

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОССУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

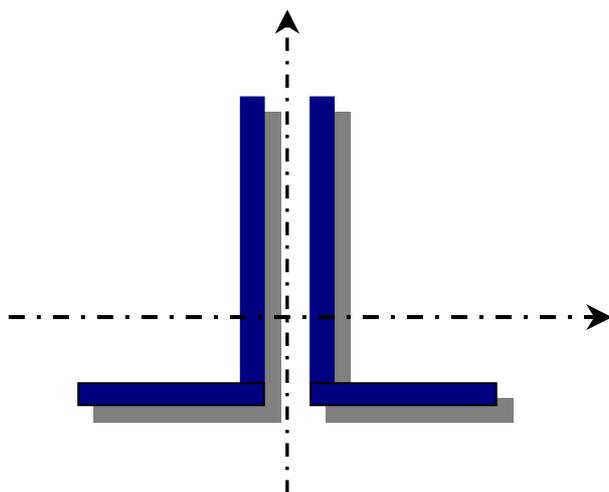
КАФЕДРА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

(инструкция пользователя)

по проектированию центрально - нагруженных стальных узлов
ИВК «**SHUMAX**» по дисциплине
«МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ» для практических занятий,
курсового и дипломного проектирования

Для студентов специальности «ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ
СТРОИТЕЛЬСТВО» (70 02 01) очной и заочной форм обучения



БРЕСТ-2002

УДК 624.014 (07)

Данная «Инструкция» Содержит указания по использованию ИВК «Shumax», предназначенного для подбора сечений сплошного сечения из прокатных и холодногнутох профилей, а также некоторые теоретические сведения по подбору сечений центрально – нагруженных стержней.

Методические указания разработаны в соответствии с программой курса «Металлические конструкции» для студентов специальности «Промышленное и гражданское строительство» (70 02 01) очной и заочной форм обучения для использования в курсовом и дипломном проектировании.

Составители: Шурин А.Б., ассистент,
 Мухин А.В., профессор, к.т.н.

Рецензент: Шикасюк Н.С., директор ОДО НПП Брест-КАД

Учреждение образования

© Брестский государственный технический университет, 2002 г.

ВВЕДЕНИЕ

Автоматизированная система подбора центрально - нагруженных стальных стержней *SHUMAX* разработана на кафедре строительных конструкций Брестского государственного технического университета (БГТУ) в 2000 году. Разработанная авторами структура информационно – вычислительного комплекса (ИВК) позволяет существенно сократить время на обучение, сконцентрировать внимание учащихся на методике расчета и самой сути проектирования.

Цель ИВК *SHUMAX* - это научить студентов использовать нормативные материалы при расчете стальных конструкций. В виду того, что сам процесс проектирования стальных ферм, структур, оболочек в большей части состоит из однообразной работы по подбору самих сечений стержней, из которых и состоят эти конструкции, то программа позволяет сократить временные затраты при их подборе.

Центрально нагруженные продольными силами стальные конструкции входят в состав стержневых конструкций: стропильных и связевых ферм, опор эстакад, галерей, колонн, стоек и т.д.

Стержнем принято считать элемент, у которого длина в 5 и более раз превосходит наибольший поперечный размер его сечения.

Стержни, работающие на растяжение, рассчитывают на прочность, без учета ослабления отверстиями по длине, и на предельную гибкость.

Сжатые элементы рассчитывают на общую устойчивость и предельную гибкость. Местная устойчивость элементов сечений не рассматривается. Также в программе не проверяется изгибно-крутильная форма потери устойчивости для тонкостенных сжатых стержней.

В предлагаемой программе сечение стержней и их проверка выполняется по методике предельных состояний, которая регламентируется ИСО 2394-1986 *«Общие принципы проверки надежности конструкций»*, стандартом СЭВ 384-87 *«Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения расчета»*, СНиП 2.01.07-85 *«Нагрузки и воздействия»*. Расчет стержней выполняется по первой группе предельных состояний, после наступления которой он становится непригодным к эксплуатации. Проектирование стержней выполняется в соответствии с требованиями СНиП II-23-81* *«Стальные конструкции»*.

Достоинством ИВК является наглядность на экране всех нормативных документов и материалов, а также наличие блока обучения. Программа может работать как в обучающем режиме, так и в автоматизированном, осуществ-

ляющем перебор всех типоразмеров стержней по заданному предварительно типу сечения. При работе в обучающем режиме расчет ведется в форме диалога с пользователем. При неправильном шаге или возникновении ошибки выдаются рекомендации о дальнейшем шаге.

В программу встроена обширная база данных по сортаменту, выпускаемому в странах СНГ, который постоянно пополняется. На данный момент ИВК позволяет подобрать сечения стержней из:

- равнополочных уголков по ГОСТ 8509-93;
- неравнополочных уголков по ГОСТ 8510-86*;
- балочных, широкополочных и колонных тавров по ГОСТ 26020-83;
- электросварных прямошовных труб по ГОСТ 10704-76*;
- профилей гнутых, замкнутых сварных квадратных и прямоугольных по ТУ 36-2287-80.

Рассматриваются стержни из фасонных и холодногнутых профилей, выполненные из сталей по ГОСТ 27772-88: С235, С245, С255, С275, С285, С345, С345К, С375, С390, С390К, С440, С590, С590К.

ИВК *SHUMAX* прошел тестирование и используется в процессе обучения на кафедре строительных конструкций БГТУ.

Программа функционирует под OS Windows 9x/ME/NT/2000. Для работы необходимо наличие 3 Мб свободного места на жестком диске.

Примечание:

Для работы программы необходимо, чтобы в системе в качестве разделителя целой и дробной частей числа была установлена точка.

Если при запуске программы появилось окно, представленное на рисунке 1, выполните действия указанные в нем:

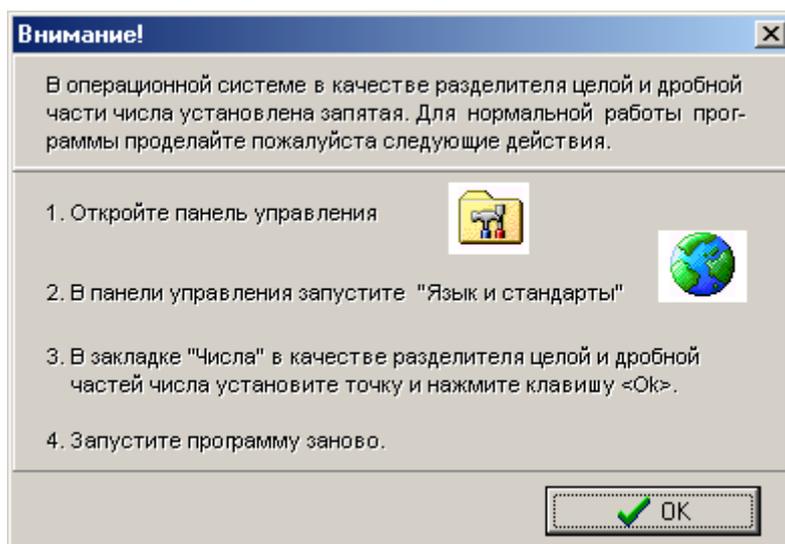


Рис. 1.

