



APM Joint

Руководство пользователя

APM Joint

Система расчёта соединений

Версия 17

Руководство пользователя

Научно-технический центр «Автоматизированное Проектирование Машин»
141070, Россия, Московская область, г. Королёв, Октябрьский бул. 14, оф. 6
тел.: +7 (495) 120-58-10.

Наш адрес в Интернете: <http://www.apm.ru>, e-mail: com@apm.ru

Авторские права © 1989 – 2019 Научно-технический центр «Автоматизированное проектирование машин». Все права защищены. Все программные продукты НТЦ «АПМ» являются зарегистрированными торговыми марками центра. Названия и марки, упомянутые в данном руководстве, являются зарегистрированными торговыми марками их законных владельцев.

Отпечатано в России.

Содержание

Содержание	3
Введение	5
<i>Основные положения</i>	<i>5</i>
<i>Требования к аппаратному и программному обеспечению</i>	<i>5</i>
<i>Краткий путеводитель по руководству</i>	<i>5</i>
Глава 1. Задачи, исходные данные и результаты	6
APM Joint – задачи и возможности	6
<i>Проектировочный расчет</i>	<i>6</i>
<i>Проверочный расчет</i>	<i>6</i>
<i>Критерии расчета</i>	<i>6</i>
Классификация соединений, рассчитываемых в APM Joint	8
Групповые резьбовые соединения	10
<i>Методы и критерии расчёта</i>	<i>10</i>
<i>Исходные данные</i>	<i>10</i>
<i>Результаты расчета</i>	<i>12</i>
Заклепочные соединения	12
<i>Методы и критерии расчёта</i>	<i>12</i>
<i>Исходные данные</i>	<i>13</i>
<i>Результаты расчета</i>	<i>13</i>
Сварные соединения. Методы и критерии расчёта.	13
Стыковая сварка	14
<i>Исходные данные</i>	<i>14</i>
<i>Результаты расчета</i>	<i>14</i>
Сварка односторонним и двухсторонним швом	14
<i>Исходные данные</i>	<i>14</i>
<i>Результаты расчета</i>	<i>15</i>
Точечная сварка	15
<i>Исходные данные</i>	<i>15</i>
<i>Результаты расчета</i>	<i>16</i>
Соединения деталей вращения. Методы и критерии расчёта.	16
Соединения цилиндрических деталей с натягом	16
<i>Исходные данные</i>	<i>16</i>
<i>Результаты расчета</i>	<i>16</i>
Соединения конических деталей с натягом	17
<i>Исходные данные</i>	<i>17</i>
<i>Результаты расчета</i>	<i>17</i>
Соединения коническими кольцами (на стадии разработки)	17
Шлицевые соединения	17
<i>Исходные данные</i>	<i>17</i>
<i>Результаты расчета</i>	<i>17</i>
Штифтовые соединения	18
<i>Исходные данные</i>	<i>18</i>
<i>Результаты расчета</i>	<i>18</i>
Клеммовые соединения	18
<i>Исходные данные</i>	<i>18</i>
<i>Результаты расчета</i>	<i>18</i>
Профильные соединения	18
<i>Исходные данные</i>	<i>18</i>
<i>Результаты расчета</i>	<i>18</i>
Шпоночные соединения	18
<i>Исходные данные</i>	<i>19</i>
<i>Результаты расчета</i>	<i>19</i>
Глава 2. Редактор соединений	20
Компоненты редактора соединений	20
<i>Рабочее поле</i>	<i>20</i>

<i>Линейки</i>	20
<i>Панорамирование / Масштабирование вида</i>	20
<i>Панели инструментов</i>	21
<i>Строка состояния</i>	21
Общие принципы задания геометрии соединения	21
<i>Способы задания геометрии соединения</i>	21
<i>Особенности задания контуров соединения</i>	23
Размещение болтов / заклепок / точек сварки	23
Задание нагрузки	24
Глава 3. Справочник команд	25
Общие сведения	25
Меню Файл	25
<i>Команда Новый</i>	25
<i>Команда Открыть</i>	25
<i>Команда Сохранить</i>	26
<i>Команда Сохранить как</i>	26
<i>Команда Импорт</i>	26
<i>Команда Печать</i>	26
<i>Команда Установка принтера</i>	27
<i>Команда Печать в RTF</i>	27
<i>Команда Последний файл</i>	27
<i>Команда Закрыть</i>	27
Меню Данные	27
<i>Команда Нормальная Сила</i>	28
<i>Команда Касательная Сила</i>	28
<i>Команда Момент</i>	29
<i>Команда Постоянные параметры</i>	30
<i>Команда Дополнительные параметры</i>	31
<i>Тип линии для сварного шва</i>	31
Меню Расчёт	31
<i>Команда Тип</i>	31
<i>Команда Стандарт</i>	31
<i>Команда Расчёт!</i>	31
Меню Результаты	31
Меню Справка	32
<i>Команда Содержание</i>	32
<i>Команда О модуле</i>	33
ГЛАВА 4. Проектирование соединений в системе APM Joint шаг за шагом	34
Общий порядок выполнения расчета	34
Особенности моделей, переданных из APM Structure3D	34
Резьбовые соединения с зазором и без зазора	35
Заклёпочные соединения	35
Стыковая сварка	35
Сварка односторонним и двухсторонним швом	36
Точечная сварка	36
Глава 5. Подсистема расчёта соединений цилиндрических деталей	37
Справочник команд подсистемы расчета соединений цилиндрических деталей	37
Порядок выполнения расчета	38
Литература	40

Введение

Основные положения

APM Joint – это модуль для расчёта и проектирования соединений, разработанный в НТЦ «Автоматизированное Проектирование Машин». Название *APM Joint* происходит от английского слова «Joint» (соединение).

Система позволяет рассчитать:

- групповые резьбовые соединения, поставленные в отверстие с зазором и без, установленные в произвольном порядке и предназначенные для соединения произвольных поверхностей. При этом в качестве элементов крепления могут быть рассчитаны болты, винты и шпильки, работающие при произвольном внешнем нагружении.
- групповые заклепочные соединения произвольного размещения и при произвольном плоском нагружении;
- сварные соединения, при произвольной внешней нагрузке и произвольном размещении сварных швов следующих типов:
 - стыковые;
 - нахлесточные (односторонним швом);
 - угловые (односторонним швом);
 - тавровые (односторонним или двухсторонним швом);
 - точечная сварка.
- соединения деталей вращения, конструктивно выполненные как:
 - соединения с натягом цилиндрической или конической формы;
 - соединения коническими кольцами;
 - шлицевые соединения разных типов;
 - штифтовые соединения;
 - клеммовые соединения различного конструктивного исполнения;
 - профильные соединения различных модификаций;
 - шпоночные соединения разных типов.

Требования к аппаратному и программному обеспечению

Система **APM Joint** предназначена для работы в операционных средах семейства Windows (соответственно MS Windows 7, 8.1, 10 и Microsoft Windows Server 2008 и 2012). Компьютер должен быть с двумя процессорами (ядрами), поддерживающие 64-х разрядную адресацию. Объем оперативной памяти - 4 Гбайта. Размер свободного пространства на жестком диске 500 Гбайт. Видеокарта Radeon или Nvidia с аппаратной поддержкой OpenGL.

Краткий путеводитель по руководству

Введение (настоящий раздел) содержит характеристики видов соединений, которые могут быть рассчитаны системы *APM Joint*, приводятся требования к аппаратному и программному обеспечению.

Глава 1. Задачи, исходные данные и результаты содержит детальное описание задач, решаемых с помощью *APM Joint*. Для каждого типа соединения представлены методы и критерии расчета, исходные данные и результаты расчета.

Глава 2. Редактор соединений содержит описание принципов работы специализированного графического редактора, используемого для задания конфигурации соединения, размещения болтов, заклепок, точек сварки, ввода нагрузок.

Глава 3. Справочник команд содержит полное описание всех команд и диалоговых окон *APM Joint* для нецилиндрических типов соединений.

Глава 4. Проектирование соединений в системе APM Joint шаг за шагом включает основные этапы проектирования соединений.

Глава 5. Подсистема расчёта соединений цилиндрических деталей включает справочник по командам подсистемы расчёта соединений типа Вал-Ступица и описание порядка выполнения расчета.

Глава 1. Задачи, исходные данные и результаты

APM Joint – задачи и возможности

Система *APM Joint* предназначена для расчета и проектирования соединений элементов машин. С ее помощью можно выполнить весь комплекс расчетов необходимых при проектировании соединений, используемых в машиностроении, приборостроении, строительстве. Система позволяет выбрать из большого числа возможных конструкторских решений наиболее рациональное. Расчёты реализованы в форме проверочного и проектного.

Проектировочный расчет

Под проектировочным расчетом понимается комплекс вычислений по определению основных геометрических размеров соединения.

Проверочный расчет

При проверочном расчете определяются значения коэффициентов запаса.

Критерии расчета

Критерием расчета резьбовых соединений являются условие отсутствие сдвига и раскрытия сопряженных поверхностей, а также статическая и усталостная прочность элементов соединения; сварные швы рассчитываются из условия статической и усталостной прочности; заклепочные соединения рассчитываются из условия прочности при постоянной нагрузке;

Критерием расчета соединений деталей вращения может быть (в зависимости от типа) условие отсутствия сдвига или раскрытия сопряженных поверхностей, либо статическая и усталостная прочности элементов соединения, а также совокупность обоих критериев. Подробно теоретические основы расчета соединений изложены в [2].

Исходными данными для расчета соединений являются геометрический контур соединения, внешние нагрузки, а также ряд других параметров, которые характеризуют выбранные материалы, коэффициенты запаса и т.д.

Для расчета соединений применяются два метода (таблица 1.1):

1. Расчет по ГОСТ в соответствии с методикой, изложенной в [2] и [3].
2. Расчет в соответствии со СНиП II-23-81*. Стальные конструкции.

Таблица 1.1 – Стандарты расчета соединений.

ГОСТ, СНиП Болтовое с зазором	ГОСТ, СНиП Болтовое без зазора	ГОСТ Заклепочное	– Соединение деталей вращения
ГОСТ Стыковая сварка	ГОСТ, СНиП Сварка односторонним швом	ГОСТ, СНиП Сварка двухсторонним швом	ГОСТ Точечная сварка

Таблица 1.2 – Список постоянных параметров расчета по ГОСТ.

Наименование параметра	Выбор значения параметра
Коэффициент запаса по смятию	1.1 ... 1.4
Коэффициент запаса по сдвигу	1.1 ... 1.4
Коэффициент основной нагрузки	0.2 ... 0.3
Предел текучести, [МПа]	Зависит от выбранного материала (рис. 1.1)
Предел прочности	Зависит от выбранного материала (рис. 1.1)
Количество поверхностей среза / трения	Чаще всего используются конструкции с 1 или 2 поверхностями

При выборе ряда коэффициентов можно пользоваться рекомендациями, указанными в [1]. Рекомендации для коэффициента основной нагрузки даны для контакта металлических поверхностей.

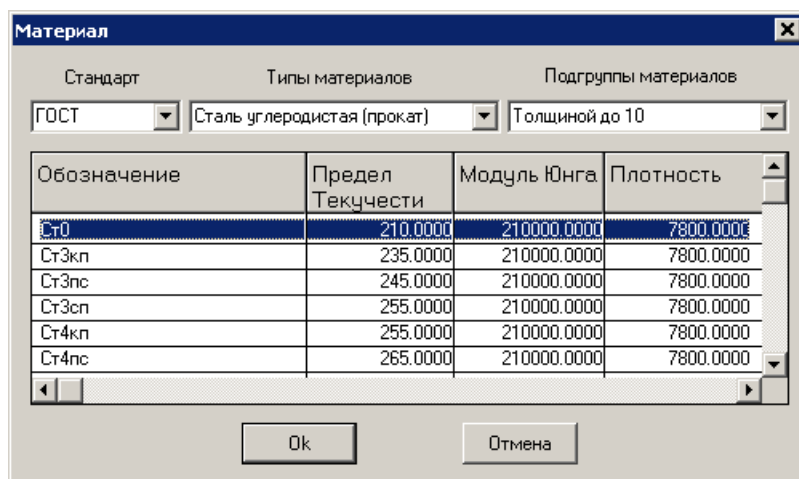



Рис. 1.1 Диалоговое окно выбора материала из базы данных.

Таблица 1.3 – Список постоянных параметров расчета по СНиП II-23-81*.

Тип соединения	Наименование параметра	Выбор значения по СНиП II-23-81*
Болтовое с зазором и без.	Расчетное сопротивление соединения на срез, R_{bs} , [МПа]	Таблица 58
	Расчетное сопротивление соединения на смятие, R_{bp} , [МПа]	Таблица 59
	Расчетное сопротивление болта на растяжение, R_{br} [МПа]. R_{ba} – фундаментных болтов; R_{bh} – высокопрочных болтов.	Таблица 58; для фундаментных болтов – Таблица 60; для высокопрочных болтов – п. 3.7.
	Коэффициент трения, μ	Таблица 36
	Коэффициент надежности, γ_h	
	Коэффициент условий работы, γ_b	Таблица 35, для высокопрочных болтов согласно п. 11.13
Сварное одно или двухсторонним швом	Расчетное сопротивление срезу по металлу шва, R_{wf} [МПа]	Таблица 3
	Расчетное сопротивление срезу по металлу границы сплавления, R_{wz} [МПа]	
	Коэффициент глубины проплавления шва, β_f	При сварке элементов из стали: с пределом текучести до 530 МПа по таблице 34. С пределом текучести свыше 530 МПа $\beta_f = 0,7$ и $\beta_z = 1$;
	Коэффициент глубины проплавления границы сплавления, β_z	
	Коэффициент условий работы шва, γ_{wf}	1 во всех случаях, кроме конструкций, возводимых в климатических районах I ₁ , I ₂ , II ₂ и II ₃ , для которых $\gamma_{wf} = 0,85$ для металла шва с нормативным сопротивлением $R_{wun} = 410$ МПа и $\gamma_{wz} = 0,85$ – для всех сталей (согласно п. 11.2).
	Коэффициент условий работы шва, γ_{wz}	
	Коэффициент условий работы конструкции, γ_c	Таблица 6

Примечание: Обозначения даны в соответствии со СНиП II-23-81*. Стальные конструкции

Классификация соединений, рассчитываемых в APM Joint

Запуск *APM Joint* осуществляется соответствующей командой меню Windows Пуск | Программы | APM WinMachine |  APM Joint. Группа APM WinMachine создается при установке системы. Запуск *APM Joint* возможен также из группы Инженерный анализ оболочки APM Integrator. Ярлык APM Integrator размещается после установки APM WinMachine на рабочем столе. После запуска системы появляется диалоговое окно выбора типа соединения (рис. 1.2).

