; пп. 6.19, 6.23, 6.29, 6.37, 6.40, 6.42–6.44, 6.46, 6.49, 6.50 Пособия к СНиП 2.03.01-84* [11] |
| Подбор арматуры в балке | пп. 3.10–3.12, 3.15–3.18, 3.30, 3.32 СНиП 2.03.01-84*; пп. 3.1, 3.11–3.23, 3.30–3.33, 3.40, 4.2–4.4, 4.7–4.9, 4.11 Пособия к СНиП 2.03.01-84* [11] |
| Подбор арматуры в колонне | пп. 3.10–3.12, 3.19–3.20, 3.24, 3.6, 3.28, 3.30, 3.32 СНиП 2.03.01-84*; пп. 3.1, 3.50–3.54, 3.61–3.62, 3.64–3.68, 3.30–3.33, 3.40, 4.2–4.4, 4.7–4.9, 4.11 Пособия к СНиП 2.03.01-84* [11] |
| Местное сжатие | пп. 3.39 – 3.41 СНиП 2.03.01-84* [19]; п. 3.94 Пособия к СНиП 2.03.01-84* [11] |
| Продавливание | пп. 3.42, 5.29 СНиП 2.03.01-84* [19]; п. 3.98 Руководства [33] |
| Отрыв | п. 3.43 СНиП 2.03.01-84* [19]; п. 3.97 Пособия к СНиП 2.03.01-84* [11]; п. 3.121 Руководства к СНиП 2.03.01-84* [15] |
| Закладные детали | пп. 3.44–3.46 СНиП 2.03.01-84* [19] |

8. Программа Монолит

8.1 Предварительные сведения

Программа **Монолит** предназначена для проектирования железобетонных монолитных ребристых перекрытий, образованных системой плит и балок, опирающихся на колонны и/или стены. В качестве исходных данных в ней могут быть использованы результаты подбора арматуры в элементах железобетонных конструкций, полученные как с помощью комплекса **SCAD**, так и других программ. Система разработана в соответствии с требованиями действующих норм:

СНиП 2.03.01-84* Бетонные и железобетонные конструкции. Строительные нормы и правила [19];

ГОСТ 21.501-93 (ДСТУ Б А.2.4-7-95). Система проектной документации для строительства. Правила выполнения архитектурно-строительных рабочих чертежей [1];

ГОСТ 21.101-97 (ДСТУ Б А.2.4-4-99). Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации [2].

Кроме этого, при создании программы **Монолит** использовались:

Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов без предварительного напряжения арматуры (к СНиП 2.03.01-84) [11];

Руководство по конструированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона (без предварительного напряжения) [15];

Справочное пособие Проектирование железобетонных конструкций [14].

В программе предусматривается армирование конструкций сварными каркасами и сетками, изготавливаемыми с помощью точечной сварки. При этом максимальный размер арматурных изделий (сеток) может быть задан пользователем. При отсутствии таких указаний максимальная ширина сварных сеток принимается по умолчанию равной 3,0 м.

Результатом работы программы является необходимый комплект рабочих чертежей перекрытия, который включает: опалубочный план с характерными сечениями, планы верхней и нижней арматуры плиты (раскладка арматурных сеток или отдельных стержней), арматурные чертежи балок, чертежи сварных каркасов и сеток, использованных для армирования плит и балок, ведомость деталей, ведомости расхода стали по балкам, плитам и сводная, а также спецификации по балкам, плитам и сводная. Приводятся необходимые примечания.

Все выходные документы готовятся в стандартном формате для большинства печатающих устройств — А4. Но можно выводить их и на устройства другого формата, а также

плоттер. Документы печатаются в заданной ориентации **Портрет** или **Альбом** (свойство печатающего устройства). Для части из них ориентация фиксирована и не зависит от настройки принтера (как правило, из соображений удобства отображения информации).

8.1.1 Общая схема перекрытия

Общая схема перекрытия komponуется на ортогональной сетке узлов, имеющих последовательную нумерацию. Узлы располагаются в местах пересечения конструктивных элементов перекрытия — балок, стен, колонн. Плиты приняты постоянной толщины по всему перекрытию, верх плиты может находиться на одном уровне с верхней гранью балок (ребра вниз) или низ плиты — с нижней гранью балок (ребра вверх). Балки прямоугольного сечения подразделяются на второстепенные, воспринимающие равномерно распределенную нагрузку от плит перекрытия, и главные, несущие нагрузку от второстепенных балок перпендикулярного направления и плит перекрытия. Опорами перекрытия служат несущие стены здания и/или колонны каркаса. При этом условия опирания перекрытия на стены определяются материалом стен: кирпичных, предусматривающих свободное безмоментное опирание балок и плит, и бетонных, монолитно связанных с перекрытием и обеспечивающих жесткое, моментное сопряжение балок и плит с опорной конструкцией. Все несущие элементы сооружения (стены, колонны, балки) могут быть смещены относительно осей, соединяющих узлы разбивочной сетки.

8.1.2 Балки

Необходимое сечение продольной A_s (см²) и поперечной A_{sw} (см²/м) арматур в главных и второстепенных балках задается на отдельных участках (не менее трех и не более десяти) по длине пролета балки. В пределах участка армирование предполагается постоянным. Армирование на опорах определяется сечением арматуры, заданным на приопорных участках. При задании пяти и более участков по длине пролета конструирование выполняется с учетом рационального распределения материала (переменный шаг поперечных стержней и обрыв пролетной арматуры на участках, где ее полное сечение не требуется).

Балки перекрытия армируются в пролетах плоскими сварными каркасами, объединяемыми в пространственные блоки путем приварки поперечных стержней. При ширине балки до 150 мм в пролете может быть установлен один каркас. При большей ширине в пролете балки устанавливается два и более сварных каркаса в зависимости от требуемого по расчету сечения арматуры и условий ее размещения. Каркасы имеют один или два продольных рабочих стержня у верхней или нижней грани сечения. В тех случаях, когда продольных стержней два, они располагаются в двух уровнях с зазором. В зависимости от размеров сечения балки диаметр используемых

продольных стержней ограничен следующими предельными значениями:

| высота балки* (мм) | ≤ 400 | ≤ 600 | > 600 |
|--|-------|-------|-------|
| максимальный диаметр продольных стержней каркаса | 22 | 30 | 40 |

*Высота балки включает толщину плиты.

8.1.3 Плиты

Плиты перекрытия армируются в пролете и на опорах плоскими сварными сетками с рабочей арматурой в одном или двух направлениях в зависимости от условий работы данного участка плиты или вязаными сетками с раздельной арматурой без отгибов.

Во всех случаях сечение рабочей арматуры (см²/м) принимается не менее $0,0005 h_p$, где h_p — толщина плиты в см. Если сечение арматуры является расчетным, арматурные стержни укладываются с шагом не более 200 мм при толщине плиты до 150 мм и не более $1,5 h_p$ при h_p более 150 мм. Стержни распределительной арматуры сеток (если в этом направлении арматуры по расчету не требуется) назначаются по условиям сварки. Пролетная арматура плиты, укладываемая понизу в пределах участка, ограниченного примыкающими балками или стенами, назначается в зависимости от размеров участка и предельной ширины сеток в виде одной или нескольких сварных сеток. В последнем случае стыки сеток выполняются внахлестку в направлении меньшего сечения арматуры сетки. При этом, если в пределах стыка оказывается меньше двух поперечных стержней, в конструкцию сеток вводятся дополнительные стержни, обеспечивающие это условие.

Глубина опирания плит на кирпичные стены может быть задана пользователем, но она должна быть не менее 120 мм. Если глубина опирания не задана, то она принимается по умолчанию равной 120 мм. В местах свободного опирания плит на кирпичные стены пролетные сварные сетки заводятся за грань опоры. Если глубина опирания не позволяет осуществить необходимую анкеровку продольных стержней (10 диаметров), к сеткам при монтаже арматуры привариваются дополнительные поперечные стержни.

Армирование плит у мест опирания осуществляется плоскими сварными сетками с рабочей арматурой в одном направлении, которые укладываются в верхней зоне сечения плиты. Сетки укладываются со стыками «вразбежку» с зазором между крайними рабочими стержнями, не превышающим шаг этих стержней в сетке. Сечение рабочей арматуры опорных сеток принято одинаковым на всем протяжении линии опирания и определяется максимальным требуемым сечением арматуры в участках плит, примыкающих к данной опоре. Сетки, расположенные в местах, где верхняя арматура назначена по расчету (монолитная связь плиты с примыка-

ющими конструкциями), заводятся в пролет на расстояние 0,25 длины пролета, а в местах опирания на кирпичные стены — 0,1 длины пролета. В местах монолитного сопряжения плит с примыкающими конструкциями стен или балок на крайних опорах (одностороннее примыкание плиты) опорные сетки заводятся за грань опоры на величину анкеровки. При этом, в случае необходимости, концы сеток отгибаются.

8.2 Управление программой

8.2.1 Главное окно



Рис. 8.2.1-1. Главное окно

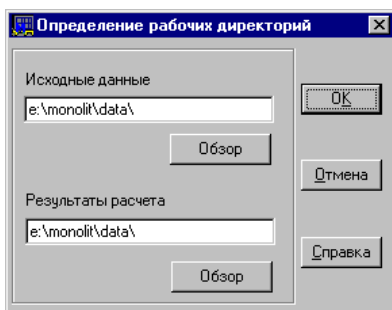


Рис. 8.2.1-2. Диалоговое окно

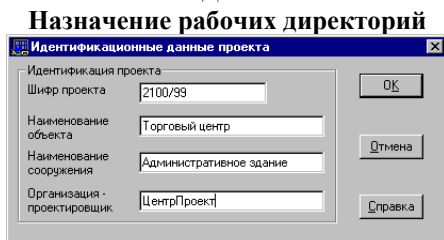


Рис. 8.2.1-3. Диалоговое окно
Идентификационные данные
проекта

При обращении к программе первым на экране монитора появляется **Главное окно** (рис. 8.2.1-1), с помощью которого организована работа с программой **Монолит**. Меню окна содержит четыре раздела: **Проект**, **Функция**, **Параметры** и **Помощь**.

Раздел **Проект** включает следующие операции:

- **Новый проект** — создание нового проекта;
- **Открыть проект** — чтение ранее созданного проекта;
- **Сохранить проект** — запись проекта без изменения имени;
- **Сохранить как ...** — запись проекта с новым именем;
- **Закрыть проект** — закрытие текущего проекта перед началом работы с новым проектом;
- **Выход** — завершение работы с программой.

В нижних строках меню записаны имена файлов последних пяти проектов, с которыми работал пользователь. В тех случаях, когда предполагается работа с одним из этих проектов, достаточно выбрать его из меню.

Раздел **Функции** используется для вызова функций программы и дублирует соответствующие кнопки главного окна.

Раздел **Параметры** содержит набор операций, используемых для настройки программы. К ним относятся:

- **Назначение рабочих директорий** (рис. 8.2.1-2) — указание директорий, в которые записываются файлы с исходными данными и результатами расчета. Эта операция доступна только тогда, когда проект закрыт (в разделе **Проект** выполнить операцию **Закрыть проект**);
- **Идентификационные данные проекта** (рис. 8.2.1-3) — ввод информации, содержащей сведения об объекте проектирования, проектной организации и т.п.
- **Настройка просмотра сообщений об ошибках** — указание на приложение, используемое для вывода сообщений (например, MS Word);
- **Основная надпись (Форма 3)** (рис. 8.2.1-4) дает возможность заполнить поля основной надписи формы 3 по ГОСТ 21.101-97, которые будут общими для всех проектов, выполняемых с помощью программы **Монолит**. Поля, отмеченные серым цветом, заполняются программой автоматически на основе введенных идентификационных данных;
- **Основная надпись (Форма 6)** (рис. 8.2.1-5) дает возможность заполнить поля основной надписи формы 6 по ГОСТ

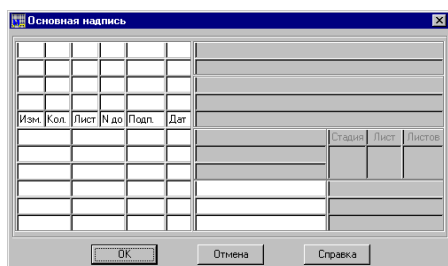


Рис. 8.2.1-4. Диалоговое окно
Основная надпись Форма 3

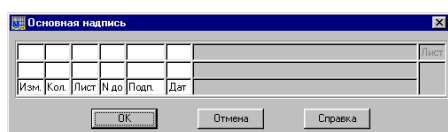


Рис. 8.2.1-5. Диалоговое окно
Основная надпись Форма 6

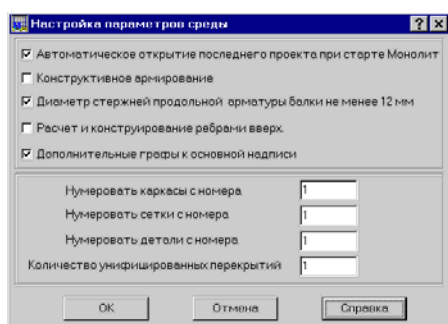


Рис. 8.2.1-6. Диалоговое окно
Настройка параметров среды

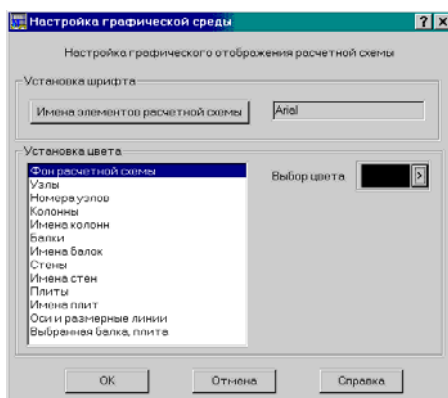


Рис. 8.2.1-7. Диалоговое окно
Настройка графической среды

21.101-97, которые будут общими для всех проектов, выполняемых с помощью программы **Монолит**. Поля, отмеченные серым цветом, заполняются программой автоматически в зависимости от вида чертежа;

- **Настройка параметров среды** (рис. 8.2.1-6) активизацией кнопок-маркеров предоставляет выбор:

- ♦ **Автоматическое открытие последнего проекта при старте Монолит** — если маркер активен, то при загрузке программы последний рабочий проект будет активным;
- ♦ **Конструктивное армирование** — эта функция позволяет после описания геометрии схемы и нажатия кнопки **Расчет** получить законструированное перекрытие с минимальным процентом армирования. Величины площадей арматуры, полученные в результате расчета, запоминаются, и их можно просмотреть на страницах **Армирование плит** и **Армирование балок**. В случае необходимости эти величины можно откорректировать и повторить расчет;
- ♦ **Диаметр стержней продольной арматуры балки не менее 12 мм** — маркер по умолчанию находится в активном состоянии для выполнения требования о том, что продольная рабочая арматура в балке должна быть не менее 12 мм. Если пользователь считает, что в его случае арматура может быть и меньшего диаметра, то эту функцию надо отключить;
- ♦ **Расчет и конструирование ребрами вверх** — выбор конструирования перекрытия, у которого ребра направлены вверх (полка вниз), т.е. нижняя грань балки совпадает с низом плиты перекрытия;
- ♦ **Дополнительные графы к основной надписи** позволяет вывести дополнительные графы к основной надписи для чертежей согласно ДСТУ Б А.2.4-4-99 (ГОСТ 21.101-97) [2].

Кроме того, в окне **Настройка параметров среды** находятся поля ввода для назначения стартового номера при нумерации каркасов, сеток и деталей, что позволяет сделать сквозную нумерацию в проекте, состоящем из нескольких перекрытий. Для получения сводных спецификаций и ведомостей для нескольких одинаковых перекрытий следует указать их количество в поле ввода **Количество унифицированных перекрытий**.

- **Настройка графической среды** (рис. 8.2.1-7) — эта операция содержит элементы управления настройкой графической среды, которые позволяют установить шрифт и цвет надписей, а также цвет фона и элементов схемы при отображении данных в окне **Расчетная схема**.

Раздел **Помощь** включает пункты, позволяющие получить справочную информацию о подсистеме в целом и подробную информацию о подготовке данных, управлении про-

цессом и т.п.

Три кнопки **Расчет**, **Сообщения** и **Справка** расположены в нижней части окна и являются общими элементами управления для всех страниц.

Кнопка **Расчет** доступна только в случае, когда введено достаточное количество данных для конструирования. К ним относятся описания конструктивных элементов, составляющих схему, а также площади арматуры в плитах и балках. Ее можно использовать и для проверки геометрии схемы. В последнем случае достаточно задать только конструктивные элементы и не задавать арматуру (программа выдаст сообщение об отсутствии данных по арматуре).

Кнопка **Сообщения** становится доступной в тех случаях, когда в процессе контроля исходных данных или при выполнении расчета обнаружены ошибки. После нажатия на нее выводится список ошибок.

Кнопка **Справка** используется для активизации доступа к справочной информации по управлению программой.

В левой нижней части главного окна расположена кнопка **Выход**, нажатие которой приводит к завершению работы программы (на страницах подготовки данных на ее месте находится кнопка **Меню**, которая служит для перехода в главное окно).

В центральной части главного окна расположены функциональные кнопки для инициализации информационных режимов работы программы (**Характеристики бетона** и **Характеристики арматуры**) и проектирующих режимов (**Координационные оси**, **Ввод исходных данных** и **Конструирование**).

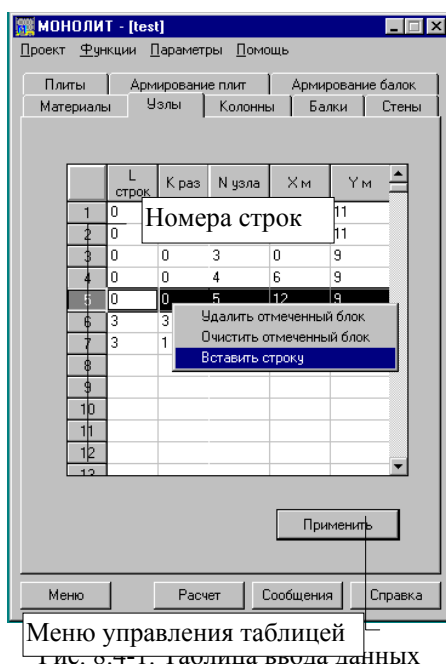
8.3 Ввод исходных данных

В этом разделе описываются правила подготовки исходных данных, необходимых для проектирования перекрытий. Подготовка данных включает задание сетки координационных осей и описание схемы перекрытия (инициализируются нажатием кнопок **Координационные оси** и **Ввод исходных данных** соответственно в главном окне). Многостраничное окно **Ввод исходных данных** включает девять закладок: **Материалы**, **Узлы**, **Колонны**, **Балки**, **Стены**, **Плиты**, **Отверстия**, **Армирование плит** и **Армирование балок**. За исключением страницы **Материалы**, основным инструментом для ввода данных являются таблицы (рис. 8.4-1). Ниже приводятся основные правила работы с таблицами.

8.4 Работа с таблицами

Для ввода табличной информации используются универсальные таблицы. При вводе числовых данных следует придерживаться следующих правил:

- разделителем дробной и целой части числа является точка или другой символ, назначенный пользователем при настройке операционной системы (см. **Мой компьютер** | **Панель управления** | **Язык и стандарты** | **Числа**; для англоязычного варианта соответственно **My computer** | **Control Panel** |



8.5 Координационные оси

Regional Settings | Number);

- после завершения ввода числа следует нажать клавишу **Enter**, и поле ввода перейдет к следующей ячейке таблицы;
- смещение информации в таблице по горизонтали и вертикали выполняется с помощью полос прокрутки;
- введенную в таблицу информацию можно запомнить в системном буфере (**clipboard**), для этого следует выделить нужные строки и нажать клавиши **Ctrl+Ins**;
- информация в таблицу может быть перенесена из системного буфера, для этого надо установить курсор в ячейку, начиная с которой вводится информация, и нажать клавиши **Shift+Ins**;
- выделение строк в таблице выполняется указанием курсора на номер строки в первом столбце таблицы (здесь и далее под указанием курсором следует понимать установку курсора на элемент управления и нажатие на левую кнопку мыши);
- для удаления одной или нескольких строк (блока) необходимо их выделить, нажать на правую клавишу мыши и воспользоваться соответствующим разделом в предложенном меню;
- для ввода новых строк в середину таблицы необходимо выделить строку, перед которой добавляется новая строка, и воспользоваться правой клавишей мыши для вызова меню.

Особенностью работы с таблицами в программе является возможность повторить какую-либо информацию с определенным шагом (это касается данных, задаваемых на страницах **Узлы**, **Колонны**, **Балки**, **Стены**, **Плиты**, **Отверстия**). Для этого в таблицах отведены две первые графы. В первой (**L строк**) — указывается количество строк, предшествующих текущей, которые надо повторить, а во второй (**К раз**) — количество повторений. В остальных графах этой строки задаются шаги повторений, которые для каждой позиции могут быть различными как по величине, так и по знаку.

Для указанных выше страниц характерным является наличие кнопки **Применить**, нажатие которой активизирует операцию ввода данных, их контроль и одновременно отображение графической информации в окне **Расчетная схема**.

Координационные оси не являются обязательным атрибутом исходных данных, но их наличие позволяет упростить задание опорных узлов и делает схему более наглядной. Ввод координационных осей может выполняться как до, так и после задания узлов. В первом случае координационные оси будут являться основой для построения сетки узлов, которые можно автоматически породить на пересечении осей. Во втором случае оси будут построены на основе всех заданных узлов, и узлы будут рассматриваться как точки пересечения осей.

Ввод осей выполняется в двухстраничном диалоговом окне (рис. 8.5-1). На первой странице этого окна (**Оси горизонтальные**) в таблице задается шаг осей по направлению оси Y и количество повторяющихся шагов. Если оси

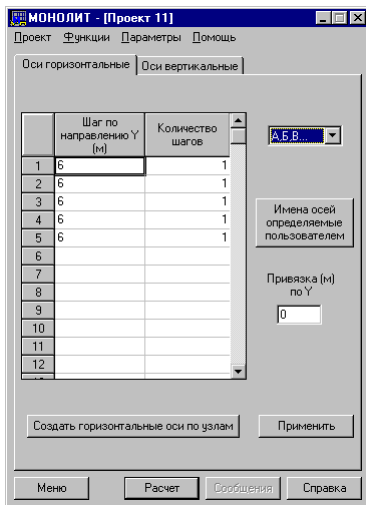


Рис. 8.5-1. Диалоговое окно для ввода координационных осей

привязываются к точке, координаты которой по оси Y отличны от нуля, то в поле ввода данных **Привязка (м) по Y** задается величина смещения. Аналогично описываются вертикальные оси, шаг которых и привязка задаются вдоль оси X.

В случае, если имена осей отличаются от установленных по умолчанию (для горизонтальных осей — буквенные, а вертикальных — цифровые), то можно воспользоваться кнопкой **Имена осей, определяемые пользователем** и в диалоговом окне **Имена координационных осей** (рис. 8.5-2) заменить установленные программой имена на другие (до трех символов).

Оси отображаются на расчетной схеме после нажатия кнопки **Применить**.

Если ввод осей выполняется на ранее заданных узлах, то их автоматическая генерация будет выполнена после нажатия кнопок **Создать горизонтальные оси по узлам** и **Создать вертикальные оси по узлам** на соответствующих страницах.

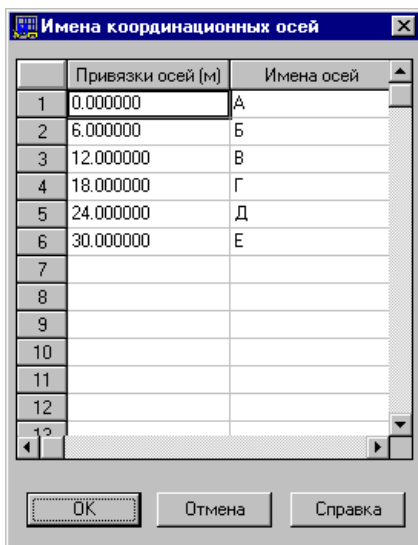




Рис. 8.5-2. Диалоговое окно Имена координационных осей

Отображение осей выполняется в окне **Расчетная схема** (рис. 8.5-3) нажатием кнопки  — показать координационные оси, а размерных линий на осях — кнопки  — показать размерные линии.

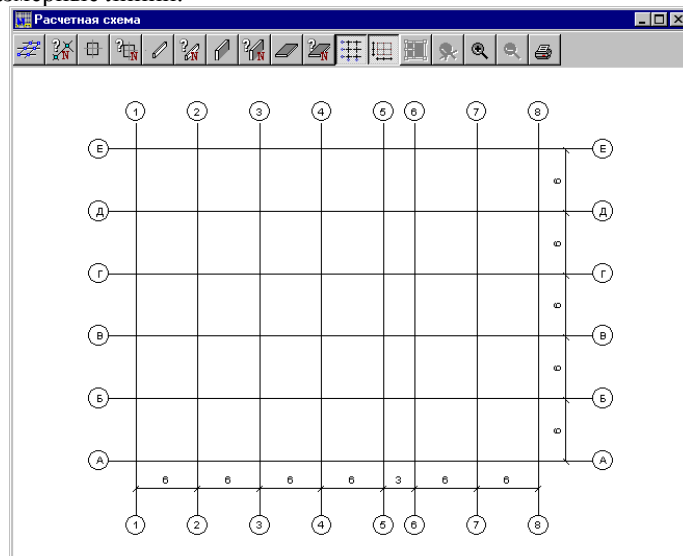


Рис. 8.5-3 Окно Расчетная схема

8.5.1 Окно Расчетная схема

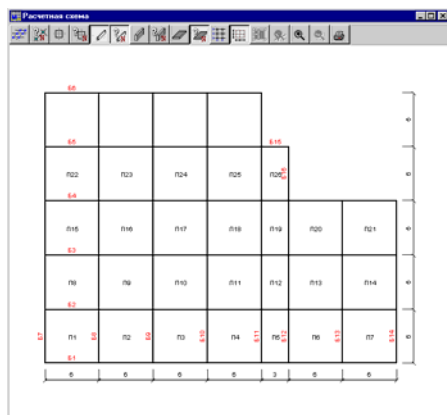


















Рис. 8.5.1-1. Окно Расчетная схема

Графическое отображение исходных данных выполняется в окне **Расчетная схема** (рис. 8.5.1-1). Окно включает инструментальную панель, содержащую следующий набор кнопок управления отображением:

-  — показать узлы;
-  — показать номера узлов;
-  — показать колонны;
-  — показать имена колонн;
-  — показать балки;
-  — показать имена балок;
-  — показать стены;
-  — показать имена стен;
-  — показать плиты;
-  — показать имена плит;
-  — показать координационные оси;
-  — показать размерные линии;
-  — исходное изображение;
-  — увеличить изображение;
-  — уменьшить изображение;
-  — вывод на печать.

Информация в окне обновляется после нажатия кнопки **Применить** на страницах режима подготовки исходных данных.

8.5.2 Материалы

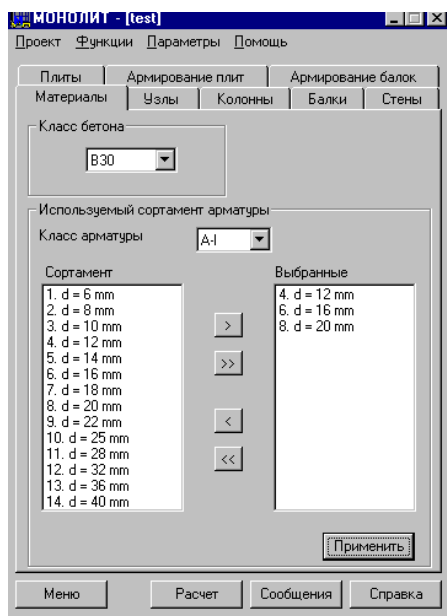






Рис. 8.5.2-1. Страница Материалы

На этой странице (рис. 8.5.2-1) назначаются виды материалов (бетон и арматура), которые будут использованы при проектировании перекрытия.