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАСЧЕТА

Исходными данными при проектировании являются:

1. Расчетная схема стержня, которая включает расчетное значение продольной силы N (κH); расчетные длины стержня: $\mu_x \cdot l_x$, $\mu_y \cdot l_y$, где μ_x , μ_y - коэффициенты приведения геометрической длины к расчетной; l_x , l_y - длины стержня между опорами;
2. Вид сечения стержня из библиотеки сечений;
3. Класс стали по ГОСТ 27772-88.

1.1. Расчет центрально-растянутых элементов

Расчет растянутых элементов выполняется по алгоритму, приведенному в таблице 1.

Таблица 1

№	Название	Растяжение	Сжатие
1	2	3	4
1	Расчетная длина стержня	$l_x = l \cdot \mu_x$; $l_y = l \cdot \mu_y$	
2	Определение требуемой площади сечения	$A_{TP} = \frac{N \cdot \gamma_n}{R_y \cdot \gamma_c}$	$A_{TP} = \frac{N \cdot \gamma_n}{R_y \cdot \gamma_c \cdot \varphi}$
3	Гибкость стержня	$\lambda_x = \frac{l_x}{i_x}$; $\lambda_y = \frac{l_y}{i_y}$	
4	Условие прочности и устойчивости	$\sigma = \frac{N \cdot \gamma_n}{A} \leq R_y \cdot \gamma_c$	$\sigma = \frac{N \cdot \gamma_n}{\varphi \cdot A} \leq R_y \cdot \gamma_c$
5	Проверка по гибкости	$\lambda_{\max} \leq \lambda_U$	

N - расчетная продольная сила, принимаемая в соответствии с таблицей расчетных комбинаций нагрузок по результатам статического расчета строительных конструкций (**шаг 3**).

Коэффициент условий работы γ_c (**шаг 4**) - принимается по таблице 6 [1]; в зависимости от назначения элемента учитывает:

- факторы, которые не учитываются прямым путем, или их учет является сложной задачей;
- случайное отклонение от расчетной схемы элемента или конструкции, имеющего нелинейную работу и ползучесть материала;
- степень повреждаемости при транспортировании, монтаже и эксплуатации;
- коррозию и биологические воздействия.

Коэффициент надежности по назначению γ_n (**шаг 4**) - принимается в зависимости от класса ответственности зданий и сооружений при сборе нагрузок в соответствии с приказом №9 ГОССТРОЯ РБ от 30.10.1992 г [приложение 1].

При проектировании стержней в программе необходимо принять $A_n = A$, то есть ослабления отверстиями по длине стержня не учитываются. Предел текучести стали R_y (**шаг 4**) принимается по таблице 51 [2] в зависимости от класса стали, толщины и вида проката.

Для растянутых элементов должны выполняться требования предельной гибкости, которые обоснованы практикой такелажно-монтажных операций, практикой монтажа и эксплуатации.

Величины предельных гибкостей $\bar{\lambda}_n$ регламентируются табл. 20 [1] (**шаг 5**).

Для горизонтальных и наклонных элементов с проекцией длины на горизонтальную плоскость менее 8 м эти требования гарантируют их нормальную эксплуатацию. При длинах этой проекции более 8 м следует проверить, чтобы их прогиб под действием собственного веса был менее $\frac{1}{500}$ для растянутых основных элементов конструкций, $\frac{1}{200}$ для растянутых элементов связей при наличии динамики, $\frac{1}{150}$ для прочих растянутых элементов связей. Все это справедливо при отсутствии предварительного напряжения растянутых элементов.

1.2. Расчет центрально-сжатых сплошностенчатых элементов

Расчет на общую устойчивость выполняется по алгоритму, приведенному в таблице 1, где:

- значения коэффициента продольного изгиба φ определяются по формулам таблицы 2, в которых он зависит от гибкости стержня λ и предела текучести стали R_y , формы сечения стержня, диаграммы деформирования стали в координатах $\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{R_y}$, $\bar{\varepsilon} = \frac{\varepsilon \cdot E}{R_y}$, начального прогиба стержня $\bar{\lambda} = \frac{1}{750}$.

Величины предельных гибкостей сжатых элементов регламентируется табл.20 [2].

Для наклонных и горизонтальных сжатых элементов при длине их горизонтальных проекций более 8 м следует убедиться, что их прогиб от действием собственного веса для основных элементов не превышал $\frac{1}{750}$, а для связевых и второстепенных - $\frac{1}{200}$.

Определение коэффициента продольного изгиба φ

Таблица 2.

Предельная гибкость $\bar{\lambda} = \lambda \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}}$	Коэффициент φ
$\bar{\lambda} \leq 2.5$	$\varphi = 1 - 0,666 \cdot \bar{\lambda} / \lambda$
$2.5 < \bar{\lambda} \leq 4.5$	$\varphi = 1.46 - 0,4 \cdot \bar{\lambda} + 0.021 \cdot \bar{\lambda}^2$
$\bar{\lambda} > 4.5$	$\varphi = 332 / [\bar{\lambda}^2 \cdot (5 - \lambda)]$

1.3. Определение коэффициентов приведения расчетных длин μ

Сечения стержней имеют различные моменты инерции относительно произвольно выбираемых осей. Как правило, рассматриваемые в программе сечения, имеют одну или две оси симметрии, которые и являются главными. Эти направления являются экстремальными, поэтому расчет осуществляется для форм потери устойчивости относительно главных осей. Прочие формы потери устойчивости в промежуточных плоскостях не рассматриваются.

Проверка выполняется на выбранную форму потери общей устойчивости, которые определяются своими расчетными длинами и, соответственно, коэффициентами приведения расчетных длин μ .

Расчетную длину l_{ef} элементов плоских ферм принимают:

- в плоскости фермы – для поясов и опорных раскосов и стоек – равной расстоянию между центрами узлов l ($l_{ef} = l$), а для прочих элементов – $l_{ef} = 0.8 \cdot l$;
- в направлении из плоскости фермы – для всех элементов – равной расстоянию l_1 между узлами, закрепленными от смещения из плоскости фермы (для поясов это расстояние между точками закрепления горизонтальных связей или точками приварки жестких плит покрытия, т.е. $l_{ef} = l_1$; для элементов решетки – расстояния между центрами узлов, или $l_{ef} = l$).

2. ПОРЯДОК РАБОТЫ С ПРОГРАММОЙ

Шаг 1. Запуск программы

Для запуска ИВК “Shumax” два раза щелкните мышью по значку с изображением сечения стержня из двух уголков (рис.2.1)

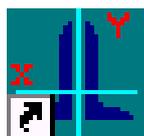


Рис. 2.1

и попадете прямо в главное окно программы (рис.2.2).