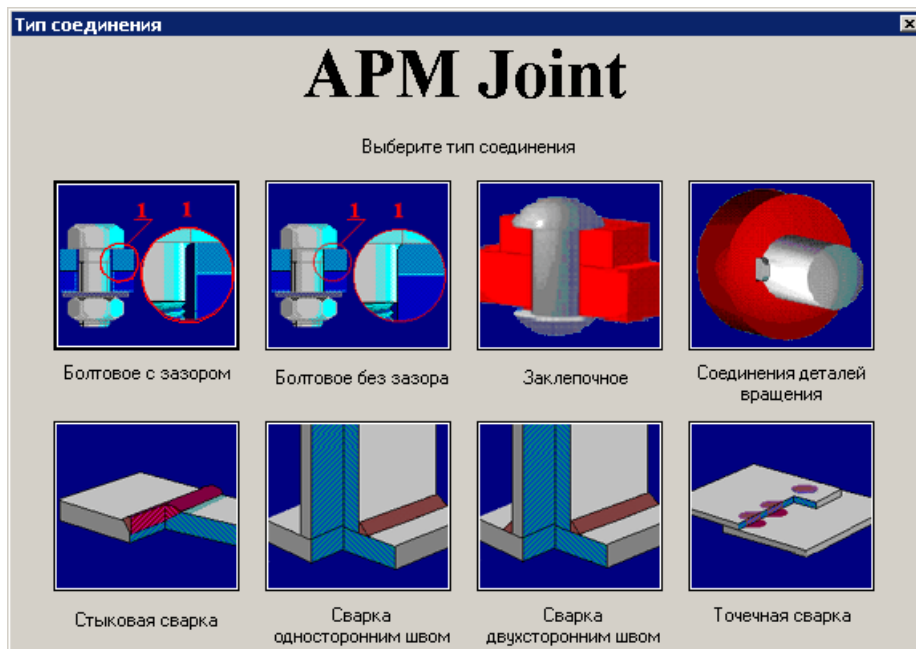
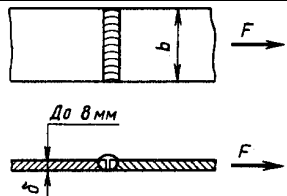
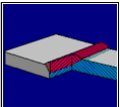

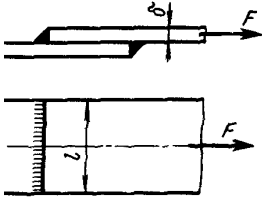
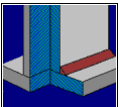
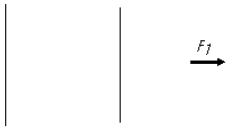


Рис. 1.2 Диалоговое окно выбора типа соединения.

Основные виды сварных соединений дуговой и газовой сваркой: стыковые С, угловые У, нахлесточные Н, тавровые Т. Угловые, нахлесточные и тавровые шовные сварные соединения имеют общие принципы расчета и могут быть представлены в APM Joint односторонним или двухсторонним швом. Точечная сварка применяется преимущественно для соединения деталей из тонкого листового материала. Рекомендации по выбору типа сварки в APM Joint приведены в таблице 1.1. Подробно вопросы проектирования сварных конструкций изложены в [1].

Таблица 1.3 – Выбор типа сварки в системе APM Joint

Тип сварки	Пример расчетной схемы	Тип сварки в системе APM Joint	Контур сварного соединения в редакторе соединений
Стыковая		 Стыковая	
Нахлесточными швами		 Односторонним швом	

Угловая		 Односторонним швом	
Тавровая		 Односторонним швом	
		 Двухсторонним швом	
Точечная		 Точечная	

После выбора болтового, заклепочного или любого сварного соединения автоматически запускается специализированный графический редактор, используемый для задания конфигурации соединений, размещения болтов и заклепок, ввода нагрузок и проведения расчета. Основные принципы работы специализированного графического редактора соединений изложены в главе 2. Порядок выполнения расчета представлен в главе 4.

Для расчета соединений деталей вращения необходимо выбрать в диалоговом окне (рис. 1.2) соответствующую пиктограмму. Классификация соединений деталей вращения, рассчитываемых системой APM Joint представлена на рис. 1.3. Дальнейший выбор типа соединения деталей вращения в соответствии с представленной классификацией и расчет осуществляется в подсистеме расчета соединений деталей вращения (Глава 5).

Соединения с натягом				
 Цилиндрические	 Конические			
 Шлицевые	 Штифтовые	 Клеммовые	 Профильные	
Шпоночные соединения				
 Призматической	 Сегментной	 Клиновой	 Тангенциальной	 Цилиндрической

Рис. 1.3 Классификация соединений деталей вращения, рассчитываемых в APM Joint.

Далее будут перечислены методы и критерии расчёта, исходные данные и результаты для каждого типа соединений.

Групповые резьбовые соединения

Методы и критерии расчёта

Критерий расчета групповых резьбовых соединений зависит от способа установки винтов и от вида внешней нагрузки к ним приложенной. В зависимости от этого расчеты бывают на нераскрытие стыка и несдвигаемость деталей в контакте. Внешние нагрузки, действующие на плоский стык, приводятся к главному вектору и к главному моменту, приложенному к центру масс. Расчетные параметры резьбовых соединений определяются на основании принципа суперпозиции. Винты рассчитываются на статическую и усталостную прочность при растяжении. Расчет усталостной прочности выполняется только в случае переменной внешней нагрузки. При проверочном расчете определяются значения коэффициентов запаса. В случае установки винтов без зазора критерием их расчета является прочность на срез и на смятие винтов. Нагрузки на винты, полученные по результатам расчета, представляются в виде карт нагрузки на винты, а давление в контакте представляется в виде карты удельных давлений. Из анализа карты давлений можно определить вероятность разрушения поверхности в контакте. Карты нагрузок на винты дают представления об эффективности их использования и размещения.

Исходные данные

Болтовое соединение с зазором	Болтовое соединение без зазора
Проектировочный расчет	
<i>1. Геометрический контур стыка</i>	
2. Действующие нагрузки, [Н]: 2.1. касательные силы; 2.2. нормальные силы. 3. Постоянные параметры (ГОСТ): 3.1. коэффициент запаса на нераскрытие; 3.2. коэффициент запаса сдвига; 3.3. коэффициент основной нагрузки; 3.4. коэффициент запаса текучести деталей крепления; 3.5. предел текучести материала деталей крепления, [МПа]; 3.6. предел прочности материала деталей крепления, [МПа]. 3.7. количество поверхностей среза / трения. 4. Постоянные параметры (СНиП): 4.1. расчетное сопротивление соединения на срез, [МПа]; 4.2. расчетное сопротивление соединения на смятие, [МПа]; 4.3. расчетное сопротивление болта на растяжение, [МПа]; 4.4. коэффициент условий работы; 4.5. коэффициент надежности; 4.6. коэффициент трения; 4.7. количество поверхностей среза / трения.	2. Действующие нагрузки, [Н]: 2.1. касательные силы 2.2. – 3. Постоянные параметры (ГОСТ): 3.1. – 3.2. – 3.3. – 3.4. – 3.5. предел текучести материала деталей крепления, [МПа]. 3.6. – 3.7. количество поверхностей среза / трения. 4. Постоянные параметры (СНиП): 4.1. расчетное сопротивление соединения на срез, [МПа]; 4.2. расчетное сопротивление соединения на смятие, [МПа]; 4.3. расчетное сопротивление болта на растяжение, [МПа]; 4.4. коэффициент условий работы; 4.5. коэффициент надежности; 4.6. коэффициент трения; 4.7. количество поверхностей среза / трения.

Проверочный расчет

1-3 см. проектировочный расчет 4. Дополнительные параметры:

4.1 Диаметр болта.

Результаты расчета

Болтовое соединение с зазором	Болтовое соединение без зазора
Проектировочный расчет	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Площадь поверхности стыка, [кв. мм]. 2. X координата центра масс стыка, [мм]. 3. Y координата центра масс стыка, [мм]. 4. Момент инерции стыка относительно центральных осей: <ol style="list-style-type: none"> 4.1. относительно горизонтальной оси, [мм⁴]; 4.2. относительно вертикальной оси, [мм⁴]. 5. Угол наклона главных центральных осей, [град]. 6. X координата центра масс винтов, [мм]. 7. Y координата центра масс винтов, [мм]. 	
<ol style="list-style-type: none"> 8. Сила затяжки болта, [Н]. 9. Максимальная нагрузка на болт, [Н]. 10. Максимальное давление, [МПа]. 11. Диаметр болта, [мм]. 12. Момент завинчивания, [Н*м]. 13. Момент трения в резьбе, [Н*м]. 14. Момент трения на торце гайки, [Н*м]. 	<ol style="list-style-type: none"> 8. Диаметр болта, [мм]. 9. Максимальная сдвигающая нагрузка на болт, [Н]. 10. Минимальная толщина пластины, [мм] – наименьшая толщина пластины, при которой фактические напряжения смятия равны допускаемым
Проверочный расчет	
<p>1-14 см. проектировочный расчет</p> <ol style="list-style-type: none"> 15. Коэффициент запаса выносливости (ГОСТ) – отношение допустимого числа циклов нагружения к фактически действующему числу циклов. 16. Коэффициент запаса прочности по пределу текучести (ГОСТ) – отношение напряжения текучести материала болта к фактически действующему напряжению наиболее нагруженного болта. 17. Коэффициент запаса по расчетному сопротивлению (СНиП) – отношение расчетного сопротивления материала болта к фактически действующему напряжению наиболее нагруженного болта. 	<p>1-10 см. проектировочный расчет</p> <ol style="list-style-type: none"> 11. Коэффициент запаса прочности на срез – отношение допускаемого напряжения (ГОСТ)/расчетного сопротивления (СНиП) на срез материала болта к фактически действующему напряжению наиболее нагруженного болта.

Для обоих случаев болтового соединения давления в стыке выводятся в виде карты распределения по поверхности стыка.

Заклепочные соединения

Методы и критерии расчёта

Рассчитываются на срез и смятие при условии нагружения соединений усилиями действующими в плоскости стыка. Сдвигающие нагрузки на заклепки представляются в виде карты нагрузок и дают представления об эффективности их использования и размещения.

Исходные данные

Проектировочный расчет

1. Геометрический контур стыка.
2. Действующие нагрузки:
 - 2.1. касательные силы.
3. Постоянные параметры:
 - 3.1. Предел текучести материала деталей крепления, [МПа].
 - 3.2. Количество поверхностей среза / трения.

Проверочный расчет

- 1-3 см. проектировочный расчет
4. Дополнительные параметры:
 - 4.1. Диаметр заклепки.

Результаты расчета

Проектировочный расчет

1. Площадь поверхности стыка, [кв. мм].
2. X координата центра масс стыка, [мм].
3. Y координата центра масс стыка, [мм].
4. Момент инерции стыка относительно центральных осей:
 - 4.1. Относительно горизонтальной оси, [мм⁴].
 - 4.2. Относительно вертикальной оси, [мм⁴].
5. Угол наклона главных центральных осей, [град].
6. Диаметр заклепки, [мм] – диаметр стержня заклёпки без внутреннего отверстия. Если заклёпка имеет внутреннее отверстие, то расчёт необходимых диаметров следует вести из условия равенства площадей поперечных сечений.
7. Максимальная сдвигающая нагрузка на заклепку, [Н] – нагрузка, приложенная в плоскости стыка, действующая на наиболее нагруженную заклёпку.
8. Минимальная толщина пластины, [мм] – наименьшая толщина пластины, при которой фактические напряжения смятия равны допускаемым.

Проверочный расчет

- 1-8 см. проектировочный расчет
9. Коэффициент запаса прочности на срез – отношение допускаемого напряжения на срез материала заклёпки к действующему напряжению наиболее нагруженной заклёпки.

Давления в стыке выводятся в виде карты распределения по поверхности стыка.

Сварные соединения. Методы и критерии расчёта.

Статическая прочность сварных соединений выполненных стыковым швом рассчитывается методом конечных элементов, в котором кроме номинальных напряжений определяются и местные в местах их концентрации, что используется при выполнении проверочного расчета на выносливость. Проверочный расчет в этом случае сводится к определению коэффициента запаса статической и усталостной прочности.

Проектировочный расчет угловых швов (сварка односторонним и двухсторонним швом) выполняется методом полярного и осевых моментов инерции и сводится к определению размера катета сварного шва. Расчет прочности выполняется по эквивалентным напряжениям, полученным на основании энергетической теории прочности. При проектировочном расчете напряженно деформированное состояние сварных швов определяется методом конечных элементов и сводится к расчету коэффициентов запаса статической и усталостной прочности.

Кроме того, для всестороннего анализа напряженное состояние представляется в виде карт эквивалентных напряжений в цветном исполнении, с помощью которых можно определить мало напряженные участки сварного шва и, в случае необходимости, отредактировать конфигурацию с целью получения равнопрочных конфигураций.

Стыковая сварка

Исходные данные

Проектировочный расчет

1. Геометрический контур стыка.
2. Действующие нагрузки:
 - 2.1. нормальные силы.
3. Постоянные параметры:
 - 3.1. Предел текучести материала деталей сопряжения, [МПа];
 - 3.2. Предел прочности материала деталей сопряжения, [МПа].
 - 3.3. Количество поверхностей среза / трения.

Проверочный расчет

- 1-3 см. проектировочный расчет
4. Дополнительные параметры:
 - 4.1. Эффективный коэффициент концентрации напряжений.

Результаты расчета

Проектировочный расчет

1. Площадь стыка, [кв. мм].
2. X координата центра масс стыка, [мм].
3. Y координата центра масс стыка, [мм].
4. Момент инерции стыка относительно центральных осей:
 - 4.1. Относительно горизонтальной оси, [мм⁴].
 - 4.2. Относительно вертикальной оси, [мм⁴].
5. Угол наклона главных центральных осей, [град].
6. Максимальное нормальное эквивалентное напряжение – напряжение, действующее в наиболее нагруженной точке стыка. Под эквивалентным напряжением понимается напряжение растяжения, вызывающее такое же разрушающее воздействие, что и совокупность нормальных и касательных напряжений.
7. Коэффициент запаса по пределу прочности – отношение допускаемого напряжения материала стыка к фактически действующему эквивалентному напряжению в наиболее нагруженной точке.
8. Коэффициент запаса по пределу текучести – отношение предела текучести материала стыка к фактически действующему эквивалентному напряжению в наиболее нагруженной точке.

Проверочный расчет

- 1-8 см. проектировочный расчет
9. Коэффициент запаса выносливости – отношение допустимого числа циклов нагружения к фактически действующему числу циклов.

Напряжения в стыке выводятся в виде карты напряжений.