Класс бетона, единый для всего перекрытия, выбирается из одноименного списка.

Для каждого класса арматуры, используемого в перекрытии, может быть назначен допустимый для применения набор диаметров. Для назначения этого набора следует выбрать в списке **Класс арматуры** наименование класса, после чего в список **Сортамент** будет помещен перечень всех выпускаемых диаметров арматуры данного класса. Одновременно этот перечень помещается и в список **Выбранные**. Если из списка **Выбранные** не удалялись данные, то это означает, что при проектировании перекрытия можно использовать весь сортамент данного класса. В противном случае использоваться будут только те диаметры арматуры, которые остались в списке.

Управление переносом данных из левого списка в правый выполняется с помощью двух кнопок. Кнопка  позволяет перенести в правый список только отмеченные в левом списке позиции. Кнопка  переносит в правый список все содержимое левого списка.

Аналогично выполняется корректировка позиций правого списка. Для удаления только выбранных позиций используется кнопка , а для полной очистки правого списка — кнопка .

Информация, назначенная при работе с этой страницей, будет применена при проектировании в том случае, если была нажата кнопка **Применить**.

8.5.3 Узлы

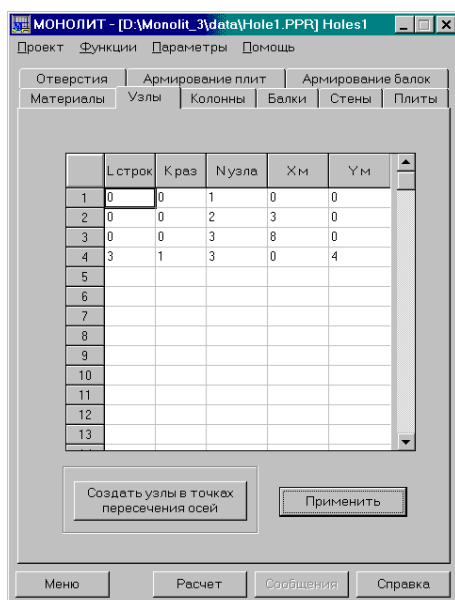


Рис. 8.5.3-1. Страница Узлы

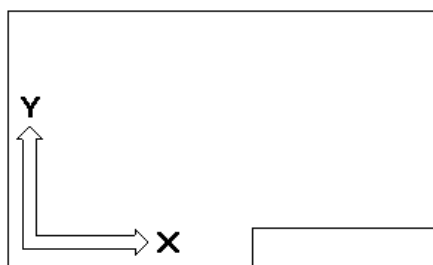


Рис. 8.5.3-2. Направление координатных осей

Геометрия перекрытия задается на ортогональной сетке узлов. В качестве узлов сетки используются геометрические места соединения конструктивных элементов перекрытия — балок, стен, колонн, плит. Положение узлов описывается в таблице (рис 8.5.3-1) двумя координатами X , Y плоскости, на которой расположено перекрытие (см. рис. 8.5.3-2). Каждая строка содержит пять граф.

Первые две графы используются при работе с повторителями (см. раздел 8.4).

В третьей графе задается номер узла схемы (N узла). Узлы не должны иметь одинаковые номера. За этим необходимо следить, особенно при использовании повторителей.

В четвертой и пятой — координаты узла в метрах (X_m и Y_m , соответственно).

Использование кнопки **Применить** допускается на любом шаге подготовки данных, что позволяет проконтролировать заданную информацию графически в окне **Расчетная схема**.

Кнопки **Расчет**, **Выход** и **Справка** описаны в разделе 8.2.1 Главное окно.

8.5.4 Колонны

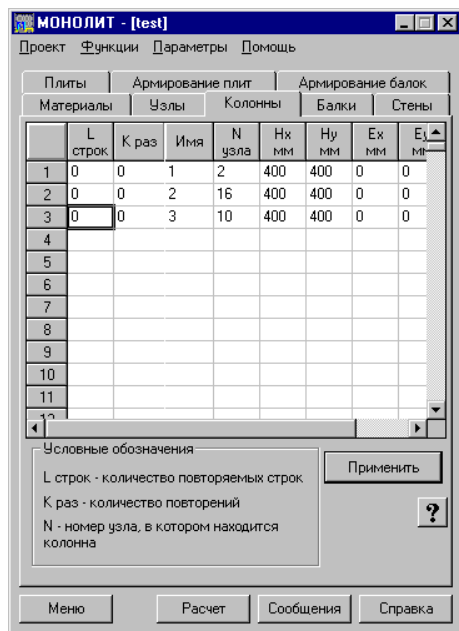


Рис. 8.5.4-1. Страница Колонны

На этой странице (рис. 8.5.4-1) описываются сечения и размещение колонн, на которые опираются балки и плиты. Данные вводятся в восьми графах таблицы.

Первые две графы используются для описания повторителей (см. раздел 8.4).

В третьей графе указывается имя колонны — **Имя**. Это число, которое на чертеже будет приписано к букве «К» (например, если введено число 7, то имя колонны будет К7). Числа могут быть любые, т.е. не обязательно по порядку и по возрастанию.

В четвертой графе задается номер узла — **N узла**, в котором расположена колонна.

В пятой и шестой графах — размеры сечения колонны (в миллиметрах) **Нх** и **Ну**, по направлению осей X и Y, соответственно.

В седьмой и восьмой графах задаются эксцентриситеты **Ех** и **Еу** расположения колонны относительно узла привязки (в миллиметрах). Правило задания эксцентриситетов приведено в информационном окне, которое вызывается нажатием кнопки **?**.

При нажатии кнопки **Применить** в окне **Расчетная схема** появляются изображения колонн и их имена.

8.5.5 Балки

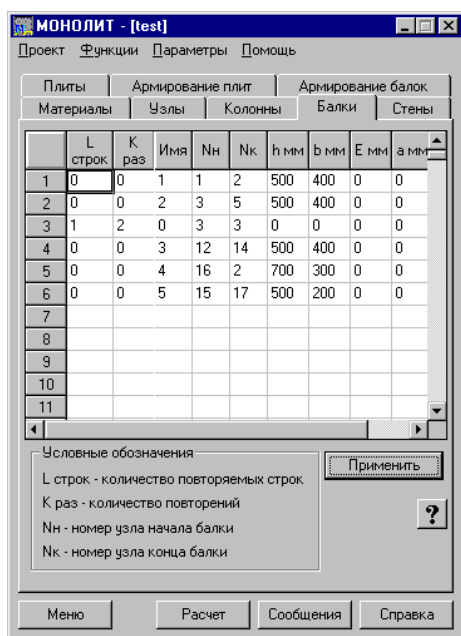


Рис. 8.5.5-1. Страница Балки

На этой странице (рис. 8.5.5-1) описываются балки, образующие перекрытие. Балки могут располагаться только вдоль осей координат. В программе реализовано понятие *унифицированная группа балок*. В одну группу входят балки, у которых совпадают следующие характеристики:

- размеры сечения;
- длина (с учетом опирания на кирпичную стену);
- количество опорных узлов;
- расстояние между соответствующими опорными узлами;
- армирование.

Все балки группы должны иметь одно (оригинальное) имя.


Таблица содержит девять граф.

Первые две графы используются для описания повторителей (см. раздел 8.4).

В третьей графе указывается имя балки — **Имя**. Это число, которое на чертеже будет приписано к букве «Б» (например, если введено число 12, то имя балки будет Б12).

В четвертой графе задается номер узла **Nн**, в котором балка начинается, а *в пятой* — номер узла — **Nк**, в котором балка заканчивается. Желательно описывать балку в порядке возрастания координат узлов начала и конца балки.

В шестой графе необходимо указать высоту сечения балки **h** (высота балки включает толщину плиты), а *в седьмой* — ее ширину **b** в миллиметрах.

В восьмой графе задается эксцентриситет — **E** расположения балки относительно ближайшей геометрической оси ортогональной сетки, проходящей через крайние узлы балки. Правило задания эксцентриситетов (смещений) описано в информационном окне, которое вызывается нажатием кнопки .

Если балка опирается на кирпичную стену, то в *девятой графе* необходимо задать глубину опирания — **a**.

Если нажать кнопку **Применить**, то можно проконтролировать расположение балок на схеме в окне **Расчетная схема**.

8.5.6 Стены

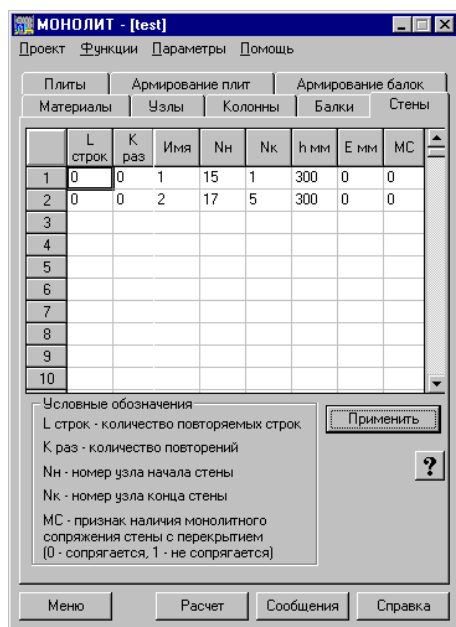


Рис. 8.5.6 -1. Страница Стены

На этой странице (рис. 8.5.6-1) описываются стены, на которые опираются перекрытия. Описание стен происходит по общепринятым правилам.

Первые две графы используются для описания повторителей (см. раздел 8.4).

В третьей графе задается имя стены — **Имя**. Это число, которое будет приписано к букве «С» на чертеже (например, если введено число 5, то имя стены будет С5).

В четвертой графе — номер узла **Nн**, в котором начинается стена, а в пятой — номер узла **Nк**, в котором стена заканчивается. Желательно стены описывать в порядке возрастания координат узлов начала и конца стены.

В шестой графе задается толщина стены **h** в миллиметрах.

В седьмой графе — эксцентриситет расположения стены **E** относительно ближайшей геометрической оси ортогональной сетки, проходящей через крайние узлы стены (в миллиметрах). Правило задания эксцентриситетов описано в информационном окне, которое вызывается нажатием кнопки **?**.

В восьмой графе необходимо задать признак наличия монолитного сопряжения стены с перекрытием — **МС**. Если стена железобетонная, то $МС = 0$, если кирпичная, то $МС = 1$.

Если нажать кнопку **Применить**, то можно проверить правильность задания информации о стенах в окне **Расчетная схема**.

8.5.7 Плиты

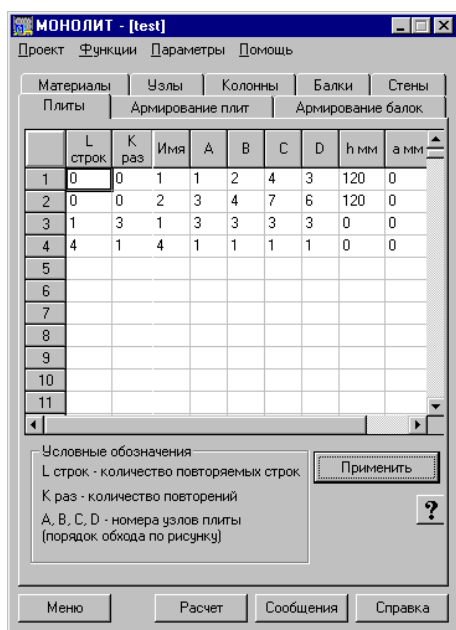


Рис. 8.5.7-1. Страница Плиты

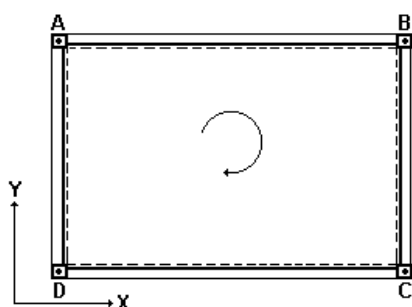


Рис. 8.5.7-2. Порядок следования узлов

На этой странице (рис. 8.5.7-1) задается информация о плитах перекрытия или, точнее, об участках перекрытия, ограниченных со всех сторон балками или стенами (допускается случай, когда края плиты не закреплены — консольные свесы). Плиты могут быть только прямоугольной формы. В программе реализовано понятие **унифицированная группа плит**. В одну группу входят плиты, у которых совпадают следующие характеристики:

- размеры (с учетом опирания на кирпичную стену);
- характер опирания по контуру;
- армирование.

Все плиты группы должны иметь одно (оригинальное) имя.

Первые две графы таблицы используются для описания повторителей (см. раздел 8.4).

В третьей графе задается имя участка плиты **Имя** — это число, которое будет приписано к букве «П» на чертеже (например, если введено число 8, то имя плиты будет П8).

В графах с четвертой по седьмую задаются номера узлов, описывающих плиту в порядке следования узлов **A, B, C, D**, указанном на рисунке 8.5.7-2. Кроме того, правило задания плит описано в информационном окне, которое вызывается нажатием на кнопку

В восьмой графе задается толщина плиты **h** (в миллиметрах).

В девятой графе задается глубина опирания плиты на кирпичную стену **a**. Если плита не опирается на кирпичную стену, то вводится ноль.

Если нажать кнопку **Применить**, то в окне **Расчетная схема** можно получить изображение плит и проверить правильность задания данных.

8.5.8 Отверстия

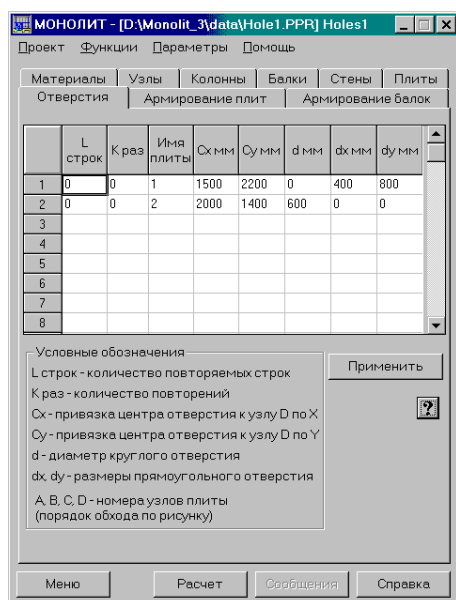


Рис. 8.5.8-1. Страница Отверстия

На этой странице (рис. 8.5.8-1) задается информация об отверстиях (проемах) в плитах перекрытия. Отверстия могут быть только прямоугольной и круглой формы. Если указать имя унифицированной группы плит, то отверстия будут во всех плитах, входящих в эту группу. Задавать можно только одно отверстие на одну плиту.

Первые две графы таблицы используются для описания повторителей (см. раздел 8.4).


В третьей графе задается имя плиты, в которой находится отверстие. **Имя плиты** — это число, которое приписывается к букве «П» (см. страницу **Плиты**).

В четвертой графе задается привязка центра отверстия по оси X (**Cx**) к левому нижнему узлу плиты (узел **D**) в миллиметрах.

В пятой графе задается привязка центра отверстия по оси Y (**Cy**) к левому нижнему узлу плиты (узел **D**) в миллиметрах.

В шестой графе задается диаметр отверстия (**d**) в миллиметрах, если отверстие круглое (если прямоугольное — ноль).

В седьмой и восьмой графах задаются размеры прямоугольного отверстия (**dx** и **dy**) в миллиметрах (для круглых отверстий — нули).

Правило описания отверстий иллюстрировано в информационном окне, которое вызывается нажатием на кнопку .

В выходных документах привязка отверстия дается к ближайшему углу плиты «в свету». Отдельно выводятся чертежи отверстий (по два на лист и в порядке их описания) с обрамляющими стержнями и их размерами.

Примечания:

1. Если в схеме перекрытия есть отверстия, обрамленные армированными ребрами, то в документ **Отверстия** они не вносятся. Для их описания достаточно обрамляющие ребра описать как балки (страница **Балки**), считая, что участок перекрытия между этими балками (ребрами) отсутствует.

2. Рекомендуется задавать только одно отверстие на одну плиту.

Программа не контролирует расположение отверстий друг относительно друга и взаиморасположение стержней, обрамляющих разные отверстия одной плиты.



8.5.9 Армирование плит

| Имя | Область | Na | Nb | ASXв см ² | ASXн см ² | ASYв см ² | ASYн см ² |
|-----|---------|------|----|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | П1 | A-B | 2 | 4 | 2 | 2 | |
| 2 | | B-C | 4 | 3 | 0,5 | 0,5 | |
| 3 | | C-D | 3 | 1 | 0,5 | 2 | |
| 4 | | D-A | 1 | 2 | 2 | 2 | |
| 5 | | Поле | - | - | 3,2 | 3,5 | |

Рис. 8.5.9-1. Страница Армирование плит

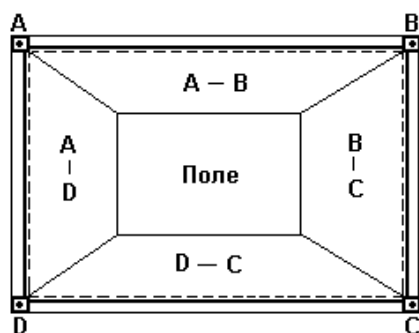


Рис. 8.5.9-2. Зоны описания арматуры в плите

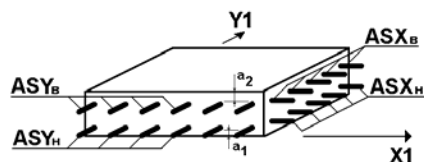


Рис. 8.5.9-3. Размещение арматуры в плите

На этой странице (рис. 8.5.9-1) задается необходимая для конструирования перекрытия информация об армировании плит, которая состоит из двух частей. Первая часть содержит информацию, относящуюся ко всему перекрытию: класс и стандарт рабочей и распределительной арматуры, величины защитных слоев, максимальная ширина сварных сеток. Вторая часть включает данные о площади верхней и нижней продольной арматуры вдоль направления осей X и Y и задается для каждой плиты отдельно. Эти данные вводятся в таблицу, которая содержит восемь граф.

Первые четыре графы заполняются автоматически на основе информации, заданной на странице **Плиты**.

В первой графе **Имя** записано имя плиты.

Во второй графе **Область** записаны условные обозначения сторон (граней) плиты, опертых на балку, стену или свободных (например, **A-B**), либо **Поле** — центральная зона плиты. Ширина краевых зон плиты принята равной 0,25 размера плиты в соответствующем направлении. **Поле** — оставшаяся центральная часть пространства плиты (рис. 8.5.9-2).

В третьей и четвертой графах записаны номера узлов плиты, соответствующие заданным на странице **Плиты**.


Следующие четыре графы заполняются значениями погонной площади арматуры (см²/м): **ASXв** и **ASXн** соответственно верхней и нижней вдоль оси X; **ASYв** и **ASYн** — верхней и нижней вдоль оси Y (рис. 8.5.9-3). Если информация о площади арматуры получена в результате расчета с помощью комплекса **SCAD**, то выполняется соответствие $ASXв \Rightarrow AS2$, $ASXн \Rightarrow AS1$, $ASYв \Rightarrow AS4$ и $ASYн \Rightarrow AS3$. Причем, для конечных элементов, расположенных в полосе, примыкающей к рассматриваемой грани плиты, находим максимальные значения площадей в направлениях вдоль рассматриваемой грани и перпендикулярных ей (вверху плиты и внизу).

Рекомендуется придерживаться следующего порядка подготовки данных на этой странице:

- ☞ назначить класс рабочей и распределительной, а также стандарт на выбранный сортмент арматуры;
- ☞ ввести величины защитных слоев;
- ☞ откорректировать (при необходимости) максимальную ширину сварных сеток;
- ☞ из списка плит выбрать плиту, для которой будут задаваться данные (выбранная плита будет выделена на схеме);
- ☞ заполнить таблицу.

После заполнения таблицы выбрать в списке следующую плиту и заполнить для нее только таблицу, так как вся остальная заданная в этом окне информация относится ко всем плитам перекрытия.

В тех случаях, когда параметры арматуры в плите не отличаются от аналогичных данных, заданных ранее, можно воспользоваться списком **Плита-аналог**. Из него выбирается номер (имя) плиты, все значения площадей арматуры которой будут скопированы в описание текущей плиты.

Правило задания арматуры в плитах показано в информационном окне, которое вызывается нажатием кнопки .

В разделе **Армирование** предоставлена возможность армирования плиты как сетками, так и отдельными стержнями.

Следует обратить внимание, что в списки **Имя плиты** и **Плита-аналог** будут включать только оригинальные имена, т.е. одинаковые имена повторяться не будут. Если в проекте предусмотрены унифицированные группы, то в списках будет приведено имя только первой плиты группы с перечнем соответствующих ей узлов. В результатах работы программы (**Сетки**, **Ведомость расхода стали**, **Спецификация по плитам**, **Спецификация сводная**) будут учтены все плиты, входящие в группу.

8.5.10 Армирование балок

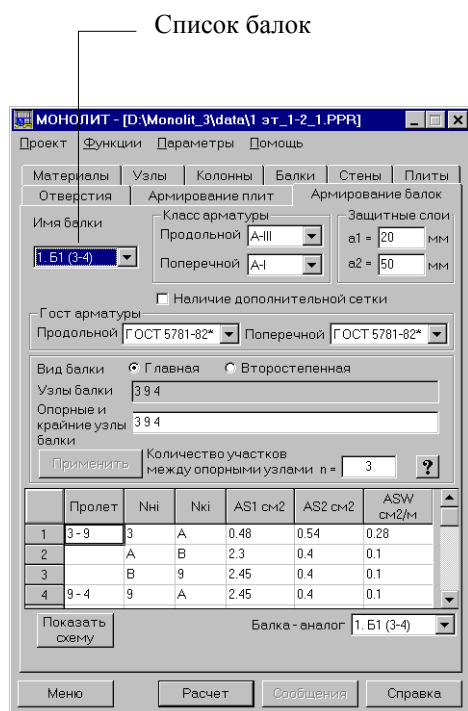


Рис. 8.5.10 -1. Страница Армирование балок

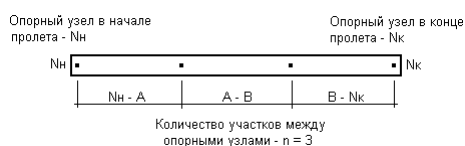


Рис. 8.5.10 -2. Пример описания пролета при трех участках разбиения

На этой странице (рис. 8.5.10-1) задается необходимая для конструирования информация об армировании балок. Информация включает данные о площади верхней и нижней продольной, а также поперечной арматуры, классе и стандартах арматуры, величине защитного слоя.

Балки делятся на два вида: **Главные** и **Второстепенные**. У **второстепенной** балки **опорными** могут быть все узлы. Такими узлами балка может примыкать к колонне, стене или другой балке. Если на балку опираются другие балки, то такая балка считается **главной** и часть ее узлов может не выполнять роль опорных. Например, это могут быть узлы, на которые опираются второстепенные балки.

Вид балки назначается с помощью маркеров. В поля ввода **Узлы** и **Опорные и крайние узлы балки** выводятся списки всех узлов, через которые проходит балка. При этом, во втором поле (**Опорные и крайние узлы балки**) список необходимо откорректировать, удалив из него номера неопорных узлов. Это означает, что в балке площадь арматуры всегда задается только между опорными узлами.

Данные о площади арматуры вводятся в таблицу, которая содержит шесть граф и включает информацию только об одной балке. Информация разбита на секции по количеству пролетов между опорными узлами балки. **Пролет** — это часть балки между опорными узлами или одним опорным узлом и крайним незакрепленным узлом (в случае консоли). Площадь арматуры назначается для заданного количества участков между опорными узлами пролета (значение указывается в одноименном поле ввода), а в случае наличия незакрепленного узла — между ним и опорным узлом (рис. 8.5.10 -2).

После назначения вида балки, количества участков между опорными узлами и списка опорных узлов необходимо нажать кнопку **Применить**, после чего количество и размер секций в таблице будут откорректированы в соответствии с заданным количеством пролетов и участков.

Первые три графы таблицы заполняются автоматически и включают следующие данные:

первая графа — номера узлов начала и конца пролета (**Nн** и **Nк**);

вторая и третья графы — идентификаторы участка в пролете (**Nни**, **Nки**), например, если пролет балки между узлами 33 и 34 разделен на три участка, то участки будут называться: 33-A, A-B, B-34;

четвертая графа — площадь нижней продольной арматуры на участке — **AS1** (см²);

пятая графа — площадь верхней продольной арматуры на участке — **AS2** (см²);


шестая графа — площадь поперечной арматуры на участке — **ASW** (см²/м).

Рекомендуется придерживаться следующего порядка подготовки данных на этой странице:

- ↪ из списка **Имя балки** выбрать балку, для которой будут задаваться данные (выбранная балка будет выделена на схеме);
- ↪ назначить класс продольной и поперечной арматуры, а также стандарт на выбранный сортамент арматуры;
- ↪ ввести величины защитных слоев;
- ↪ установить вид балки и откорректировать список опорных узлов балки;
- ↪ назначить количество участков между опорными узлами;
- ↪ нажать кнопку **Применить** для корректировки описания секций в таблице;
- ↪ заполнить таблицу.

После заполнения таблицы выбрать в списке следующую балку и повторить приведенные выше операции.

В тех случаях, когда параметры арматуры в балке не отличаются от аналогичных данных, заданных ранее, то можно воспользоваться списком **Балка-аналог**. Из него выбирается номер (имя) балки, все значения площадей арматуры которой будут скопированы в описание текущей балки.

Правила задания арматуры в балках описаны в информационном окне, которое вызывается нажатием кнопки .

Следует обратить внимание, что в списках **Имя балки** и **Балка-аналог** будут только оригинальные имена, т.е. одинаковые имена балок повторяться не будут. Если в проекте предусмотрены унифицированные группы балок, то в списке будет указана только первая из балок группы с соответствующими ей узлами. В выходных документах **Балки (пролеты)** будут выводиться только для первой балки группы, хотя в результатах работы программы (**Каркасы**, **Ведомость расхода стали**, **Спецификация по балкам**, **Спецификация сводная**) будут учтены все балки, входящие в группу.

