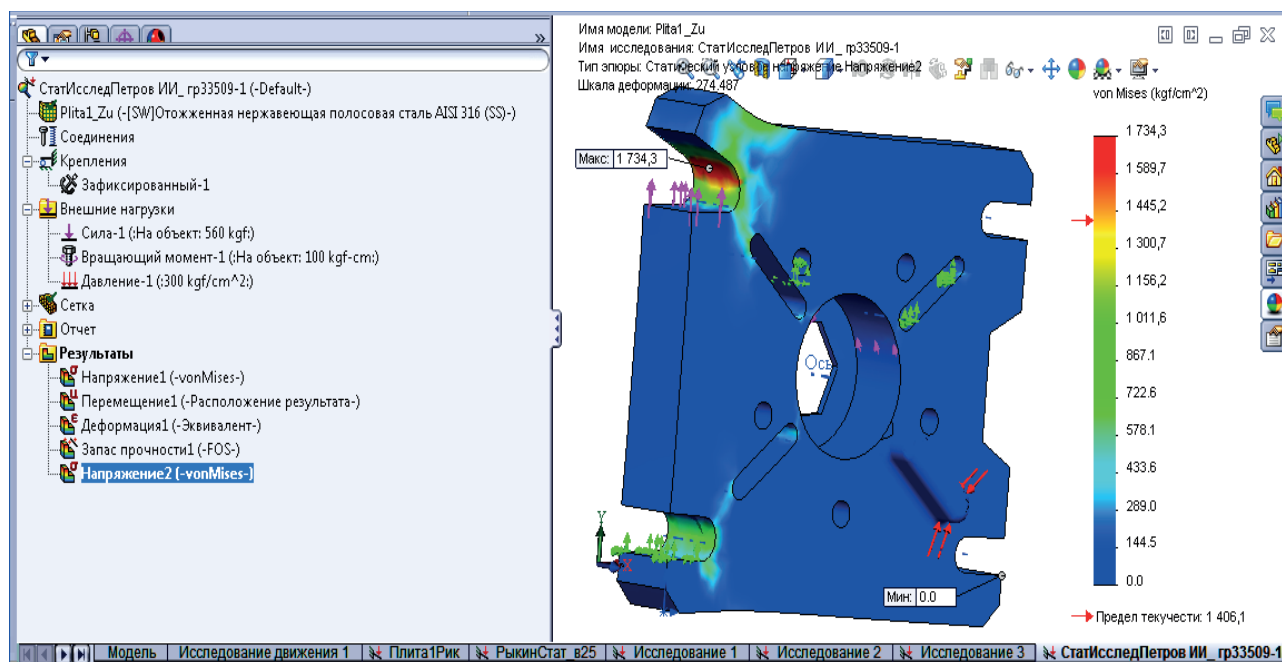


О. Р. Рыкин

ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ В ПАКЕТЕ СОЛИДУОКС

I. ИСПЫТАНИЯ МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ В СТАТИКЕ

Учебное пособие



УДК 628.327.1(075.8)
ББК 30.2я73
Р94

Р е ц е н з е н т ы:

Доктор технических наук, профессор СПбГУТ *Н. В. Савищенко*
Кандидат технических наук, доцент СПбПУ *А. П. Веселовский*

Рыкин О. Р. Основы компьютерного конструирования в пакете Солидуокс. I. Испытания моделей деталей в статике : учеб. пособие / О. Р. Рыкин. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 114 с.

Учебное пособие соответствует государственному образовательному стандарту бакалаврской подготовки по направлению 27.03.05 «Инноватика» по дисциплинам «Промышленные технологии и инновации» и «Компьютерное конструирование изделий машиностроения».