Сварка односторонним и двухсторонним швом

Исходные данные

Проектировочный расчет

1. Контур сварного шва (может быть прерывистый).
2. Действующие нагрузки:
 - 2.1. касательные силы;
 - 2.2. нормальные силы.
3. Постоянные параметры (ГОСТ):
 - 3.1. Коэффициент запаса текучести деталей крепления, [МПа]
 - 3.2. Предел текучести материала деталей сопряжения, [МПа].
 - 3.3. Количество поверхностей среза / трения.
4. Постоянные параметры (СНиП):
 - 4.1. Расчетное сопротивление срезу по металлу шва, [МПа]
 - 4.2. Расчетное сопротивление срезу по металлу границы сплавления, [МПа]

- 4.3. Коэффициент глубины проплавления шва
- 4.4. Коэффициент глубины проплавления границы сплавления
- 4.5. Коэффициент условий работы шва f
- 4.6. Коэффициент условий работы шва z
- 4.7. Коэффициент условий работы конструкции.

Проверочный расчет

1-3 см. проектировочный расчет

4. **Дополнительные параметры:**
 - 4.1. Катет сварного шва, [мм];
 - 4.2. Эффективный коэффициент концентрации напряжений.

Результаты расчета

Проектировочный расчет

1. Площадь шва в опасном сечении, [кв. мм].
2. X координата центра масс шва, [мм].
3. Y координата центра масс шва, [мм].
4. Момент инерции шва относительно центральных осей:
 - 4.1. Относительно горизонтальной оси, [мм⁴].
 - 4.2. Относительно вертикальной оси, [мм⁴].
5. Угол наклона главных центральных осей, [град].
6. Максимальное касательное напряжение, [МПа] – напряжение, действующее в наиболее нагруженной точке сварного шва.
7. Катет сварного шва, [мм] – геометрическая характеристика поперечного сечения шва, очертания которого напоминают равнобедренный прямоугольный треугольник. Величина катета позволяет определить соответствующий диаметр электрода.

Проверочный расчет

1-7 см. проектировочный расчет

8. Коэффициент запаса прочности по пределу текучести (ГОСТ) – отношение предела текучести материала сварного шва к фактически действующему эквивалентному напряжению в наиболее нагруженной точке.
9. Коэффициент запаса по расчетному сопротивлению (СНиП) – отношение расчетного сопротивления сварного шва к фактически действующему эквивалентному напряжению в наиболее нагруженной точке.
10. Коэффициент запаса выносливости (ГОСТ) – отношение допустимого числа циклов нагружения к фактически действующему числу циклов.

Напряжения в сварном шве выводятся в виде карты напряжений.

Точечная сварка

Исходные данные

Проектировочный расчет

1. Геометрический контур стыка.
2. Действующие нагрузки:
 - 2.1. касательные силы.
3. Постоянные параметры:
 - 3.1. Предел текучести материала деталей сопряжения, [МПа].

Проверочный расчет

1-3 см. проектировочный расчет

4. **Дополнительные параметры:**
 - 4.1. Диаметр точки, [мм].
 - 4.2. Эффективный коэффициент концентрации напряжений.

Результаты расчета

Проектировочный расчет

1. X координата центра масс точек, [мм].
2. Y координата центра масс точек, [мм].
3. Момент инерции точек относительно центральных осей:
 - 3.1. Относительно горизонтальной оси, [мм⁴].
 - 3.2. Относительно вертикальной оси, [мм⁴].
4. Диаметр точки, [мм].

Проверочный расчет

1-4 см. проектировочный расчет

3. Коэффициент запаса выносливости – отношение допустимого числа циклов нагружения к фактически действующему числу циклов.
4. Коэффициент запаса прочности по пределу текучести – отношение предела текучести материала сварного шва к фактически действующему эквивалентному напряжению в наиболее нагруженной точке.

Напряжения в каждой сварной точке выводятся в виде карты напряжений.

Соединения деталей вращения. Методы и критерии расчёта.

Методы расчёта соединений этого вида широко описаны в литературе, например [2], и в данном руководстве описываются вкратце.

Для соединений с натягом используется решение задачи Ламе.

Для остальных соединений используется равенство внешней нагрузки и внутренних силовых факторов.

Критерий для расчета соединений деталей вращения зависит от типа соединения и может быть одним из:

- коэффициент запаса по нераскрытию стыка или коэффициент запаса по сдвигу
- коэффициент запаса по статической и усталостной прочности элементов соединения

Стандарты шлицевых соединений

ГОСТ 1139-80 Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые прямобочные. Размеры и допуски.

ГОСТ 6033-80 Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые эвольвентные с углом профиля 30 град. Размеры, допуски и измеряемые величины.

Треугольные шлицевые соединения не стандартизованы. Размеры шлицевых соединений с треугольным профилем зубьев устанавливаются отраслевыми нормативно-техническими документами.

Стандарты шпоночных соединений

ГОСТ 23360-78 Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шпоночные с призматическими шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки.

ГОСТ 24071-97 (ИСО 3912-77) Основные нормы взаимозаменяемости. Сегментные шпонки и шпоночные пазы.

ГОСТ 24068-80 Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шпоночные с клиновыми шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки.

ГОСТ 24069-97 (ИСО 3117-77) Основные нормы взаимозаменяемости. Тангенциальные шпонки и шпоночные пазы.

Соединения цилиндрических деталей с натягом

Исходные данные	Результаты расчета
<ol style="list-style-type: none"> 1. Геометрия <ol style="list-style-type: none"> 1.1. Диаметр вала, [мм]. 1.2. Диаметр отверстия, [мм]. 1.3. Диаметр втулки, [мм]. 1.4. Длина соединения, [мм]. 2. Нагрузка <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Момент вращения, [Н*м]. 2.2. Опрокидывающий момент, [Н*м]. 2.3. Осевая сила, [Н]. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Минимальный требуемый натяг из условия не раскрытия/сдвига стыка. 2. Максимально допустимый натяг из условия контактной прочности деталей соединения. 3. Таблица посадок выбранных из базы данных. Для каждой посадки считается: <ol style="list-style-type: none"> 3.1. Максимальный / минимальный натяг, [мкм]

<p>2.4. Радиальная сила, [Н].</p> <p>3. Коэффициент трения вал-втулка</p> <p>4. Материалы</p> <p>4.1. Вала (выбор из базы данных).</p> <p>4.2. Втулки (выбор из базы данных).</p> <p>5. Шероховатость (Ra)</p> <p>5.1. Вала, [мкм].</p> <p>5.2. Втулки, [мкм].</p> <p>6. Система посадки (система вала, система отверстия, все возможные)</p>	<p>3.2. Минимальная / минимальная сила запрессовки, [Н].</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------

Соединения конических деталей с натягом

Исходные данные	Результаты расчета
<p>1. Геометрия</p> <p>1.1. Диаметр вала, [мм].</p> <p>1.2. Угол конуса, [град].</p> <p>1.3. Диаметр втулки, [мм].</p> <p>1.4. Длина соединения, [мм].</p> <p>2. Нагрузка</p> <p>2.1. Момент вращения, [Н*м].</p> <p>2.2. Опрокидывающий момент, [Н*м].</p> <p>2.3. Радиальная сила, [Н].</p> <p>3. Коэффициент трения вал-втулка</p> <p>4. Материалы</p> <p>4.1. Вала (выбор из базы данных).</p> <p>4.2. Втулки (выбор из базы данных).</p> <p>5. Шероховатость (Ra)</p> <p>5.1. Вала, [мкм].</p> <p>5.2. Втулки, [мкм].</p>	<p>1. Коэффициент запаса по текучести</p> <p>1.1. Вала</p> <p>1.2. Втулки</p> <p>2. Необходимое усилие, [кН].</p> <p>3. Максимальное усилие, [кН].</p> <p>4. Диаметральный натяг, [мм].</p> <p>5. Осевой натяг, [мм].</p>

Соединения коническими кольцами (на стадии разработки)

Шлицевые соединения

Исходные данные	Результаты расчета
<p>Основные данные</p> <p>1. Диаметр вала, [мм].</p> <p>2. Момент вращения, [Н*м].</p> <p>3. Термообработка</p> <p>3.1. Вала (не определена, улучшение, закалка, цементация, азотирование).</p> <p>3.2. Втулки (не определена, улучшение, закалка, цементация, азотирование).</p> <p>4. Тип нагрузки (постоянная, пульсационная, знакопеременная).</p> <p>5. Тип конструкции (неподвижная, подвижная)</p> <p>6. Тип шлица (прямобоочный, эвольвентный, треугольный)</p> <p>Дополнительные параметры</p> <p>1. Допускаемое напряжение смятия, [МПа]</p>	<p>1. Длина соединения.</p> <p>2. Подтип шлица.</p> <p>3. Внутренний диаметр шлица, [мм].</p> <p>4. Число зубьев.</p> <p>5. Внешний диаметр шлица, [мм].</p> <p>6. Ширина шлица, [мм].</p> <p>7. Диаметр центрирования, [мм].</p> <p>8. Минимальная ширина опорной поверхности, [мм].</p> <p>9. Фаска, [мм].</p> <p>10. Радиус скругления, [мм].</p>

Штифтовые соединения

Исходные данные	Результаты расчета
<p>Основные данные</p> <ol style="list-style-type: none"> Диаметр вала, [мм]. Момент вращения, [Н*м]. Осевая сила, [Н]. Угол установки, [град]. Число штифтов. Материалы <ol style="list-style-type: none"> Вала (выбор из базы данных). Штифта (выбор из базы данных). Втулки (выбор из базы данных). Тип нагрузки (постоянная, пульсационная, знакопеременная). <p>Дополнительные параметры</p> <ol style="list-style-type: none"> Допускаемое напряжение среза, [МПа] 	<ol style="list-style-type: none"> Диаметр штифта, [мм]. Допускаемое напряжение среза, [МПа]. Напряжение среза, [МПа].

Клеммовые соединения

Исходные данные	Результаты расчета
<ol style="list-style-type: none"> Геометрия <ol style="list-style-type: none"> Диаметр вала, [мм]. Число винтов. Длина контакта, [мм]. Нагрузка <ol style="list-style-type: none"> Момент вращения, [Н*м]. Осевая сила, [Н]. Коэффициент трения, [-]. Материал винта (выбор из базы данных). 	<ol style="list-style-type: none"> Диаметр винта, [мм]. Допускаемые напряжения, [МПа]. Действующие напряжения, [МПа]. Сила затяжки, [Н]

Профильные соединения

Исходные данные	Результаты расчета
<p>Основные данные</p> <ol style="list-style-type: none"> Диаметр вала, [мм]. Момент вращения, [Н*м]. Число лысок Ширина лыски, [мм]. Материалы <ol style="list-style-type: none"> Вала (выбор из базы данных). Втулки (выбор из базы данных). Тип нагрузки (постоянная, пульсационная, знакопеременная). <p>Дополнительные параметры</p> <ol style="list-style-type: none"> Допускаемое напряжение смятия, [МПа] 	<ol style="list-style-type: none"> Требуемая длина соединения, [мм]. Допускаемое напряжение смятия, [МПа]. Действующее напряжение смятия, [МПа].

Шпоночные соединения

Исходные данные и результаты расчета приведены для каждого вида шпоночного соединения в виде таблицы.

Таблица 1.2 – Исходные данные и результаты расчета шпоночных соединения

Шпоночные соединения				
				
Призматической	Сегментной	Клиновой	Тангенциальной	Цилиндрической

Исходные данные			
Основные данные			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Диаметр вала, [мм]. 2. Передаваемый момент, [Н*м]. 3. Тип нагрузки (постоянная, пульсационная, знакопеременная). 4. Материал вала (выбор из базы данных). 5. Материал шпонки (выбор из базы данных). 6. Материал втулки (выбор из базы данных). 			
7. Тип конструкции (подвижная, неподвижная).	7. Коэффициент трения.		7. Диаметр винта, [мм]. 8. Число шпонок.
	–	8. Ширина шпонки, [мм].	
Дополнительные параметры			
1. Допускаемое напряжение смятия, [МПа]			
2. Допускаемое напряжение среза, [МПа].	–	2. Допускаемое напряжение среза, [МПа].	
Результаты расчета			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Ширина шпонки, [мм]. 2. Высота шпонки, [мм]. 3. Глубина паза на валу, [мм]. 4. Глубина паза во втулке, [мм]. 5. Длина шпонки, [мм]. 6. Допускаемое напряжение смятия, [МПа]. 7. Напряжение смятия, [МПа]. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Длина шпонки, [мм]. 2. Допускаемое напряжение смятия, [МПа]. 3. Напряжение смятия, [МПа]. 4. Допускаемое напряжение среза, [МПа]. 5. Напряжение среза, [МПа]. 	
–	<ol style="list-style-type: none"> 8. Допускаемое напряжение среза, [МПа]. 9. Напряжение среза, [МПа]. 		–

Параметры шпоночного соединения выбираются из соответствующей базы данных в зависимости от текущего стандарта.

Глава 2. Редактор соединений

В качестве редактора соединений используется чертежно-графический редактор *APM Graph*. В этой главе приводится описание особенностей *APM Graph* как редактора соединений. Подробное описание работы с *APM Graph* приводится в соответствующей документации. Специализированный графический редактор дает в распоряжение пользователя гибкие и удобные средства для задания геометрии соединения и ввода нагрузок.

Компоненты редактора соединений

Внешний вид редактора соединений *APM Joint* показан на рисунке 2.1. Его основными элементами являются панели инструментов, линейки, рабочее поле (окно редактирования), строка состояния.