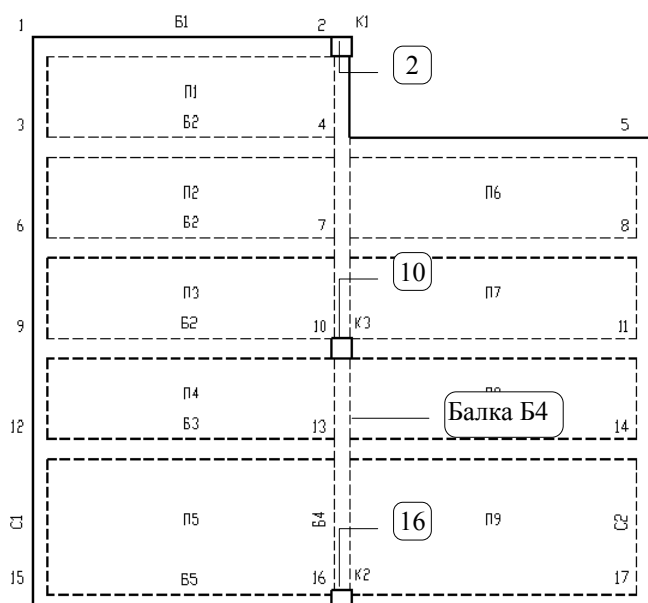


Рис. 8.5.10-3. Конструктивная схема перекрытия

Пример

На рисунке 8.5.10-3 показана конструктивная схема перекрытия, в которой балке Б4 присвоен тип *Главная*. Узлами 2, 10 и 16 балка примыкает к колоннам К1, К3 и К2 соответственно, и эти узлы считаются опорными. В узлах 4, 7 и 13 на балку Б4 опираются второстепенные балки Б2 и Б3. При подготовке данных на странице **Армирование балок** после выбора балки Б4 из выпадающего списка **Имя балки** и определения ее типа (*Главная*) следует откорректировать список опорных узлов, удалив из него узлы с номерами 4, 7 и 13. После этой операции нажимается кнопка **Применить**, и в таблице появляются две секции 16-10 и 10-2, в которых задаются значения площади арматуры.

8.6 Конструирование

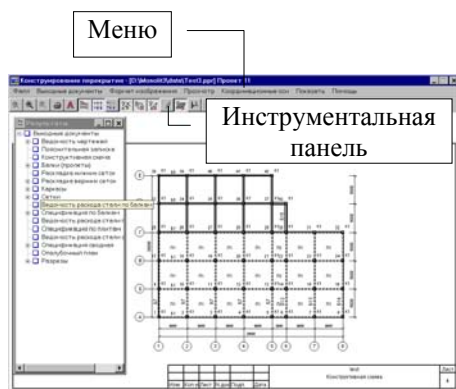


Рис. 8.6-1. Окно
Конструирование перекрытия

После завершения ввода исходных данных следует нажать кнопку **Меню** и перейти в окно управления программой. Для выполнения расчета и конструирования используется кнопка **Расчет**, нажатие на которую активизирует функции контроля исходных данных и выполнения расчета. Если в исходных данных обнаружены ошибки или в результате расчета возникли ситуации, при которых конструирование не может быть выполнено, появляется окно сообщений, содержащее предупреждения и/или описания ошибок. Для просмотра списка предупреждений и ошибок используется кнопка **Сообщения**. Программа просмотра сообщений (назначенная в окне **Параметры**) и текст сообщений загружаются автоматически.

Для просмотра результатов конструирования используется кнопка **Конструирование**, нажатие которой активизирует режим просмотра сформированных проектных документов. Просмотр выполняется в диалоговом окне **Конструирование перекрытия** (рис. 8.6-1). Одновременно с этим окном появляется окно **Результаты**, которое содержит дерево со списком всех документов.

Окно **Конструирование перекрытия** предназначено для просмотра чертежей и спецификаций, вывода их на печатающее устройство (создание твердой копии) или формирования файла в формате DXF для доработки чертежей в системе **AutoCAD**. Это окно можно минимизировать или закрыть (последняя операция передает управление в Главное окно), а также назначить его формат — **Альбом** или **Портрет** (установка произвольных размеров не предусмотрена).

Портрет — это вертикальная ориентация документа на экране и/или бумаге. Если она не установлена программно и не оговорена в разделе **Выходные документы**, ее можно установить, выбрав эту операцию.

Альбом — это горизонтальная ориентация документа на экране и/или бумаге. Если она не установлена программно и не оговорена в разделе **Выходные документы**, ее можно установить, выбрав эту операцию.

При первом открытии окна на экране появляется схема перекрытия в масштабе с указанием номеров узлов, имен колонн, стен, балок, плит а также размеров пролетов. Окно содержит меню и инструментальную панель.

Меню окна **Конструирование перекрытия** включает семь разделов — **Файл**, **Выходные документы**, **Формат изображения**, **Просмотр**, **Координационные оси**, **Показать**, **Помощь**.

Раздел **Файл** включает три операции:

- **Вывод на печать** — вывод результатов конструирования на печатающее устройство (получение твердой копии). При выборе этой операции на экране появляется окно (рис. 8.6-2), в котором с помощью маркеров необходимо

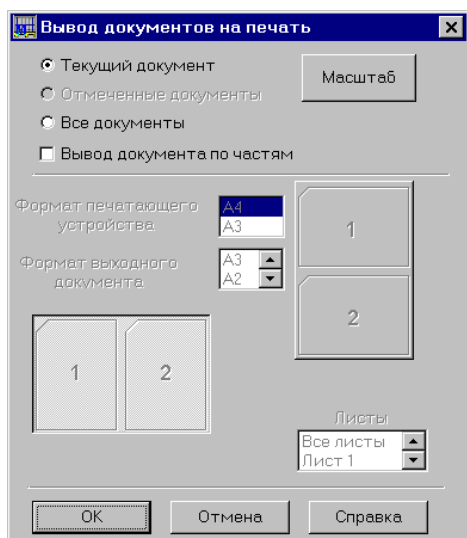


Рис. 8.6-2. Диалоговое окно
Вывод документов на печать

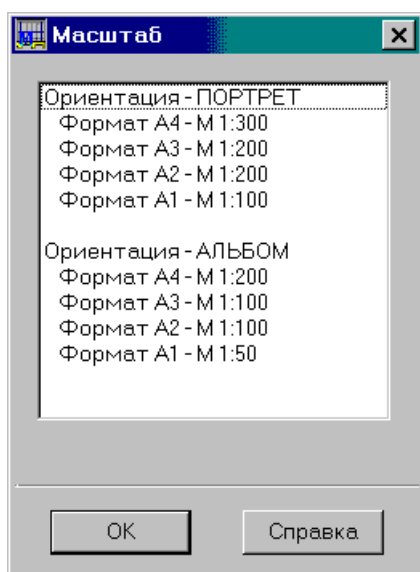



Рис. 8.6-3. Информационное окно
Масштаб

выбрать вид документов, которые будут печататься. К ним относятся: **Текущий документ**, т.е. тот, который в данный момент показан на экране, **Отмеченные документы**, т.е. документы, у которых в дереве были активны маркеры, или **Все документы**, т.е. весь пакет документов, подготовленных программой **Монолит** для данного проекта. Если активна кнопка **Текущий документ**, то появляется возможность активизировать опцию **Вывод документов по частям**. После этого становятся доступными элементы управления, с помощью которых можно выбрать формат и ориентацию выходного документа, состоящего из нескольких листов формата А4 или А3. При нажатии кнопки **Масштаб** (рис. 8.6-3) можно узнать, в каком масштабе чертеж будет исполнен в зависимости от выбранных ориентации и формата бумаги. С этим масштабом на печать выводятся чертежи типа: **Конструктивная схема**, **Опалубочный план**, **Раскладка сеток (стержней) нижних и верхних**. После нажатия кнопки **OK** на экране появляется стандартное управляющее окно **Print (Печать)**. Эту же

операцию можно активизировать, кнопкой  — **Вывод на печать**, установленной в инструментальной панели окна.

- **Вывод в DXF-файл** — если необходимо доработать некоторые выходные документы прежде чем получить твердую копию, то можно сформировать файлы в формате DXF системы **AutoCAD**. Каждый документ помещается в отдельный файл, имя которого формируется следующим образом: `xx_yy.dxf`, где `xx` — порядковый номер листа, `yy` — имя файла исходных данных (или часть имени). Вся комбинация должна содержать не более восьми символов, после чего следует точка (.) и расширение файла `dxf`. Например: необходимо вывести в DXF-формате лист номер 17, а файл исходных данных называется `plast2.ppr` (`ppr` — принятое в программе расширение для файла исходных данных). Тогда имя результирующего файла будет — `17_plast.dxf`. Выбор документов, для которых будут формироваться файлы, осуществляется в диалоговом окне аналогично режиму печати. Сформированные файлы будут записаны в поддиректорию, назначенную для файлов с исходными данными, например, `DATA`. Эту же операцию можно активизировать кнопкой  — **Вывод в DXF-файл**, установленной в инструментальной панели окна.

- **Выход в меню** — при выборе этой операции происходит закрытие окна **Конструирование перекрытия** и переход в **Главное окно** программы.

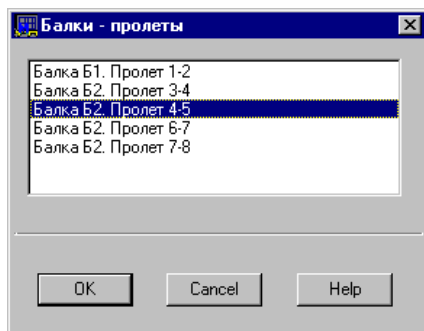







Рис. 8.6-4. Диалоговое окно выбора документа из списка






Раздел **Выходные документы** содержит список проектных материалов, сформированных в результате расчета. Указанием на один из пунктов этого меню соответствующие материалы можно вызвать для просмотра на экране. Если выбранному пункту соответствует группа документов, например, сетки или пролеты балок, то на экране появляется диалоговое окно (рис. 8.6-4) со списком этих документов, и необходимый документ выбирается из списка.

Раздел **Формат изображения** служит для настройки формата документа и включает два пункта: **Портрет** и **Альбом**. Следует учитывать, что изменение формата предусмотрено не для всех документов, например, чертежи сеток или спецификации формируются только в формате **Портрет**.

Описанные ниже операции из разделов меню **Просмотр**, **Координационные оси** и **Показать** дублируются кнопками инструментальной панели.

Раздел **Просмотр** включает три операции: **Исходное изображение** , **Увеличить изображение**  и **Уменьшить изображение** . Эти операции используются для изменения масштаба изображения при просмотре документов. При увеличении изображения по краям окна появляются полосы прокрутки, с помощью которых можно просмотреть документ.

Раздел **Координационные оси** используется для выбора способа отображения осей на чертежах. Если выбирается операция **Сквозные** — , то оси будут пересекать весь чертеж. В противном случае (операция **По контуру** — ) они будут отображаться только по контуру перекрытия.

Раздел **Показать** содержит восемь операций. Операции **Номера узлов** — , **Имена колонн** — , **Имена балок** — , **Имена стен** — , **Имена плит** —  позволяют показать на различных выходных документах имена элементов схемы или скрыть их. При выборе операции

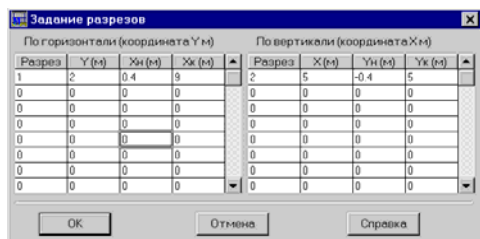





Рис. 8.6-5. Диалоговое окно Задание разрезов

Задание разрезов —  появляется одноименное диалоговое окно (рис. 8.6-5). Это окно содержит две таблицы для назначения разрезов вдоль осей X и Y. В первой графе каждой таблицы вводится имя разреза. Во второй графе указывается координата плоскости разреза. Если нет необходимости делать разрез по всей длине (ширине)

перекрытия, то в третьей и четвертой графах следует указать и «габариты» разреза, т.е. его начальную и конечную координату. Операция **Разрезы на плане** —  позволяет отключить вывод изображения разрезов при большом насыщении чертежа. Операция **Основная надпись** —  служит для корректировки основной надписи (штампа) текущего (показанного на экране) выходного документа.

Раздел **Помощь** используется для получения справочной информации (Help).

Инструментальная панель окна **Конструирование перекрытия** (рис. 8.6-6) содержит ряд кнопок, дублирующих соответствующие пункты разделов меню **Файл**, **Просмотр**, **Координационные оси** и **Показать**:

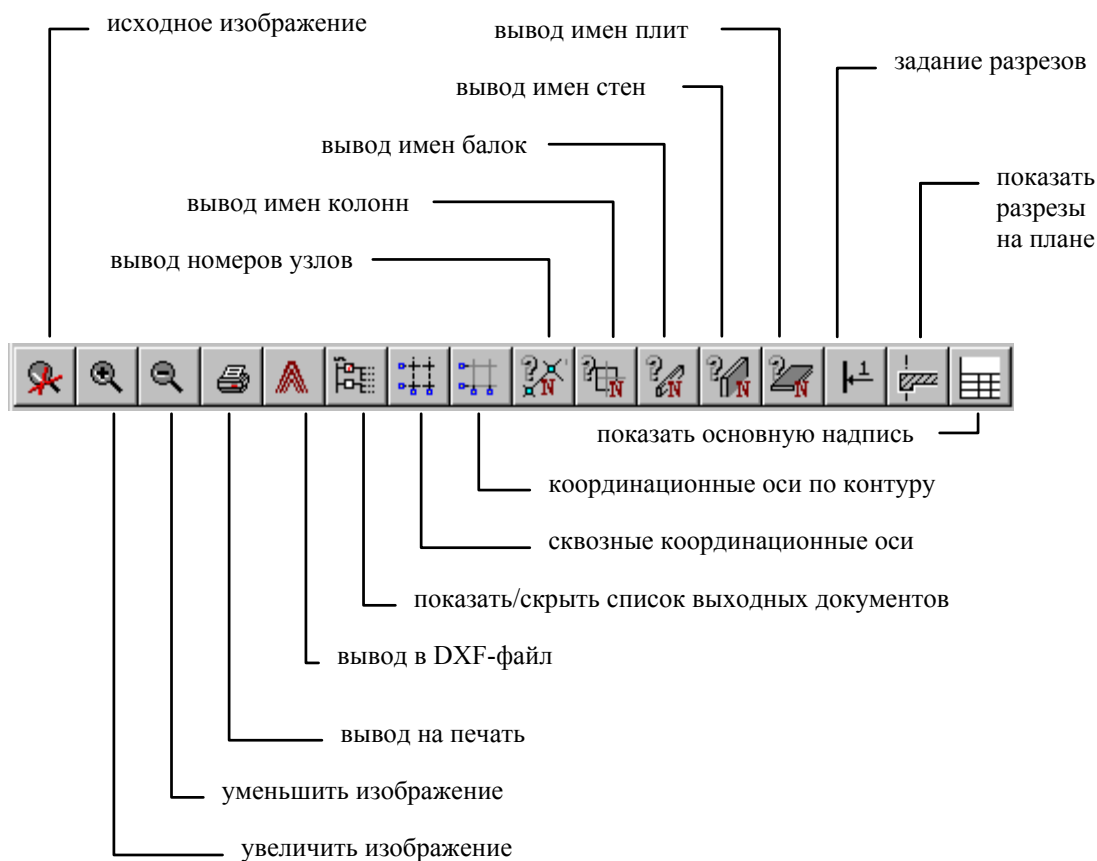


Рис. 8.6-6. Инструментальная панель окна **Конструирование перекрытия**

8.6.1 Окно Результаты

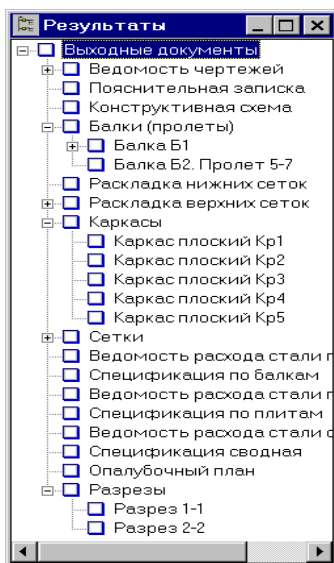


Рис. 8.6.1-1. Окно Результаты

Окно **Результаты** (рис. 8.6.1-1) содержит дерево проекта с перечислением всех документов, сформированных в результате расчета. Дерево имеет несколько уровней. На первом уровне перечислены отдельные документы, например, *Пояснительная записка*, *Конструктивная схема*, *Опалубочный план* и др., а также группы выходных документов, каждая из которых включает ссылки на несколько документов одного вида, например, *Разрезы*, *Балки*, *Каркасы*, *Сетки* и т.п. На втором уровне, например, в группе *Балки* перечислены все балки перекрытия, а на третьем — чертежи пролетов каждой балки. Раскрытие или скрытие ветвей дерева производится щелчком мыши по или соответственно. Рядом с наименованием элементов или их групп стоит маркер — . Активизация маркера — означает, что в режиме документирования отмеченный документ или группа должны быть отпечатаны или выведены в DXF-файл.

8.6.2 Выходные документы

| Лист | Обозначения | Примечание |
|------|--|------------|
| 1 | Общие данные на 2-х листах - 1-2 | |
| 3 | Пояснительная записка | |
| 4 | Конструктивная схема | |
| 5 | Балка 1 (узлы 1-9) на 7-ти листах - 5-11 | |
| 12 | Балка 5 (узлы 33-37) на 4-х листах - 12-15 | |
| 16 | Балка 6 (узлы 38-42) на 4-х листах - 16-19 | |
| 20 | Балка 7 (узлы 1-38) на 5-ти листах - 20-24 | |
| 25 | Балка 12 (узлы 6-30) на 3-х листах - 25-27 | |
| 28 | Балка 13 (узлы 7-31) на 3-х листах - 28-30 | |
| 31 | Балка 14 (узлы 8-32) на 3-х листах - 31-33 | |
| 34 | Балка 15 (узлы 37-43) на 1-м листе | |
| 35 | Балка 18 (узлы 39-43) на 1-м листе | |
| 36 | Раскладка нижних сеток | |
| 37 | Раскладка верхних сеток | |
| 40 | Каркас плоский Кр1 | |
| 41 | Каркас плоский Кр2 | |
| 42 | Каркас плоский Кр3 | |
| 43 | Каркас плоский Кр4 | |
| 44 | Каркас плоский Кр5 | |
| 45 | Каркас плоский Кр6 | |
| 46 | Каркас плоский Кр7 | |
| 47 | Каркас плоский Кр8 | |
| 48 | Каркас плоский Кр9 | |
| 49 | Каркас плоский Кр10 | |
| 50 | Каркас плоский Кр11 | |

Рис. 8.6.2-1. Ведомость чертежей

В результате работы программы формируется набор выходных документов на проектируемое перекрытие.

Ведомость чертежей (рис. 8.6.2-1) — включает полный список документов, подготовленных на заданное перекрытие. Если ведомость занимает более одного листа, то в окне **Результаты** появится группа с перечнем листов. Ведомость чертежей включает основную надпись (форма 3) и изображается только в ориентации **Портрет**.

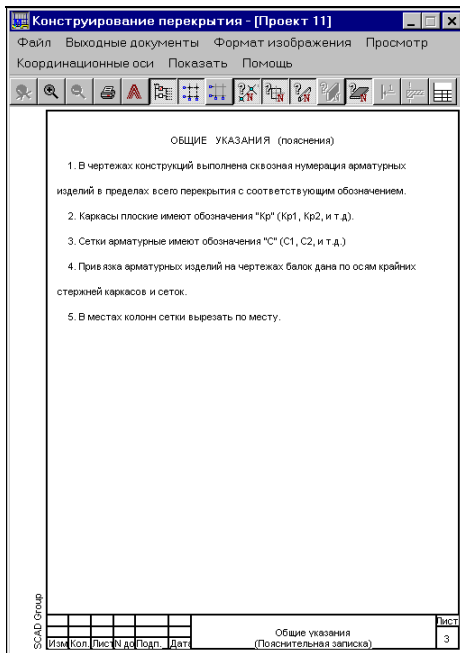


Рис. 8.6.2-2. Пояснительная записка

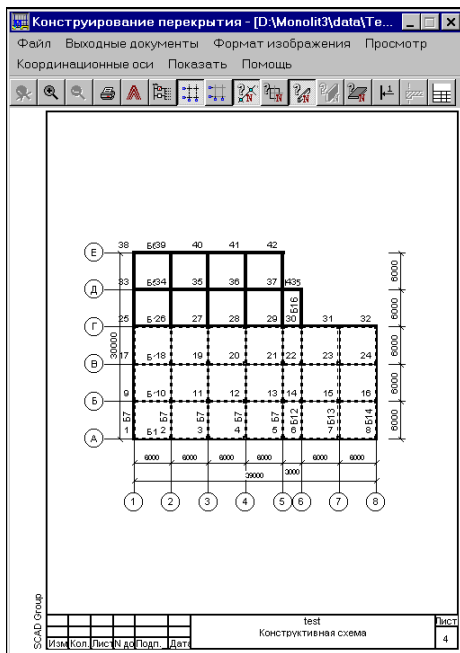


Рис. 8.6.2-3. Конструктивная схема

Пояснительная записка (рис. 8.6.2-2) — это краткие комментарии к выходным документам подсистемы. Этот лист также изображается только в ориентации **Портрет**.

Конструктивная схема (рис. 8.6.2-3) — чертеж схемы перекрытия с указанием габаритных размеров, номеров узлов, имен колонн, стен, балок, плит. Этот чертеж можно получить на экране и твердой копии в режиме **Текущий документ** в любой ориентации. Если вывод происходит в режиме **Отмеченные документы** или **Все документы**, то чертеж будет получен в ориентации **Альбом**.

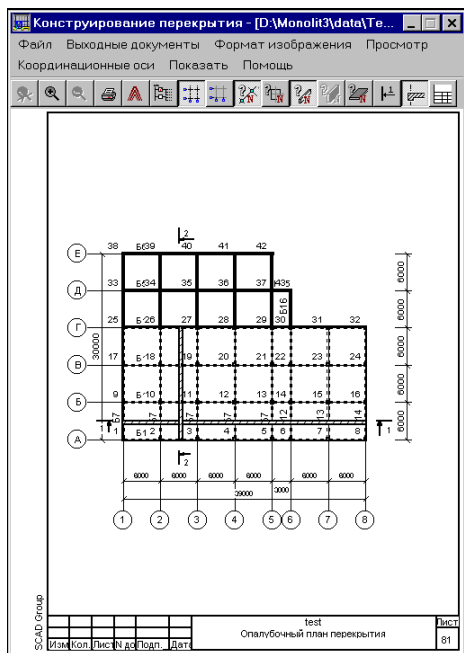



Рис. 8.6.2-4. Опалубочный план

Опалубочный план (рис. 8.6.2-4) — чертеж схемы перекрытия с габаритными размерами и номерами узлов, а также характерные для данного перекрытия разрезы (сечения). Этот чертеж, так же как и предыдущий, можно получить в любой ориентации, если не выводится несколько документов одновременно.

Если отключить (отжать) кнопку инструментальной панели **Разрезы на плане** , то на чертеже будут показаны только отметки разрезов, а сами разрезы скрыты. Эта операция может быть полезной для сложных планов с большим числом характерных разрезов.

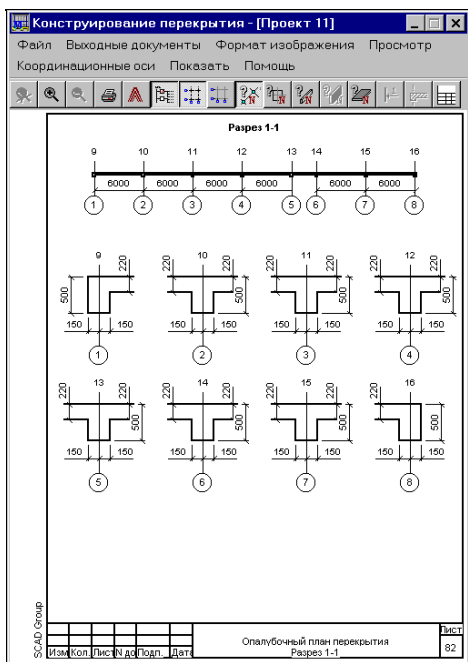


Рис. 8.6.2-5. Разрезы

Группа *Разрезы* (рис. 8.6.2-5) включает набор чертежей с изображениями разрезов характерных сечений конструктивной схемы. Ориентация листа при печати подчиняется тем же правилам, что и *Конструктивная схема*. В случае, если разрезы не помещаются на один лист, программой будет сформировано необходимое количество листов, доступ к которым осуществляется из окна **Результаты**.

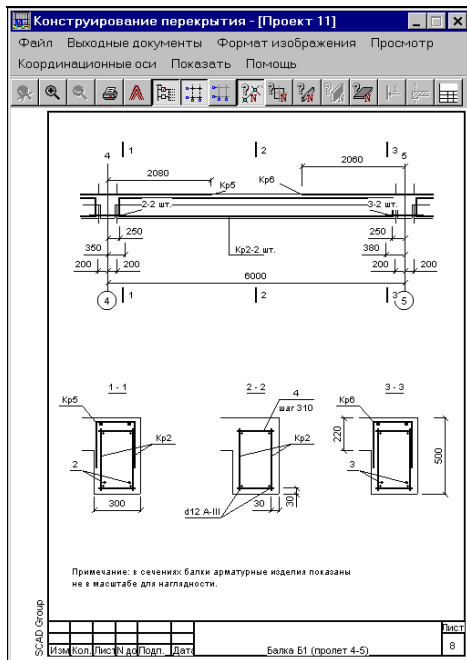


Рис. 8.6.2-6. Пролеты балок

Группа *Балки (пролеты)* (рис. 8.6.2-7) содержит набор чертежей пролетов балок с указанием имен балок и узлов, ограничивающих пролет. Чертеж каждого пролета включает три сечения балки (у опор и посередине) с размещенными каркасами, сетками, стержнями, их именами и привязками, а также необходимые размеры. Ориентация листа при печати подчиняется тем же правилам, что и *Конструктивная схема*.

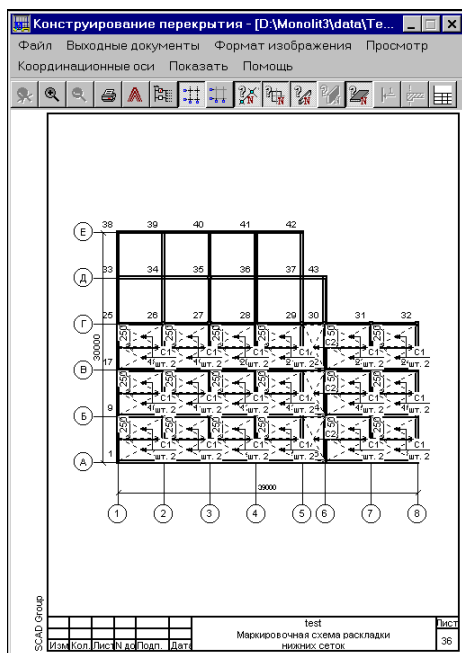


Рис. 8.6.2-7. Раскладка нижних сеток

Раскладка нижних сеток (рис. 8.6.2-7): на чертеже изображена схема раскладки нижних сеток с указанием их имен и количества. Ориентация листа при печати подчиняется тем же правилам, что и *Конструктивная схема*.

На рис. 8.6.2-8 приведен пример чертежа, когда армирование выполнялось отдельными стержнями.

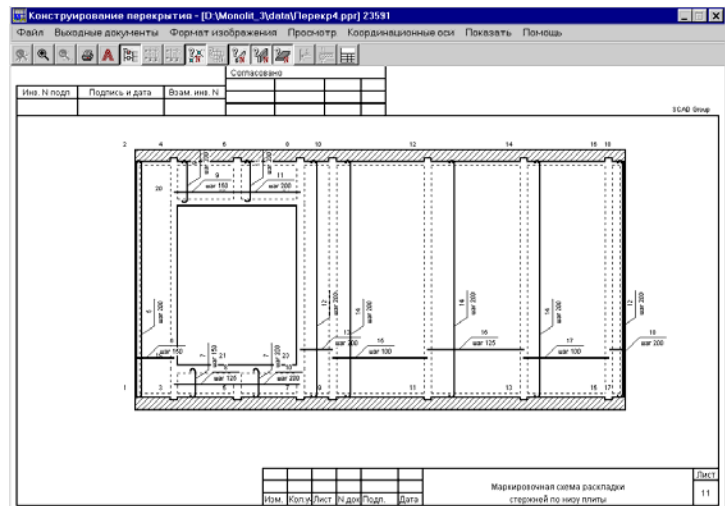


Рис. 8.6.2-8. Армирование отдельными стержнями.