В пособии на примерах деталей «плита» и «тройник» описана методика выполнения испытаний на статическую нагрузку в виде сочетания силы, давления и момента сил, действующих на заданные элементы модели детали. Методика включает в себя: размещение заданной нагрузки по элементам детали; выбор показателей влияния нагрузки на состояния детали, распределение каждого из которых по детали выдаётся Солидуоксом в виде модифицированной копии детали, называемой эпюрой; формирование титульных данных для автоматической генерации Солидуоксом отчёта по статическим испытаниям; способы формирования массива точек распределения показателя нагрузки вдоль линейной, дуговой и замкнутой кромок детали; создание кривой высокоточной аппроксимации точек массива с использованием инструмента Матлаба *cftool* и создание на основе этой кривой диалогового графика распределения показателя нагрузки в фигурокне Матлаба. В пособии приведены также методика выбора коэффициента запаса прочности детали по пределу текучести её материала и методика определения предельного фактора нагрузки по рассчитанному коэффициенту запаса прочности и максимальному значению в эпюре напряжения фон Мизеса с использованием графического решения в фигурокне Матлаба; изложен также метод вставки измерительных точек в критические места изоповерхности для заданного значения показателя нагрузки, вставки в модель позиционных точек в места измерительных и опорных элементов модели и программное вычисление расстояний от опорных до измерительных точек в виде *html*-таблицы посредством инструментов пакета Матлаб.

Для плиты и тройника составлены по 40 индивидуальных заданий на статические испытания. Сформирован диалоговый индивидуализируемый шаблон отчёта задания Исполнителя по статическим испытаниям детали.

Предназначено для студентов 4 курса Института компьютерных наук и технологий СПбПУ по профилю подготовки 27.03.05.01 «Управление инновациями по отраслям и сферам экономики» для очной, очно-заочной и заочной форм обучения.

Табл. 10. Ил. 74. Библиогр.: 24 назв.

Печатается по решению
Совета по издательской деятельности Ученого совета
Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

© Рыкин О. Р., 2017

© Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого, 2017

ISBN 978-5-7422-6003-5

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. ИСПЫТАНИЯ МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ В ПАКЕТЕ СОЛИДУОКС	10
КЛЮЧЕВЫЕ ТЕРМИНЫ РАЗД. 1	10
1.1. Ввод и запуск СолидуоКС Симулейшен и ряд вспомогательных средств. ЭЛЕМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ ИСПЫТАНИЯМИ	14
1.2. ИСПЫТАНИЯ ДЕТАЛИ НА СТАТИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ.....	17
1.2.1. Испытания модели детали на заданную в варианте статическую нагрузку.....	17
1.2.2. Краткое описание эпюр результатов исследования.....	19
1.2.3. Инструмент «Зондирование» для эпюр из «Результатов» испытаний.....	20
1.2.3.1. Измерение координат точки максимального показателя в эпюре	22
1.2.3.2. Построение распределения показателя эпюры по простой кромке элемента детали.....	23
Требования к графику показателя эпюры на простой кромке элемента детали	24
Методика построения показателя эпюры на линейной кромке элемента детали	24
Методика редактирования фигур-графика показателя эпюры на линейной или дуговой кромке.....	29
Дополнение к «Методике редактирования фигур-графика...» для случая замкнутой кромки....	32
1.2.4. Основные сведения об инструментарии <i>сftool</i> Матлаба [9].....	33
1.2.5. Генерация отчёта инструментом «Отчёт» по результатам испытания для статической нагрузки детали.....	35
1.2.6. Определение предельной статической нагрузки детали по рассчитанному запасу по текучести её материала	36
1.2.6.1. Выбор коэффициента запаса прочности [12, 13, разд.1.12].....	36
1.2.6.2. Дифференциальный метод выбора коэффициента запаса прочности по пределу текучести	37
1.2.6.3. Методика выбора коэффициента запаса прочности ns_T для плиты или тройника задания 1	38
1.2.6.4. Методика определения предельного фактора нагрузки по рассчитанному коэффициенту запаса прочности ns_T	39
1.2.7. Визуализация областей эпюры, в которых показатель эпюры – не менее заданного. Построение «Изоповерхности» в эпюре	42
1.2.8. Методика расстановки измерительных точек в определённых местах изоповерхности и определение расстояний до них от созданных опорных точек в эпюре детали	43
Расстановка измерительных точек в эпюре модели и сохранение их таблицы в csv-формате..	43
Вставка опорных и измерительных точек в модель	46
Индивидуальное определение расстояния между измерительной и опорной точками инструментом «Измерить»	48
Автоматическое построение таблицы расстояний между измерительными и опорными точками в пакете Матлаб.....	49
Настройка шаблона итог-таблиц расстояний (ИТР) генератора отчётов в Матлабе.....	52
2. ЗАДАНИЕ НА ИСПЫТАНИЯ МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ.....	55
2.1. ИСПЫТАНИЯ МОДЕЛИ ДЕТАЛИ НА ПРОЧНОСТЬ В СТАТИКЕ	55
2.1.1. Испытания детали для заданной в варианте статической нагрузки.....	55
Построение графика показателя нагрузки эпюры на одной из кромок детали	56
Отчётная документация по испытаниям детали в статике должна включать	56
2.1.2. Определение предельной статической нагрузки детали по рассчитанному запасу по текучести её материала.....	56
2.1.3. Построение в критической области эпюры изоповерхности, в которой показатель нагрузки – не менее заданного	57