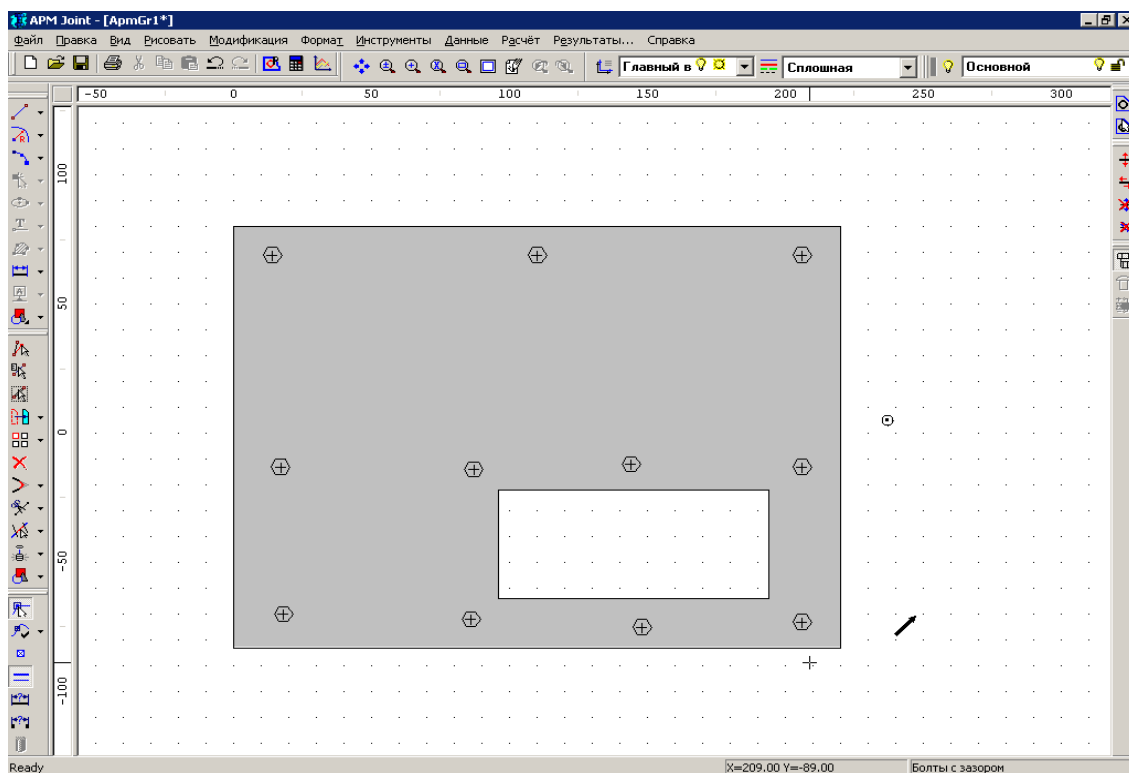


Рис. 2.1 Внешний вид редактора соединений.

Рабочее поле

Рабочее поле является главным компонентом редактора соединений. В нем отображается геометрический контур соединения, и выполняются операции по его формированию и изменению. В нем также показываются действующие на соединение нагрузки.

Линейки

Редактор включает в себя две линейки – вертикальную и горизонтальную. На линейках показаны шкалы, которые зависят от текущего масштаба изображения и текущих единиц измерения. Линейки одновременно являются полосами прокрутки – нажимая кнопки на линейках можно просматривать разные участки рабочей плоскости.

Панорамирование / Масштабирование вида

Для панорамирования (перемещения) вида нажмите правую кнопку мыши и перемещайте мышь с зажатой правой кнопкой. Для прекращения перемещения отпустите правую кнопку.

Для перехода в режим динамического масштабирования вида, во время режима панорамирования нажмите левую кнопку мыши и, не отпуская ее (правая кнопка при этом остается зажатой), тяните мышь вверх или вниз. При перемещении мыши вверх изображение будет увеличиваться, при перемещении вниз – уменьшаться. При этом центром масштабирования будет являться точка, находящаяся посередине экрана. Отпустив левую кнопку мыши, Вы зафиксируете текущее изменение масштаба и вернетесь в режим

панорамирования. Отпустив правую кнопку мыши, Вы прекращаете режим панорамирования / масштабирования. Режим панорамирования / масштабирования работает как сам по себе, так и во время действия какого-либо режима программы (рисование, модификация и др.).

Если на мыши есть колесико для прокрутки, его можно использовать для изменения масштаба вида. При прокрутке вверх изображение будет увеличиваться, вниз – уменьшаться.

Панели инструментов

Панели инструментов содержат кнопки для вызова основных команд редактора. Для вызова нужной команды щелкните левой кнопкой мыши на соответствующей кнопке. Полное описание команд панелей инструментов приведено в разделе *Справочник команд*.

Команда **Вид | Панель инструментов** позволяет скрыть с экрана или отобразить на нём панель инструментов. Если пункт меню отмечен, то панель отображается, если нет, то меню скрыто. Дополнительные панели *APM Joint* (кроме панелей *APM Graph*) (рис. 2.2): главная (кнопки дополнительные параметры, расчет и результаты), Контур, Силы, Соединения.

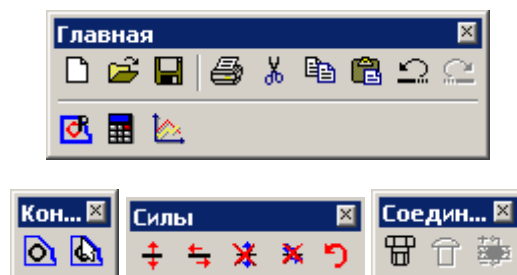


Рис. 2.2 Панели инструментов.

Строка состояния

Строка состояния используется для вывода подсказок к активной команде, отображения текущих координат курсора. Кроме того, в строке состояния отображается название рассчитываемого типа соединения.

Общие принципы задания геометрии соединения

Для расчёта резьбовых, заклёпочных, а также стыковых сварных соединений необходимо задать поверхность стыка. В *APM Joint* **поверхность стыка** определяется набором контуров. **Контуром** является замкнутая кривая.

Способы задания геометрии соединения

Геометрия соединения может быть задана четырьмя способами:



1. Импортирована в редактор соединений через файл формата *.dxf.
2. Создана непосредственно в редакторе соединений *APM Graph*.
3. Вставлена из базы данных в виде параметрической модели.

Рассмотрим каждый из способов подробнее.

1. Импорт геометрии соединения из файла формата *.dxf осуществляется с помощью команды **Файл | Импорт...** В появившемся диалоговом окне укажите необходимый файл формата *.dxf.

2. Порядок создания геометрии соединения в редакторе *APM Graph* подробно рассмотрен в документации к чертежно-графическому редактору.

3. Редактор соединений *APM Graph* позволяет выбрать контур соединения, представленного в виде графического объекта, из базы данных. Графические объекты, которые могут быть взяты из базы данных, как правило, представляют собой параметрическую модель, которая переносится в поле редактора как параметрический блок. Такой блок перед расчетом должен быть обязательно расчленен. Рассмотрим кратко порядок вставки объекта из базы данных.

1) Переходим в режим вставки объекта из базы данных нажатием одноименной кнопки  панели инструментов «Рисование» (команда **Рисовать | Блок | Вставить объект из базы данных**). После этого откроются те базы данных, которые были выбраны более ранним к ним обращением. Если таковых не окажется, то следует на панели инструментов «Инструменты» нажать кнопку «Менеджер баз данных»  (команда **Инструменты | Менеджер баз данных...**) и в открывшемся диалоговом окне (рис. 2.3) отметить флажком одну или несколько баз данных – те, в которых находятся необходимые для встраивания объекты.

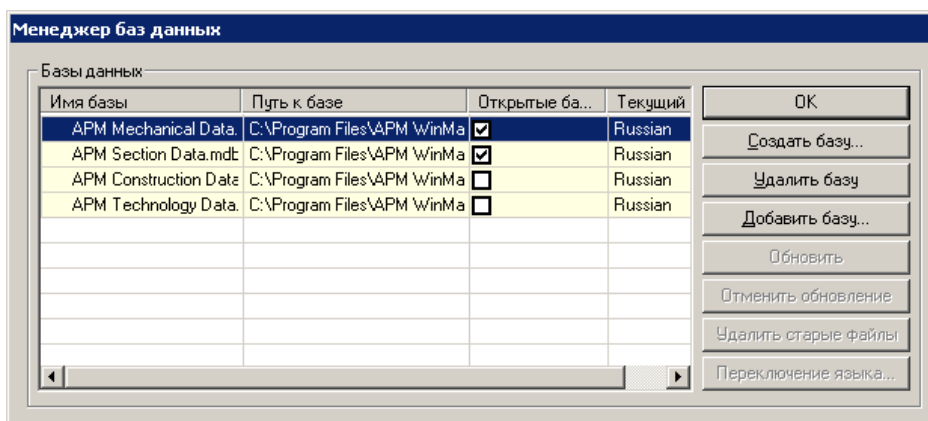


Рис. 2.3 Диалоговое окно «Менеджер баз данных».

2) Выбираем объект (параметрическую модель) из диалогового окна «База данных», выделив его на «дереве» отмеченной базы. Информация о данных выбранного объекта будет показана в окне «Данные» (рис. 2.4). После выбора необходимого типоразмера контур отрисовывается в нижней части окна «Данные». Любой из параметров модели контура можно изменить. Для этого нужно нажать кнопку «ОК» и в полях ввода открывшегося диалогового окна «Переменные» записать нужные числовые значения. Измененную таким образом модель нужно затем вставить в поле редактора *APM Graph* в соответствии с правилами вставки блоков.

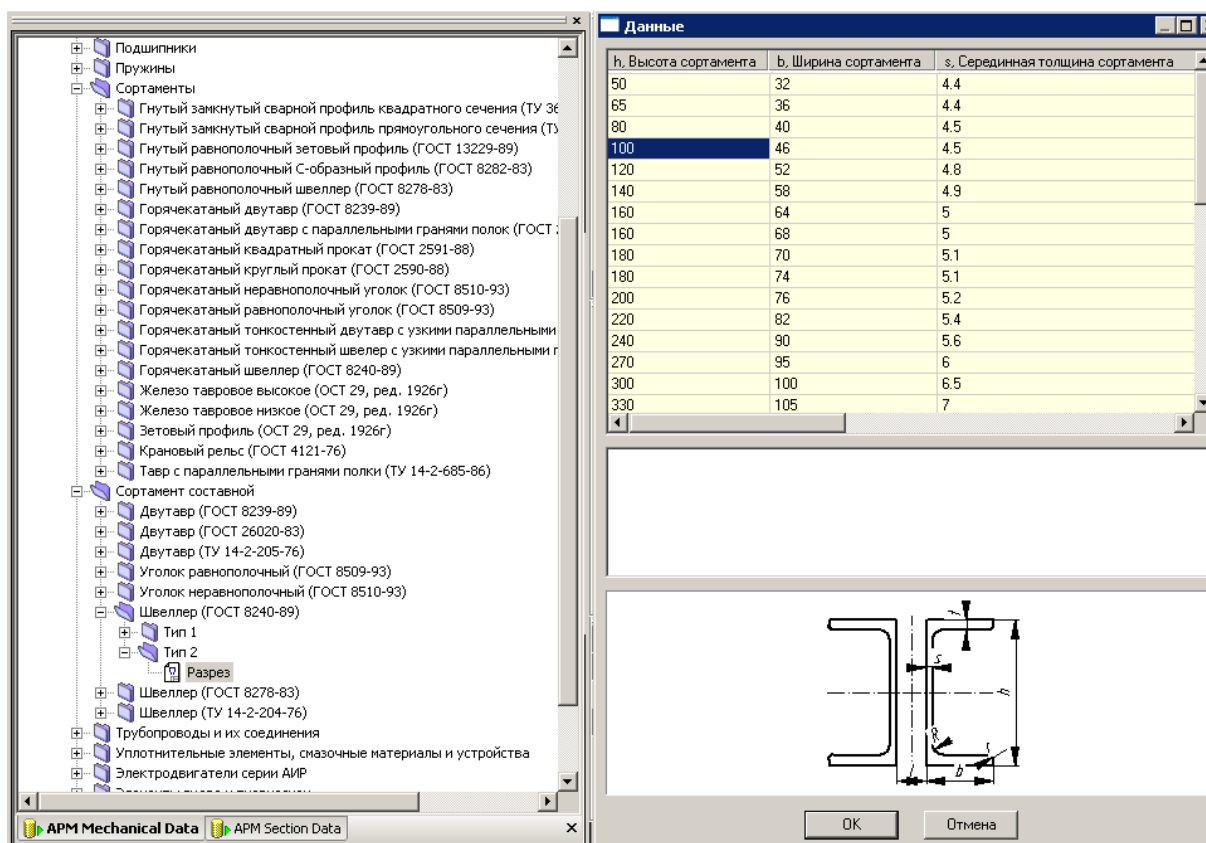




Рис. 2.4 Диалоговые окна «База данных» и «Данные».



Пользователь имеет возможность использовать в качестве поперечного сечения файл параметрической модели с расширением *.agr, но вставлять его в окно редактора сечений придется с помощью правил вставки в чертеж параметрических блоков (команда **Рисовать | Блок | Вставить блок**).

3) Завершаем создание контура соединения выделением параметрической модели и нажатием кнопки «Расчленить блок» панели инструментов «Модификация» (команда **Модификация | Расчленение блока**).

Сохранение файла расчета соединения может быть осуществлено на любом этапе. Для сохранения нажмите кнопку  «Сохранить» на панели инструментов «Файл» либо выберите команду **Файл | Сохранить**. Файл расчета соединения можно сохранить с расширением *.wjt (APM Joint).

Кнопка  «Открыть» панели инструментов «Файл» (команда **Файл | Открыть...**) позволяет открыть файл с расширением *.wjt сохраненного ранее расчета соединения.

Особенности задания контуров соединения

Использование модуля *APM Graph* в качестве редактора соединений имеет некоторые особенности по сравнению с его функционированием как самостоятельного чертежно-графического редактора. Для этого в подготовленном чертеже необходимо выделить контуры. Для этого на панели «Контур» есть специальные кнопки –  «Простой контур» (команда **Данные | Простой контур**) и  «Набираемый контур» (команда **Данные | Набираемый контур**).

После нажатия кнопки «Простой контур» следует щелкнуть сначала на любом из элементов наружного контура, а затем на любом из элементов каждого из внутренних контуров (если они есть). Замкнутые контуры после щелчка должны окраситься в синий цвет. Соответствующие контуры могут быть выделены только в том случае, если они замкнуты. Одновременно с нажатием одной из этих кнопок открывается диалоговое окно «Выбор контура», в котором после выделения всех контуров нужно нажать или кнопку «ОК», или правую кнопку мыши, или пробел. Область между выделенными контурами, окрасится в серый цвет. Это означает, что программа адекватно поняла, какая область будет являться контуром (рис. 2.6).


Замечание. Контур не определяется, если создан из отрезков, соединенных не посредством контрольных точек, а, например, привязкой «Нормаль» (рис. 2.5). Для определения такого контура необходимо дополнительно разорвать линию (команда **Модификация |  Разрыв объекта в точке**), на которую был опущен перпендикуляр.



Рис. 2.5 Контур не определен.

Режим «Набираемый контур» используется тогда, когда имеет место неоднозначность определения контура. В этом случае пользователю нужно, войдя в режим, поочередно щелкать левой кнопкой мыши на элементах контура, добиваясь их выделения; если же предыдущий элемент выделился, а последующий – нет, то между этими элементами нет связи, т. е. в этом месте контур незамкнут. На рисунке 2.7 приведен пример определения контура с помощью команды **Набираемый контур**. Предварительно был сделан разрыв линий в местах пересечения.

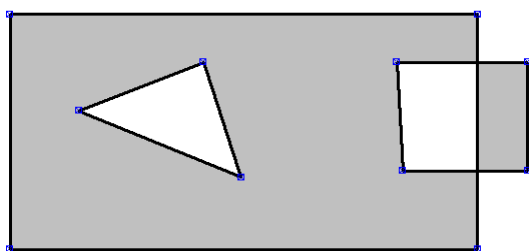


Рис. 2.6 Пример определения контура командой **Простой контур**.