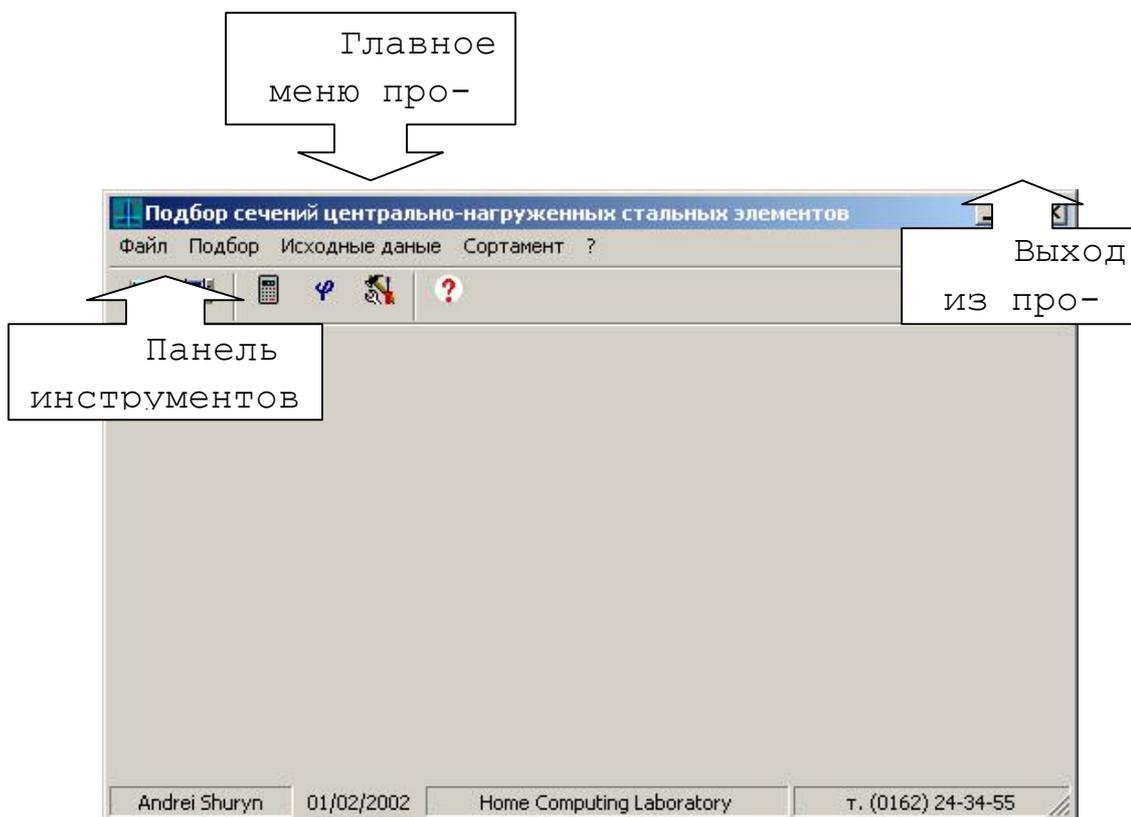


Рис.2.2. Главное окно ИВК «Shumax»

В самом верху расположено главное меню программы, с помощью которого пользователь может выполнять все необходимые действия шаг за ша-

гом. Для ускорения доступа к режимам под главным меню расположена панель инструментов (рис.2.3).



Рис. 2.3. Панель инструментов

Шаг 2. Начало расчета

Для начала расчета необходимо нажать на кнопку  - в случае пошагового подбора, и на кнопку  - в случае автоматического подбора сечений стержней. Перед вами автоматически появится окно “Паспорт” (рис.2.4), где можно: выбрать расположение директории, куда будут записываться файлы с результатами (нажмите на кнопку  в строке путь); ввести имя файла с результатами (строка 2) и другую необходимую информацию. Для продолжения нажмите на кнопку **Ok**.¹

¹ В программе во всех последующих случаях нажатие клавиши <Ok> запоминает введенную информацию.

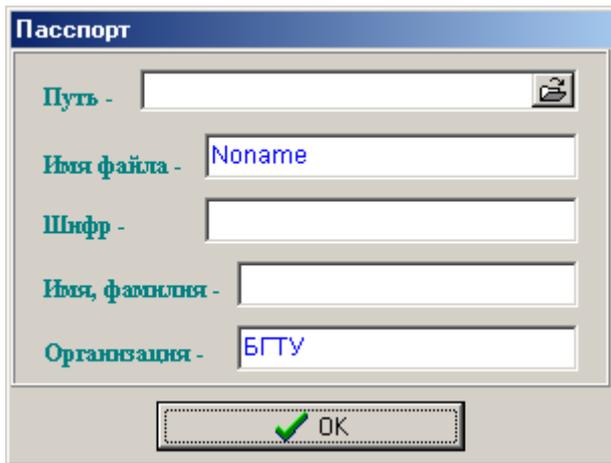


Рис. 2.4. Окно с паспортом

ТОМ

Шаг 3. Ввод исходных данных

После заполнения паспорта перед вами появится окно для ввода основных исходных данных (рис. 2.5). Его можно также вызвать, нажав на кнопку



в главной панели инструментов (рис. 2.3).

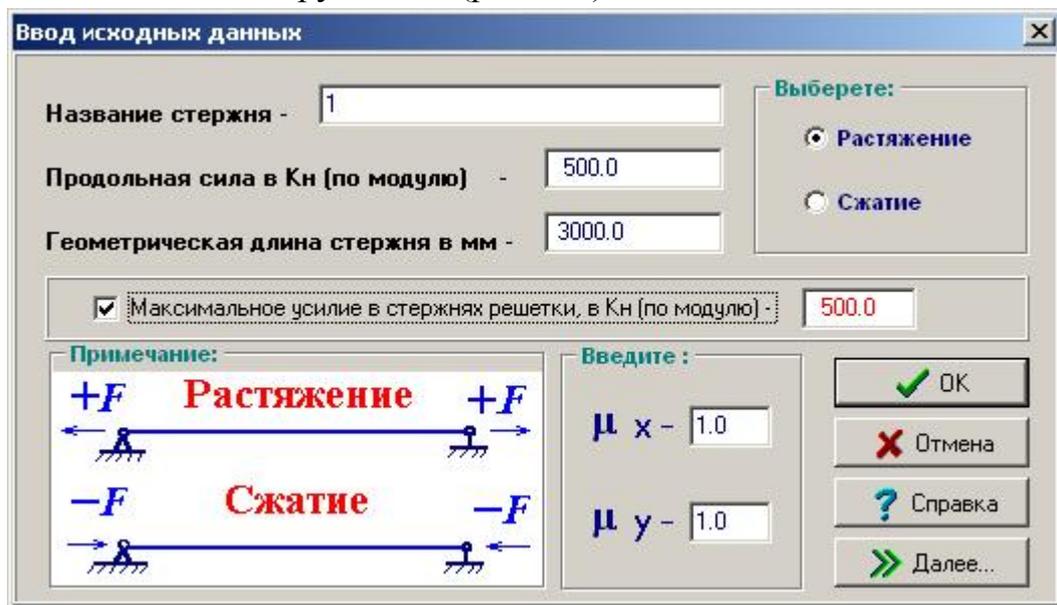


Рис. 2.5. Ввод исходных данных

Данное окно позволяет:

- ввести название или номер стержня;

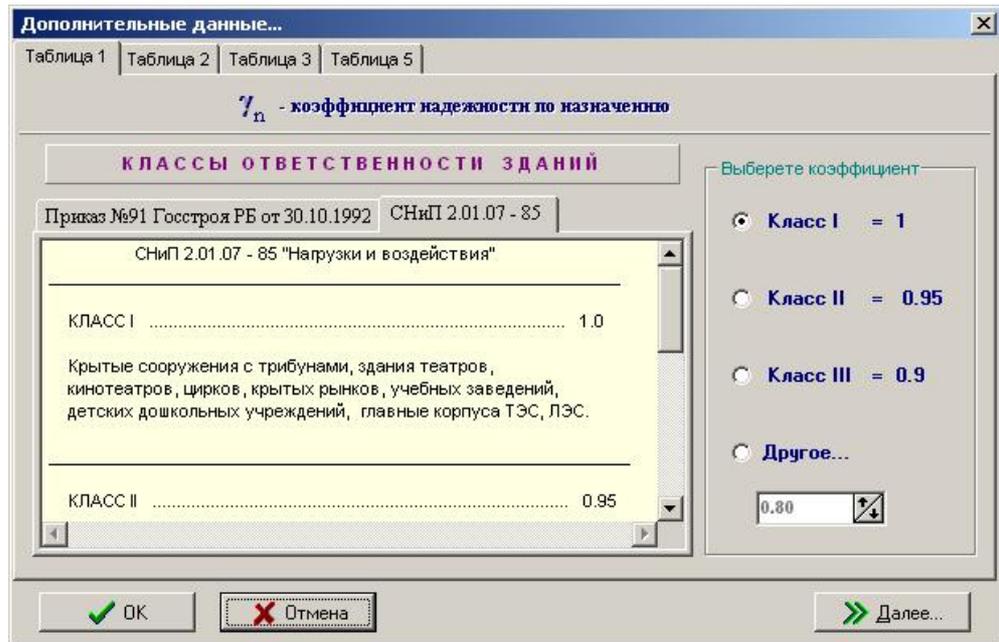


Рис. 2.7. Выбор коэффициента надежности по назначению γ_n

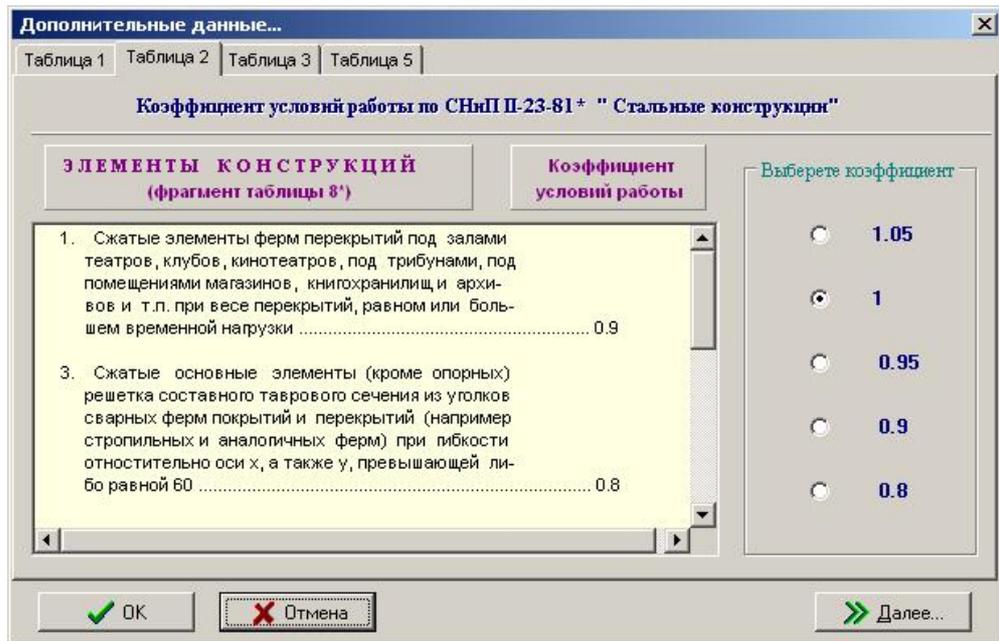


Рис. 2.8. Выбор коэффициента условий работы γ_c

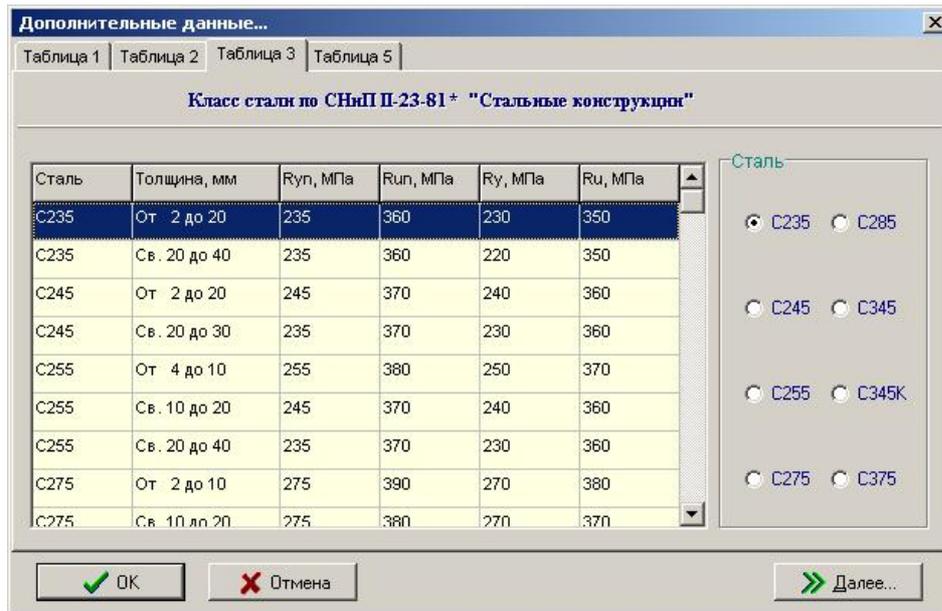


Рис. 2.9. Выбор класса стали

Шаг 5. Задание предельной гибкости стержня λ_u

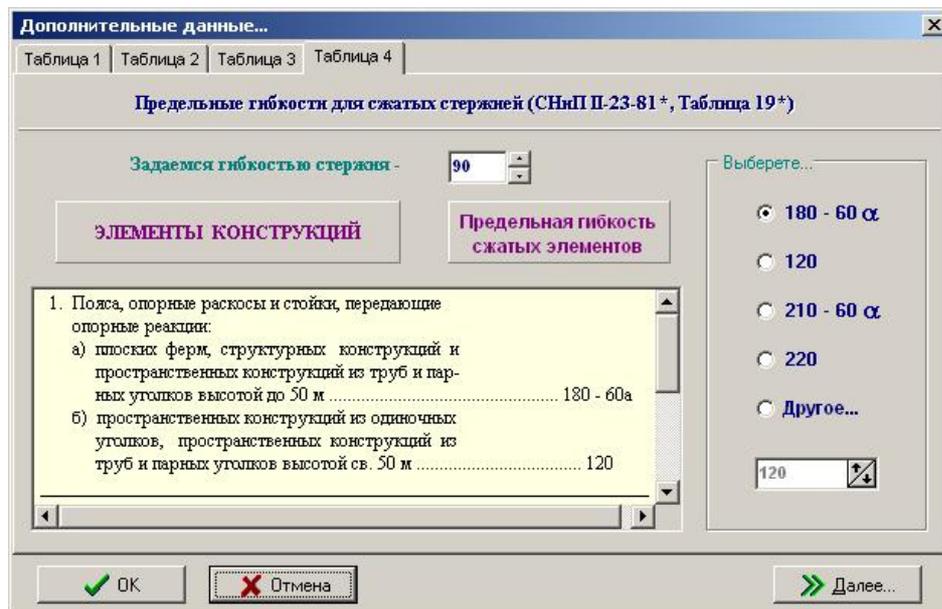


Рис.2.10. Задание предельных гибкостей для сжатых стержней

Для задания предельной гибкости λ_u необходимо нажать на кнопку λ_u^- (Таблица 4) в случае сжатого стержня (рис. 2.10), и на кнопку λ_u^+ (Таблица

5) в случае растянутого стержня (рис. 2.11) в дополнительной панели инструментов.

Значения предельных гибкостей для конкретных стержней можно взять из т.19*[2].

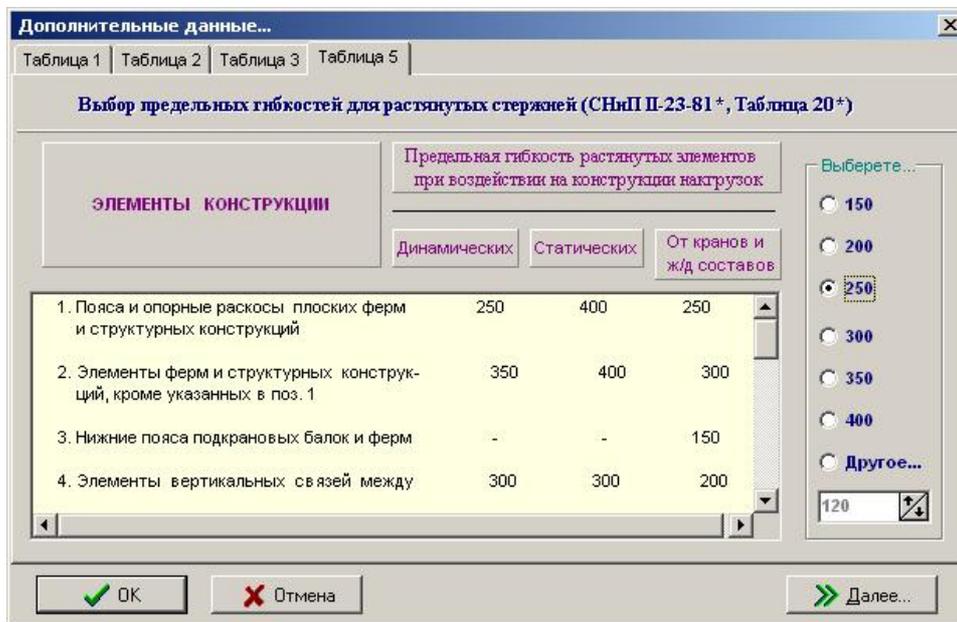


Рис.2.11. Задание предельных гибкостей для растянутых стержней

Шаг 6. Выбор типа сечения стержня