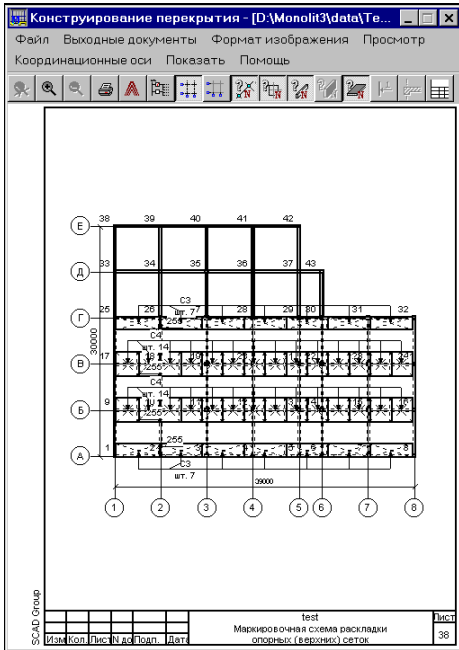


Рис. 8.6.2-9. Раскладка горизонтальных верхних сеток

Раскладка верхних сеток (рис. 8.6.2-9): на чертеже изображена схема раскладки верхних (опорных) сеток с указанием их имен и количества. Группа содержит чертежи трех видов: *Верхние сетки (все)*, *Верхние сетки (горизонтальные)* — направленные вдоль оси X и *Верхние сетки (вертикальные)* — направленные вдоль оси Y. Чертежи второго и третьего видов рекомендуется выводить для тех проектов, в которых при выводе всех сеток на одном листе их идентификация затруднена из-за высокой плотности изображения.

На рис. 8.6.2-10 приведен пример чертежа, когда армирование выполнялось отдельными стержнями.

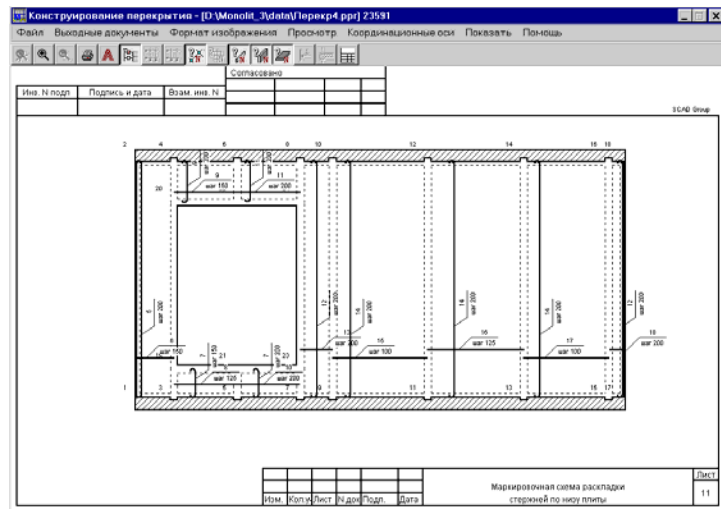


Рис. 8.6.2-10. Армирование отдельными стержнями.

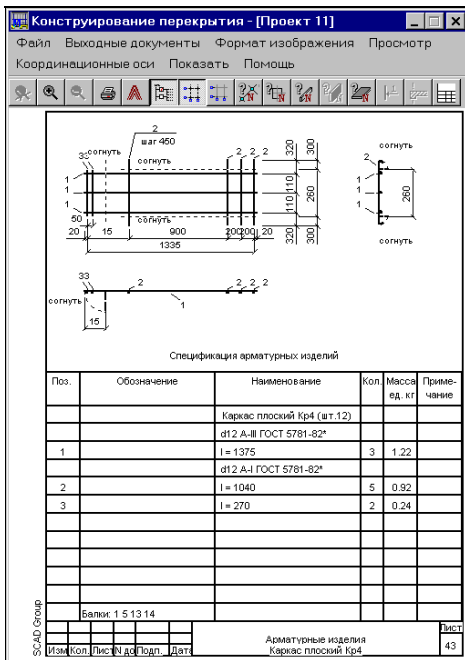


Рис. 8.6.2-11. Каркас

Каркасы (рис. 8.6.2-11) — набор чертежей с изображением каркасов со спецификациями. В последней строке спецификации каждого каркаса указан перечень балок, в которых он используется. Ориентация чертежа — **Портрет**.

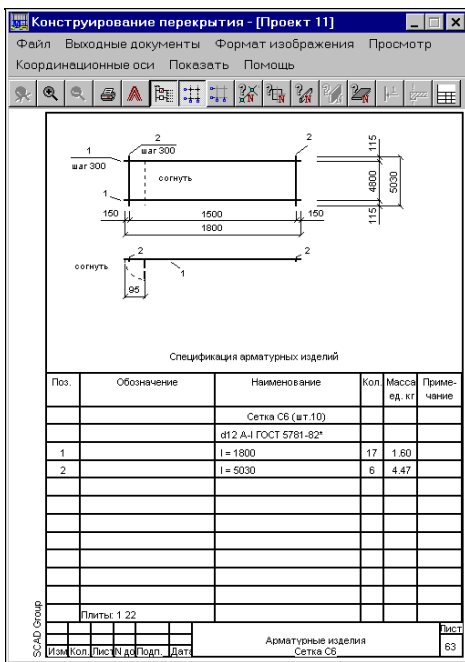


Рис. 8.6.2-12. Сетка

Сетки (рис. 8.6.2-12) — набор чертежей с изображением сеток со спецификациями. В последней строке спецификации каждой сетки указан перечень плит и/или балок, в которых она используется. Ориентация чертежа — **Портрет**.

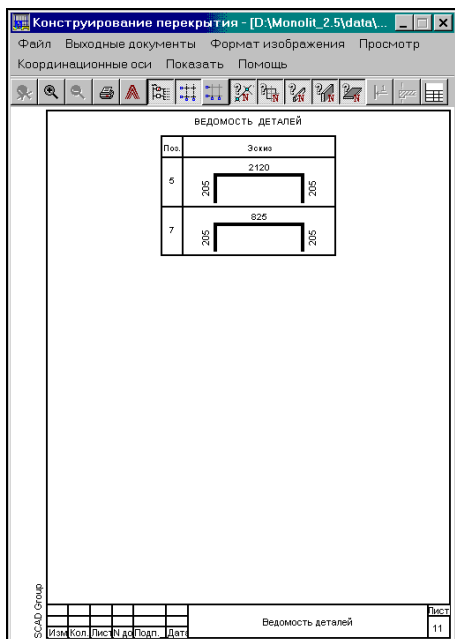


Рис. 8.6.2-13. Ведомость деталей

Если при конструировании перекрытия были использованы гнутые арматурные стержни, они будут помещены в *Ведомость деталей* (рис. 8.6.2-13). Ориентация документа — **Портрет**.

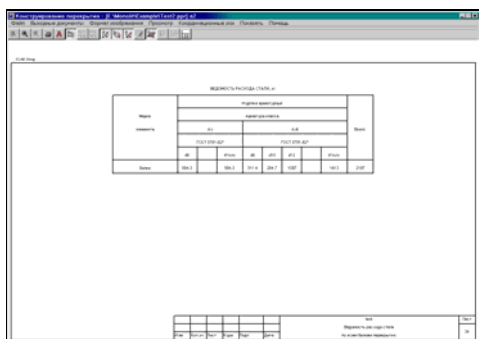


Рис. 8.6.2-14. Ведомость расхода стали по балкам

Ведомость расхода стали по балкам (рис. 8.6.2-14) содержит ведомость расхода стали по всем балкам перекрытия. Ориентация документа — **Альбом**.

| СПЕЦИФИКАЦИЯ | | | | | |
|--|-------------|------------------------------------|------|-----------------|-----------------|
| Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Масса ед. кг | Приме- чение |
| Сборочные единицы | | | | | |
| Каркасы арматурные | | | | | |
| Кр1 | Лист 40 | Каркас плоский Кр1 | 20 | 26,66 | |
| Кр2 | Лист 41 | Каркас плоский Кр2 | 58 | 21,75 | |
| Кр3 | Лист 42 | Каркас плоский Кр3 | 8 | 11,72 | |
| Кр4 | Лист 43 | Каркас плоский Кр4 | 12 | 7,96 | |
| Кр5 | Лист 44 | Каркас плоский Кр5 | 26 | 15,66 | |
| Кр6 | Лист 45 | Каркас плоский Кр6 | 4 | 24,31 | |
| Кр7 | Лист 46 | Каркас плоский Кр7 | 4 | 6,74 | |
| Кр8 | Лист 47 | Каркас плоский Кр8 | 56 | 25,75 | |
| Кр9 | Лист 48 | Каркас плоский Кр9 | 10 | 12,17 | |
| Кр10 | Лист 49 | Каркас плоский Кр10 | 22 | 20,05 | |
| Кр11 | Лист 50 | Каркас плоский Кр11 | 4 | 10,15 | |
| Кр12 | Лист 51 | Каркас плоский Кр12 | 2 | 12,13 | |
| Кр13 | Лист 52 | Каркас плоский Кр13 | 1 | 10,56 | |
| Кр14 | Лист 53 | Каркас плоский Кр14 | 1 | 6,40 | |
| Кр15 | Лист 54 | Каркас плоский Кр15 | 1 | 5,82 | |
| Кр16 | Лист 55 | Каркас плоский Кр16 | 3 | 20,65 | |
| Кр17 | Лист 56 | Каркас плоский Кр17 | 1 | 8,58 | |
| Кр18 | Лист 57 | Каркас плоский Кр18 | 1 | 7,36 | |
| Детали | | | | | |
| 1 | | ∅10 А-III ГОСТ 5781-82* l = 300 | 44 | 0,18 | |
| 2 | | ∅10 А-III ГОСТ 5781-82* l = 700 | 80 | 0,43 | |
| 3 | | ∅12 А-III ГОСТ 5781-82* l = 750 | 8 | 0,67 | |
| 4 | | ∅12 А-III ГОСТ 5781-82* l = 460 | 3576 | 0,25 | |
| Спецификация по всем балкам перекрытия | | | | | Лист 74 |

Рис. 8.6.2-15. Спецификация по балкам

Спецификация по балкам (рис. 8.6.2-15) включает перечень и параметры каркасов, сеток и деталей, использованных во всех балках перекрытия, а также суммарный объем бетона, необходимый для конструирования балок. Если спецификация занимает больше одного листа, то группа будет содержать ссылки на эти листы. Ориентация документа — **Портрет**.

| Плита | Материал | Единица измерения | Величина |
|-------|----------|-------------------|----------|
| 1 | A-III | кг | ... |
| 2 | A-III | кг | ... |
| 3 | A-III | кг | ... |
| 4 | A-I | кг | ... |

Рис. 8.6.2-16. Ведомость расхода стали по плитам

Ведомость расхода стали по плитам (рис. 8.6.2-16) содержит ведомость расхода стали по всем плитам (участкам) перекрытия. Ориентация документа — **Альбом**.

Конструирование перекрытия - [Проект 11]

Файл Выходные документы Формат изображения Просмотр
Координационные оси Показать Помощь

| СПЕЦИФИКАЦИЯ | | | | | |
|---|-------------|------------------|------|-----------------|------------------|
| Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Масса ед. кг | Приме- чаемые |
| Сборочные единицы | | | | | |
| Сетки арматурные | | | | | |
| C1 | Лист 58 | Сетка C1 | 66 | 127,95 | |
| C2 | Лист 59 | Сетка C2 | 3 | 137,24 | |
| C3 | Лист 60 | Сетка C3 | 1 | 135,40 | |
| C4 | Лист 61 | Сетка C4 | 27 | 58,70 | |
| C5 | Лист 62 | Сетка C5 | 1 | 28,15 | |
| C6 | Лист 63 | Сетка C6 | 10 | 53,96 | |
| C7 | Лист 64 | Сетка C7 | 11 | 54,84 | |
| C8 | Лист 65 | Сетка C8 | 5 | 71,65 | |
| C9 | Лист 66 | Сетка C9 | 4 | 67,12 | |
| C10 | Лист 67 | Сетка C10 | 7 | 55,52 | |
| C11 | Лист 68 | Сетка C11 | 4 | 50,55 | |
| C12 | Лист 69 | Сетка C12 | 1 | 37,43 | |
| C13 | Лист 70 | Сетка C13 | 2 | 63,67 | |
| C14 | Лист 71 | Сетка C14 | 30 | 56,40 | |
| C15 | Лист 72 | Сетка C15 | 7 | 63,07 | |
| Материалы | | | | | |
| | | Бетон класса В30 | | 171,90 | м3 |
| Спецификация по плитам: Сетки нижние и верхние (опорные) | | | | | |

Лист 77

Рис. 8.6.2-17. Спецификация на плиты

Спецификация на плиты (рис. 8.6.2-17) включает перечень и параметры сеток и деталей, использованных во всех плитах перекрытия, а также суммарный объем бетона, необходимый для конструирования плит. Если спецификация занимает больше одного листа, то группа будет содержать ссылки на эти листы. Ориентация документа — **Портрет**.

Ведомость расхода стали сводная

| Наименование | Количество | | | | | | Единица измерения |
|------------------|------------|----|----|----|----|----|-------------------|
| | С1 | С2 | С3 | С4 | С5 | С6 | |
| Сетка арматурная | 66 | 3 | 1 | 27 | 1 | 10 | кг |
| Бетон класса В30 | 171,90 | | | | | | м3 |

Рис. 8.6.2-18. Ведомость расхода стали сводная

Ведомость расхода стали сводная (рис. 8.6.2-18) содержит ведомость расхода стали на все перекрытие. Ориентация документа — **Альбом**.

Конструирование перекрытия - [Проект 11]

Файл Выходные документы Формат изображения Просмотр
Координатные оси Показать Помощь

Спецификация

| Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Масса ед. кг | Приме- чение |
|--------------------|-------------|---------------------|------|-----------------|-----------------|
| Сборочные единицы | | | | | |
| Каркасы арматурные | | | | | |
| Kp1 | Лист 40 | Каркас плоский Kp1 | 20 | 26,66 | |
| Kp2 | Лист 41 | Каркас плоский Kp2 | 56 | 21,75 | |
| Kp3 | Лист 42 | Каркас плоский Kp3 | 8 | 11,72 | |
| Kp4 | Лист 43 | Каркас плоский Kp4 | 12 | 7,96 | |
| Kp5 | Лист 44 | Каркас плоский Kp5 | 26 | 15,88 | |
| Kp6 | Лист 45 | Каркас плоский Kp6 | 4 | 24,31 | |
| Kp7 | Лист 46 | Каркас плоский Kp7 | 4 | 6,74 | |
| Kp8 | Лист 47 | Каркас плоский Kp8 | 58 | 25,75 | |
| Kp9 | Лист 48 | Каркас плоский Kp9 | 10 | 12,17 | |
| Kp10 | Лист 49 | Каркас плоский Kp10 | 22 | 20,05 | |
| Kp11 | Лист 50 | Каркас плоский Kp11 | 4 | 10,15 | |
| Kp12 | Лист 51 | Каркас плоский Kp12 | 2 | 12,13 | |
| Kp13 | Лист 52 | Каркас плоский Kp13 | 1 | 10,58 | |
| Kp14 | Лист 53 | Каркас плоский Kp14 | 1 | 6,40 | |
| Kp15 | Лист 54 | Каркас плоский Kp15 | 1 | 5,62 | |
| Kp16 | Лист 55 | Каркас плоский Kp16 | 3 | 20,65 | |
| Kp17 | Лист 56 | Каркас плоский Kp17 | 1 | 8,58 | |
| Kp18 | Лист 57 | Каркас плоский Kp18 | 1 | 7,36 | |
| Сетки арматурные | | | | | |
| C1 | Лист 58 | Сетка С1 | 68 | 127,95 | |
| C2 | Лист 59 | Сетка С2 | 3 | 137,29 | |
| C3 | Лист 60 | Сетка С3 | 1 | 135,46 | |
| C4 | Лист 61 | Сетка С4 | 27 | 56,70 | |
| C5 | Лист 62 | Сетка С5 | 1 | 28,15 | |
| C6 | Лист 63 | Сетка С6 | 10 | 53,96 | |
| C7 | Лист 64 | Сетка С7 | 11 | 54,84 | |
| C8 | Лист 65 | Сетка С8 | 5 | 71,65 | |

Изм. Кол. Лист. N д. Подп. Дат.

Спецификация на монолитное перекрытие

Лист 79

Рис. 8.6.2-19. Спецификация сводная

Спецификация сводная (рис. 8.6.2-19) содержит перечень и параметры каркасов, сеток и деталей, использованных во всех балках и плитах перекрытия, а также суммарный объем бетона, необходимый для конструирования перекрытия. Если спецификация занимает больше одного листа, то группа будет содержать ссылки на эти листы. Ориентация документа — Портрет.

8.7 Информационные режимы

Информационные режимы **Характеристики бетона** (рис. 8.7-1) и **Характеристики арматуры** (рис. 8.7-2) включают таблицы СНиП 2.03.01-84* [19] со значениями нормативного и расчетного сопротивлений бетона и арматуры по предельным состояниям 1-й и 2-й групп, а также сортамент арматуры.

| Вид сопротивления | Бетон | B25 | B30 | B40 |
|---|--------------------------|----------|---------|---------|
| Сжатие осевое (призмная прочность) Rbn и Rb,ser | Тяжелый и мелкозернистый | 1885,831 | 2242,61 | 2688,96 |
| | Легкий | 1885,831 | 2242,61 | 2688,96 |
| | Ячеистый | | | |
| Растяжение осевое Rbtn и Rbt,ser | Тяжелый | | | |
| | Мелкозернистый группы А | 163,099 | 183,486 | 219,571 |
| | Мелкозернистый группы Б | 137,615 | 152,905 | 187,082 |
| | Мелкозернистый группы В | 163,099 | 183,486 | 219,571 |

Рис. 8.7-1. Характеристики бетона

| Номинальный диаметр стержня, мм | Теоретическая масса 1м длины арматуры | Диаметр арматуры класса А-I | Диаметр арматуры класса А-II | Диаметр арматуры класса А-III |
|---------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 3,0 | 0,052 | | | |
| 4,0 | 0,092 | | | |
| 5,0 | 0,144 | | | |
| 6,0 | 0,222 | 6,0 | | |
| 8,0 | 0,395 | 8,0 | | |
| 10,0 | 0,617 | 10,0 | 10,0 | |
| 12,0 | 0,888 | 12,0 | 12,0 | |
| 14,0 | 1,208 | 14,0 | 14,0 | |
| 16,0 | 1,578 | 16,0 | 16,0 | |
| 18,0 | 1,998 | 18,0 | 18,0 | |
| 20,0 | 2,466 | 20,0 | 20,0 | |

Рис. 8.7-2. Характеристики арматуры

9. Программа КРОСС

Программа КРОСС предназначена для вычисления первого коэффициента постели (коэффициента Винклера) по результатам геологических изысканий. В программе реализована методика, разработанная специалистами НИИОСП (описание методики, которое опубликовано в статье «Прогноз осадок фундаментов мелкого заложения и выбор модели основания для расчета плит» [32] приведено в Приложении, раздел 10.5).

9.1 Система координат

Используется правоориентированная декартова система координат (X , Y , Z). Ось Z — продольная ось здания или сооружения, направленная из плоскости чертежа на наблюдателя. Ось Y мыслится вертикальной и направленной на чертеже снизу вверх, ось X — горизонтальная с положительным направлением вправо.

9.2 Файлы, создаваемые программой

Программа КРОСС создает, читает и сохраняет результаты в файлах с расширением .cgs.

9.3 Структура модели и исходные данные

Рассматривается площадка строительства, на которой расположено проектируемое сооружение и другие объекты (строящиеся и существующие здания), влияющие на него в том смысле, что нагрузки на грунт, передаваемые этими объектами, могут привести к осадкам проектируемого фундамента. При этом считается, что пятно проектируемого сооружения и соседних объектов представлены в виде замкнутых многоугольников (возможно, с проемами), каждый из которых передает на грунт нагрузку определенной (и постоянной для этого пятна) интенсивности, приложенную на уровне отметки подошвы фундамента. Кроме того, считается, что известны результаты геологических изысканий, которые представлены в виде информации о характеристиках грунта в пробуренных скважинах. Рельеф дневной поверхности на площадке предполагается достаточно гладким и задается при помощи указания отметок устьев скважин. Другие данные геодезической съемки не используются. Ввод данных выполняется на координатной сетке, шаг которой задается пользователем.

Рекомендуется следующая последовательность создания модели:

- ↪ задание габаритов площадки строительства;
- ↪ ввод параметров координатной сетки;
- ↪ ввод внешнего контура фундаментной плиты;
- ↪ ввод контуров существующих зданий (если это необходимо);
- ↪ задание проемов (если они имеются);
- ↪ сглаживание углов (если это необходимо);
- ↪ задание положения скважин;
- ↪ ввод информации о грунтах;
- ↪ задание параметров скважин.

Результатом расчета являются значения коэффициента постели (коэффициента Винклера) в любой точке фундаментной плиты.

Методика расчета разработана В.Г.Федоровским. Основные положения этой методики описаны в статье В.Г.Федоровский, С.Г.Безволев *Прогноз осадок фундаментов мелкого заложения и выбор модели основания для расчета плит* // Основания, фундаменты и механика грунтов. —2000. — № 4. — С. 10–18. С любезного разрешения авторов текст этой статьи приводится в качестве приложения к данному документу.

9.4 Элементы управления

9.4.1 Окно программы

Окно программы **КРОСС** (рис. 9.4.1-1) включает меню, инструментальную панель, рабочее поле (с полосами прокрутки при необходимости) и строку состояния

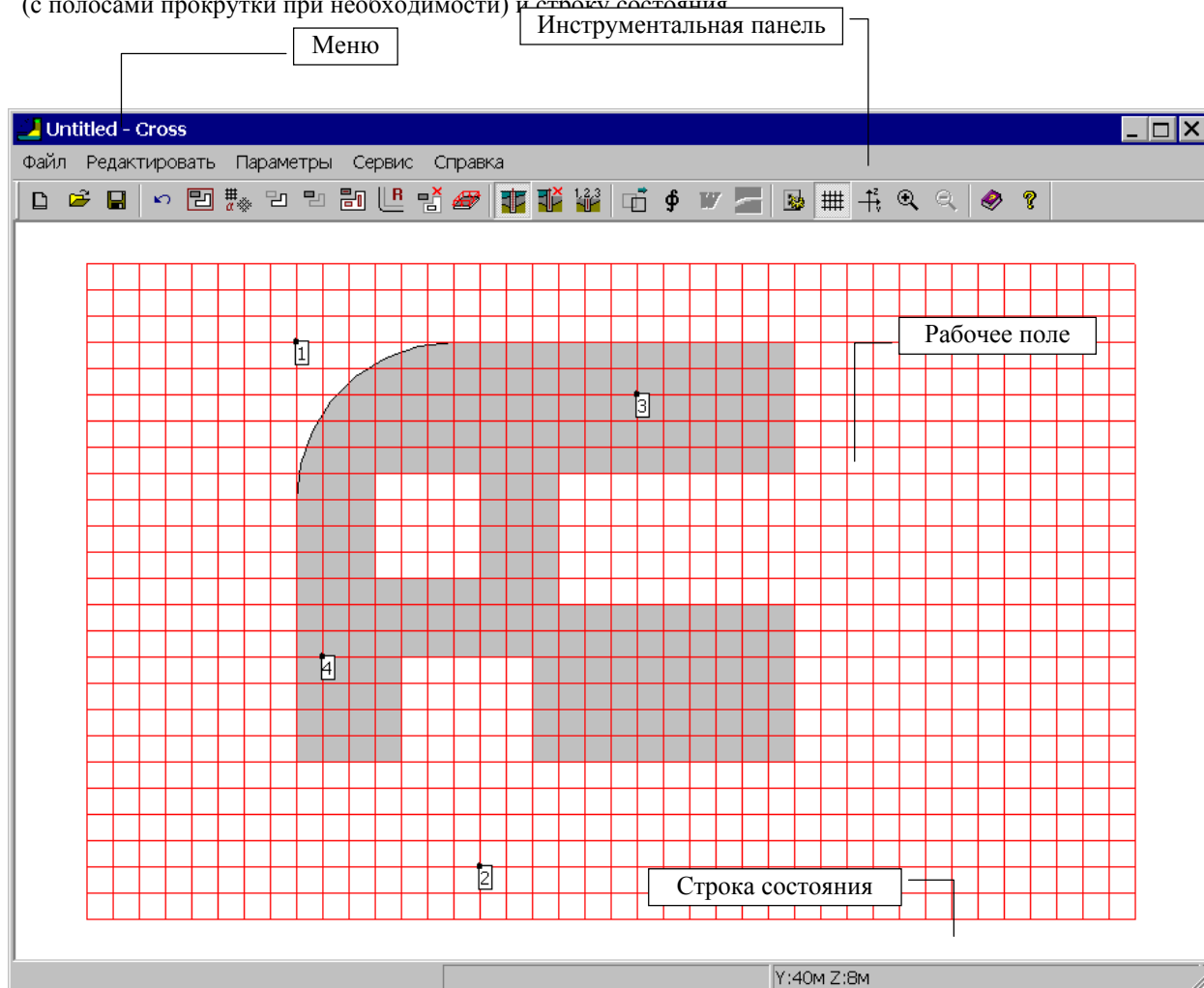


Рис. 9.4.1-1. Общий вид окна программы **КРОСС**

9.4.2 Параметры настройки

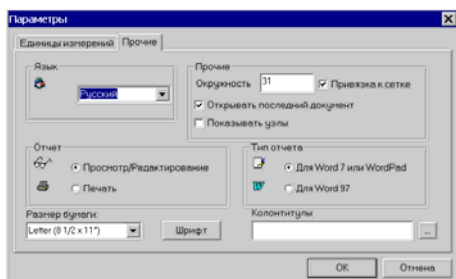



Рис. 9.4.2-1. Страница **Прочие** диалогового окна **Параметры**

Программа содержит функции настройки, с помощью которых назначаются единицы измерения основных величин и правила формирования отчета. Эти функции сосредоточены в многостраничном диалоговом окне **Параметры** (рис. 9.4.2-1). Окно **Параметры** может быть вызвано из раздела меню **Параметры**, а также из инструментальной панели (кнопка **Параметры настройки** — ). Настройка параметров аналогична описанной в разделе 3.2. Отличие состоит только в наличии следующих операций:

- автоматическое открытие последнего проекта при загрузке программы;
- задание количества узлов на полной окружности при скруглении углов;
- привязка курсора к узлам сетки;
- отображение узлов на контуре.

Если активна опция **Открывать последний документ**, то при загрузке программы будет одновременно загружаться и последний проект.

Параметр **Окружность** определяет количество узлов, используемых при аппроксимации вписанной окружности ломаной линией. При выполнении операции скругления углов количество точек на дуге скругления будет пропорционально центральному углу дуги.

Опция **Привязка к сетке** позволяет при построении контуров и назначении положения скважин автоматически привязывать точки перелома контура и скважины к узлам заданной сетки. Привязка выполняется к ближайшему к курсору узлу сетки.