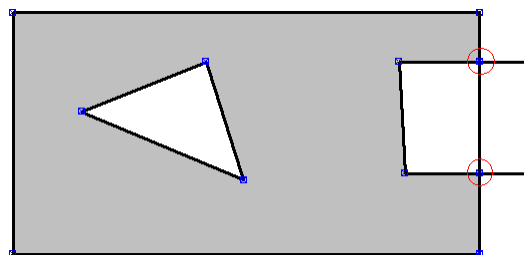








Рис. 2.7 Пример определения контура командой **Набираемый контур**.

Размещение болтов / заклепок / точек сварки

Для расчета болтовых, заклепочных соединений и точечной сварки необходимо указать положение болтов, заклепок или точек сварки соответственно. Сделать это можно с помощью команд меню **Данные**:  **Разместить болты** (Ctrl + W),  **Разместить заклепки** (Ctrl + W),  **Разместить точки сварки** (Ctrl + W). Далее необходимо с помощью мыши указать точки размещения болтов / заклепок / точек сварки. При этом можно использовать объектные привязки.

Для перемещения объектов с помощью мыши (drag-&-drop) используется команда **Модификация |  Редактирование**.

Для точного задания (редактирования) координат болтов / заклепок / точек сварки служит команда **Модификация** |  **Модификация свойств**. Далее необходимо выбрать объект для модификации и в появившемся диалоговом окне (рис. 2.8) внести изменения.

Для удаления служит команда **Модификация** |  **Удалить**. Далее необходимо выбрать объект для удаления.

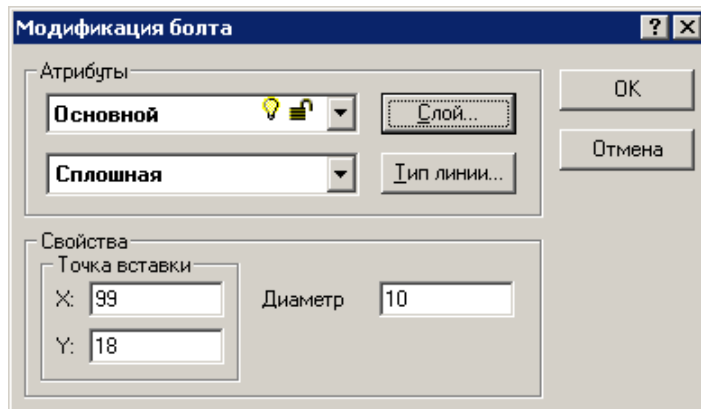







Рис. 2.8 Диалоговое окно модификации объекта болт / заклепка / точка сварки.

Задание нагрузки

Нагрузки делятся на нормальные к плоскости соединения и касательные к ней. Для каждого типа соединения допускаются нагрузки определённого типа: или касательные или как касательные, так и нормальные. Нагрузки вводятся с помощью команд меню Данные: .

Касательная сила (Ctrl + A),  **Нормальная сила** (Ctrl + O), **Момент** . Далее необходимо с помощью мыши указать точки приложения нагрузки. При этом можно использовать объектные привязки. Значения сил и точные значения координат точек приложения вводятся в диалоговом окне. Подробнее см. соответствующие команды в разделе *Справочник команд*.

Для перемещения объектов с помощью мыши (drag-&-drop) используется команда **Модификация** |  **Редактирование**.

Для точного задания (редактирования) координат точек приложения силы служит команда **Модификация** |  **Модификация свойств**. Далее необходимо выбрать объект для модификации и в появившемся диалоговом окне (рис. 2.9) нажать кнопку «Свойства».

Для удаления служит команда **Модификация** |  **Удалить**. Далее необходимо выбрать силу для удаления.

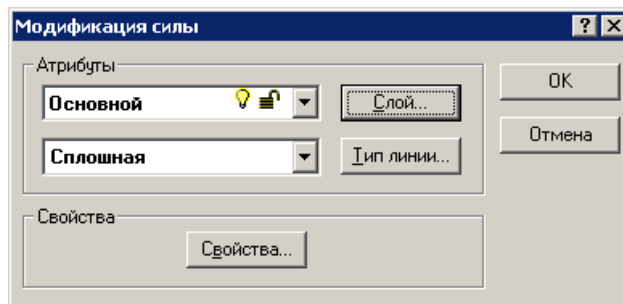


Рис. 2.8 Диалоговое окно модификации силы.

Глава 3. Справочник команд

Общие сведения

Все команды можно условно разделить на примитивы для задания геометрии соединения (команды *APM Graph*) и собственно команды для выполнения расчета соединений (команды *APM Joint*). Рассмотрим подробнее команды *APM Joint*. Подробное описание работы *APM Graph* приводится в соответствующей документации.

Далее приводится полное описание команд меню и опций окон диалога модуля *APM Joint* для группы нецилиндрических типов соединений. На рис. 3.1 показано основное меню *APM Joint* со всеми подменю, вызываемыми из основного.

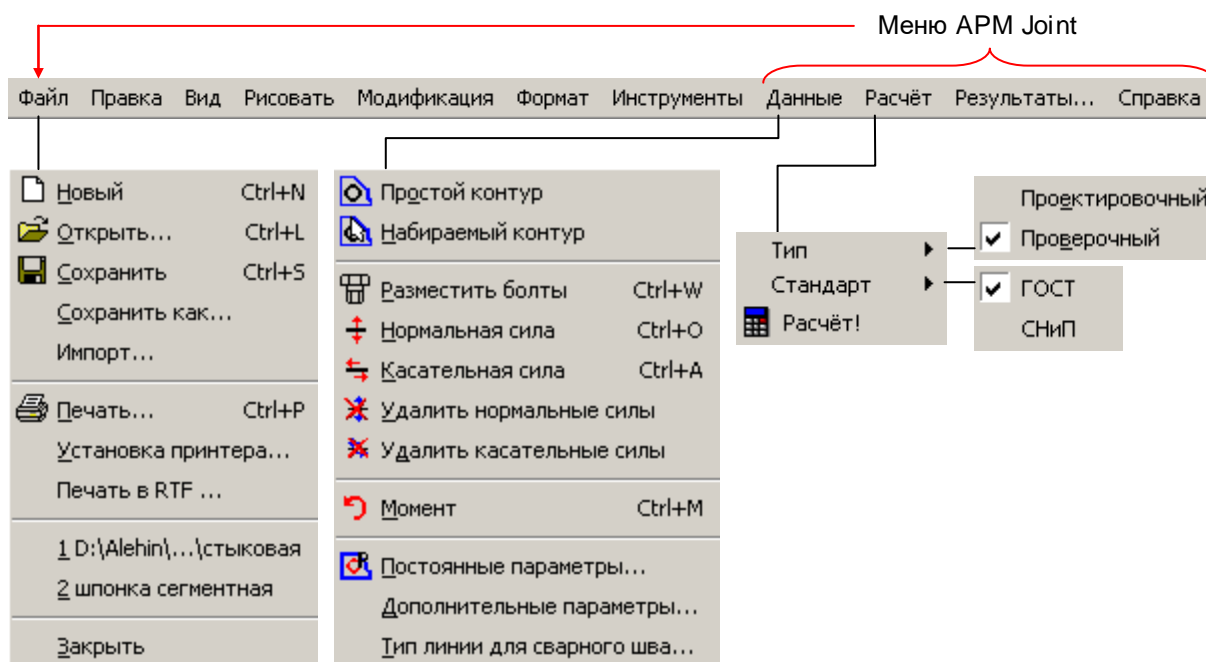


Рис. 3.1 Структура меню *APM Joint* для нецилиндрических типов соединений.

Меню Файл

Команды меню **Файл** предназначены для создания новых и открытие сохраненных файлов; сохранения, печати и импорта результатов; быстрого доступа к последним файлам и выхода из системы.

Команда Новый

Команда **Файл** | **Новый** (Ctrl + N) очищает рабочее поле окна и позволяет Вам выбрать тип нового соединения. При этом система предложит сохранить сделанные изменения в текущем файле расчета.

Команда Открыть...

Команда **Файл** | **Открыть...** (Ctrl + L) открывает диалоговое окно *Открыть* (рис. 3.2), показанное ниже. С помощью этого окна вы можете выбрать сохраненный ранее файл *APM Joint*, который Вы хотите открыть.

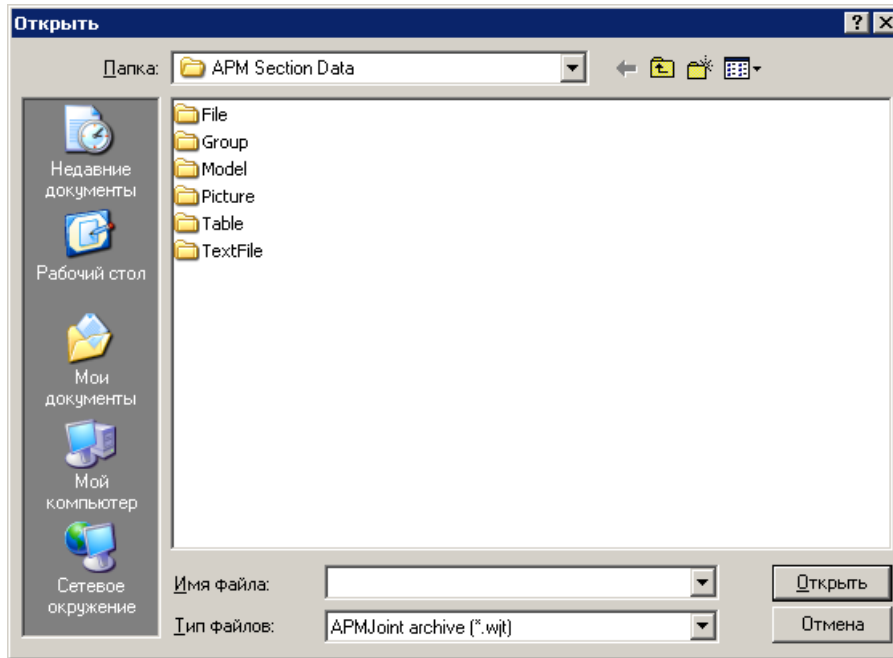



Рис. 3.2 Диалоговое окно Открыть файл.

Команда Сохранить

Команда **Файл** |  **Сохранить** (Ctrl + S) открывает диалоговое окно, аналогичное диалоговому окну «Открыть». Используя его, Вы должны указать имя файла *APM Joint (*.wjt)*, в котором будут сохранены исходные данные и результаты расчета.


Команда Сохранить как...

При проведении серии расчетов для сохранения файла под другим именем служит команда **Файл** | **Сохранить как...**

Команда Импорт...

Команда **Файл** | **Импорт...** открывает диалоговое окно импорта контура соединения из DXF файла (*.dxf). С помощью этого окна Вы можете выбрать DXF файл, который Вы хотите импортировать.

Команда Печать...

Команда **Файл** |  **Печать** (Ctrl + P) позволяет Вам распечатать исходную геометрию соединения и результаты расчетов. После выбора этой команды, на экране появится диалоговое окно, с помощью которого Вы можете указать некоторые режимы печати: текущий тип принтера, настройки принтера, число копий. Если Вы пометите переключатель *Печать в файл*, печать будет направлена в файл, а не на принтер. Вы можете распечатать этот файл позднее.

Команда Установка принтера...

Команда **Файл | Установка принтера** вызывает на экран диалоговое окно (рис. 3.3) для настройки печати.

Используя это диалоговое окно Вы можете изменять установки принтера и печати: выбрать тип принтера (из числа тех, которые уже установлены в MS Windows на данном компьютере или в сети – кнопка «Сеть»); выбрать размер и тип подачи бумаги; выбрать ориентацию печати относительно листа бумаги книжную или альбомная. Клавиша «Свойства» вызывает диалоговое окно для детальной настройки принтера конкретного типа.

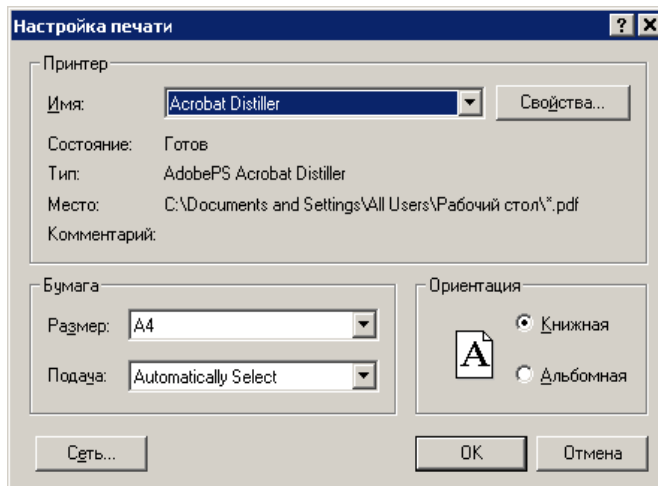


Рис. 3.3 Окно диалога «Настройка печати».

Команда Печать в RTF...

Команда **Файл | Печать в RTF...** позволяет сгенерировать и сохранить текстовый файл отчета в формате RTF. Для этого в появившемся диалоговом окне необходимо указать папку для сохранения, ввести имя файла и нажать кнопку «Сохранить».

Команда Последний файл

Здесь отображается список последних сохраненных файлов. Вы можете загрузить какой-либо ранее сохраненный файл. Название команды совпадает с именем файла.


Команда Закреть


Используйте команду **Файл | Закреть** для выхода из *APM Joint*. При этом система предложит сохранить сделанные изменения в текущем файле расчета.


Меню Данные


Команды этого меню предоставляют пользователю возможность задания поверхности стыка посредством простого или набираемого контура, ввода внешних нагрузок и постоянных параметров, необходимых для расчёта. Далее мы приводим описание команд данного меню.

Ниже приводятся четыре команды для работы с контурами, необходимые при задании поверхности стыка.

Команда Данные |  Простой контур предназначена для выделения всего замкнутого контура одним нажатием мыши. Для ввода контура переместите курсор к одному из объектов, входящему в контур, и нажмите левую кнопку мыши. По этому нажатию осуществляется поиск контура и, если он найден, то выделяется синим цветом.

Команда Данные |  Набираемый контур используется когда имеет место неоднозначность определения контура. В этом случае пользователю нужно, войдя в режим, поочередно щелкать левой кнопкой мыши на элементах контура, добиваясь их выделения; если же предыдущий элемент выделился, а последующий – нет, то между этими элементами нет связи, т. е. в этом месте контур незамкнут.