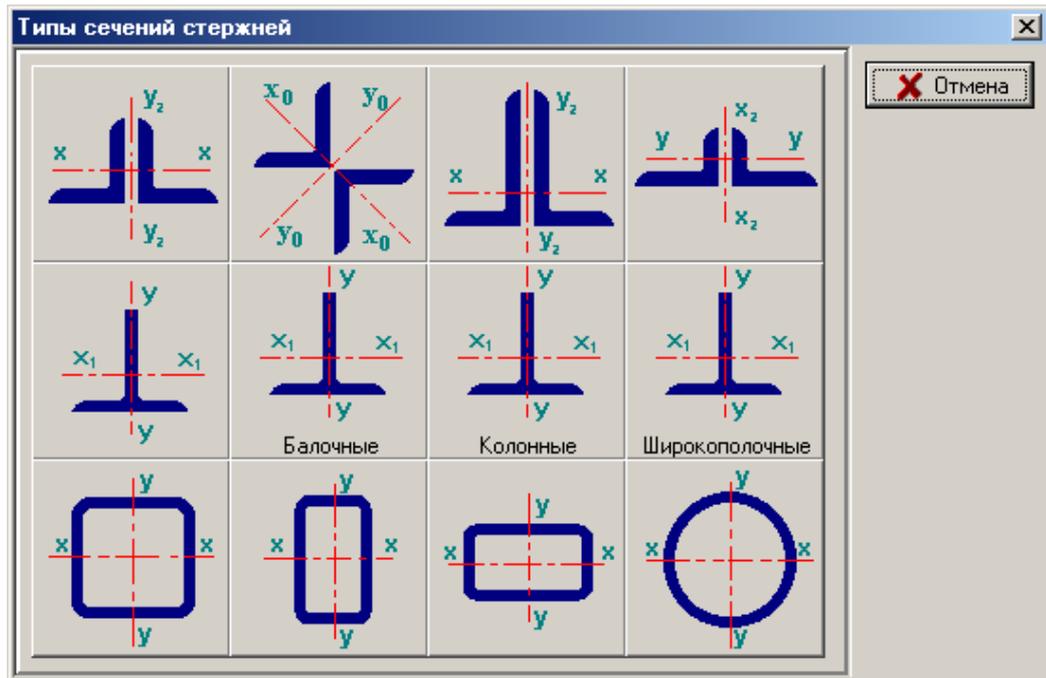


Рис. 2.12. Выбор типа сечения стержня

Для выбора типа подбираемого сечения стержня необходимо нажать на кнопку . Перед вами появится окно, представленное на рисунке 2.12.

Шаг 7. Задание толщины фасонки

В случае выбора сечения из двух равнополочных или не равнополочных уголков перед вами появится окно выбора толщины фасонки⁴ (рис. 2.13 [а]). В случае неправильного выбора будет выдано сообщение об ошибке (рис. 2.13 [б]).

В фермах с узлами на фасонках, толщина фасонки принимается в зависимости от усилий в стержнях решетки (как правило, по усилию в опорном раскосе, где усилие является максимальным). В фермах с пролетом более 24 метров допускается применение 2-х фасонки с разностью толщин не более 2мм.

Рекомендуемые толщины фасонки представлены в **приложении 2**.

⁴ В случае автоматического расчета толщина фасонки подбирается автоматически.