Если активна опция **Показывать узлы**, то на контуре будут показаны узлы (точки перелома).

9.4.3 Меню

Меню расположено в верхней части окна и содержит пять разделов: **Файл**, **Редактировать**, **Параметры**, **Сервис** и **Справка**.

Раздел **Файл** включает следующий набор операций:

- **Новый** — создание новой площадки (комбинация «горячих клавиш» — **Ctrl+N**);
- **Открыть** — загрузка ранее созданной площадки (комбинация «горячих клавиш» — **Ctrl+O**);
- **Сохранить** — сохранение на диске текущей площадки (комбинация «горячих клавиш» — **Ctrl+S**);
- **Сохранить как...** — сохранение площадки (файла) под новым именем;
- **Расчет** — вычисление коэффициентов постели;
- **Отчет** — формирование отчета;
- **Поля** — отрисовка изополей коэффициентов постели.
- **Осадки подошвы плиты** — отрисовка изополей распределения осадков подошвы фундамента;
- **Сохранить изображение** — изображение на экране сохраняется в файле в формате метафайла Windows.

Раздел **Редактировать** включает следующий набор операций:

- **Отмена** — отмена последней выполненной операции;
- **Восстановить** — отмена действия последней команды **Отмена**;
- **Габариты** — задание габаритных размеров площадки, на которой располагается проектируемое сооружение и другие, влияющие на него объекты (эта и все последующие операции в данном разделе дублируют соответствующие кнопки инструментальной панели);
- **Фундаментная плита** — ввод и корректировка внешнего контура фундаментной плиты;
- **Существующее здание** — ввод и корректировка внешнего контура здания, расположенного рядом с проектируемым сооружением и влияющего на него;
- **Проем** — ввод контура проема;
- **Удалить** — удаление существующих зданий и/или проемов;
- **Сгладить угол...** — сглаживание выбранного угла дугой окружности заданного радиуса;
- **Переместить** — перемещение вершин контуров фундаментной плиты или существующих зданий;
- **Вершины** — корректировка координат вершин фундаментной плиты или существующих зданий;
- **Удалить вершины** — удаление одной или нескольких вершин;
- **Нагрузка** — задание нагрузки на фундаментную плиту (или существующее здание) и отметки подошвы;
- **Добавить скважину** — добавление скважины;
- **Удалить скважину** — удаление ранее введенной скважины;
- **Параметры скважин ...** — вызов диалогового окна, в котором задается информация о грунтах и параметрах скважин;
- **Начало координат ...** — перенос начала системы координат.

Раздел **Параметры** содержит следующие операции:

- **Параметры** — вызов диалогового окна с параметрами настройки;
- **Шаг сетки** — назначение шага координатной сетки;
- **Сетка** — отображение координатной сетки в рабочем поле;
- **Координатные оси** — отображение координатных осей площадки;
- **Поля для зданий** — выбор этой опции позволяет увидеть не только изополя коэффициентов постели под фундаментной плитой, но и в области рядом стоящих зданий;
- **Дополнительные точки** — создание на изополях точек, для которых должны быть выведены маркеры со значениями коэффициента постели;
- **Увеличить изображение** — увеличение изображения площадки в рабочем поле;

- **Уменьшить изображение** — уменьшение изображения площадки в рабочем поле (операция становится доступна только после увеличения изображения).

Из раздела меню **Сервис** можно вызвать стандартный калькулятор Windows, калькулятор для расчета по формулам, программу преобразования единиц измерения.

Раздел меню **Справка** включает операции доступа к справочной информации.

9.4.4 Строка состояния

Строка состояния (рис. 9.4.4-1) включает два поля: координаты текущего положения курсора и **Расстояние**. В первом поле выводятся координаты курсора. Второе поле используется для вывода расстояния между двумя точками площадки в режиме измерения.



Рис.9.4.4-1. Строка состояния

9.4.5 Курсоры

Все операции в рабочем поле выполняются с помощью курсора. При перемещении курсора по экрану или при выполнении некоторых команд форма курсора меняется. Например, при выборе команды из меню или инструментальной панели он принимает форму стрелки, при обработке команд — форму песочных часов (курсор ожидания), при работе в рабочем поле — форму перекрестья.

С помощью курсора можно определить расстояние между двумя точками площадки. Для этого следует подвести его к первой точке и нажать левую кнопку мыши. Не отпуская кнопки, переместить курсор во вторую точку. В правой части строки состояния будет указано расстояние между точками (точность указания зависит от установленного количества значащих цифр на странице **Единицы измерений** окна **Параметры**). Координаты текущего положения курсора выводятся в строке состояния.

9.5 Операции

Установка курсора на определенную кнопку на инструментальной панели и нажатие левой клавиши мыши активизирует соответствующую операцию или команду. Здесь и далее для обозначения указанной последовательности действий будет применяться выражение «нажатие кнопки на инструментальной панели».

9.5.1 Новый

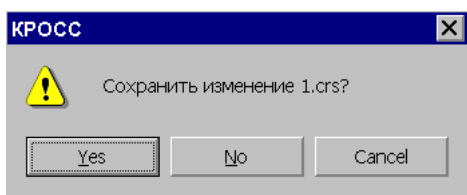


Рис. 9.5.1-1. Окно сообщений



Эта операция используется для подготовки новой площадки. В результате ее выполнения окно программы приводится в исходное состояние. Если текущая площадка была модифицирована, но не сохранялась, появляется запрос-предупреждение с предложением его сохранить (рис. 9.5.1-1).

9.5.2 Открыть

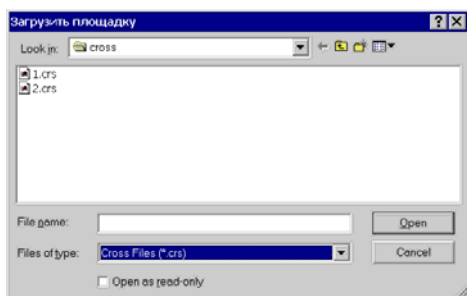


Рис. 9.5.2-1. Диалоговое окно
Загрузить площадку



С помощью этой операции выполняется загрузка ранее сформированной площадки. После активизации операции появляется стандартное окно среды MS Windows со списком файлов, имеющих расширение .crs (рис. 9.5.2-1). Как и в предыдущем случае, выполняется проверка и, при необходимости, выдается запрос-предупреждение о сохранении текущей площадки (рис. 9.5.1-1).

9.5.3 Сохранить

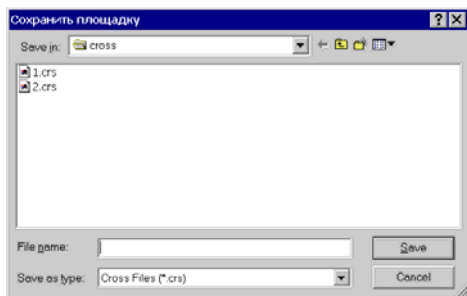


Рис. 9.5.3-1. Диалоговое окно
Сохранить площадку



Эта операция предназначена для сохранения данных о площадке в файле. Если площадка еще не сохранялась, то после активизации операции появляется стандартное окно Windows, в котором следует ввести имя файла (рис. 9.5.3-1).

9.5.4 Сохранить как...

Эта операция предназначена для сохранения данных о площадке в файле с новым именем. После активизации операции появляется стандартное окно Windows, в котором следует ввести имя файла (рис. 9.5.3-1).

9.5.5 Расчет

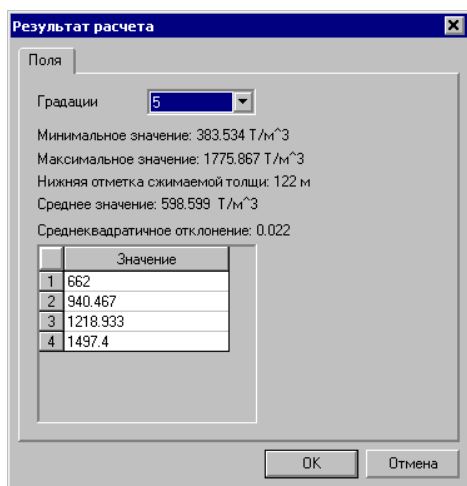


Рис. 9.5.5-1. Диалоговое окно
Результаты расчета

9.5.6 Отчет



После активизации этой операции формируется отчет с результатами расчета. Отчет представляет собой файл в формате **RTF** (Rich Text Format). После завершения формирования отчета автоматически вызывается приложение, с которым ассоциирован формат **RTF** (например, MS Word или WordPad). При использовании программы MS Word существенной является его версия (это связано с изменениями формата данных). Версия установленной на компьютере программы задается при назначении параметров настройки (см. страница **Прочие** раздела **Параметры**).

9.5.7 Поля



Операция используется для построения изополей коэффициентов постели (рис. 9.5.7-1).

Элементы управления цветовой шкалой расположены в диалоговом окне **Коэффициенты постели** (рис. 9.5.7-2). Они позволяют управлять отображением в зависимости от характера результатов и технических возможностей компьютера. Каждому диапазону результатов, а значит и цвету, соответствует маркер. Если он включен, то на модели будут отображены результаты, входящие в этот диапазон. Отключив кнопки, можно отказаться от цветового

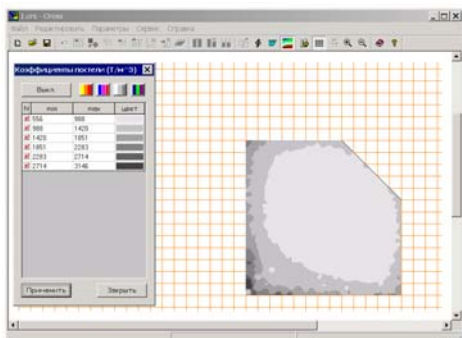


Рис.9.5.7-1. Фундаментная плита с изополями коэффициентов постели

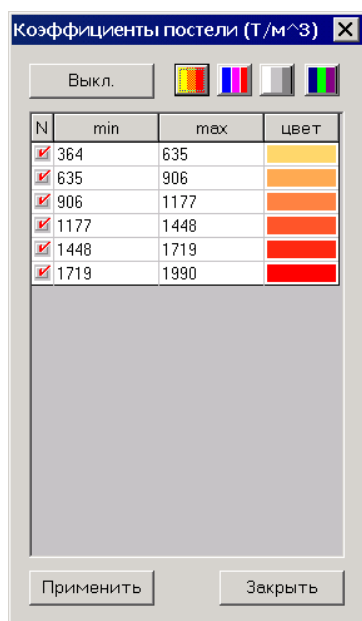


Рис. 9.5.7-2. Управление цветовой шкалой

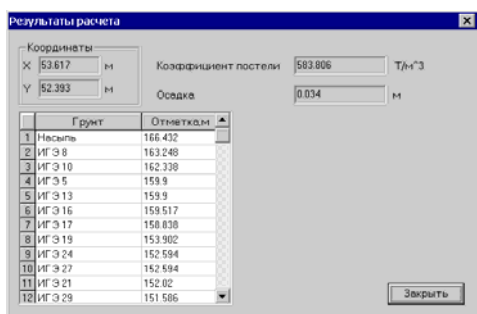


Рис. 9.5.7-3. Окно с результатами расчета в конкретной точке

отображения части результатов, имеющих несущественные значения анализируемого фактора. Для того чтобы отобразить на экране результаты настройки цветовой шкалы, используется кнопка **Применить**, установленная в нижней части диалогового окна.

Ряд верхних кнопок служит для смены цветовой гаммы шкалы. Изменение гаммы на экране происходит после нажатия кнопки **Применить**.

Предлагаемые цветовые решения шкал не являются обязательными. Пользователь может заменить любой цвет в шкале или даже всю шкалу. Для этого надо подвести курсор к цветовому квадрату с заменяемым цветом и нажать **левую** кнопку мыши. При этом открывается стандартная цветовая шкала среды Windows. После выбора цвета нажать кнопку **ОК**. Новый цвет попадет в цветовую шкалу.

Для одновременного отключения или включения всех маркеров цветовой шкалы используется кнопка **Вкл./Выкл.** Этой кнопкой удобно пользоваться в тех случаях, когда из всего диапазона выбирается только несколько значений. Тогда первой операцией будет отключение всей шкалы, а затем включение кнопок с интересующими значениями и нажатие кнопки **Применить**.

Диалоговое окно с цветовой шкалой может занимать любое место на экране, может быть закрыто (кнопка **Закрыть**) или вынесено за пределы рабочего поля (если окно программы занимает не все пространство экрана).

Для изменения количества цветовых диапазонов, которые будут использоваться при отрисовке изополей, или изменения границы интервалов следует нажать на правую кнопку мыши. При этом появляется диалоговое окно **Управление цветовой шкалой** (рис. 9.5.7-2).

Отметим, что при перемещении курсора в пределах области фундаментной плиты в строке состояния выводится значение коэффициента постели в точке, соответствующей положению курсора (рис.9.5.7-1).

Если нажать левую кнопку мыши, на экране появится окно **Результаты расчета** (рис. 9.5.7-3) для точки, на которую указывает курсор. В данном окне приводятся координаты точки, таблица со структурой грунтового массива, коэффициент постели и **осадка** подошвы плиты. Информация об осадке приводится в предположении нулевой жесткости фундаментной плиты.

Существенное влияние на возможности получения ровной гаммы цветов оказывают технические возможности компьютера, в частности, объем видеопамати. Чем больше объем памяти, тем более качественную цветовую гамму можно использовать для работы.

9.5.8 Дополнительные точки

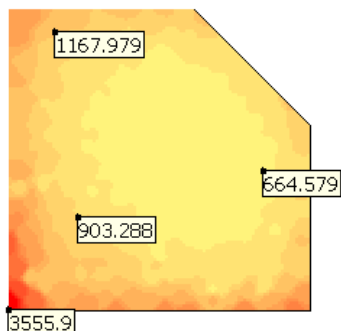


Рис. 9.5.7-4. Изополя с дополнительными маркерами

Если выбрана кнопка **Дополнительные точки**, то при нажатии левой клавиши мыши вместо вышеописанного окна (рис. 9.5.7-3) на изополях будут в соответствующих точках появляться дополнительные маркеры со значениями коэффициента постели в точках (рис. 9.5.7-4). Убрать эти дополнительные точки можно, нажав правую кнопку мыши. При этом появляется меню, которое дает возможность выбрать одну из двух операций: убрать дополнительные точки или активировать диалоговое окно для изменения параметров шкалы.

9.5.9 Осадки подошвы плиты



В этом режиме выводятся изополя распределения осадок подошвы фундамента. Правила вывода такие же, как и при выводе изополей коэффициентов постели.

9.5.10 Сохранить изображение



Нажатие на эту кнопку приводит к вызову стандартного окна Windows для ввода имени файла. После выбора имени программа сохраняет изображение на экране в формате метафайла Windows (.wmf), который может быть использован в дальнейшем при создании отчетного документа.

9.5.11 Отмена



Нажатие на кнопку **Отмена** вызывает отмену предыдущей операции. Максимальная глубина истории не ограничена.

9.5.12 Восстановить



Нажатие на кнопку **Восстановить** вызывает отмену действия последней команды **Отмена**.

9.5.13 Габариты

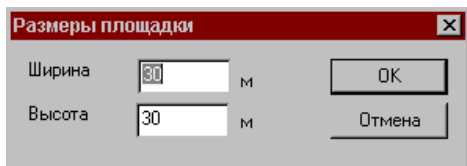


Рис. 9.5.13-1. Диалоговое окно **Размеры площадки**

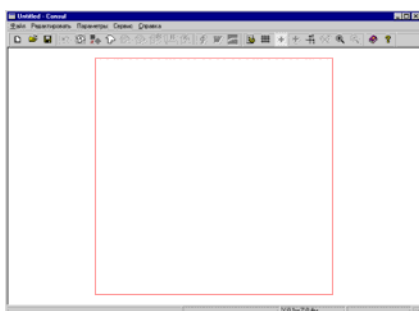


Рис. 9.5.13-2 Отображение габаритов площадки в рабочем поле



Ввод фундаментной плиты выполняется на координатной сетке, габариты которой ограничены размерами площадки. Задание размеров площадки выполняется в одноименном диалоговом окне (рис. 9.5.13-1) в единицах измерения, указанных на странице **Единицы измерений** диалогового окна **Параметры**.

После выхода из указанного диалогового окна в рабочем поле отображается прямоугольник, ограничивающий габариты площадки (рис. 9.5.13-2).

9.5.14 Фундаментная плита

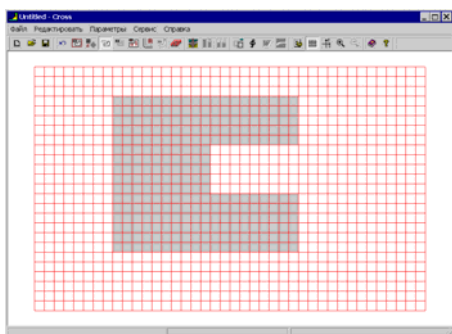


Рис. 9.5.14-1. Отображение фундаментной плиты в рабочем поле



Ввод внешнего контура фундаментной плиты выполняется путем последовательного указания курсором точек перелома полигона, ограничивающего контур. Каждая точка перелома фиксируется нажатием левой кнопки мыши. Замыкание контура выполняется двойным нажатием левой кнопки мыши. При этом последняя точка перелома соединяется с первой, и на экране отображается очертание плиты (рис. 9.5.14-1).

Положение точек перелома может быть произвольным или привязанным к ближайшему узлу сетки. Настройка вида привязки выполняется на странице **Прочие** диалогового окна **Параметры**. При отсутствии привязки во втором поле строки состояния выводятся текущие координаты курсора. Если активна операция **Привязка к сетке**, то в поле строки состояния выводятся координаты ближайшего к курсору узла сетки.

9.5.15 Корректировка контура плиты

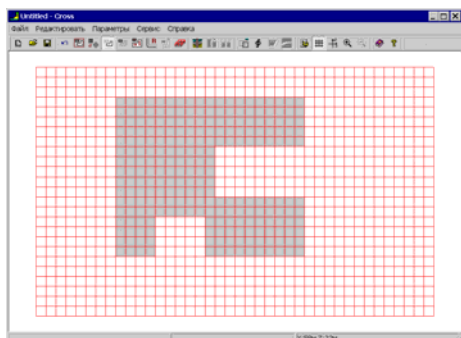


Рис. 9.5.15-1. Плита после корректировки внешнего контура

Если плита уже задана, то повторное нажатие на кнопку **Фундаментная плита** в инструментальной панели активизирует режим корректировки ее внешнего контура. Для этого необходимо подвести курсор к любой точке на контуре. После смены вида курсора (перекрестье для произвольной точки или перекрестье с мишенью для точки перелома) нажать левую кнопку мыши и «перетянуть» выбранную точку в новое положение. Фиксация новой точки перелома выполняется двойным нажатием левой кнопки мыши. На рис. 9.5.15-1 показана плита после корректировки внешнего контура.



При перемещении вершин не допускаются самопересечения ребер, образующих внешний контур плиты, и выход проемов за границы внешнего контура.

9.5.16 Существующее здание



Операция позволяет ввести контур существующего здания (зданий). Порядок действий в этом случае полностью аналогичен действиям, выполняемым при создании контура фундаментной плиты.

9.5.17 Проем

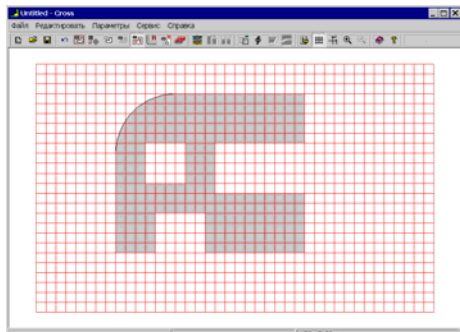


Рис. 9.5.17-1. Пример фундаментной плиты с проемами

Операция предназначена для ввода проемов в фундаментной плите или существующих зданиях. Проемы задаются в виде замкнутого многоугольника. Порядок действий при вводе и корректировке проема аналогичен вводу и корректировке внешнего контура фундаментной плиты.

На рисунке 9.5.17-1 приведен пример фундаментной плиты с проемами.



При вводе многоугольных проемов не допускается их пересечение с внешним контуром фундаментной плиты и другими проемами.

9.5.18 Удалить



Операция позволяет удалить проем (в фундаментной плите или существующем здании) или само существующее здание. Для ее выполнения следует указать курсором на соответствующий объект и нажать левую кнопку мыши.

9.5.19 Сгладить угол

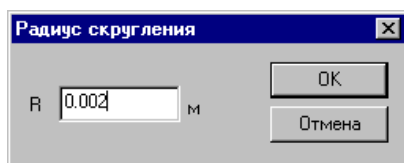


Рис. 9.5.19-1. Диалоговое окно **Радиус скругления**

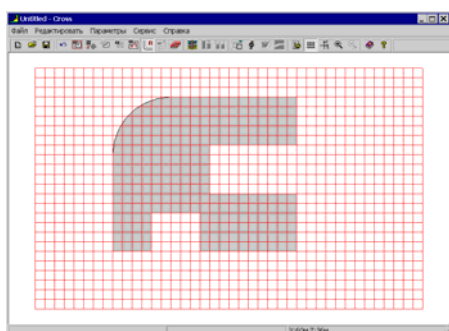


Рис. 9.5.19-2. Пример плиты со скруглением



Сглаживание углов выполняется путем вписывания в угол дуги окружности заданного радиуса. После активизации операции следует указать курсором на точку перелома контура (внешнего или контура проема), и после смены типа курсора на перекрестье с мишенью нажать левую кнопку мыши. В появившемся диалоговом окне **Радиус скругления** (рис. 9.5.19-1) задать радиус и нажать кнопку **ОК**. На рисунке 9.5.19-2 показана фундаментная плита со сглаженными углами.

Количество точек (узлов) на дуге окружности задается на странице **Прочие** диалогового окна **Параметры**. Количество узлов на полной окружности (в том числе и на внутренних контурах) — не менее 8.

9.5.20 Переместить



С помощью этой операции выполняется перемещение группы вершин, выбранных с помощью рамки. Для ее выполнения следует:

- ☞ активизировать операцию;
- ☞ захватить прямоугольной (или полигональной) рамкой перемещаемые вершины;
- ☞ переместить курсор внутрь рамки и после смены вида курсора сдвинуть рамку вместе с захваченными ею вершинами в новое положение.

Новое положение вершин фиксируется нажатием левой кнопки мыши.



При перемещении вершин не допускаются самопересечения ребер, образующих внешний контур плиты, и выход полигональных проемов за границы внешнего контура плиты.

9.5.21 Вершины

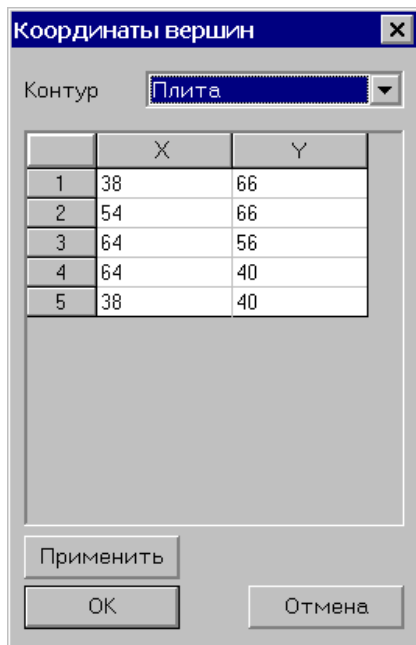


Рис. 9.5.21-1. Диалоговое окно Координаты вершин



9.5.22 Удалить вершины

9.5.23 Нагрузка

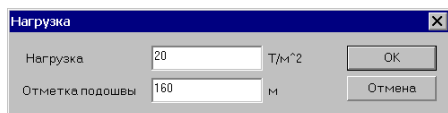


Рис. 9.5.23-1. Диалоговое окно Нагрузка

Корректировку положения вершин контура фундаментной плиты и проемов можно выполнить путем изменения их координат с помощью функции **Вершины** раздела меню **Редактировать**. После ее активизации появляется диалоговое окно **Координаты вершин** (рис. 9.5.21-1), которое включает список контуров в порядке их создания и таблицу с координатами вершин выбранного из списка контура (фундаментной плиты, проемов, существующего здания).

Для корректировки положения вершин следует выполнить следующие действия:

- ↪ выбрать из списка контур (в сечении вершины выбранного контура будут пронумерованы);
- ↪ изменить координаты вершины в таблице координат;
- ↪ нажать кнопку **Применить** или **ОК**.

При перемещении вершин не допускается самопересечение ребер, образующих внешний контур плиты, и выход проемов за границы внешнего контура плиты.



С помощью этой операции выполняется удаление одной или группы выбранных вершин. Для этого следует:

- ↪ активизировать операцию;
- ↪ захватить прямоугольной (или полигональной) рамкой удаляемые вершины;
- ↪ нажать левую кнопку мыши.



С помощью этой операции задается нагрузка, приложенная на уровне отметки подошвы фундамента, а также значение отметки уровня подошвы. Для ее выполнения следует:

- ↪ активизировать функцию;
- ↪ указать курсором, к какому объекту (фундаментной плите или рядом стоящему зданию) следует приложить эту нагрузку, и нажать левую кнопку мыши;
- ↪ в появившемся диалоговом окне **Нагрузка** задать величину нагрузки и отметку подошвы (рис. 9.5.23-1).

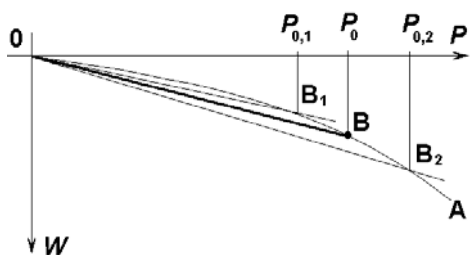


Рис. 9.5.23-2.

Просадки грунтового основания W (см. рис. 9.5.23-2) зависят от приложенной нагрузки P нелинейно, поэтому коэффициент постели, вообще говоря, не является величиной постоянной.

В практике проектирования обычно заменяют нелинейную зависимость ОВА линейной ОВ (расчет по «секущему модулю»). Тангенс угла наклона этого линейного графика как раз и характеризует коэффициент постели.

Поэтому в качестве задаваемой нагрузки P_0 следует принимать наиболее вероятное ожидаемое значение (например, нагрузку от собственного веса плюс длительные нагрузки и длительную часть кратковременных нагрузок). Фактически сооружение работает и при других нагрузках, но если принята во внимание основная часть нагрузки, то малые изменения в диапазоне от $P_{0,1}$ до $P_{0,2}$ скажутся на значении коэффициента постели незначительно (наклон прямых OB_1 и OB_2 мало отличается от наклона прямой OB).



9.5.24 Добавить скважину

Этой операцией назначается место расположения скважины на площадке строительства. Для ввода очередной скважины следует указать курсором ее положение и зафиксировать его нажатием левой кнопки мыши. При этом в рабочем поле появится метка с номером этой скважины. Если активна операция привязки к узлам координатной сетки, то скважины будут устанавливаться в узлах сетки, ближайших положению курсора. Изменить (уточнить) координаты скважины можно в режиме задания параметров скважин.

9.5.25 Удалить скважину



Для удаления скважины следует указать на нее курсором и нажать левую кнопку мыши.