Команда Данные |  Разместить болты (Ctrl + W) переводит редактор в режим ввода болтов для болтовых соединений. Для размещения болта переместите курсор в требуемую точку поверхности стыка и нажмите левую кнопку мыши. При этом можно использовать объектные привязки. Для точного задания координат болта после активации команды **Данные | Разместить болты** нажмите клавишу пробел. В появившемся диалоговом окне вы можете ввести координаты болтов с клавиатуры.

Для редактирования болтов воспользуйтесь командой **Модификация |  Модификация свойств**. Затем щелкните по болту. В появившемся диалоговом окне (рис. 3. 4) вы можете изменить координаты болта или задать его диаметр для проверочного расчета. Для удаления

служит команда **Модификация** |  **Удалить**. Далее необходимо выбрать объект для удаления.

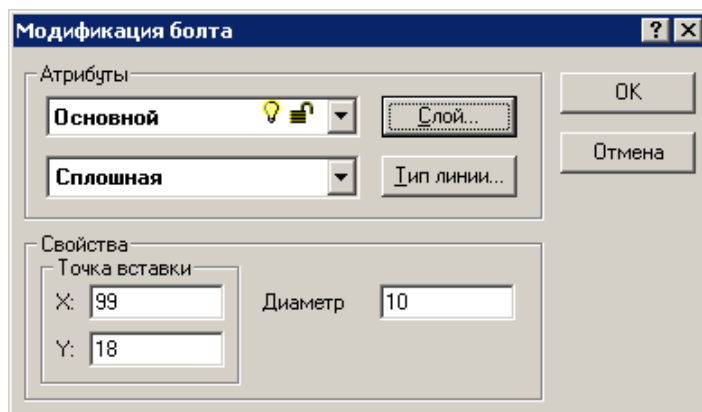





Рис. 3.4 Диалоговое окно редактирования болтов / заклепок / точек сварки.

Команда Данные |  **Разместить заклепки** (Ctrl + W) переводит редактор в режим ввода пользователем заклёпок для заклёпочных соединений. Действие этой команды полностью аналогично действию команды **Данные** | **Разместить болты**.

Команда Данные |  **Разместить точки сварки** переводит редактор в режим ввода пользователем точек для точечной сварки. Действие этой команды аналогично действию команды **Данные** | **Разместить болты**.

Ниже приводятся четыре команды для работы с внешними силами. Все они доступны из кнопочного меню **Сила**.

Команда Нормальная Сила

Команда **Данные** |  **Нормальная Сила** (Ctrl+O) переводит редактор в режим ввода пользователем внешних нормальных нагрузок. Для ввода силы переместите курсор в требуемую точку и нажмите левую кнопку мыши. В результате на экране появится окно диалога *Нормальная Сила* (рис. 3.5) для проектировочного расчёта.

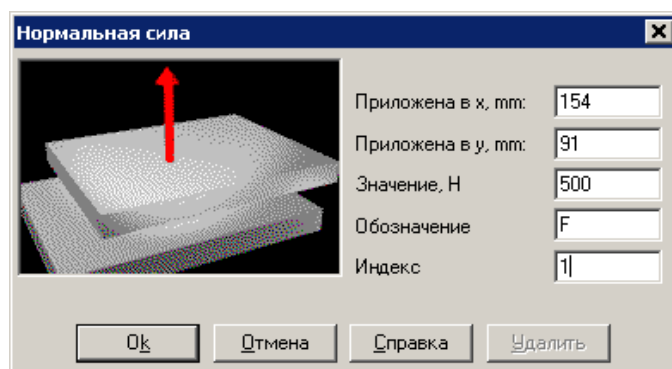



Рис. 3.5 Окно диалога для ввода нормальной к плоскости стыка силы.

Окно диалога *Нормальная Сила* для проектировочного расчёта содержит 5 полей для ввода чисел и текста для ввода координат точки приложения силы, значения силы, обозначения и индекса. Введите требуемые значения и нажмите кнопку **ОК**. В режиме проверочного расчета вместо этого диалогового окна появляется окно диалога, в котором вместо одного значения силы нужно вводить максимальное и минимальное значение.

Команда Касательная Сила

Команда **Данные** |  **Касательная Сила** (Ctrl+A) переводит редактор в режим ввода пользователем внешних касательных нагрузок. Для ввода силы переместите курсор в

требуемую точку и нажмите левую кнопку мыши. В результате для проектировочного расчёта на экране появится окно диалога *Касательная Сила*, показанное на рисунке 3.6.

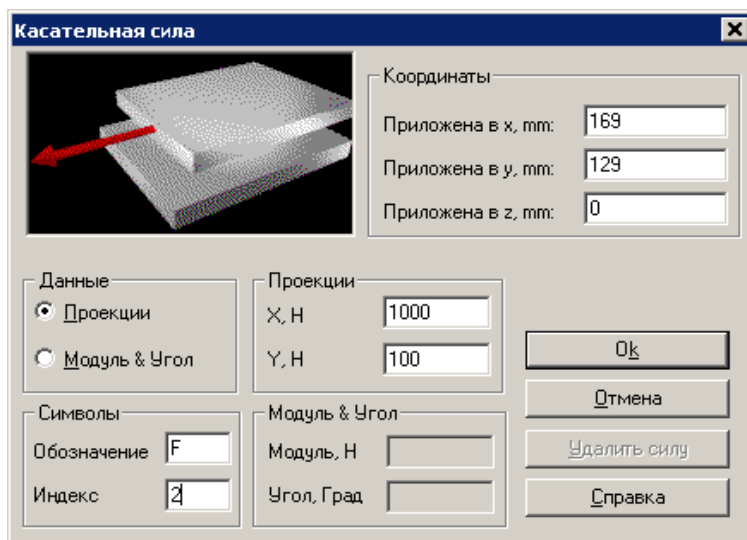


Рис. 3.6 Окно диалога для ввода касательной к плоскости стыка силы.

Окно диалога *Касательная Сила* для проектировочного расчёта содержит 3 поля ввода для ввода координат точки приложения силы, 2 поля ввода для значения проекций силы, 2 – для модуля и угла действия силы и 2 для обозначения и индекса. Имеются также два переключателя для ввода силы по проекциям или по модулю и углу. Проекция и модуль задаются в Ньютонах, угол в градусах. Введите требуемые значения и нажмите кнопку **ОК**.

В режиме проверочного расчета вместо этого окна диалога появляется окно диалога, показанное на рисунке 3.7. Диалог содержит 3 поля ввода для ввода координат точки приложения силы, 4 поля ввода для ввода минимальных и максимальных значений проекций силы, а также 2 для обозначения и индекса.

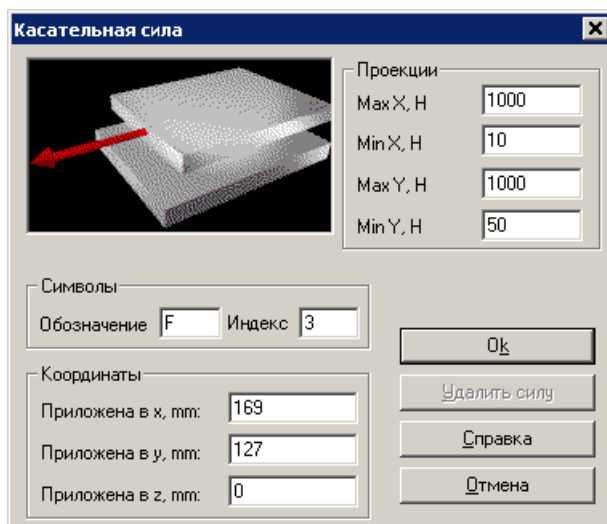



Рис. 3.7 Окно диалога для ввода касательной к плоскости стыка силы.

Команда Момент

Команда **Данные** |  **Момент** (Ctrl+M) переводит редактор в режим ввода пользователем внешних моментов. Для ввода момента переместите курсор в требуемую точку и нажмите левую кнопку мыши. В результате для проектировочного расчёта на экране появится окно диалога *Момент*, показанное на рисунке 3.8 а.

Окно диалога *Момент* для проектировочного расчёта содержит 3 поля ввода для ввода координат точки приложения силы, 3 поля ввода для значения проекций момента и 2 для обозначения и индекса. Проекция момента задаются в Н*м. Введите требуемые значения и нажмите кнопку **ОК**.

В режиме проверочного расчета вместо этого окна диалога появляется окно диалога, показанное на рисунке 3.8 б. В отличие от диалога проектировочного расчета для проверочного расчета задаются минимальные и максимальные значения проекций момента.

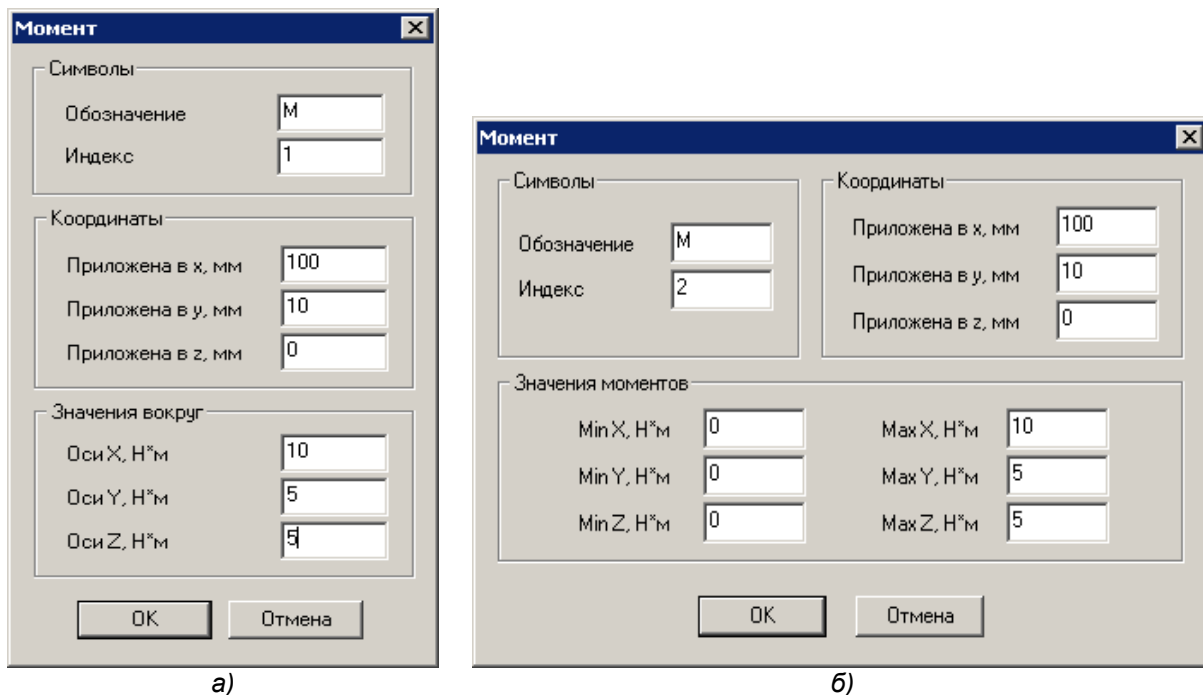



Рис. 3.8 Окна диалога для ввода момента.

Команда Постоянные параметры

Команда **Данные** |  **Постоянные параметры** вызывает на экран окно диалога. Общий вид диалога зависит от выбранного стандарта.

Постоянные параметры по ГОСТ показаны на рисунке 3.9. Диалог содержит текстовые окна для ввода значений параметров, необходимых для проведения расчёта, таких как коэффициент запаса по смятию, по сдвигу, текучести, коэффициент основной нагрузки, предел текучести, коэффициент трения, предел прочности, а также кнопку выбора физико-механических свойств материала из базы данных. Постоянные параметры по СНиП показаны на рисунке 3.10.

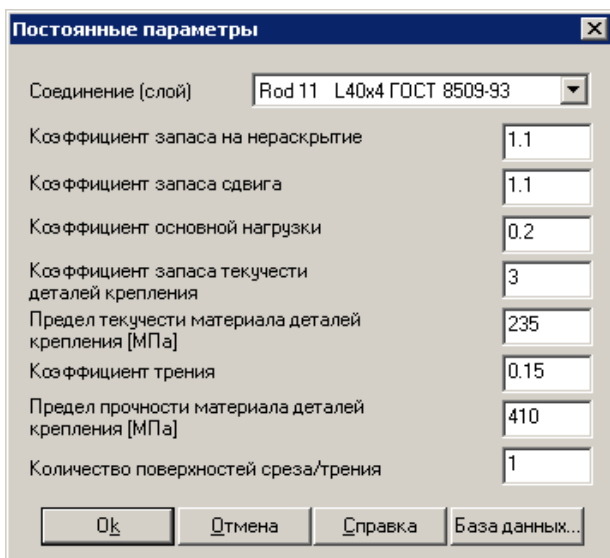


Рис. 3.9 Окно ввода постоянных параметров по ГОСТ.

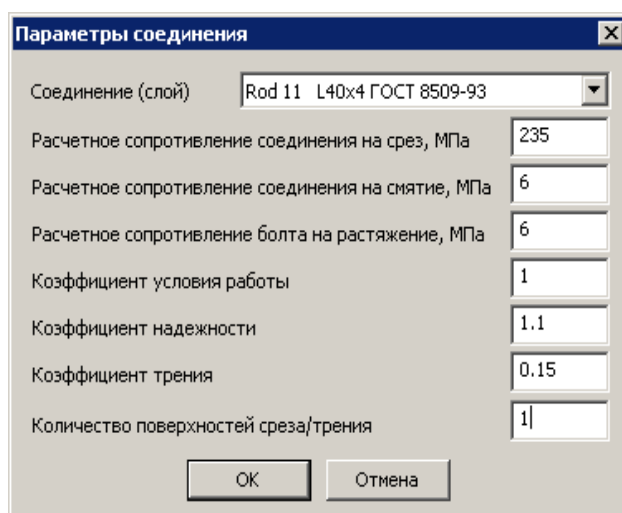


Рис. 3.10 Окно ввода постоянных параметров по СНиП.

Команда **Дополнительные параметры...**

Команда **Данные | Дополнительные параметры...** вызывает на экран окно диалога, показанное на рисунке 3.11. Диалог содержит поля ввода для ввода параметра, который можно изменять при проверочном расчёте. Для болтовых соединений таким параметром является диаметр болта, для заклёпочных – диаметр заклёпки, для односторонней и двухсторонней сварки – катет сварного шва, для точечной сварки – диаметр точки и в дополнении к этому для всех типов сварки – эффективный коэффициент концентрации напряжений.

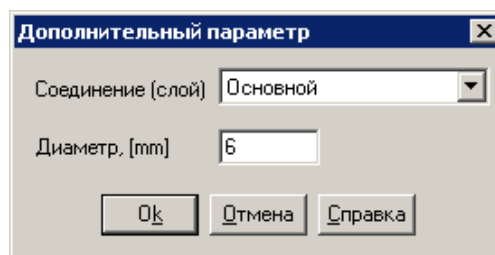


Рис. 3.11 Окно диалога **Дополнительный параметр**.