2.1.4. Размещение измерительных точек в критическом месте изоповерхности и опорных на элементах модели вблизи измерительных. Определение расстояний от опорных до измерительных с использованием пакета Матлаб	57
3. СОСТАВЛЕНИЕ ОТЧЁТА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ДЕТАЛИ НА НАГРУЗКУ	60
4. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ДЕТАЛИ	62
4.1. Данные к заданию 1 «ИСПЫТАНИЯ НА СТАТИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ»	62
4.1.1. Статическая нагрузка. Материал, закрепление и нагрузка плиты	62
4.1.2. Статическая нагрузка. Материал, закрепление и нагрузка тройника	64
4.1.3. Построение графика показателя нагрузки эпюры вдоль кромки. Выбор эпюры	66
4.2. Данные для: ПОСТРОЕНИЯ ИЗОПОВЕРХНОСТИ В ЭПЮРЕ ПОКАЗАТЕЛЯ НАГРУЗКИ, РАЗМЕЩЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТОЧЕК В КРИТИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ ИЗОПОВЕРХНОСТИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАССТОЯНИЙ ОТ НИХ ДО ОПОРНЫХ ТОЧЕК ПОСРЕДСТВОМ МАТЛАБ-ПРОГРАММЫ	67
ПРИЛОЖЕНИЕ А	69
ПА.1. Из ГОСТ 2.106-96 «ЕСКД. Текстовые документы» [1]	69
11. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ	69
ПА.2. Из ГОСТ 2.104-2006 «ЕСКД. Основные надписи» [2]	70
3. Термины, определения и сокращения	70
5. Порядок выполнения основной надписи и дополнительных граф	71
Рис. 1. Основная надпись по Форме 1	73
Рис. 2. Основная надпись по Форме 2	74
Рис. 3. Основная надпись по Форме 2а при односторонней печати	75
Рис. 4. Основная надпись по Форме 2б при двусторонней печати	76
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ШАБЛОНЫ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ	77
Шаблон титульного листа Отчёта по ГОСТ 2.105-95 (рис. 21, рис. Приложения Д с измен.1) с заполнением полей, отражающим учебный процесс в институте ИКНТ СПбПУ	78
Шаблон заглавного листа по ГОСТ 2.106-96 (форма 9) с графами по ГОСТ 2.104-2006 и с заполнением граф, отражающим учебный процесс в институте ИКНТ СПбПУ	79
Шаблон последующих листов по ГОСТ 2.106-96 (форма 9а) с графами по ГОСТ 2.104-2006 и с заполнением граф, отражающим учебный процесс в институте ИКНТ СПбПУ	80
ПРИЛОЖЕНИЕ В	81
ОБОЗНАЧЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ ПО ГОСТ 2.201-80 ЕСКД	81
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	81
2. СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЯ	81
3. ОБОЗНАЧЕНИЕ ИСПОЛНЕНИЙ ИЗДЕЛИЯ И ДОКУМЕНТОВ ПРИ ГРУППОВОМ И БАЗОВОМ СПОСОБЕ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ	82
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 к ГОСТ 2.201-80, РЕКОМЕНДУЕМОЕ. СТРУКТУРА	84
ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭСКИЗНЫХ КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ	84
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. ПРИМЕРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОБОЗНАЧЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ И КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ В КУРСОВЫХ ПРОЕКТАХ ИНСТИТУТА КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК И ТЕХНОЛОГИЙ СПбПУ	85
ПГ.1. Код организации-разработчика	85
ПГ.2. Код классификационной характеристики по классификатору ЕСКД	85
ПГ.3. Формирование порядкового регистрационного номера в обозначении изделия	89
ПГ.4. Формирование порядкового номера и дополнительного номера исполнения изделий	89
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. НАЗНАЧЕНИЕ ЧЕТЫРЕХЗНАЧНЫХ БУКВЕННЫХ КОДОВ ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»	90
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. ВЫКОПИРОВКА РАЗД. 6 ИЗ ГОСТ 2.105-95 [4]	91
6. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА И ЛИСТА УТВЕРЖДЕНИЯ	91