9.5.26 Параметры скважин

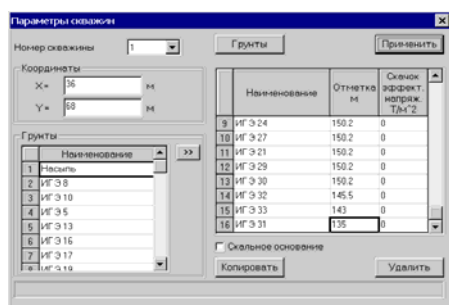


Рис. 9.5.26-1. Диалоговое окно Параметры скважин

При выборе этой операции появляется диалоговое окно **Параметры скважин** (рис. 9.5.26-1), в котором для каждой скважины необходимо задать:

- координаты скважины (фактически они заданы при установке скважины, но могут быть откорректированы в этом окне);
- информацию о грунтах;
- отметки уровней грунтов (верхних) для каждой скважины.

Если ниже слоев грунта находится скальное основание, то следует активизировать соответствующий маркер. При этом вычисление осадок по глубине будет ограничено отметкой последнего слоя грунта, имя которого в таблице заменяется на «скала». В противном случае программа сама определит глубину сжимаемой толщи грунта исходя из предположения, что последний слой имеет неограниченную глубину.

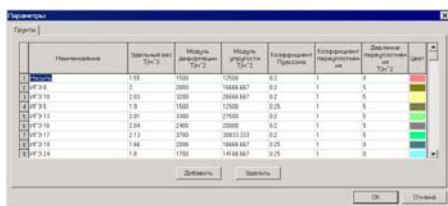


Рис. 9.5.26-2. Диалоговое окно Грунты

Заданию параметров скважин должно предшествовать описание характеристик всех грунтов. Для этого следует нажать кнопку **Грунты**, в диалоговом окне (рис. 9.5.26-2) нажать кнопку **Добавить** и в таблице грунтов заполнить появившуюся новую строку:

- наименование грунта;
- удельный вес;
- модуль деформации;
- модуль упругости (если этот параметр задан равным нулю, то он будет вычислен автоматически как $D/0,12$, где D — модуль деформации);
- коэффициент Пуассона;
- коэффициент переуплотнения;
- давление переуплотнения.

В последнем столбце следует назначить цвет, которым данный грунт будет изображаться при построении разрезов.

Скачок эффективного напряжения определяется действием архимедовых сил, которые, начиная от уровня грунтовых вод (УГВ) и до водоупорного горизонта «уменьшают» объемный вес грунта на 1 т/м^3 . На водонапорном горизонте этот эффект исчезает, что и создает скачок эффективного напряжения (рис. 9.5.26-3).

Если водонасыщенные грунты расположены под слоем водоупорных, то архимедовы силы создают отрицательный скачок эффективного напряжения.

Одним из основных параметров, описывающих поведение грунта, является величина структурной прочности p_c . Величина p_c может быть представлена в виде

$$p_c = R\sigma + \Delta p_c,$$

где R — коэффициент переуплотнения (связанный с возрастом грунтового массива), Δp_c — давление переуплотнения (связанное с максимальными давлениями, действовавшими на грунт в течение истории его формирования), σ — природное давление. Коэффициент переуплотнения и давление переуплотнения постоянны и могут считаться параметрами грунта.

При отсутствии данных натурных испытаний о величинах R и Δp_c рекомендуется использовать значение коэффициента переуплотнения 1,0, а величину давления переуплотнения принимать равной:

- 5 т/м^2 — для глинистых грунтов;
- 2,5 т/м^2 — для супеси;
- 0 т/м^2 — для песков.

Если какой-либо из грунтов нужно удалить, следует активизировать соответствующую строку с помощью курсора и нажать кнопку **Удалить**.

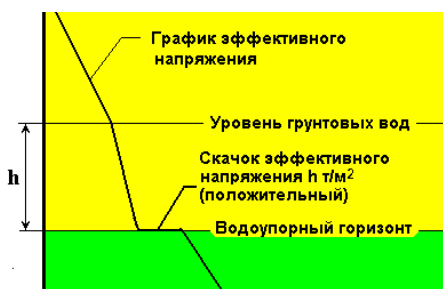


Рис. 9.5.26-3. К определению скачка эффективного напряжения

Чтобы описать последовательность слоев в скважине, следует отметить в таблице **Грунты** (рис. 9.5.26-1) строку с характеристиками грунта слоя и нажатием кнопки **>>** перенести ее в таблицу **Слои**, задав параметры слоя. Грунт одного типа может повторяться в нескольких разных слоях.

Теперь из списка **Номер скважины** выбирается номер очередной скважины и задаются слои, отметки уровня слоя и (если это необходимо) скачок эффективного напряжения, который может быть обусловлен, например, водонасыщенностью слоя. Отметим, что отметки уровня могут быть заданы относительно любой базы (например, скального основания или дневной поверхности).

Ввод параметров скважин можно облегчить, если ввести только одну скважину и задать ей параметры. После чего выполнить ввод остальных скважин. Их параметры по умолчанию получают значения параметров первой скважины и их достаточно только откорректировать. Кроме того, нажатие кнопки **Копировать** приводит к появлению диалогового окна **Копировать скважину**, в котором пользователь может выбрать «скважину-аналог» и скопировать из нее отметки слоев.

9.5.27 Сброс операции



После нажатия этой кнопки сбрасывается активная операция и появляется возможность использовать функции измерения расстояний, построения разреза и т.п. .

9.5.28 Разрез

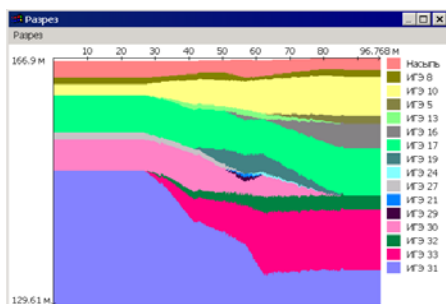


Рис. 9.5.28-1. Окно с изображением разреза

Для контроля заданных параметров скважин можно воспользоваться режимом построения геологических разрезов (рис. 9.5.28-1). Разрез выдается вдоль отрезка прямой, проведенной в любом месте площадки. Для построения разреза следует:

- ☞ воспользоваться кнопкой **Сброс** и отключить активную операцию;
- ☞ установить курсор в точку начала отрезка;
- ☞ нажать одновременно клавишу **Ctrl** и левую кнопку мыши;
- ☞ не отпуская нажатые кнопки, протянуть мышью во второй узел отрезка.

В появившемся окне будет показан геологический разрез в заданном направлении. Штриховой линией на разрезе будет показано положение подошвы плиты, а пунктирной — граница сжимаемой толщи грунта. При этом линия границы будет видна только в том случае, если она проходит не глубже 10 метров от верхней границы последнего слоя грунта.

Используя пункт меню **Сохранить**, пользователь может сохранить изображение в формате метафайла Windows.

При построении разреза используется следующий алгоритм:

Строится выпуклая оболочка всех точек, в которых заданы скважины. Производится триангуляция этой выпуклой оболочки. Далее, для каждой точки в пределах площадки строительства возможны три варианта:

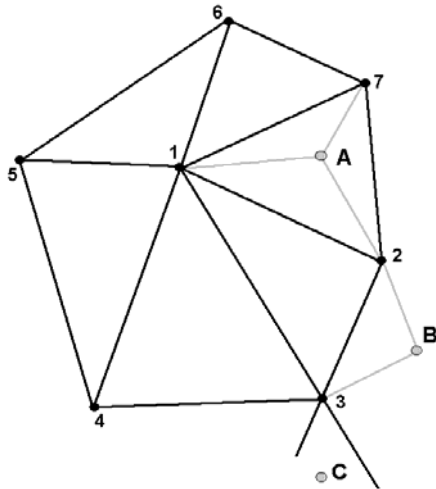


Рис.9.5.28-2.

- A) точка лежит внутри одного из треугольников (пример — точка A на рис. 9.5.28-2);
- B) точка лежит вне выпуклой оболочки и расстояние от этой точки до выпуклой оболочки определяется длиной перпендикуляра, опущенного на ближайшую сторону выпуклой оболочки (пример — точка B на рис. 9.5.28-2);
- C) точка лежит вне выпуклой оболочки и расстояние от этой точки до ближайшей стороны выпуклой оболочки совпадает с расстоянием до одной из вершин (пример — точка C на рис. 9.5.28-2);

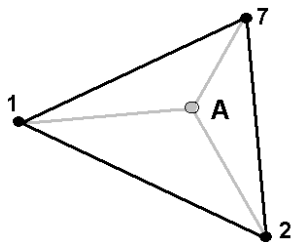


Рис. 9.5.28-3.

В случае A) толщина каждого слоя грунта принимается по линейной интерполяции между вершинами треугольника пропорционально площадям треугольников, противолежащих соответствующим вершинам (рис. 9.5.28-3).

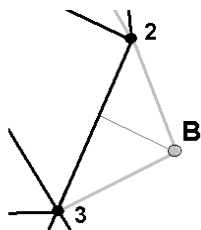


Рис. 9.5.28-4.

В случае B) толщина каждого слоя грунта принимается по линейной интерполяции длин отрезков, на которые разбивается сторона перпендикуляром, опущенным из точки (рис. 9.5.28-4).

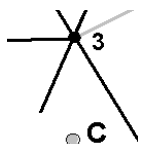


Рис. 9.5.28-5.

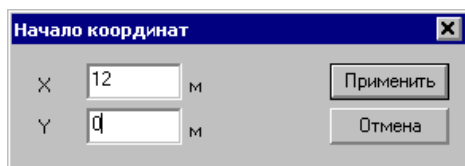
В случае C) считается, что структура грунтового массива в данной точке совпадает со структурой в ближайшей скважине (на рис. 9.5.28-5 — скважина 3).

9.5.29 Измерение расстояний

С помощью курсора можно определить расстояние между двумя точками площадки. Для этого следует подвести его к первой точке и, нажав левую кнопку мыши, переместить курсор во вторую точку. В правой части строки состояния будет указано расстояние между точками (точность указания зависит от установленного количества значащих цифр на странице **Единицы измерений** окна **Параметры**). Координаты текущего положения курсора выводятся в средней части строки состояния.

Отметим, что для выполнения операции необходимо отключить все режимы редактирования.

9.5.30 Начало координат



Операция вызывается из раздела меню **Редактировать** и позволяет выполнить перенос начала координат в точку с заданными координатами (рис. 9.5.30-1).

Вращение сетки происходит вокруг начала координат, поэтому сдвиг начала координат может быть полезен при задании контуров.

Рис. 9.5.30-1. Диалоговое окно
Начало координат

9.5.31 Особенности задания информации о скважинах

Данные о скважинах, задаваемые в диалоговом окне «Параметры скважин», включают информацию об отметке верхнего уровня каждого слоя. В некоторых случаях (см., например таблицы 1 и 2) задача восстановления по этим данным структуры многослойного массива в произвольной промежуточной (между скважинами) точке не имеет однозначного решения.

Таблица 1

| Номер скважины | Наименование грунта | Отметка |
|----------------|---------------------|---------|
| 1 | Песок | 10 |
| 1 | Глина | 20 |
| 1 | Скала | 100 |

Таблица 2

| Номер скважины | Наименование грунта | Отметка |
|----------------|---------------------|---------|
| 2 | Глина | 10 |
| 2 | Песок | 20 |
| 2 | Скала | 100 |

Очевидно, что в этом случае, разрез может быть построен двумя различными способами.

В более сложных ситуациях неоднозначность восстановления геологической структуры может привести к тому, что информация о наличии «линз» будет утеряна.

В этих случаях рекомендуется создавать единый пакет грунтов и задавать его в каждой скважине. В таком пакете выдерживается единая последовательность следования грунтов для всех скважин. Причем, грунты, отсутствующие в конкретной скважине, задаются с нулевой мощностью слоя. Отсутствие n-го слоя грунта в скважине описывается одинаковыми значениями отметок n-1 и n+1 слоев.

КРОСС

Для примера, приведенного в таблицах 1 и 2, описание единого пакета будет выглядеть следующим образом:

Таблица 1.1

| Номер скважины | Наименование грунта | Отметка |
|-----------------------|----------------------------|----------------|
| 1 | Песок | 10 |
| 1 | Глина | 20 |
| 1 | Песок | 100 |
| 1 | Скала | 100 |

Таблица 2.1

| Номер скважины | Наименование грунта | Отметка |
|-----------------------|----------------------------|----------------|
| 2 | Песок | 10 |
| 2 | Глина | 10 |
| 2 | Песок | 20 |
| 2 | Скала | 100 |

9.5.32 Шаг сетки

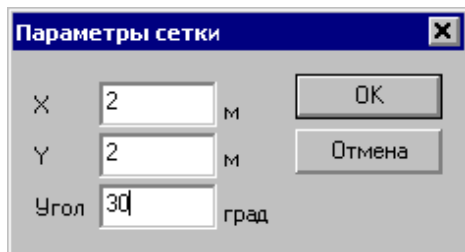


Рис. 9.5.32-1. Диалоговое окно
Параметры сетки

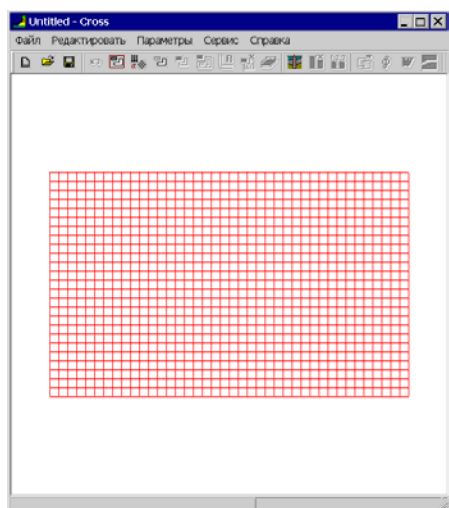


Рис. 9.5.32-2. Отображение сетки в
рабочем поле

9.5.33 Сетка



Параметры координатной сетки задаются в одноименном диалоговом окне (рис. 9.5.32-1), которое появляется после инициализации соответствующей операции. В полях ввода этого окна задаются шаги сетки по горизонтали (вдоль оси **X**) и по вертикали (вдоль оси **Y**), а также угол наклона сетки в градусах относительно горизонтальной оси. Вращение сетки производится вокруг начала системы координат.

Следует отметить, что шаг сетки и угол ее наклона могут неоднократно меняться в процессе ввода контуров. Это позволяет настраивать сетку в соответствии с размерами или положением вводимого контура.

На экране сетка появляется после ввода параметров (рис. 9.5.32-2).



Включает или выключает в рабочем поле отображение размерной сетки. Шаг сетки назначается одноименной операцией в разделе меню **Параметры** или нажатием соответствующей кнопки на инструментальной панели.

9.5.34 Поля для зданий

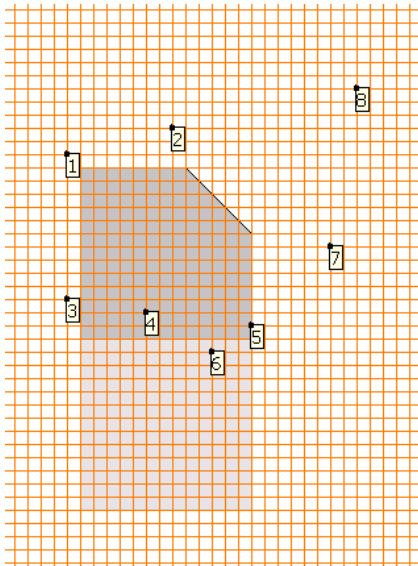


Рис. 9.5.34-1. Модель здания с неравномерной нагрузкой

В программе предусмотрена возможность получить поля для существующих зданий, если выбрана соответствующая операция в разделе меню **Параметры**. Как правило, информация о распределении коэффициентов постели для существующих зданий не представляет интереса при проектировании. Тем не менее, бывают ситуации, при которых эта информация является полезной, например, в тех случаях, когда необходимо задать различные нагрузки на грунт в рамках одного пятна здания (смоделировать ситуацию неравномерной нагрузки).

Если проектируемое сооружение имеет две части (одна из них с малым числом этажей, а вторая — высотная часть), то модель может быть создана следующим образом. В качестве фундаментной плиты задается низкоэтажная часть (соответственно с малой величиной нагрузки), а к ней вплотную примыкает якобы существующее здание с пятном, совпадающим с высотной частью и большей нагрузкой на грунт (рис. 9.5.34-1). Если выбрана операция **Поля для зданий**, то будет получена полная картина распределения коэффициентов постели в здании с неравномерной нагрузкой (рис. 9.5.34-2).

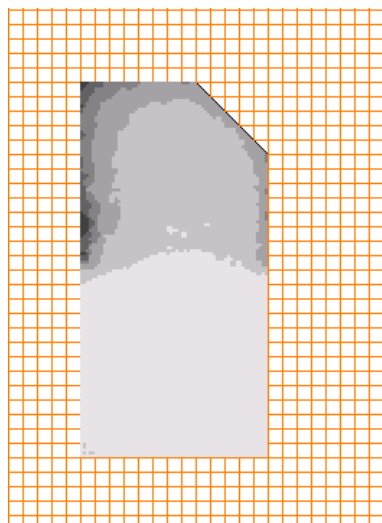




Рис. 9.5.34-2. Поле коэффициентов постели для неравномерно нагруженной фундаментной плиты

9.5.35 Увеличение и уменьшение изображения



Изображение площадки может быть увеличено или уменьшено. Каждое нажатие кнопки  — **Увеличить изображение** увеличивает линейный масштаб на 10%. Максимальный масштаб соответствует увеличению изображения в два раза. Если масштаб был увеличен, то вдоль правой и нижней границ **Рабочего поля** устанавливаются полосы прокрутки, с помощью которых можно изменить положение изображения в рабочем поле. Уменьшение изображения выполняется кнопкой  — **Уменьшить изображение**, каждое нажатие которой уменьшает изображение на 10% вплоть до номинального размера изображения в окне.

9.5.36 Вызов справки



Нажатие кнопки **Справка** активизирует стандартную функцию Windows для получения справки из базы, созданной разработчиками программы.

9.5.37 О программе



После нажатия этой кнопки вызывается информационное окно **О программе** (рис. 9.5.37-1), в котором приводится информация о версии и разработчике программы.

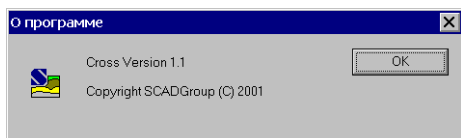


Рис. 9.5.37-1. Информационное окно
О программе

10. Приложения

10.1 Создание отчета

Все режимы работы программ **ВеСТ**, **Кристалл**, **АРБАТ**, **КРОСС** имеют кнопку **Отчет**. Нажатие этой кнопки при отсутствии ошибок в исходных данных приводит к следующим действиям:

- выполнение всех расчетов;
- создание файла в формате RTF (Rich Text Format), который содержит перечень исходных данных и результаты расчета. В зависимости от установленной в окне **Параметры** операции (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** операций (**Просмотр/Редактирование** или **Печать**) это приложение активизируется для немедленной печати отчета или для его просмотра и (возможно) корректировки. В последнем случае получение твердой копии возлагается на пользователя (он может воспользоваться возможностью печати из приложения).

Замечание. Как правило, с расширением .rtf ассоциирована программа WordPad. Если на Вашем компьютере установлен 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**.

10.2 Сервисные функции

Поскольку при работе с программой часто возникает необходимость выполнить некоторые дополнительные расчеты, в разделе **Сервис** главного меню программ пакета предусматривается возможность вызова стандартного калькулятора среды MS Windows (если он установлен в системе), калькулятора, позволяющего выполнять расчеты по формулам, калькулятора для преобразования единиц измерения, а также специального калькулятора для выбора дискретной арматуры по заданной площади (в программе АРБАТ).

10.2.1 Вычисление по формулам

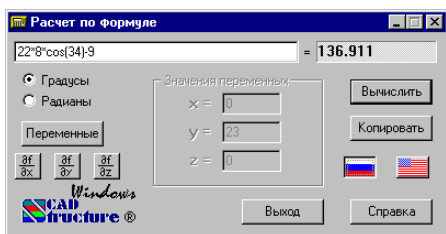


Рис. Error! Reference source not found.-1. Окно вычислителя

В разделе меню **Сервис** предусматривается возможность вызова как стандартного калькулятора среды MS Windows (если он установлен в системе), так и специального вычислителя (рис. 10.1.1-1), позволяющего выполнять расчеты по формулам.

Вычислитель 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/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

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

должна быть записана следующим образом:

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




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

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

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.

10.2.2 Преобразование единиц измерений

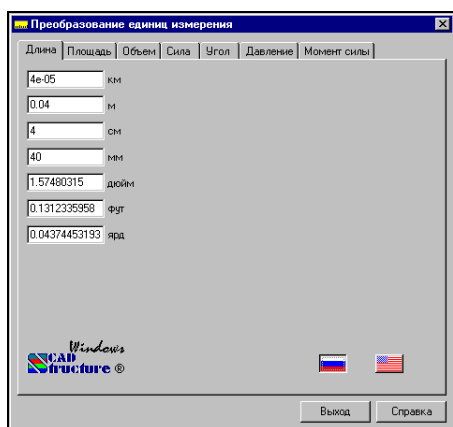


Рис. 10.2.2-1. Окно Преобразование единиц измерения

10.2.3 Дискретная арматура

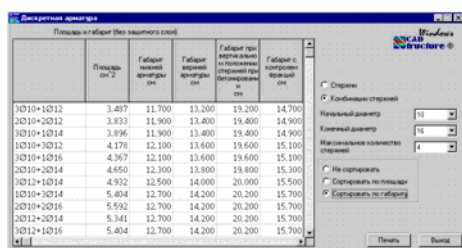


Рис. 10.2.3-1. Диалоговое окно Дискретная арматура

Программа предназначена для преобразования данных, заданных в различных единицах измерений (рис. 10.2.2-1). Для выполнения операции необходимо выбрать страницу с соответствующими мерами (**Длина**, **Площадь** и т.д.), ввести число в какое-либо из полей ввода и нажать на клавишу **Enter**. В результате будут получены значения этой величины во всех остальных единицах измерений.

Активация соответствующей кнопки с флагом позволяет сменить язык общения (русский/английский).

Калькулятор **Дискретная арматура** (рис. 10.2.3-1) позволяет получить все возможные комбинации арматурных стержней при заданных ограничениях по диаметрам арматуры и количеству стержней.

Предусмотрены следующие возможности задания ограничений:

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

Таблица результатов содержит список комбинаций, для каждой из которых приводятся площадь арматуры, минимальные габариты нижней и верхней арматуры, арматуры при вертикальном армировании, а также габарит с контролем фракций. Все габариты приведены без учета защитного слоя. Минимальные габариты вычисляются в соответствии с ограничениями, приведенными в СНиП 2.03.01-84* [19] на размещение арматуры в сечениях.

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

10.3 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 (Мой компьютер | Опции | Тип файла)**. 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 сообщений 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:

| Программа | Режим работы | Имя файла |
|---------------------------------|--|--------------|
| Кристалл | Стали | Steel.sav |
| | Сортамент металлопроката | — |
| | Болты | Bolts.sav |
| | Предельные гибкости | LimitFle.sav |
| | Коэффициенты условий работы | Coef.sav |
| | Огибающие | BeamLoad.sav |
| | Геометрические характеристики | SecProp.sav |
| | Расчетные длины | BucLen.sav |
| | Сопротивление 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 | |
| Кристалл- Eurocode-3 | Сварная балка | WeldBeam.sav |
| | Прокатная балка | RollBeam.sav |
| | Прочность и устойчивость при действии продольных сил | Axial.sav |
| | Геометрические характеристики | SecPropE.sav |
| | Стойки | ColumnE.sav |

| Программа | Режим работы | Имя файла |
|---------------------------------|------------------------------|------------------|
| Кристалл- Eurocode-3 | Сопротивление соединений | ConResE.sav |
| | Сопротивление сечений | SecResE.sav |
| | Связи | Bracing.sav |
| | Огибающие | BeamLdE.sav |
| | Критический момент | CritMom.sav |
| | Соединение балок | BeamBeam.sav |
| | Соединение ригеля с колонной | BeamCol.sav |
| АРБАТ | Подбор арматуры в балке | ABeam.sav |
| | Экспертиза балки | EBeam.sav |
| | Подбор арматуры в колонне | AColumn.sav |
| | Экспертиза колонны | EColumn.sav |
| | Сопротивление сечений | ASecRes.sav |
| | Прогибы | Defl.sav |
| | Экспертиза плиты | EPlate.sav |
| | Местное сжатие | Elocal1.sav |
| | Продавливание | Elocal2.sav |
| | Отрыв | Elocal3.sav |
| | Закладные детали | Zaklad.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**.