Тип линии для сварного шва...

Команда **Данные | Тип линии для сварного шва...** позволяет в диалоговом окне выбрать тип линии для сварного шва. Все объекты, отрисованные этим типом будут рассматриваться как сварной шов (для сварки одно- и двухсторонним швом).

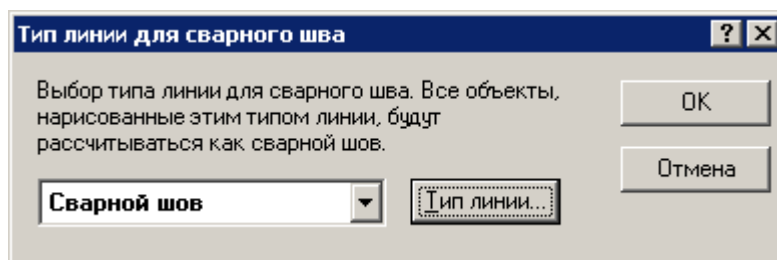


Рис. 3.12 Окно выбора типа линии для сварного шва.

Меню **Расчёт**

Команда **Тип**

Команда **Расчёт | Тип** вызывает на экран подменю для установки требуемого типа расчёта: проектировочного или проверочного. Для его установки выберите соответствующий пункт меню.


Команда **Стандарт**

Команда **Расчёт | Стандарт** вызывает на экран подменю для установки стандарта: ГОСТ или СНиП. Для его установки выберите соответствующий пункт меню.

Команда **Расчёт!**

Команда **Расчёт |  Расчёт!** выполняет расчёт соединения в зависимости от типа расчёта.

Меню **Результаты...**

Меню  **Результаты** вызывает на экран окна с результатами для текущего типа соединения и типа расчёта, пример которого показан на рис. 3.13. Вывод результатов осуществляется для выбранного слоя - соединения. Для просмотра карт напряжений для выбранного слоя - соединения нажмите кнопку «Карта результатов...».

Нажатие кнопки «Болты...» приводит к открытию диалогового окна «Результаты расчета болтов» в котором приводятся координаты болтов, их диаметры, силы, действующие на болты, а также коэффициенты запаса по текучести и долговременной усталостной прочности для каждого из болтов по результатам проверочного расчета (рис. 3. 14).

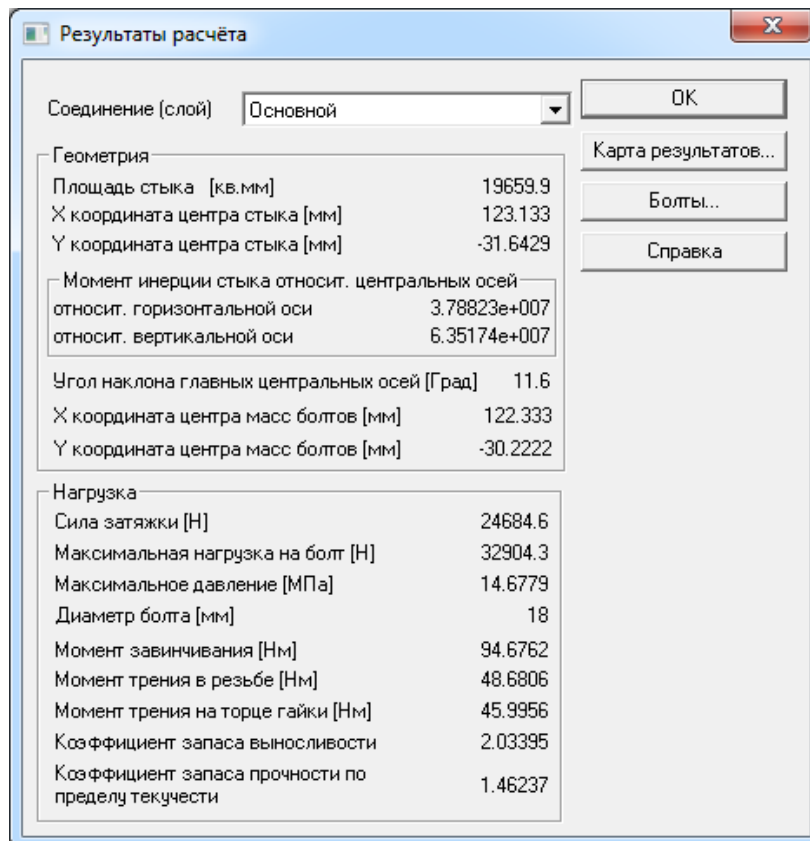


Рис. 3.13 Окно с результатами расчёта.

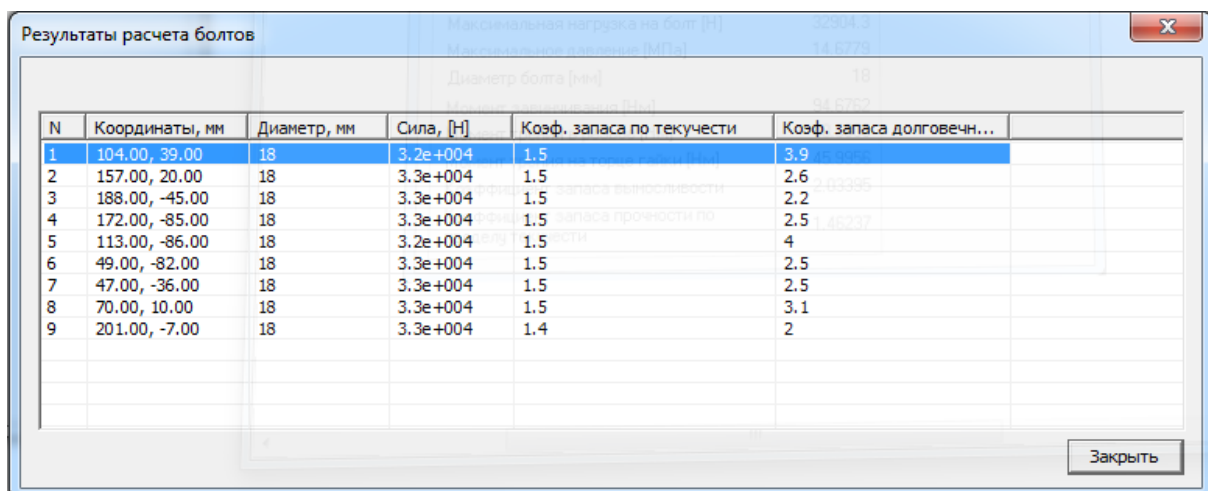


Рис. 3.14 Окно с результатами расчёта болтов.

Меню Справка

Команда Содержание

Команда | **Содержание** выводит на экран оглавление системы подсказки *APM Joint*.

Выберите раздел, который Вас интересует и щелкните на нем левой кнопкой мыши либо нажмите клавишу ENTER. В действительности, когда Вы вызываете подсказку в прикладной программе, работающей в среде MS Windows, запускается специальная программа, входящая в состав Windows (winhelp.exe). Она представляет мощную гипертекстовую программу, содержащую разнообразные средства для извлечения справочной информации.

Команда О модуле...

Команда **Помощь | О модуле...** вызывает на экран диалоговое окно *О APM Joint* (рис. 3.15). На нем показаны название и версия программы, а также лицензионная информация.

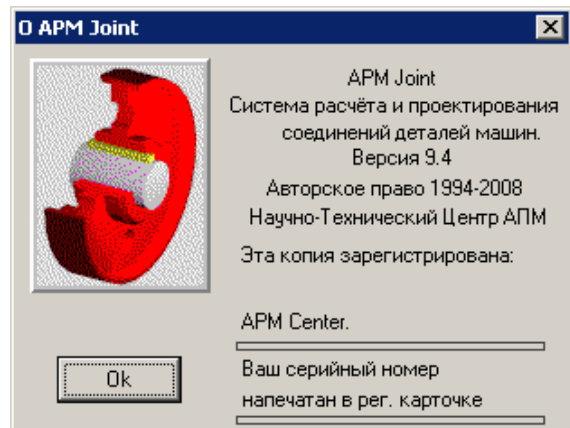


Рис. 3.15 Окно информации о системе.

ГЛАВА 4. Проектирование соединений в системе APM Joint шаг за шагом

Общий порядок выполнения расчета

Проектирование соединений, описываемых в этой главе, имеет много общего. После выбора типа соединения общая схема проектирования и расчета включает в себя:

- 1) Выбор типа расчета: проектировочный или проверочный;
- 2) Выбор методики расчета: ГОСТ или СНиП;
- 3) Задание геометрии соединения;
- 4) Размещение нагрузок, действующих на соединение;
- 5) Ввод исходных данных, необходимых для расчета;
- 6) Выполнение расчета
- 7) Просмотр результатов расчетов;

Рассмотрим каждый из этапов подробнее

1) Выбор типа расчета: проектировочный или проверочный (команда **Расчет | Тип**)

Проектировочный расчет соединений предназначен для определения их основных параметров по формулам, соответствующим главным критериям работоспособности (прочности, отсутствия сдвига, нераскрытие стыка и т.д.).

Проверочный расчет является уточняющим; его производят, когда форма и размеры соединения уже известны по результатам проектировочного расчета либо приняты исходя из конструктивных требований.


2) **Выбор методики расчета: ГОСТ или СНиП** (команда **Расчет | Стандарт**). Выбор методики расчета обусловлен областью применения соединения. Расчет соединений в машиностроении выполняется по ГОСТ, а расчет строительных соединений в соответствии со СНиП.

3) **Задание геометрии соединения**. Для того чтобы ввести геометрию соединения используется графический редактор *APM Graph*, входящий в состав *APM Joint*. Подробнее особенности работы с редактором описаны в главе 2. Он включает достаточно широкий набор графических примитивов, позволяющий задать соединения произвольной формы с произвольным размещением крепежных элементов. Редактор имеет простой и удобный интерфейс.

!!! Замечание. Одним соединением считается все, что расположено в одном слое. Поэтому геометрия соединения и приложенные к нему нагрузки должны располагаться в одном слое.

4) **Размещение нагрузок**. Ввод нагрузок осуществляется с помощью редактора, описанного выше. Пользователь может задать нормальные, касательные силы и моменты, при этом касательные силы и моменты могут быть приложены как в плоскости соединения, так и на удалении от нее. При выполнении проектировочного расчета задаются постоянные нагрузки, при проверочном расчете могут быть введены как постоянные, так и переменные нагрузки.

5) **Ввод исходных данных**. Для того чтобы выполнить расчет необходимо задать постоянные параметры: предел прочности, предел текучести, коэффициент трения, коэффициенты запаса (по ГОСТ) или значения расчетных сопротивлений и коэффициентов (по СНиП). Постоянные параметры задаются для каждого слоя-соединения отдельно.

6) **Выполнение расчета**. Для этого нужно выбрать команду **Расчет |  Расчет!** Если для какого-либо слоя-соединения не заданы геометрической контур, болты, заклепки или сварной шов, то система выдаст предупреждение. При этом расчет все же будет произведен для слоево-соединений, для которых заданы все необходимые исходные данные.

7) **Просмотр результатов**. Для того чтобы просмотреть результаты расчетов используйте команду **Результаты** главного меню. Результаты доступны для просмотра для каждого слоя-соединения отдельно.

Особенности моделей, переданных из APM Structure3D

Каждый стержень и приложенные к нему узловые нагрузки передаются в отдельный слой. Для удобства редактирования силы приложены не в узле, а немного смещены, что не влияет на

результаты расчета. Имя слоя включает номер стержня и название сечения, например, Rod 18 L40x4 ГОСТ 8509-93. При этом каждый слой представляет собой отдельное соединение.


Поэтому при редактировании геометрии необходимо сначала переключиться в слой соединения (сделать слой соединения активным), а уже потом задавать контур болтового (заклепочного) соединения или сварочный шов. Для удобства работы слои можно вкл./выкл.


Ниже будут описаны особенности характерные для каждого отдельного типа соединений.



Резьбовые соединения с зазором и без зазора

Задание геометрии. Для того чтобы определить геометрию резьбового соединения нужно задать форму опорной поверхности и разместить на ней болты.

Форма опорной поверхности задается совокупностью ее внешних и внутренних границ. Допустимы многосвязные поверхности, состоящие из нескольких отдельных фрагментов. Границы поверхности состоят из *контуров*. Контур представляет собой замкнутую линию и может быть *простым* или *составным*. Простой контур образован одним графическим примитивом, например, прямоугольником или окружностью. Составной контур состоит из последовательности примитивов (отрезков линий, дуг), а также фрагментов, отсекаемых от них другими примитивами.




После того как задана опорная поверхность, необходимо разместить на ней болты. Для этого служит команда **Данные** |  **Разместить болты**. Болты должны размещаться на опорной поверхности.

Ввод нагрузок. Нагрузки могут быть приложены в любой точке. Для болтов без зазора они могут быть только в плоскости стыка, с зазором, как в плоскости стыка, так и в перпендикулярной к ней. Нагрузки вводятся выбором пункта меню **Данные** |  **Нормальная**

Сила,  **Касательная сила** и  **Момент**. Подробнее см. раздел *Справочник по командам*. Силы можно вводить на любом этапе проектирование соединения.

Ввод исходных данных. Исходные данные, необходимые для расчёта резьбовых соединений описаны в Главе 1, а команда меню и окно диалога для ввода этих параметров в Главе 3 «*Справочник команд*».


Проектировочный расчёт. В процессе расчёта вычисляются геометрические параметры соединения и нагрузки, действующие на болты и на плоскость стыка.



Проверочный расчёт. Для проведения проверочного расчета необходимо задать переменные внешние нагрузки. Это делается с помощью тех же пунктов меню, что и при проектировочном расчёте **Данные** |  **Нормальная сила**,  **Касательная сила** и  **Момент**.

В данном типе расчёта можно изменять диаметр болтов, что будет влиять на значения коэффициентов запаса, с помощью команды меню **Данные** | **Дополнительный параметр**.

Заклёпочные соединения

Проектирование заклепок полностью аналогично проектированию болтов без зазора.

Задание геометрии. Геометрия заклепочных соединений задаётся точно также как и для резьбовых соединений. Единственное отличие состоит в том, что заклепки расставляются с помощью команды **Данные** |  **Разместить заклепки**. Заклепки должны размещаться на опорной поверхности.

Ввод нагрузок. Внешние нагрузки могут действовать только в плоскости стыка т.к. для заклепки рассчитывается только срез. Ввод нагрузок выполняется с помощью команды **Данные** |  **Касательная сила** и  **Момент**.