Приложение Д (справочное). Пример заполнения титульного листа	92
БИБЛИОГРАФИЯ	94
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. ШАБЛОН ОТЧЁТА СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ДЕТАЛИ В СОЛИДУОКСЕ НА НАГРУЗКУ	96
1. ИСПЫТАНИЯ ПЛИТЫ 110X140X28 НА СТАТИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ	6
1.1. РЕЗУЛЬТАТ ВОЗДЕЙСТВИЯ СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ПЛИТУ	6
1.2. СГЕНЕРИРОВАННЫЙ СОЛИДУКСОМ ОТЧЁТ ПО ИСПЫТАНИЮ ДЛЯ СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ РИС.1.2	6
1.3. СОХРАНЕНИЕ ЗАДАННЫХ ЭПЮР СТАТИЧЕСКОГО ИСПЫТАНИЯ В ФОРМАТЕ «ANALYSIS.EPRT»	6
1.4. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛИТЫ ПРИ НАГРУЗКЕ ИЗ РИС. 1.2	7
1.5. ГРАФИК ПОКАЗАТЕЛЯ НАГРУЗКИ «URES» ЭПЮРЫ «ПЕРЕМЕЩЕНИЕ1...» НА КРОМКЕ ДЕТАЛИ	7
<i>Преобразование графика рис. 1.4,Б в диалоговый фигур-график инструментом cftool Матлаба</i>	<i>8</i>
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ ПРОФИЛЬНОЙ СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ПЛИТЫ (СИЛЫ) ПО РАССЧИТАННОМУ ЗАПАСУ ПО ТЕКУЧЕСТИ ЕЁ МАТЕРИАЛА (ОТОЖЖЕННАЯ НЕРЖАВЕЮЩАЯ ПОЛОСОВАЯ СТАЛЬ AISI 316 (SS)).....	8
2.1. РАСЧЁТ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА ПРОЧНОСТИ ПО ТЕКУЧЕСТИ МАТЕРИАЛА ДЕТАЛИ	8
2.2. ГРАФИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ В ФИГУР-ОКНЕ МАТЛАБА ПРЕДЕЛЬНОЙ ПРОФИЛЬНОЙ НАГРУЗКИ (СИЛЫ) НА ДЕТАЛЬ ПРИ ПОСТОЯНСТВЕ ОСТАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ ИЗ РИС. 1.2.....	8
3. ПОСТРОЕНИЕ В КРИТИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ ЭПЮРЫ «НАПРЯЖЕНИЕ1 – VONMISES» ИЗОПОВЕРХНОСТИ, В КОТОРОЙ ПОКАЗАТЕЛЬ НАГРУЗКИ – НЕ МЕНЕЕ ЗАДАННОГО.....	9
3.1. РАСЧЁТ ЗНАЧЕНИЯ ISO ДЛЯ ВАРИАНТА 41 ТАБЛ.5.4 РАЗД. 5.2	9
3.2. ПОСТРОЕНИЕ ИЗОПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ ISO=1508.799 КГС/СМ ²	9
4. РАЗМЕЩЕНИЕ 5 ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТОЧЕК В КРИТИЧЕСКОМ МЕСТЕ ИЗОПОВЕРХНОСТИ И 2 ОПОРНЫХ НА ЭЛЕМЕНТАХ МОДЕЛИ ВБЛИЗИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПО ВАРИАНТУ 41 ИЗ ТАБЛ. 5.4	10
4.1. РАЗМЕЩЕНИЕ 5 ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТОЧЕК	10
4.2. ВСТАВКА ОПОРНЫХ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ (КОПИЙ ЭПЮРНЫХ) ТОЧЕК В МОДЕЛЬ. ВСТАВКА ИМЁН ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТОЧЕК	11
5. АВТОМАТИЧЕСКОЕ ВЫЧИСЛЕНИЕ РАССТОЯНИЙ ОТ ОПОРНЫХ ТОЧЕК ДО ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ С ПОСТРОЕНИЕМ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТАБЛИЦЫ НА ОСНОВЕ ПАКЕТА МАТЛАБ	11
5.1. МАТЛАБ-ПРОГРАММА.....	11
5.2. ТАБЛИЦА РАССТОЯНИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТОЧЕК ДО ОПОРНЫХ В МОДЕЛИ ДЕТАЛИ (ПЛИТА 110X140X28), ПОСТРОЕННАЯ ПРОГРАММОЙ «ТАБРАССТИЗМЕРТОЧЭПЮРЫСТЧИСПЫТДЕТФАМИЛИЯ»	13
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ОТЧЁТ СОЛИДУОКСА О СТАТИЧЕСКОМ ИССЛЕДОВАНИИ «СТАТИССЛЕДПЕТРОВ ИИ_ ГР33509-1»	14
ОПИСАНИЕ.....	15
ДОПУЩЕНИЯ.....	15
ИНФОРМАЦИЯ О МОДЕЛИ.....	15
СВОЙСТВА ИССЛЕДОВАНИЯ	16
ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ	16
СВОЙСТВА МАТЕРИАЛА.....	17
НАГРУЗКИ И КРЕПЛЕНИЯ	18
ИНФОРМАЦИЯ О СЕТКЕ	19
Информация о сетке - Подробности	19