10.4 Список сортов прокатных профилей, поставляемых с пакетом программ

10.4.1 Сортмент Челябинского металлургического комбината

| Русский | English |
|--|--|
| Двутавр нормальный (Б) по СТО АСЧМ 20-93 | Regular I-beam per STO ASChM 20-93 |
| Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93 | Broad-flanged beam per STO ASChM 20-93 |
| Двутавр колонный (К) по СТО АСЧМ 20-93 | Column I-beam per STO ASChM 20-93 |
| Двутавр по Р40-93 | I-beam R 40-93 |
| Специальные двутавры по СТО АСЧМ 20-93 | Special I-beam per STO ASChM 20-93 |

10.4.2 ГОСТ

| Русский | English |
|--|---|
| Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 | Equal legs angle per GOST 8509-93 |
| Уголок неравнополочный по ГОСТ 8510-86* | Unequal legs angle per GOST 8510-86* |
| Швеллер с параллельными гранями полок по ГОСТ 8240-89 | Channel with parallel edges of flanges per GOST 8240-89 |
| Швеллер (В) по ГОСТ 5267.1-90 | Channel per GOST 5267.1-90 |
| Швеллер с уклоном полок по ГОСТ 8240-89 | Channel with inclined inner edges of flanges per GOST 8240-89 |
| Двутавр колонный (К) по ГОСТ 26020-83 | Column I-beam GOST 26020-83 |
| Двутавр с уклоном полок по ГОСТ 8239-89 | I-beam with inclined inner edges of flanges per GOST 8239-89 |
| Двутавр дополнительной серии (Д) по ГОСТ 26020-83 | Additional series I-beam GOST 26020-83 |
| Двутавр нормальный (Б) по ГОСТ 26020-83 | Regular I-beam per GOST 26020-83 |
| Двутавр широкополочный по ГОСТ 26020-83 | Broad-flanged beam per GOST 26020-83 |
| Тавры колонные (КТ) по ТУ 14-2-685-86 | Column T-bar per TU 14-2-685-86 |
| Тавр ШТ по ТУ 14-2-685-86 | T-bar per TU 14-2-685-86 |
| Трубы электросварные прямошовные по ГОСТ 10704-91 | Pipe per GOST 10704-91 |
| Трубы по ГОСТ 10704-91 (сокращенные) | Pipe per GOST 10704-91 (reduced list) |
| Гнутый равнополочный швеллер по ГОСТ 8278-83 из сталей С239-С245 | Bended equal legs channel per GOST 8278-83, steel C239-C245 |
| Гнутый равнополочный швеллер по ГОСТ 8278-83 из сталей С255-С275 | Bended equal legs channel per GOST 8278-83, steel C255-C275 |
| Квадратные трубы по ТУ 36-2287-80 | Square Hollow Structural Tubing per TU 36-2287-80 |
| Прямоугольные трубы по ТУ 67-2287-80 | Rectangular Hollow Structural Tubing per TU 67-2287-80 |

10.4.3 Сокращенный сортамент

| Русский | English |
|--|---|
| Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 | Equal legs angle per GOST 8509-93 |
| Уголок неравнополочный по ГОСТ 8510-86* | Unequal legs angle per GOST 8510-86* |
| Швеллер с параллельными гранями полок по ГОСТ 8240-89 | Channel with parallel edges of flanges per GOST 8240-89 |
| Швеллер с уклоном полок по ГОСТ 8240-89 | Channel with inclined inner edges of flanges per GOST 8240-89 |
| Двутавр колонный (К) по ГОСТ 26020-83 | Column I-beam GOST 26020-83 |
| Двутавр с уклоном полок по ГОСТ 8239-89 | I-beam with inclined inner edges of flanges per GOST 8239-89 |
| Двутавр дополнительной серии (Д) по ГОСТ 26020-83 | Additional series I-beam GOST 26020-83 |
| Двутавр нормальный (Б) по ГОСТ 26020-83 | Regular I-beam per GOST 26020-83 |
| Двутавр широкополочный по ГОСТ 26020-83 | Broad-flanged beam per GOST 26020-83 |
| Тавры колонные (КТ) по ТУ 14-2-685-86 | Column T-bar per TU 14-2-685-86 |
| Тавр ШТ по ТУ 14-2-685-86 | T-bar per TU 14-2-685-86 |
| Трубы электросварные прямошовные по ГОСТ 10704-91 | Pipe per GOST 10704-91 |
| Гнутый равнополочный швеллер по ГОСТ 8278-83 из сталей С239-С245 | Bended equal legs channel per GOST 8278-83, steel C239-C245 |
| Гнутый равнополочный швеллер по ГОСТ 8278-83 из сталей С255-С275 | Bended equal legs channel per GOST 8278-83, steel C255-C275 |
| Квадратные трубы по ТУ 36-2287-80 | Square Hollow Structural Tubing per TU 36-2287-80 |
| Прямоугольные трубы по ТУ 67-2287-80 | Rectangular Hollow Structural Tubing per TU 67-2287-80 |

10.4.4 Старые сортаменты

| Русский | English |
|--|--|
| Уголок равнополочный по ОСТ 14-1926 | Equal legs angle per OST 14-1926 |
| Уголок равнополочный по ОСТ 14-1932 | Equal legs angle per OST 14-1932 |
| Уголок неравнополочный по ОСТ 15-1926 | Unequal legs angle per OST 15-1926 |
| Уголок неравнополочный по ОСТ 15-1932 | Unequal legs angle per OST 15-1932 |
| Двутавр балочный по ОСТ 16-1926 | I-beam per OST 16-1926 |
| Двутавр балочный по ОСТ 16-1932 | I-beam per OST 16-1932 |
| Швеллер с уклоном полок по ОСТ 17-1926 | Channel with inclined inner edges of flanges per OST 17-1926 |
| Швеллер с уклоном полок по ОСТ 17-1933 | Channel with inclined inner edges of flanges per OST 17-1933 |

10.4.5 ASTM

| Русский | English |
|------------------------|----------------------------|
| Равнополочный уголок | Equal Angles |
| Неравнополочный уголок | Unequal Angles |
| Двутавр HP | H-Piles |
| Двутавр M | Miscellaneous Shapes |
| Двутавр S | American Standard Shapes |
| Двутавр W | Wide Flange Shapes |
| Тавр MT | Miscellaneous Tees |
| Тавр ST | American Standard Tees |
| Тавр WT | Wide Flange Tees |
| Швеллер C | American Standard Channels |
| Швеллер MC | Miscellaneous Channels |
| Труба круглая P | Pipe |
| Труба круглая PX | Extra Strong Pipe |
| Труба круглая PXX | Double-Extra Strong Pipe |
| Труба квадратная | Tube Steel (Square) |
| Труба прямоугольная | Tube Steel (Rectangular) |

10.4.6 Великобритания — стандартные профили (British Standard Sections)

| Русский | English |
|--|-------------------------------|
| Двутавр Universal Beams to BS4 | Universal Beams |
| Двутавр Universal Columns to BS4 | Universal Columns |
| Двутавр Universal Bearing Piles to BS4 | Universal Bearing Piles |
| Труба прямоугольная EN10210 (UK) | Rectangular Hollow Sections |
| Труба круглая EN10210(UK) | Circular Hollow Sections |
| Труба квадратная EN10210 (UK) | Square Hollow Sections |
| Двутавр Joists | Joists |
| Уголок равнополочный | Equal Angles |
| Уголок неравнополочный | Unequal Angles |
| Швеллер | Channels |
| Тавр Tees from UB's to BS4 | Structural Tees cut from UB's |
| Тавр Tees from UC's to BS4 | Structural Tees cut from UC's |

10.4.7 Великобритания — импортируемые профили (Overseas Shapes)

| Русский | English |
|----------------------------------|--|
| Двутавр ASTM Shapes | ASTM W Shapes (Universal beams and columns) |
| Двутавр Euronorm IPE Sections | IPE Shapes (European universal beams) |
| Двутавр Euronorm HE Sections | HE Shapes (European universal beams and columns) |
| Труба прямоугольная EN10210 (OS) | Rectangular Hollow Sections |
| Труба круглая EN10210 (OS) | Circular Hollow Sections |
| Труба квадратная EN10210 (OS) | Square Hollow Sections |

10.4.8 Arbed

| Русский | English |
|--|---------------------------------|
| Равнополочный уголок по Euronorm 56-77 | Equal Angles Euronorm 56-77 |
| Неравнополочный уголок по Euronorm 57-78 | Unequal Angles Euronorm 57-78 |
| Двутавр IPE Euronorm 19-57 | European I-beams (IPE) |
| Двутавр IPN | European standard beams (IPN) |
| Двутавр HE Euronorm 53-62 | European wide flange beams (HE) |
| Двутавр HL Euronorm 53-62 | European wide flange beams (HL) |
| Двутавр HD | Wide flange columns (HD) |
| Двутавр HP | Wide flange bearing piles (HP) |
| Двутавр W | American wide flange beams (W) |
| Двутавр UB | British universal beams (UB) |
| Двутавр UC | British universal columns (UC) |
| Швеллер UAP | Channels with parallel flanges |
| Швеллер UPN | European standard channels |

10.4.9 Сварные профили (welded profiles)

| Русский | English |
|---------------------------------------|--|
| Двутавры сварные ТУ У 01412851.001-95 | Welded I-beam per TU U 01412851.001-95 |

10.4.10 ОТУА

| Русский | English |
|---------------------------------------|---|
| Равнополочный уголок по NF A 45-009 | Equal Angles NF A 45-009 |
| Неравнополочный уголок по NF A 45-010 | Unequal Angles NF A 45-010 |
| Двутавр IPN по NF A 45-209 | IPN Shapes NF A 45-209 |
| Двутавр PA по NF A 45-205 | PA Shapes NF A 45-205 |
| Двутавр IPE-A по NF A 45-205 | IPE-A Shapes NF A 45-205 |
| Двутавр IPE по NF A 45-205 | IPE Shapes NF A 45-205 |
| Двутавр IPE-R по NF A 45-205 | IPE-R Shapes NF A 45-205 |
| Двутавр HEA-A по NF A 45-201 | HEA-A Shapes NF A 45-201 |
| Двутавр HEA по NF A 45-201 | HEA Shapes NF A 45-201 |
| Двутавр HEB по NF A 45-201 | HEB Shapes NF A 45-201 |
| Двутавр HEM, HEC по NF A 45-201 | HEM, HEC Shapes NF A 45-201 |
| Тавр PA по NF A 45-205 | Structural Tees cut from PA NF A 45-205 |
| Тавр IPE-A по NF A 45-205 | Structural Tees cut from IPE-A NF A 45-205 |
| Тавр IPE по NF A 45-205 | Structural Tees cut from IPE NF A 45-205 |
| Тавр IPE-R по NF A 45-205 | Structural Tees cut from IPE-R NF A 45-205 |
| Тавр HEA-A по NF A 45-211 | Structural Tees cut from HEA-A NF A 45-211 |
| Тавр HEA по NF A 45-201 | Structural Tees cut from HEA NF A 45-201 |
| Тавр HEB по NF A 45-201 | Structural Tees cut from HEB NF A 45-201 |
| Тавр HEM, HEC по NF A 45-201 | Structural Tees cut from HEM, HEC NF A 45-201 |
| Швеллеры UPN по NF A 45-202 | Channels UPN NF A 45-202 |
| Швеллеры UPN-A по NF A 45-202 | Channels UPN-A NF A 45-202 |
| Швеллеры UAP по NF A 45-255 | Channels UAP NF A 45-255 |
| Швеллеры UAP-A по NF A 45-255 | Channels UAP-A NF A 45-255 |
| Трубы | Tubes Ronds |
| Прямоугольные трубы | Tubes Rectangular |
| Квадратные трубы | Tubes Carres |

10.4.11 DIN

| Русский | English |
|---|---------------------------------------|
| Равнополочный уголок по DIN 1028 | Equal Angles DIN 1028 |
| Неравнополочный уголок по DIN 1029 | Unequal Angles DIN 1029 |
| Балки двутавровые по DIN 1025 | Beam DIN 1025 |
| Широкополочные двутавры по DIN 1025 (с паралл. гранями) | IP DIN 1025 |
| Широкополочные двутавры по DIN 1025 (9% уклон) | IP DIN 1025 (9%) |
| Швеллеры по DIN 1026 | Channels DIN 1026 |
| Трубы по DIN 2448 | Circular Hollow Sections DIN 2448 |
| Прямоугольные трубы по DIN 59410 | Rectangular Hollow Sections DIN 59410 |
| Квадратные трубы по DIN 59410 | Square Hollow Sections DIN 59410 |

10.5 Прогноз осадок фундаментов мелкого заложения и выбор модели основания для расчета плит^{*)}

Федоровский В.Г., Безволев С.Г.

Дается краткий обзор развития методов расчета плит на упругом основании (от Н.М.Герсеванова до наших дней) с выделением вопросов, относящихся к моделям основания. Описывается метод расчета осадок, основанный на послойном суммировании с учетом структурной прочности грунта и пригодный для использования в расчете плит.

Методы расчета плит. К началу 1930-х годов теория расчета балок на винклеровском основании достигла практического совершенства. Значительный вклад в развитие этой теории внес Н.М.Герсеванов [1]. Позднее Л.Л.Галин и М.И.Горбунов-Посадов [2] показали, что для расчета балок (свай) модель Винклера вполне адекватна, несмотря на наличие у основания распределительной способности. При этом коэффициент постели вычисляется через характеристики основания (такие, как модуль деформации) и геометрические размеры балки.

Однако для плитных фундаментов пренебрежение распределительной способностью основания в модели Винклера приводит не только к количественным, но и качественным отличиям результатов расчета по сравнению, скажем, с моделью основания в виде однородного упругого полупространства (УПП). Н.М.Герсеванову это было очевидно, и поэтому он инициировал и возглавил в ВИОС (НИИОСП) разработку методов расчета плит на УПП. Результаты этой работы сведены в сборник [3]. Так, в статье Н.М.Герсеванова и Я.А.Мачерета о нагруженной сосредоточенной силой бесконечно длинной балке на «упругой почве» под балкой авторы понимали балочную плиту, т.е. бесконечную и однородную в одном направлении плиту, работающую в условиях плоской деформации, а под сосредоточенной силой, соответственно, — нагрузку, распределенную с постоянной интенсивностью вдоль прямой линии того же направления. Н.М.Герсеванов и Я.А.Мачерет решают плоскую задачу теории упругости для полуплоскости, используя оригинальное представление напряжений в виде функций комплексного переменного, полученное ранее Н.М.Герсевановым. В качестве граничного условия (помимо отсутствия касательных напряжений) используется уравнение изгиба балки, связывающее перемещение границы с контактными нормальными напряжениями. Решение ищется методом функциональных уравнений и сводится к решению обыкновенного линейного дифференциального уравнения 3-го порядка. При этом очень эффективно используется герсевановское представление обобщенной δ -функции в виде предела аналитической функции [1]. Достаточно технически сложные построения позволяют представить решение в аналитической форме, доказать его корректность и выписать в конечном виде некоторые ключевые параметры, например изгибающий момент в плите в месте приложения нагрузки. Б.П.Павлов [3] решает ту же задачу несколько иными методами. У него плита задается не уравнением изгиба, а как упругая полоса конечной толщины. Используется стандартное представление решения плоской задачи теории упругости Колосова-Мусхелишвили. Задача сводится к сингулярному интегральному уравнению относительно неизвестной функции распределения контактных напряжений, которое решается методом коллокаций с использованием численного интегрирования. Из-за крайне ограниченных в то время возможностей решения систем линейных уравнений результаты получились достаточно приближенными, но качественно верными.

В работе Б.П.Павлова и Я.А.Мачерета [3], используя разработанные в предшествующих работах методы, решают задачу балки конечной длины. Эту же задачу рассматривает М.И.Горбунов-Посадов, но он использует более простой метод, основанный на представлении контактного давления в виде полинома и интегрировании решения Фламана для упругой полуплоскости. Этот метод восходит к приближенному решению Л.С.Гильманом задачи о жестком штампе и параллельно и независимо развивается также В.А.Флоринным [2,4]. Благодаря своей простоте метод полиномов использовался в дальнейшем М.И.Горбуновым-Посадовым для решения не только плоской, но и пространственной задачи (разумеется,

^{*)} Данное приложение содержит текст статьи, опубликованной в журнале Основания, фундаменты и механика грунтов.— 2000.— № 4 [32].

на основе решения Буссинеска, а не Фламана), т.е. для любых плит [2]. Метод полиномов получил изящное развитие (допускающее в ряде случаев точное решение) в работах П.И.Клубина [4] для плоской и осесимметричной задач и Ю.К.Зарецкого [5] — для круглой плиты при неосесимметричной нагрузке.

Дальнейшее развитие теории расчета конструкций на упругом основании пошло по нескольким направлениям. Одно из них, использующее достаточно общее представление линейно деформируемого основания в виде ядра деформации по Б.Г.Кореневу [6], рассматривается в [1]. Для фундаментных плит, характеризующихся достаточно сложными нагрузками и геометрией, теория развивалась в направлении все большего использования численных методов, и в настоящее время в проектной практике используются в основном общие или специализированные программы конечноэлементного (гораздо реже конечно-разностного) расчета плит. Для МКЭ наиболее удобно использовать винклеровское основание [7], но это не означает, что в рамках конечноэлементного подхода невозможно применять другие модели. Напротив, при помощи итеративного алгоритма Шварца можно рассчитывать плиту на любом, в том числе нелинейном основании. Исходная задача формулируется как задача решения системы уравнений

$$\begin{aligned} D\Delta^2 w &= p - q; \\ L(q) &= w. \end{aligned} \quad (1)$$

где D — изгибная жесткость плиты; w — осадка плиты и основания; p — нагрузка на плиту; q — отпор грунта (контактное давление); L — оператор, связывающий нагрузку на основание с его осадкой (контактная модель основания).

Эта задача заменяется на решение уравнения

$$D\Delta^2 w + kw = p \quad (2)$$

где k — коэффициент постели. Задавшись каким-либо начальным значением k , решаем уравнение (2), и по найденным осадкам при том же k находим контактное давление q . По контактной модели находим осадки основания, соответствующие этому давлению и пересчитываем коэффициент постели. Вновь решаем уравнение (2) и т.д. до сходимости по заданному параметру.

Таким образом, на сегодня вопрос методики расчета плит значительно менее актуален, чем вопрос выбора модели основания.

Модели основания. Модель УПП, помимо таких недостатков, как неучет нелинейной деформируемости и трехмерной неоднородности грунтового основания, преувеличивает и его распределительную способность, а также приводит к появлению под краями плиты физически нереальных бесконечных давлений. Поэтому совершенствование этой модели велось в направлении снижения распределительной способности — упругий слой (УС) (К.Е.Егоров и др.), его аппроксимация в виде двухпараметрического основания (М.М.Филоненко-Бородич, П.Л.Пастернак, В.З.Власов), основание с увеличивающимся по глубине модулем (Г.К.Клейн) — или снятия краевых бесконечностей — винклеровский слой на УПП (И.Я.Штаерман). Однако, эти модели, не решая в принципе вопросов нелинейности и неоднородности, не дают удовлетворительного решения и задачи прогноза осадки сооружения одновременно с расчетом плиты. По оценке В.И.Соломина, для расчета плиты следует брать упругий слой примерно вдвое меньшей толщины, чем для расчета осадки.

Для понимания природы этого парадокса нужно обратиться к экспериментам и натурным наблюдениям. Как первые [8, 9], так и вторые [10], показывают, что распределение вертикальных перемещений грунта по глубине в принципе отличается от расчетного по УПП. Значительная часть (для обычных фундаментов и нагрузок порядка двух третей) суммарного сжатия основания, т.е. осадки, концентрируется в тонком слое под фундаментом, а остальная осадка распространяется на значительную глубину, причем деформации в этой части основания соответствуют модулю деформации, значительно превосходящему стандартный нормативный. С ростом нагрузки зона больших деформаций возрастает. Деление основания на две зоны естественно отождествить с разделением на зоны упругопластических (больших) и упругих (малых) деформаций.

На этой идее основаны предложения по расчету осадок с использованием простейшей упруго-пластической билинейной модели [9–13]. В работе [10] была предложена модель основания в виде слоя, опирающегося на значительно более жесткое полупространство. Толщина слоя зависит от нагрузки и так называемой структурной прочности грунта (не очень удачный термин, установившийся в отечественной ли-

тературе и означающий предел упругости), а модуль деформации слоя получается осреднением по глубине. Такая модель объясняет парадокс В.И.Соломина, поскольку слой определяет, в основном, распределительную способность основания и только часть общей осадки. Очевидным недостатком этой модели является неучет неоднородности основания в плане, в том числе неоднородности, связанной с нагрузкой. В работах В.Н.Широкова [11] и В.С.Копейкина [13] структурная прочность определяется с учетом всех компонент напряженного состояния, и потому соответствующие методы расчета осадок не отличаются принципиально от методов, основанных на использовании наиболее общих нелинейных моделей грунтов, и мало пригодны для существенно трехмерных задач расчета плит (в том числе и в результате использования нестандартных характеристик).

В работе авторов [12] с учетом специфики задачи сжатие рассматривается как близкое к компрессионному, в расчете участвуют только вертикальные напряжения σ_z и, соответственно, структурная прочность p_c соотносится только с этим напряжением. При таком подходе, как будет показано ниже, расчет осадок сильно упрощается и вполне может использоваться в качестве вспомогательной процедуры в расчетах плит.

Без особого ограничения общности осадка какой-либо точки подошвы плиты с координатами в плане $\{x, y\}$ может быть записана в виде

$$w = \int_{z_f}^{z_d} \beta \frac{\Delta\sigma}{E} dz \quad (3)$$

где z — вертикальная координата, возрастающая вниз; z_f — координата подошвы; $z_d = z_f + H$ — нижняя граница интегрирования (последнего суммирования); H — глубина сжимаемой толщи; β — коэффициент, учитывающий степень боковой стесненности вертикального сжатия грунта; $\Delta\sigma$ — приращение вертикального нормального напряжения от действия нагрузки на основание; E — модуль деформации. Три последних величины являются функциями всех трех координат $\{x, y, z\}$. Ниже на основе анализа предлагаются способы задания входящих в формулу (3) величин, обеспечивающие оптимальное, на наш взгляд, сочетание простоты и точности расчета.

Глубина сжимаемой толщи в различных методах расчета осадок определяется по-разному. Наиболее естественно было бы вовсе не ограничивать сжимаемую толщину или ограничить ее снизу кровлей скальных грунтов, осадки которых пренебрежимо малы. Последнее часто удается сделать, но далеко не всегда на практике изыскания доходят до границы скальных пород. Поэтому нормативные методы расчета вводят некоторые условные ограничения сжимаемой толщи. Так, СНиП 2.02.01-83 «Основания зданий и сооружений» предлагает два метода расчета осадок — с использованием расчетных схем в виде линейно деформируемого полупространства (ЛПП) и линейно деформируемого слоя (ЛС). В ЛПП нижняя граница сжимаемой толщи определяется как глубина, на которой $\Delta\sigma$ составляет 20% эффективного бытового давления σ_{zg} , (или 10%, если 20%-я граница попадает в слабый грунт или непосредственно подстилается им). При этом $\Delta\sigma$ для фундаментов с шириной подошвы более 10 м вычисляется от всей приложенной к основанию нагрузки, а для менее широких фундаментов — от нагрузки за вычетом бытового давления на уровне подошвы (причина такого деления не вполне ясна). Толщина ЛС слабо зависит от нагрузки (изменяется в 1,5 раза при изменении среднего давления по подошве от 0,1 до 0,5 МПа) и, в основном, определяется, песчаное это основание или глинистое. Причина такого выбора еще менее понятна.

В СНиП 2.02.02-85 «Основания гидротехнических сооружений» глубина сжимаемой толщи определяется для фундаментов шириной менее 20 м как по СНиП 2.02.01-83 (при этом не указывается, какой из двух вышеприведенных способов имеется в виду), а для фундаментов шире 20 м по критерию $\Delta\sigma = 50\% \sigma_{zg}$ (или 20% при попадании в слабый грунт).

В Eurocode-7 понятия сжимаемой толщи (как и последовательного суммирования) нет вообще.

Достаточно очевидно, что малые толщины сжимаемых слоев в ЛС и СНиП 2.02.02-85 условны, не отражают реальной картины деформирования основания и потому, даже если они дают удовлетворительные результаты при прогнозе осадок, для расчета плит мало пригодны. Физически достоверный метод расчета осадок не должен сильно зависеть от учета или неучета деформаций на больших глубинах, поскольку деформации там должны быть весьма незначительны. Исходя из этого соображения, в предлагаемом методе

расчета осадок принимаем для ограничения сжимаемой толщи снизу кровлю скалы (если она есть) пли глубину, находимую по 10%-у критерию (причем в последнем случае эта глубина постоянна в плане).

Коэффициент бокового обжатия. В различных нормах также определяется по-разному. В СНиП 2.02.02-85 (если пренебречь путаницей в индексах между п. 7.7 и приложением 3) используется формула компрессионного сжатия, следующая из закона Гука

$$\beta = \frac{(1-2\nu)(1+\nu)}{1-\nu}, \quad (4)$$

где ν - коэффициент Пуассона грунта. В методе ЛПП $\beta = 0,8$, а в ЛС в явном виде этого коэффициента нет, но из табл. 4 приложения 2 СНиП 2.02.01-83 нетрудно убедиться, что в этом методе (по крайней мере, вблизи подошвы фундамента) $\beta = 0,5$, что, согласно формуле (4), соответствует $\nu \approx 0,39$.

Обращая мысленно к физической картине, отметим, что непосредственно под фундаментом грунт, сцепленный с подошвой, не имеет боковых деформаций, т.е. находится в условиях компрессии. В то же время при удалении от фундамента дополнительные горизонтальные напряжения убывают значительно быстрее, чем вертикальные. Точное распределение β установить трудно даже для однородного упругого основания. Мы предлагаем рассчитывать этот коэффициент по приближенной формуле

$$\beta = \beta_c + \sqrt{1-\alpha^2} (\beta_u - \beta_c), \quad (5)$$

где β_c - «компрессионный» коэффициент, определяемый по формуле (4); β_u — коэффициент на бесконечности; α — коэффициент рассеяния вертикального напряжения от равномерной нагрузки, приложенной к поверхности основания в пределах подошвы фундамента (см. приложение 2 СНиП 2.02.01-83).

Эта формула проверялась сопоставлением с решениями теории упругости для жесткого плоского штампа, сцепленного с однородным УПП. На рис.1, а дается сравнение с решением В.М.Абрамова [4] для случая плоской задачи. В этом случае на бесконечности имеет место плоское одноосное сжатие и $\beta_u = 1 - \nu^2$.

На рис. 1, б рассматривается осесимметричная задача. Здесь решение получено численно с учетом как нормальных, так и касательных контактных напряжений и смещений методом поверхностных граничных элементов (ПГЭ) — аналогом метода Жемочкина — и для контроля сопоставлено с точным решением [14] по осадке штампа (погрешность оказалась в пределах 1%). В осесимметричном случае из решения Буссинеска для сосредоточенной силы и из расчетов для штампа следует, что $\beta_u = 1 + \nu(1 - 2\nu)/3$.

На обоих графиках показаны точки, соответствующие области основания, лежащей под штампом на глубину до 10 его ширин (диаметров). Видно, что при всех коэффициентах Пуассона приближение (5) вполне удовлетворительное и дает, как правило, некоторый запас, т.е. за счет некоторого преувеличения β приводит к незначительному завышению осадок, подсчитываемых по формуле послойного суммирования (3).

Распределение дополнительных напряжений от нагрузки должно в принципе учитывать неоднородность основания, его нелинейную деформируемость и т.д. Однако для большинства реальных случаев вполне удовлетворительное приближение дает расчет вертикальных нормальных (но не прочих!) напряжений по формуле Буссинеска для сосредоточенной силы на УПП. Для оценки погрешности этой гипотезы в рамках предлагаемого метода расчета осадок приведем два сравнения.

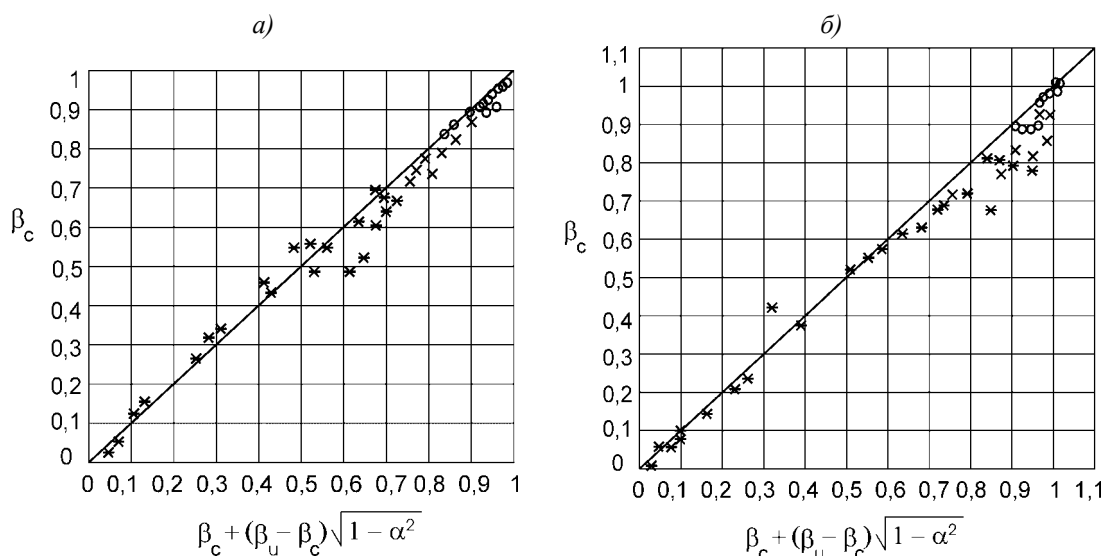


Рис. 1. Сопоставление предлагаемого коэффициента бокового обжатия с расчетным по решению плоской (а) и осесимметричной (б) задач о жестком штампе, сцепленном с упругим полупространством

○ — $\nu = 0,2$; × — $\nu = 0,35$; * — $\nu = 0,5$.