Ввод исходных данных. Исходные данные, необходимые для расчёта заклепочных соединений описаны в Главе 1, а команда меню и окно диалога для ввода этих параметров в Главе 3 «*Справочник команд*».

Проектировочный и проверочный расчёты для заклепочных соединений аналогичны расчётам для резьбовых соединений без зазора.

Стыковая сварка

Задание геометрии. Геометрия стыковых сварных соединений задаётся точно также как и для резьбовых.

Ввод нагрузок. Допускаются любые виды нагрузок. Они вводятся теми же командами что и для резьбовых соединений.

Проверочный расчёт. Для его проведения необходимо ввести переменные внешние нагрузки, а также эффективный коэффициент концентрации напряжений с помощью команды меню **Данные | Дополнительные параметры**.


Сварка односторонним и двухсторонним швом



Задание геометрии. Эти соединения состоят из сварных швов. Шов задаётся множеством отрезков, дуг и окружностей, которые строятся с помощью команд меню графического редактора *APM Graph*. Сварной шов отрисовывается специальным типом линий. По умолчанию этот тип линии называется «Сварной шов». Линии, выполненные другими типами линий, в расчетах не участвуют и могут быть использованы как вспомогательные.

Ввод нагрузок. Допускаются любые виды нагрузок. Они вводятся командами теми же командами что и для резьбовых соединений.

Проверочный расчёт. Для его проведения необходимо задать переменные внешние нагрузки. Вы можете также задавать катет сварного шва и эффективный коэффициент концентрации напряжений с помощью команды меню **Данные | Дополнительные параметры**.

Точечная сварка

Задание геометрии. Для задания геометрии необходимо расставить точки, используя команду **Данные |  Разместить точки сварки**.

Ввод нагрузок. В данном типе соединений допускаются только нагрузки, действующие в плоскости стыка (команды **Данные |  Касательная сила** и ** Момент**).

Проверочный расчёт. Для его проведения необходимо задать переменные внешние нагрузки. Вы можете также задавать диаметр точки и эффективный коэффициент концентрации напряжений с помощью команды меню **Данные | Дополнительные параметры**.

Глава 5. Подсистема расчёта соединений цилиндрических деталей

В этой главе мы даем полное описание команд меню и опций окон диалога в подсистеме расчёта соединений цилиндрических деталей среды **APM Joint**. На рисунке 5.1. показано основное меню для этой группы соединений **APM Joint**.

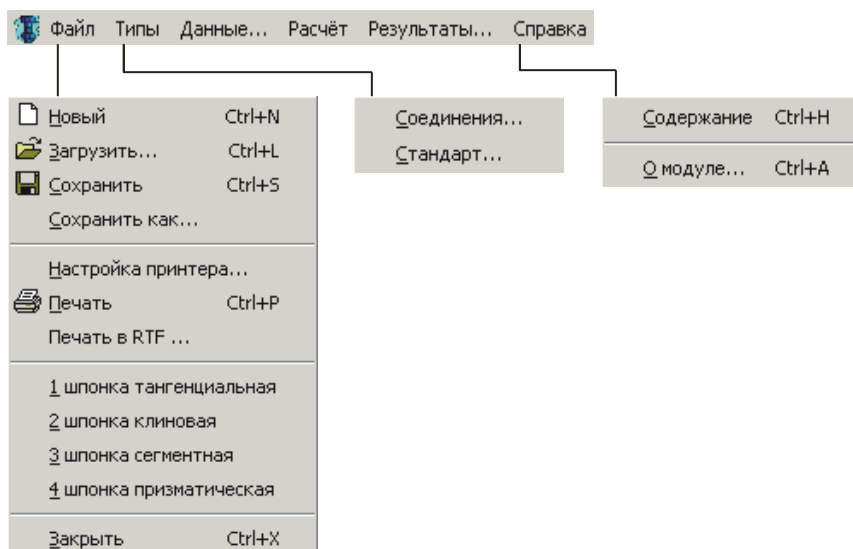


Рис. 5.1 Структура меню подсистемы расчета соединений цилиндрических деталей.

Справочник команд подсистемы расчета соединений цилиндрических деталей

Описание команд главного меню и соответствующих кнопок инструментальной панели сведены в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Справочник команд подсистемы расчета соединений цилиндрических деталей среды APM Joint

Главное меню	Команда	Описание команды
Файл	Новый	Создание нового соединения
	Загрузить...	Загрузка файла APM Joint (*.wjt)
	Сохранить	Сохранение исходных данных и результатов расчетов в файл APM Joint (*.wjt)
	Сохранить как...	Сохранение исходных данных и результатов в файл (*.wjt) под другим именем
	Настройка принтера...	Вызов диалогового окна настройки принтера
	Печать...	Вызов диалогового окна печати исходных данных и результатов расчета
	Печать в RTF файл...	Вызов диалогового окна печати в *.rtf - файл исходных данных и результатов расчета
	Последние файлы	Вызов последних сохраненных файлов (*.wjt)
	Выход	Выход из программы APM Joint
Типы	Соединения...	Вызов диалогового окна выбора типа соединения
	Стандарт...	Вызов диалогового окна выбора стандарта, который будет использоваться при выборе данных из базы данных (по умолчанию ГОСТ)
Данные...		Вызов диалогового окна ввода исходных данных

Расчет			Запуск программы на расчет
Результаты ...			Вызов диалогового окна выбора результатов расчета для просмотра
Справка		Содержание	Вызов содержания справки по APM Joint
		О модуле...	Вывод окна с информацией об установленной версии APM Joint, разработчике и обладателе лицензии на программу

Порядок выполнения расчета

Проектирование соединений цилиндрических деталей включает в себя следующие шаги:

- 1) Выбор типа соединения;
- 2) Ввод исходных данных, необходимых для расчета;
- 3) Выполнение расчета;
- 4) Просмотр результатов расчетов;
- 5) Сохранение и печать результатов расчетов.

Рассмотрим каждый из этапов выполнения расчета подробнее.

1) **Выбор типа соединения.** Для выбора типа соединения используется команда **Типы | Соединения...** В появившемся диалоговом окне (рис. 5.2) выберете тип соединения и нажмите кнопку **ОК**. После этого модуль приводится в состояние, пригодное для ввода данных, необходимых непосредственно выбранному типу.

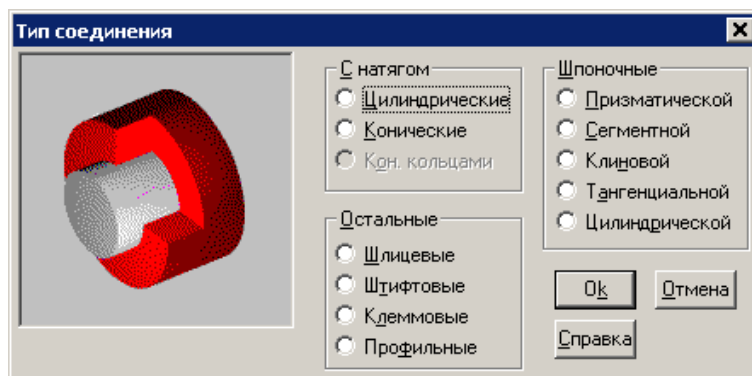


Рис. 5.2 Диалоговое окно выбора типа соединения.

2) **Ввод исходных данных, необходимых для расчета.** Для ввода данных необходимых для расчёта конкретного типа соединения служит команда **Данные**. По этой команде на экран выводится диалоговое окно **ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ** (рис. 5.3). Представленные на данном диалоговом окне исходные данные являются обязательными для ввода. Введение дополнительных параметров осуществляется после нажатия на кнопку **Еще...** в соответствующем диалоговом окне (рис. 5.4). При этом пользователю предоставляется дополнительно ввести допускаемые напряжения, если это необходимо. По умолчанию величина допускаемого напряжения смятия с учетом коэффициента запаса определяется пределом текучести и зависит от вида приложенной нагрузки и характеристик материалов контактирующих деталей [1].

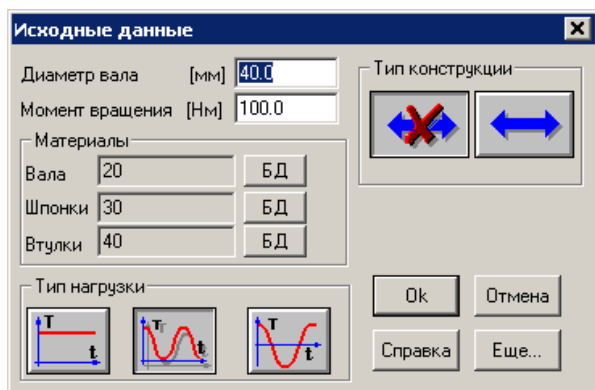


Рис. 5.3. Пример диалогового окна

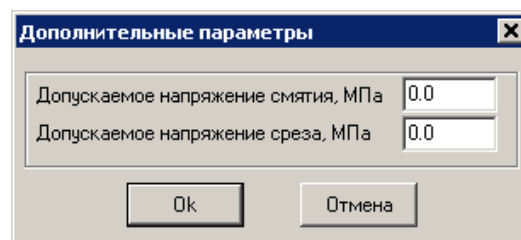


Рис. 5.4. Пример диалогового окна ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.

Кнопки **БД** окна ввода исходных данных служат для выбора данных из базы данных. Например, в данном окне эти кнопки служат для выбора материалов, соответствующих компонентов соединения. Выбор производится с помощью диалоговых окон, в которых данные представлены в виде списка. Пример такого окна для выбора материалов приведён на рис. 5.5.

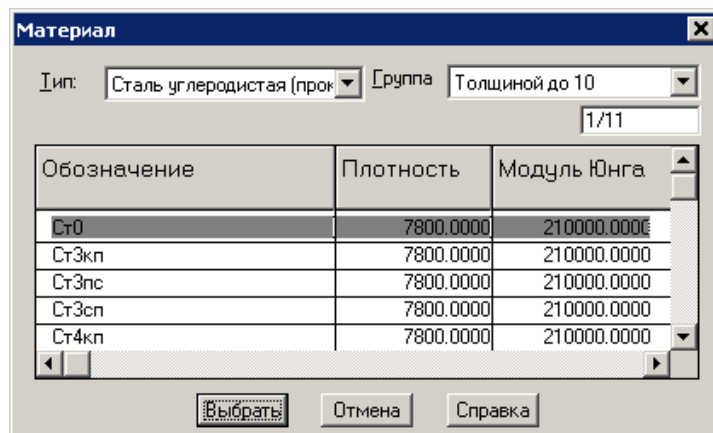


Рис. 5.5. Диалоговое окно выбора материала из базы данных.

В некоторых окнах ввода исходных данных с целью сделать ввод более наглядным применены пиктографические кнопки. Приведём назначение каждой пиктографической кнопки:

Таблица 5.2 – Пиктографической кнопки диалогового окна ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Тип параметра	Вид кнопки	Наименование
Вид нагрузки		Постоянная нагрузка
		Пульсирующая нагрузка
		Знакопеременная нагрузка
Конструктивное исполнение соединения		Втулка может перемещаться вдоль вала
		Втулка неподвижна относительно вала
Тип шлица		Эвольвентный шлиц
		Прямобоочный шлиц
		Треугольный шлиц

3) **Выполнение расчета.** Для выполнения расчета нужно в выбрать команду **Расчёт**.

4) **Просмотр результатов расчета.** Для того чтобы просмотреть результаты расчетов используйте команду **Результаты**, которая выводит на экран диалоговое окно в зависимости от типа рассчитанного соединения. По мере необходимости результаты снабжены пояснительными схемами. Если результатом расчётов является набор некоторых данных, например, набор посадок, то в окне результатов выводится список этих данных (рис. 5.6). Для просмотра невидимых результатов используйте полосы прокрутки. Примеры окон результатов представлены на рис. 5.6 - 5.7.

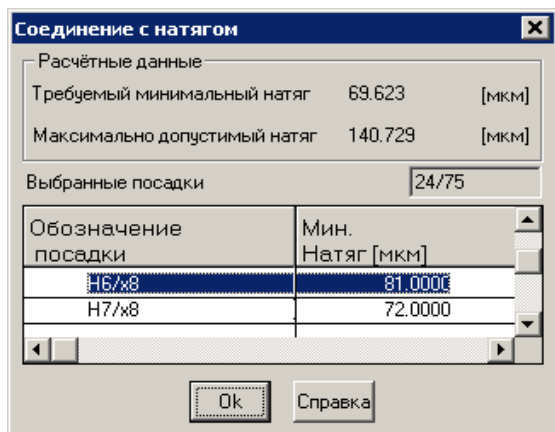


Рис. 5.6 Результаты расчёта цилиндрического соединения с натягом.

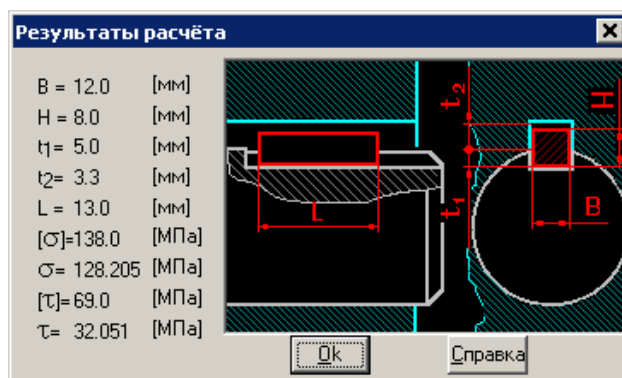


Рис. 5.7 Результаты расчёта призматической шпонки.

5) **Сохранение и печать результатов расчетов.** Для сохранения исходных данных и результатов расчета в файл служит команда **Файл | Сохранить**. В появившемся диалоговом окне необходимо указать путь для сохранения и имя файла. При проведении серии расчетов для сохранения исходных данных и результатов расчета в файл с новым именем воспользуйтесь командой **Файл | Сохранить как...**

С помощью команды **Файл | Печать** пользователь в появившемся диалоговом окне может выбрать сделать необходимые настройки для вывода исходных данных и результатов расчета на печать. Команда **Файл | Печать в RTF файл...** позволяет сгенерировать и сохранить текстовый файл отчета в формате RTF. Для этого в появившемся диалоговом окне необходимо указать папку для сохранения и ввести имя файла.

Литература

1. Орлов, П.И. Основы конструирования: Спр.-метод. пособие / П. И. Орлов; под ред. П. Н. Учаева. – М. : Машиностроение, 1988. – Т. 2. – 544 с.
2. Шелофаст, В.В. Основы проектирования машин / В.В. Шелофаст. – М. : Издательство АПМ, 2005. – 472 с.
3. Шелофаст, В.В. Основы проектирования машин. Примеры решения задач: Учебно-методическое пособие / В.В. Шелофаст, Т.Б. Чугунова. – М. : Издательство АПМ, 2004. – 239 с.