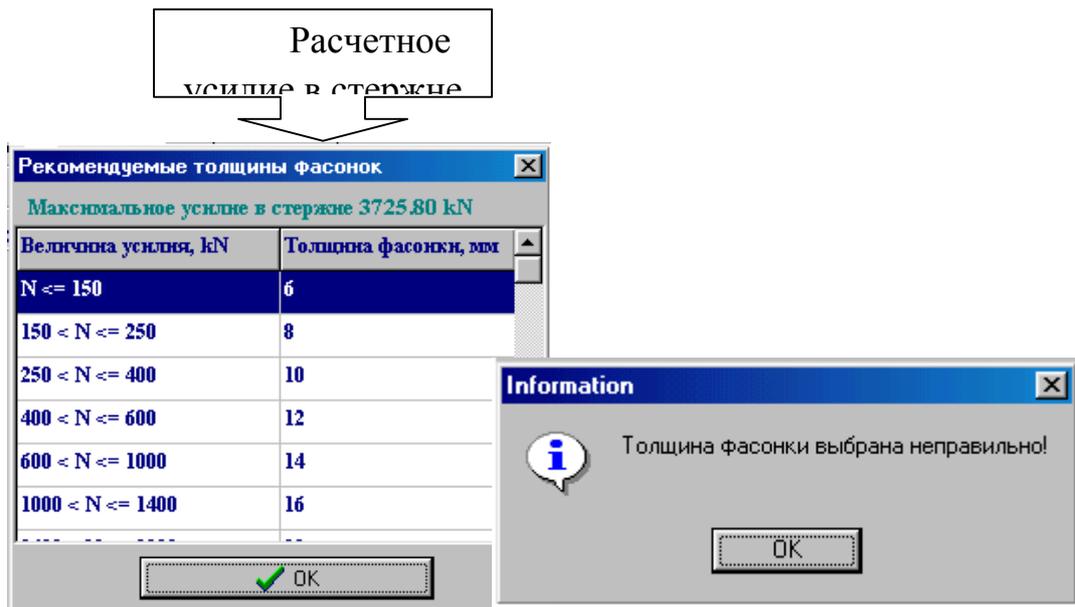


Рис. 2.13. Выбор толщины фанонки

Шаг 8. Сортамент

После выбора толщины фанонки вы попадаете в окно, в котором по требуемому радиусу инерции (в случае сжатого стержня) и требуемой площади сечения осуществляется конструирование сечения стержня.

*Если сечение не прошло по прочности или устойчивости, будет выдано сообщение об соответствующей ошибке. При нажатии на кнопку **Yes**, будет осуществлен возврат к началу **шага 7**, в противном случае – осуществлен переход к **шагу 9**.*

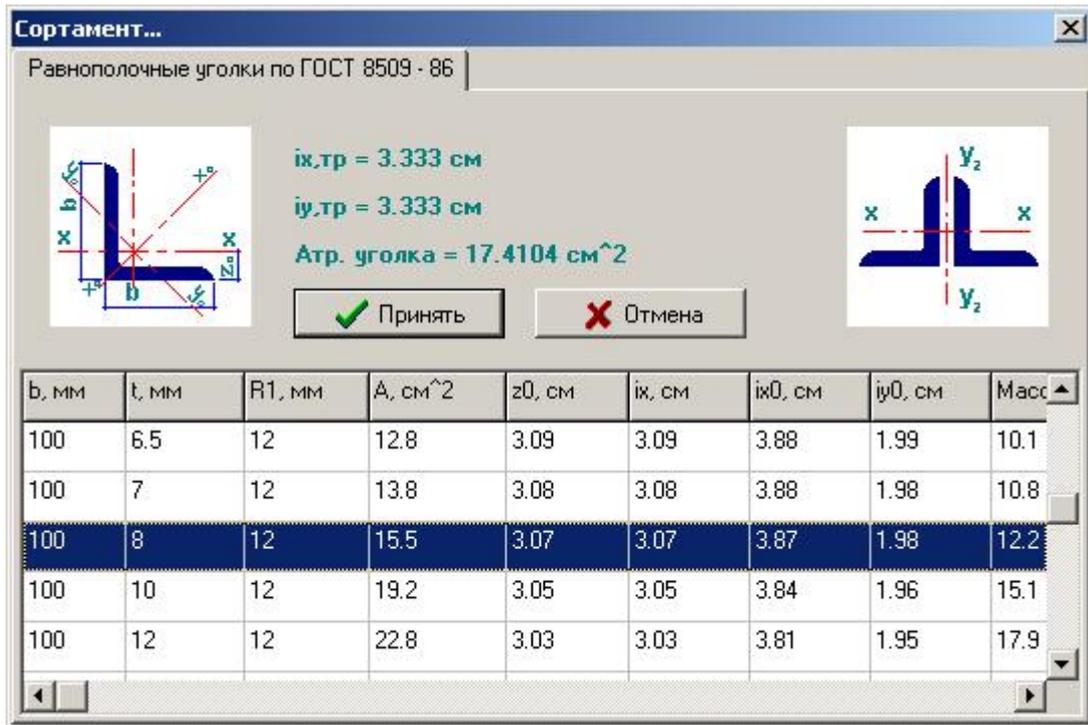
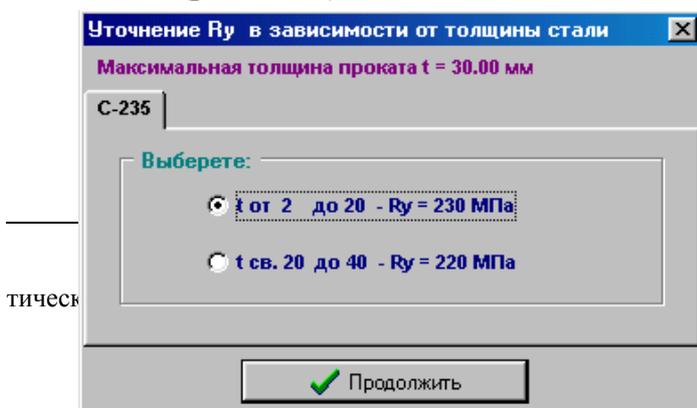


Рис. 2.14. Окно с сортаментом

Шаг 9. Уточнение расчетного сопротивления стали R_y ⁵

Как известно, расчетное сопротивление стали R_y , как в фасонном, так и в листовом прокате зависит от толщины элемента. Поэтому пользователям предлагается уточнить R_y (рис 2.15). В случае неправильного выбора будет выдано сообщение об ошибке и осуществлен возврат к началу шага 8. Здесь возможен и второй случай.

Например, вы выбрали сталь С285, у которой максимальная толщина фасонного проката составляет 20 мм, а в сортаменте выбрали равнополочный уголок 250х30. Естественно, толщина уголка превышает максимальную толщину проката для стали С285. В этом случае будет выдано сообщение об ошибке (рис. 2.16).