Один из наиболее выраженных случаев неоднородности — слой, сцепленный с абсолютно жестким подстилением. В этом случае у подошвы слоя по оси сосредоточенной нагрузки имеет место концентрация напряжений, т.е. увеличение σ_z примерно на 50% по сравнению с решением Буссинеска [15]. Однако, наряду с этим там же имеет место значительно большее (относительно) изменение горизонтальных напряжений (за счет сцепления с подстилением), так что результирующие деформации по закону Гука отнюдь не возрастают. На рис. 2 показано сопоставление решений упругой задачи о круглом штампе на конечном слое и решения той же задачи по предлагаемому методу. Первое решение было получено МКЭ, а второе — методом ПГЭ с учетом только вертикальных контактных давлений и расчетом осадок по формуле (3). Напряжения при этом рассчитывались по Буссинеску, β — по формуле (4) с указанными выше для случая осесимметричной задачи значениями параметров, H принималась равной толщине слоя. Видно, что, несмотря на концентрацию σ_z , расчетные осадки по предлагаемому методу будут больше, а не меньше теоретических упругих. При этом различие намного меньше 50%. Исключение составляет случай $\nu = 0,5$, где различие очень большое, но этот случай не поддается расчету при помощи стандартной программы МКЭ. Реально расчет МКЭ производился при $\nu = 0,499$, а точность его вызывает большие сомнения. При больших толщинах слоя на решении МКЭ, видимо, отрицательно сказывался конечный размер расчетной области по горизонтали (5 радиусов штампа). Из сопоставления с точным решением для УПП [13], показанным на этом же графике слева стрелками, видно, что решение по предлагаемому методу несколько завышает осадки (что идет в запас прочности), а решение МКЭ, напротив, занижает их.

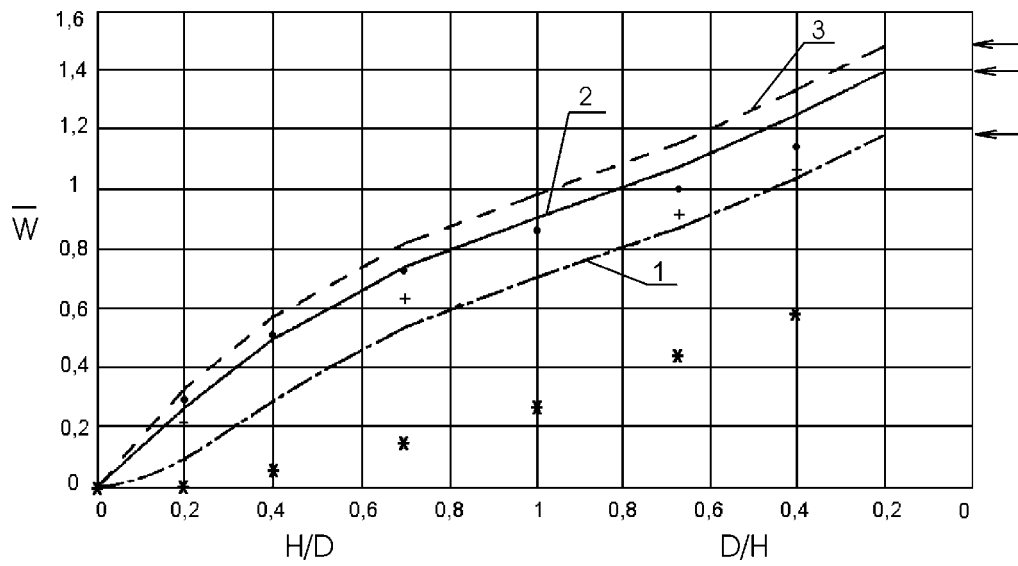


Рис. 2. Зависимость безразмерной осадки $\bar{w} = wE/pR$ круглого жесткого идеально шероховатого штампа от толщины упругого слоя. Точки — расчет МКЭ; линии — расчет по предлагаемому методу; стрелками показаны точные решения для полупространства
 • — $\nu = 0,2$ (1); + — $\nu = 0,35$ (2); * — $\nu = 0,5$ (3)

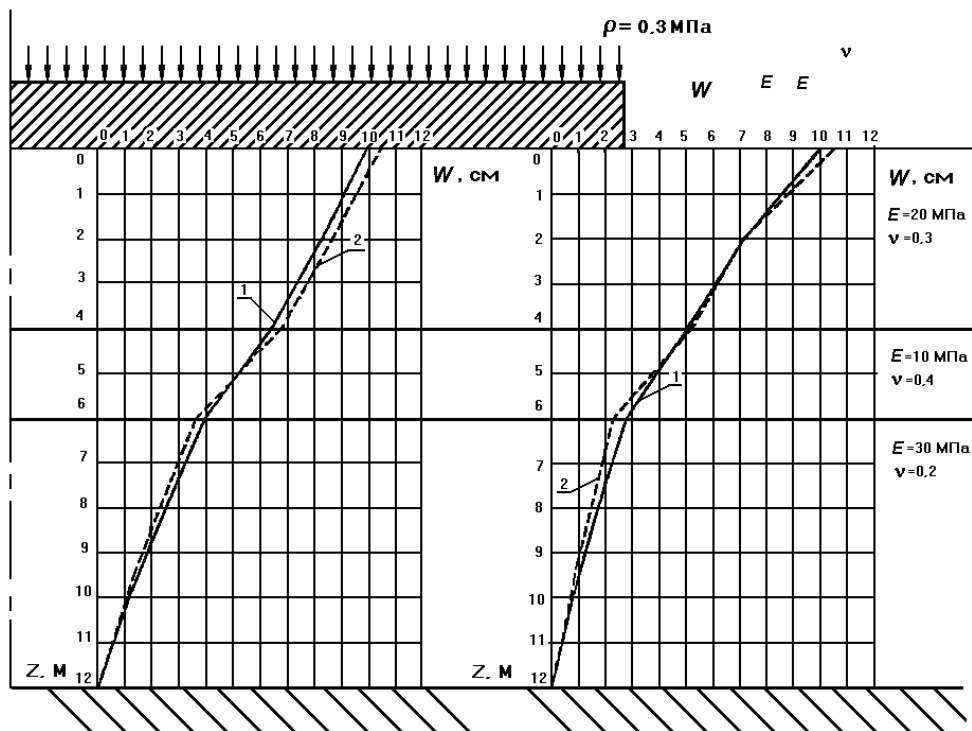


Рис. 3. Сопоставление осадок неоднородного основания по решению МКЭ (1) и предлагаемому методу (2)

Следующий пример — слоистое основание, где модуль деформации изменяется с глубиной немонотонно (уменьшение модуля с глубиной приводит к наибольшим отклонениям истинного распределения σ_z от буссинесковского). Параметры основания приведены на рис. 3. Радиус штампа 10 м. Вновь осадка по предлагаемому методу (решение получено идентичным вышеописанному способом) больше конечноэлементной. Но распределение осадок основания по глубине на двух вертикалях (находящихся на расстоянии 2 м и 9.5 м от оси штампа) демонстрирует близость обоих решений (см. рис. 3), причем в решении МКЭ влияние неоднородности даже менее выражено.

Модуль деформации в данном контексте — это ключевой элемент модели, то, что связывает модель основания с моделями грунтов. Послойное суммирование допускает в принципе произвольную нелинейную связь между напряжениями и деформациями. Однако, учитывая желательность использования стандартных характеристик грунтов, для формулы (3) лучше всего подходит билинейная модель (термин введен В.Н.Широковым), которая формулируется следующим образом:

$$\frac{\Delta\sigma}{E} = \begin{cases} \frac{\Delta\sigma}{E} = \mu \frac{\Delta\sigma}{E_{ep}} & \text{при } \sigma_z \leq p_c \\ \frac{\sigma_z - p_c}{E_{ep}} + \frac{p_c - \sigma_0}{E_e} = \frac{\sigma_z - p_c + \mu(p_c - \sigma_0)}{E_{ep}} & \text{при } \sigma_z > p_c \end{cases} \quad (6)$$

где $\sigma_z = \sigma_0 + \Delta\sigma$ — действующее после приложения нагрузки вертикальное напряжение в массиве; σ_0 — начальное напряжение (до приложения нагрузки, но уже после отрывки котлована под фундамент); E_e , E_{ep} — упругий и упруго-пластический модули деформации; $\mu = E_{ep}/E_e$.

Упругий модуль (модуль разгрузки) превосходит упругопластический в 5...10 раз, т.е. коэффициент $\mu = 0,1...0,2$. Так называемый «штамповый» модуль E_0 , который и в СНиП 2.02.01-83, и в СНиП 2.02.02-85 считается основным (и к нему при помощи коэффициентов Агишева-Игнатовой приводятся «компрессионные» модули), в рамках модели (6) оказывается величиной промежуточной между E_e и E_{ep} , причем он тем ближе к первому, т.е. тем больше, чем выше значение структурной прочности p_c вблизи подошвы штампа. Это объясняет, на наш взгляд, почему коэффициенты Агишева-Игнатовой увеличиваются с ростом плотности грунта. Причина чрезвычайно большой величины этих коэффициентов заключается, на наш взгляд, в занижении на практике «компрессионных» модулей из-за:

- завышения измеряемых деформаций по штампу одометра по сравнению с «истинными», которые можно измерить в центре образца;
- завышения расчетных значений коэффициента Пуассона, что приводит к занижению участвующего в определении модуля коэффициента β).

Однако сейчас имеющихся материалов для оценки E_{ep} недостаточно, и естественным решением будет принять $E_{ep} = E_0$. Для замыкания модели остается только выбор p_c . Простейший такой выбор сделан в СНиП 2.02.02-85, где послойное суммирование ведется в рамках билинейной модели в предположении, что структурная прочность совпадает с природным давлением.

Имеются также предложения связать p_c с сопротивлением сдвигу [9, 13]. Не оценивая этих предложений по существу, отметим, что в рамках подхода, использующего только вертикальные напряжения, реализовать их невозможно. Поэтому структурную прочность естественно отождествить с давлением предуплотнения, которое определяется в компрессионных испытаниях методом Казагранде [16]. В западной литературе давление предуплотнения обычно связывают со степенью переуплотнения OCR и природным давлением

$$p_c = \text{OCR} \sigma_{zg} \quad (7)$$

Однако этот коэффициент непостоянен в пределах слоя (инженерно-геологического элемента) и потому не может в действительности считаться характеристикой грунта. Если следовать рассуждениям Л.Бьеррума [17], p_c следует представлять в виде

$$p_c = R \sigma_{zg} + \Delta p_c \quad (8)$$

где R — некоторый коэффициент, связанный с возрастом депозита, Δp_c — давление переуплотнения, связанное с максимальными давлениями, действовавшими на грунт в течение истории его формирования. Эти величины постоянны в пределах ИГЭ и могут считаться параметрами грунта. Как

показывают многие полевые измерения, коэффициент R близок к 1, и это уменьшает число реальных параметров модели.

Сопоставление с данными натурных измерений проведено с использованием результатов работ, выполненных в лаборатории механики грунтов НИИОСП под руководством К.Е.Егорова. Рассмотрено 28 сооружений с круглыми, кольцевыми и прямоугольными фундаментными плитами. Часть результатов приведена на рис. 4. Сопоставительные расчеты проводились тремя способами: по нормативным моделям ЛПП и ЛС и по предлагаемой билинейной модели. При этом расчет по ЛПП велся с отступлением от СНиП — дополнительные напряжения вычислялись от нагрузки за вычетом бытового давления на уровне подошвы, т.е. как для малых фундаментов. Расчет по предлагаемой модели проводился с использованием всех вышеописанных допущений при следующих значениях расчетных параметров: $\beta_c = 0,8$; $\beta_u = 1$; $\mu = 0,12$; $\Delta p_c = 50$ кПа для глинистых грунтов и $\Delta p_c = 0$ для песков. Расчеты по ЛПП и ЛС велись по методике СНиП с тем отличием, что для ЛПП осадка подсчитывалась не в центре фундамента, а в точке, лежащей посередине между центром и краем (углом). По предлагаемому методу расчет производился как для жесткого штампа по программе SETTLE методом ПГЭ.

Все измеренные и расчетные значения осадок можно разбить на две группы: осадки обычных зданий и сооружений до 150 мм (если Останкинскую башню с осадкой 65 мм считать обычным сооружением) и осадки реакторных отделений АЭС порядка 400 мм. Это разделение хорошо видно на рисунке. Следует отметить, что приводимые ниже статистические характеристики для обеих групп результатов близки по всем методам расчетов.

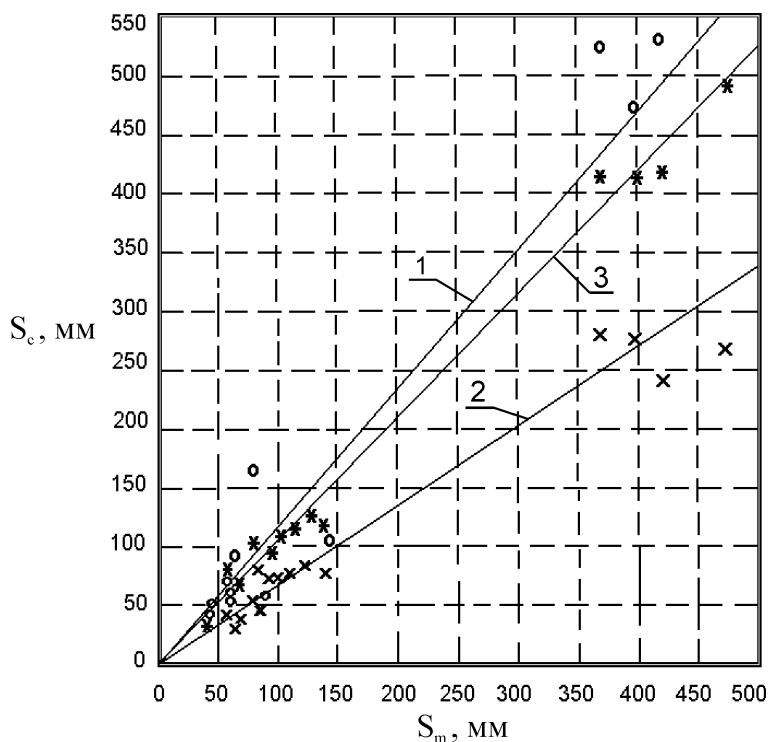


Рис.4. Сопоставление измеренных осадок S_m с расчетными S_c по методам \circ — линейно-деформируемого полупространства (1); \times — линейно-деформируемого слоя (2); $*$ — послойного суммирования с учетом структурной прочности (3)

Номерами отмечены линии регрессии

Для статистической оценки в качестве меры точности (неточности) рассматриваемых методов бралось соотношение расчетной и измеренной осадок $S = S_c / S_m$. Оказалось, что для первого нормативного метода (ЛПП) среднее значение этой величины $\bar{S} = 1,162$, ее дисперсия $d = 0,345$, а вариация

$V = d/\bar{S} = 0,297$. Для второго нормативного метода (ЛС) $\bar{S} = 0,679$, $d = 0,096$, $V = 0,141$. Наконец, для предлагаемого метода (билинейная модель) $\bar{S} = 1,052$, $d = 0,131$, $V = 0,125$.

Как видим, метод ЛПП несколько переоценивает осадку (если бы мы в расчете использовали полную нагрузку на основание, как рекомендуют СНиП, эта переоценка была бы очень значительной), но основной дефект этого метода расчета осадки состоит в очень большом разбросе его результатов. Более серьезные претензии к методу ЛС, который систематически занижает осадки, причем с ростом осадок эта тенденция нарастает. Для нормативного метода расчета неконсервативность оценок — очень существенный недостаток. Наконец, предлагаемый метод наиболее точен и в то же время в наименьшем числе случаев недооценивает осадку. О его преимуществах с точки зрения расчета плит говорилось выше.

Подводя итоги, отметим, что предложенный метод расчета может использоваться не только для компьютерных вычислений, но и для «ручных» расчетов осадок (подобно нормативным методам). Очевидно, что совершенствовать этот метод можно по многим направлениям, особенно в том, что касается модели грунта и определения ее параметров (здесь следует отметить, что необходимость совершенствования выбора характеристик грунтов и методов их определения носит значительно более общий характер). Применительно к расчету плит следует исследовать возможность ограничения краевых контактных напряжений, т.е., видимо, как-то учесть конечную сдвиговую прочность грунта.

В заключение авторы выражают искреннюю благодарность В.Ф.Александровичу, А.Н.Власову и А.Т.Скороходову за помощь в проведении расчетов и обработке их результатов, а также М.Л.Дохнянскому, собравшему исходные данные для проведения сопоставительных расчетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Травуш В.И. Функциональные прерыватели Герсеванова и расчет конструкций на упругом основании // Основания, фундаменты и механика грунтов. — 2000, №4. — С.18–23.
2. Горбунов-Посадов М.И., Маликова Т.А., Соломин В.И. Расчет конструкций на упругом основании. — М.: Стройиздат, 1984.
3. Расчет балки на упругом основании без гипотезы Циммермана-Винклера / Сб. трудов НИИ Фундаментостроя. — М.—Л. ОНТИ, 1937.
4. Флорин В.А. Основы механики грунтов. — Т.1. — Л.—М.: Госстройиздат, 1959.
5. Зарецкий Ю.К. Об обобщении метода П.И.Клубина решения плоской контактной задачи // Основания, фундаменты и механика грунтов. — 1974. — №2.
6. Коренев Б.Г. Вопросы расчета балок и плит на упругом основании. — М.: Госстройиздат, 1954.
7. Федоровский В.Г., Безволев С.Г., Дунаева О.М. Методика расчета фундаментных плит на нелинейно деформируемом во времени основании // Нелинейная механика грунтов: Тр. IV Рос. конф. — т.1. — С.-Петербург, 1993.
8. Ефремов М.Г., Коновалов П.А., Михеев В.В. К вопросу о распределении послойных деформаций грунта в сжимаемой толще глинистых и песчаных оснований (по материалам полевых испытаний). // Основания, фундаменты и механика грунтов. — 1963. — №6.
9. Далматов Б.И., Чикишев В.М. Определение осадок фундаментов с учетом изменения модуля деформации глинистого грунта в зависимости от напряженного состояния. // Основания, фундаменты и механика грунтов. — 1984. — №1.
10. Федоровский В.Т., Дохнянский М.Л. Осадки круглых и кольцевых фундаментов: прогноз и сопоставление с данными натурных наблюдений // Тр. II Балт. конф. по мех. гр. и фундаментостроению. — т.2. — Таллин, 1988. — С.99–106.
11. Широков В.Н., Мурашев А.К. Расчет осадок оснований с учётом структурной прочности грунтов. // Основания, фундаменты и механика грунтов. — 1988. — №5. — С.21–23.
12. Безволев С.Г., Федоровский В.Г., Александрович В.Ф. Совершенствование расчета осадок оснований методом послойного суммирования // Гидротехническое строительство. — 1991. — №10.
13. Копейкин В.С., Сидорчук В.Ф. Расчет осадок фундаментов с учетом влияния НДС на характеристики деформируемости грунта // Основания, фундаменты и механика грунтов. — 1993. — №4. — С.8–13.

Приложения

14. Соловьев Л.Ю., Соловьев Ю.И. Распределение напряжений при действии на упругое полупространство сцепленного с ним кругового штампа // Изв. вузов. Строительство.— 1995. — №5. — С. 22–26.
15. Giroud J. P. Tables pour le calcul des fondations. —t. 1. — Paris, 1972.
16. Тейлор Д. Основы механики грунтов. — М.: Госстройиздат, 1960.
17. Bjerrum L. Problems of soil mechanics and construction on soft clays // Proc. VIII ICSMFE.—V.3. — Moscow, 1973. — P.111–159.

11. Литература

- [1] ГОСТ 21.501-93 (ДСТУ Б А.2.4-7-95). Система проектной документации для строительства. Правила выполнения архитектурно-строительных рабочих чертежей.
- [2] ГОСТ 21.101-97 (ДСТУ Б А.2.4-4-99). Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации.
- [3] ДБН 362-92. Оценка технического состояния стальных конструкций эксплуатируемых производственных зданий и сооружений / Госстрой Украины.— К.: Укразхстройинформ, 1993.— 46 с.
- [4] Залесов А.С., Кодыш Э.Н., Лемыш Л.Л., Никитин И.К. Расчет железобетонных конструкций по прочности, трещиностойкости и деформациям. — М.: Стройиздат, 1988. — 320 с.
- [5] Инструкция по расчету статически неопределимых железобетонных конструкций с учетом перераспределения усилий / НИИЖБ. — М.: Стройиздат, 1961.— 112 с.
- [6] Карпиловский В., Криксунов Э., Перельмутер А., Перельмутер М., Трофимчук А. SCAD для пользователя. — К: ВПП «КОМПАС», 2000.— 328 с.
- [7] Карпиловский В., Криксунов Э., Перельмутер А., Перельмутер М. Формирование сечений и расчет их геометрических характеристик. — К: ВПП «КОМПАС», 2000.— 76 с.
- [8] Металлические конструкции. Справочник проектировщика. / Под ред. Н.П. Мельникова.— 2-е изд.— М.: Стройиздат, 1980.— 776 с.
- [9] Металлические конструкции. — Т.1. Элементы стальных конструкций: Учеб. пособие для вузов / В.В. Горев, Б.Ю.Уваров, В.В.Филиппов, Г.И. елый, Л.В.Енджиевский, И.И.Крылов, Я.И.Ольков, В.Ф.Сабуров.— М.: Высшая школа, 1977.— 527 с.
- [10] Перельмутер А.В., Гильденгорн Л.А. О классификации стальных конструкций / Строительная механика и расчет сооружений. —1990. —№3. —с.67–70.
- [11] Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов без предварительного напряжения арматуры (к СНиП 2.03.01-84*) / ЦНИИпромзданий Госстроя СССР, НИИЖБ Госстроя СССР. — М.: Стройиздат, 1986.— 188 с.
- [12] Пособие по проектированию жилых зданий. —Вып. 3. Конструкции жилых зданий (к СНиП 2.08.01-85) / ЦНИИЭП жилища Госкомархитектуры.— М.: Стройиздат, 1989.— 304 с.
- [13] Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП II-23-81*) / ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. — М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989.— 148 с.
- [14] Проектирование железобетонных конструкций: Справ. пособие / А.Б.Голышев, В.Я.Бачинский, В.П.Полищук, А.В.Харченко, И.В.Руденко; Под ред. А.Б.Голышева.— 2-е изд., перераб. и доп.— К.: Будивэльнык, 1990.— 544 с.
- [15] Руководство по конструированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона (без предварительного напряжения) / ГПИ Ленингр., Промстройпроект Госстроя СССР, ЦНИИпромзданий Госстроя СССР, НИИЖБ Госстроя СССР.— М.: Стройиздат, 1978.— 175 с.
- [16] СНиП II-23-81*. Стальные конструкции: Нормы проектирования / Минстрой России.— М.: ГП ЦПП, 1996.— 96 с.
- [17] СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия / Минстрой России.— М.: ГП ЦПП, 1996.— 44 с.
- [18] СНиП 53-01-96. Стальные конструкции: Проект ЦНИИСК им. Кучеренко, ЦНИИпроект-стальконструкция им. Мельникова, УкрНИИпроектстальконструкция, Энергосетьпроект и МИСИ им. Куйбышева.— М., 1991.
- [19] СНиП 2.03.01-84* Бетонные и железобетонные конструкции: Строительные нормы и правила / Минстрой России.— М.: ГП ЦПП, 1996.— 77 с.
- [20] СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика / Госстрой СССР.— М.: Стройиздат, 1983.— 136 с.
- [21] СНиП II-3-79*. Строительная теплотехника / Госстрой СССР.— М.: Стройиздат 1982.— 40 с.
- [22] СП 53-101-96. Общие правила проектирования элементов стальных конструкций и соединений: Проект

Л и т е р а т у р а

ЦНИИСК им. Кучеренко.— М., 1995.

[23] Design Handbook for Braced or Non-Sway Steel Buildings according Eurocode 3 (First Edition).— Brussels (Belgium): ECCS.— №85.— 1996.— 227 p.

[24] ENV 1993-1-1. Eurocode 3: Design of steel structures.— Part 1.1: General rules and rules for buildings.— Brussels (Belgium): CEN, 1992.— 344 p.

[25] ENV 1993-1-1/pr A2. Design of steel structures.— Part 1.1: General rules and rules for buildings. Revised annex J: Joints in building frames.— Brussels (Belgium): CEN, 1994.— 70 p.

[26] Essentials of Eurocode 3: Design Manual for Steel Structures in Building (First Edition).— Brussels (Belgium): ECCS.— №65.— 1991.— 60 p.

[27] Examples to Eurocode 3 (First Edition).— Brussels (Belgium): ECCS.— №71.— 1993.— 114 p.

[28] Morel J. Calcul des structures metalliques selon l'EUROCODE 3.— Editions Eyrolles.— Paris, 1994.— 331 p.

[29] SCI-P-117. Design Procedures to C-EC3 — Concise Eurocode 3 for the Design of Steel Buildings in the United Kingdom.— Ascot (UK): Steel Construction Institute.— 1994.— 25 p.

[30] SCI-P-145. Interim Guidance on the use of Eurocode 3: Part 1.1 for European Design of Steel Building Structures (included a review of NADs available at 1.1.95).— Ascot (UK): The Steel Construction Institute.— 1995.— 109 p.

[31] СНиП II-21-75. Бетонные и железобетонные конструкции.— М.: Стройиздат.— 1976.— 89 с.

[32] В.Г.Федоровский, С.Г.Безволев. Прогноз осадок фундаментов мелкого заложения и выбор модели основания для расчета плит // Основания, фундаменты и механика грунтов.— 2000.— № 4.— С. 10–18.

[33] Руководство по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона (без предварительного напряжения) / ЦНИИпромзданий Госстроя СССР, НИИЖБ Госстроя СССР.— М.: Стройиздат, 1978.— 321 с.

[34] Железобетонные конструкции с арматурой классов А500С и А400С /Территориальные строительные нормы г. Москвы / ТСН 102-00

[35] Мурашев В.И., Сигалов Э.Б., Байков В.Н. — Железобетонные конструкции. — М.: Госстройиздат, 1962.— 660 с.

[36] Рекомендации по проектированию стальных закладных деталей для железобетонных конструкций, НИИЖБ Госстроя СССР.— М.: Стройиздат, 1984— 87с.

[37] ГОСТ 12.1.005-88 (1991). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны — М.: Госстандарт СССР, 1988.

[38] СНиП 2.03.13-88. Полы /Госстрой СССР.—М.:Стройиздат, 1988.— 27с.

[39] ДБН В.2.6-14-97. Конструкції будинків та споруд. Покриття будівель і споруд.

[40] СНиП 2.08.01-85 Механизация строительного производства. Рельсовые пути башенных кранов. — М.: Госстрой СССР, 1985.

[41] ГОСТ 26020-83 Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок. Сортамент. — М.: Госстандарт СССР, 1983.

[42] ГОСТ 8239-89 Двутавры стальные горячекатаные. Сортамент. — М.: Госстандарт СССР, 1989.

[43] ГОСТ 8240-89 Швеллеры стальные горячекатаные. Сортамент. — М.: Госстандарт СССР, 1989.

[44] ГОСТ 8510-86* Уголки стальные горячекатаные неравнополочные. Сортамент. — М.: Госстандарт СССР, 1986.

[45] ГОСТ 1759.4-87 Болты, винты и шпильки. Механические свойства и методы испытаний. — М.: Госстандарт СССР, 1987.

[46] ГОСТ 27001-88

[47] ГОСТ 8509-93 Уголки стальные горячекатаные равнополочные. Сортамент. — М.: Госстандарт СССР, 1993.