о сопротивления стали R_y производится автома-

тически

Рис. 2.15.
Уточнение расчетного
сопротивления
стали R_y

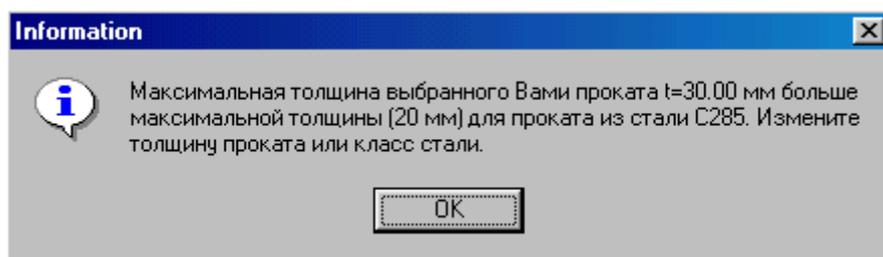


Рис. 2.16

После нажатия клавиши **Ok**, нажав на кнопку **R_y** в дополнительной панели управления можно самостоятельно вернуться к **шагу 4**, чтобы поменять класс стали, или к **шагу 7**, чтобы изменить толщину прокатного элемента.

Шаг 10. Просмотр результатов расчета

Находясь в окне просмотра результатов (рис. 2.17) вы можете выполнить ряд действий. Если результаты расчета вас не устраивают (например, недонапряжение больше 5%), можно войти в сортамент и выбрать новый стержень. Для этого необходимо нажать на клавишу **Типы сечений стержней** . Если же результаты расчета стержня вас устраивают, вы можете сохранить их на диск. Для этого необходимо нажать на кнопку **Сохранить** . Результаты расчета будут записаны в текстовый файл в Windows-кодировке в текущий каталог, выбранный вами в **шаге 2**. При этом, если такой файл существует, то вы можете записать поверх него.

Для продолжения расчета необходимо нажать на клавишу **Продолжить**. При этом все последующие результаты расчета будут добавляться в

конец файла (возврат к **шагу 3**). Для начала расчета нового объекта нажмите на кнопку **Сначала** (возврат к **шагу 2**).

Для просмотра, редактирования и печати подробных результатов расчета нажмите на кнопку **Просмотр** . Для просмотра и печати результатов расчета в виде таблицы нажмите на кнопку **Таблица** .

Контрольные распечатки подробных результатов расчета и итоговой таблицы приведены в **приложении 3**.

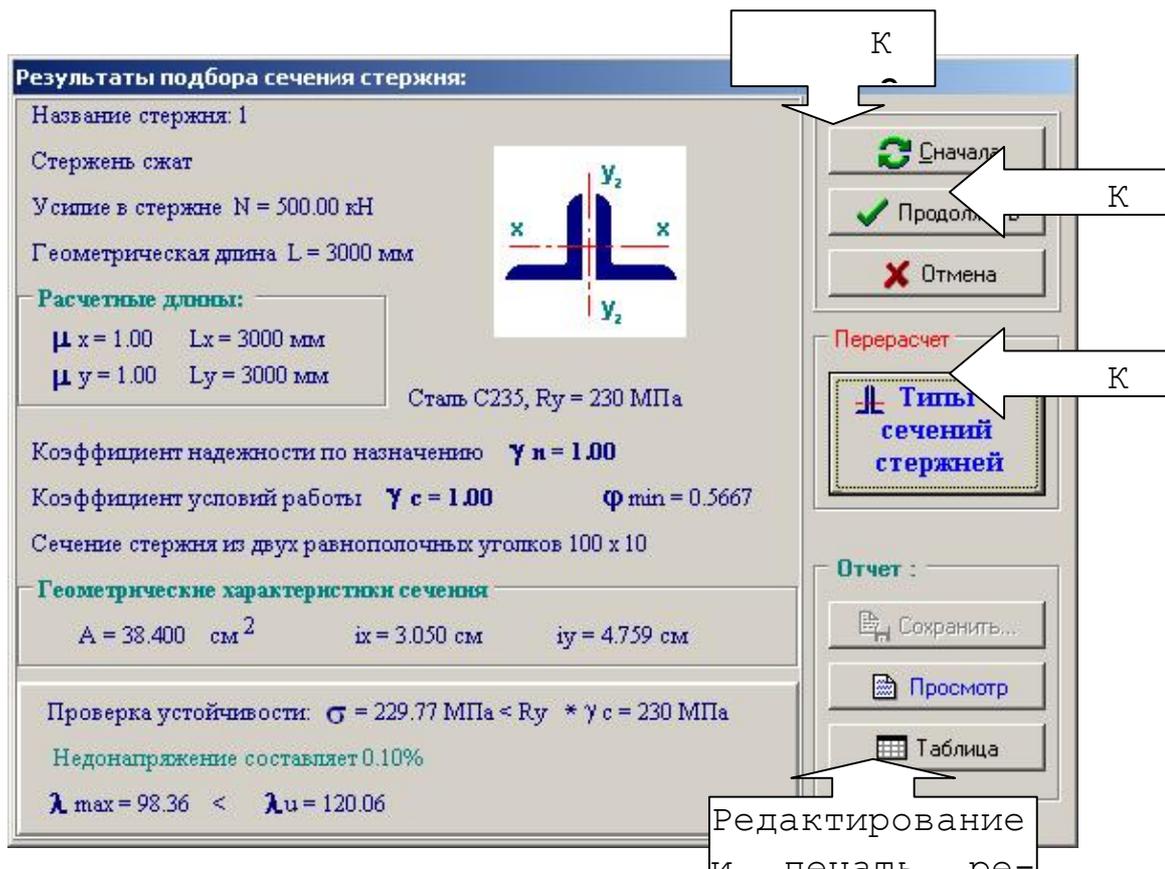


Рис. 2.17. Результаты расчета стержня

Шаг 11. Просмотр, редактирование и печать результатов расчета

Вся обработка результатов расчета осуществляется во встроенном в программу текстовом редакторе Rich Editor (рис. 2.18).

Работа с редактором аналогична работе с редактором MS Word.

Для открытия сохраненного документа жмите кнопку **Открыть** . Чтобы напечатать текущий документ, нажмите кнопку **Печать**  на стандартной панели инструментов. Для сохранения внесенных в документ изменений – кнопка **Сохранить** .

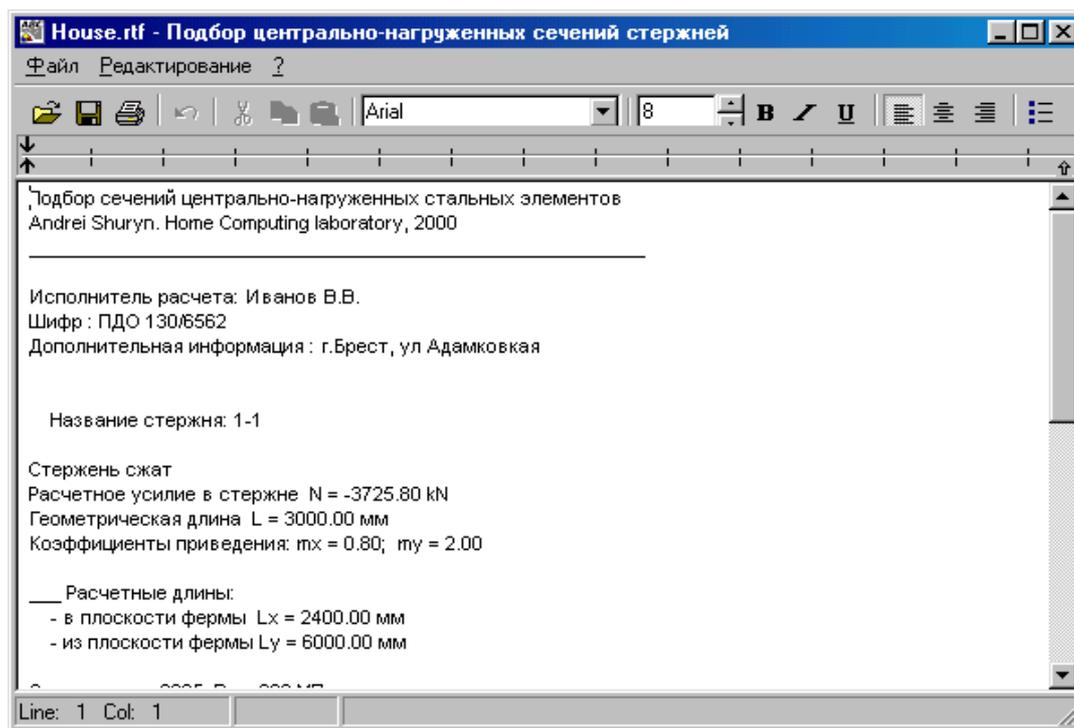


Рис. 2.18. Редактирование результатов расчета

При печати таблицы с результатами необходимо установить войти в меню **Файл**, выберете пункт - **Макет страницы...** Появится окно

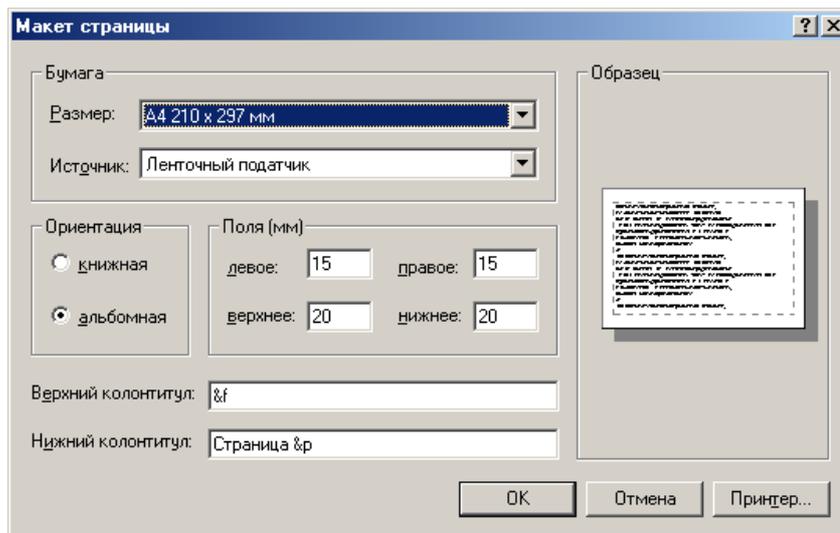


Рис. 2.19. Окно макета страницы

Чтобы таблица полностью разместилась на листе, вы должны убедиться, что установлена **альбомная ориентация страницы**, и **левое и правое поля** страницы установлены по **10-15 мм**.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. КЛАССЫ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ЖИЛИЩНО – ГРАЖДАНСКОГО И ПРОИЗВОДСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Согласно приказу Госстроя РБ от 30 октября 1992 г. № 91

КЛАСС I. Коэффициент надежности по назначению $\gamma_n = 1.0$

Жилые дома:

- высотой 9 этажей и более;

Общественные здания:

- детские дошкольные сооружения;
- учебные заведения всех видов (школы, училища, вузы, учебные комбинаты);
- внешкольные учреждения для детей и подростков;
- больницы на 100 коек и более, родильные дома и акушерские корпуса;
- предприятия розничной торговли с торговой площадью 200 кв. метров и более;
- предприятия общественного питания на 200 мест и более;
- предприятия бытового обслуживания на 150 мест и более;
- гостиницы, санатории, учреждения отдыха и туризма;
- мотели, кемпинги, пансионаты, профилактории вместимостью 250 мест и более;
- театры, цирки, кинотеатры, концертные и танцевальные залы, дворцы и дома культуры, клубы, музеи, выставочные залы, библиотеки, государственные архивы;
- административные здания, кроме входящих в группу В (СНиП II-84-78);
- конструкторские, проектные, изыскательские, научно-исследовательские и комплексные институты, организации, вычислительные центры;
- крытые спортивные сооружения с трибунами на 400 мест и более;
- вокзалы всех видов;

- временные здания с сооружения;
- предприятия розничной торговля с торговой площадью до 50 кв. м.;
- предприятия общественного питания с количеством мест до 20;
- предприятия бытового обслуживания с количеством мест до 5.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ТОЛЩИНЫ ФАСОНОК

Таблица 1.

Максимальное усилие в стержне решетки, кН	Толщина фасонки, мм
$N \leq 150$	6
$150 < N \leq 250$	8
$250 < N \leq 400$	10
$400 < N \leq 600$	12
$600 < N \leq 1000$	14
$1000 < N \leq 1400$	16
$1400 < N \leq 1800$	18
$N \geq 1800$	20

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.01.07 – 85. Нормы проектирования. Нагрузки и воздействия. Госстрой СССР. – М.: ЦНИТП Госстроя СССР. 1986 г. – 36 с.
2. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. Госстрой СССР. – М.: ЦНИТП Госстроя СССР. 1989 г.
3. Пособие по проектированию строительных конструкций (СНиП II-23-81*). Госстрой СССР. 1989 г.
4. А.Б. Шурин, А.В. Мухин. Система автоматизированного проектирования центрально – нагруженных стальных стержней «Shumax». Эффективные строительные материалы, конструкции и технологии. Сб. трудов. БГТА – 2000 г.
5. СНиП III-18-75 «Правила производства и приема работ. Металлические конструкции». Госстрой СССР.
6. Справочник проектировщика. В 3ч. «Металлические конструкции»; М.: издательство АСВ – 1998г.
7. А. П. Мандриков. Примеры расчета металлических конструкций. Издание 2-е. Москва, Стройиздат – 1991г.

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составители: Андрей Брониславович Шурин
 Анатолий Викторович Мухин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

(Инструкция пользователя)

по проектированию центрально - нагруженных стальных стержней
с использованием ИВК «**SHUMAX**» по дисциплине
«**МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ**» для практических занятий,
курсового и дипломного проектирования

Для студентов специальности «**ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ
СТРОИТЕЛЬСТВО**» (70 02 01) очной и заочной форм обучения

Ответственный за выпуск: Шурин А.Б.

Редактор: Строкач Т.В.

Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано к печати . Формат 60x84 1/16. Усл. печ. л.
. Уч. изд. л. . Зак. № . Тираж 50 экз. Отпечатано на ризографе уч-
реждения образования «Брестский государственный технический универси-
тет».

224017, г. Брест, ул. Московская, 267.