РЕЗУЛЬТИРУЮЩИЕ СИЛЫ.....	19
Силы реакции	19
Моменты реакции.....	19
ВЫВОД.....	20
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ПАПКА С ФАЙЛАМИ «SW_ИСПЫТПЛИТПЕТРОВ1_25».....	21

Введение

В Пособии рассматривается методология испытаний моделей деталей на статическую нагрузку в пакете Солидуокс в виде сочетания силы, давления и момента сил, действующие на заданные элементы модели детали, включая исследование влияния типов и величины нагрузки на состояние детали, определение критических величин с использованием графических и программных средств пакета Матлаб.

В пособие включены по 40 индивидуальных заданий для деталей Плита и Тройник по испытаниям на статическую нагрузку. Для отчёта в Уорд-формате по выполнению задания предлагается диалоговый шаблон, который размещается на сайте кафедры «Управление проектами» СПбПУ Петра Великого в разделе «Общая документация» по адресу «http://www.ii.spb.ru/2005/ins_inn_material/baza_general_document.php» в папке «PosobiyaPoKomputerKonstr-SystAnalizu», файлы «OtchStatchIspytSWDet_ShabL2017.doc» и «OtchStatchIspytSWDet_ShabL2017.pdf». Причём pdf-файл служит как образец оформления для предотвращения разнообразных изменений Уорд-отчёта при вставке в него данных Исполнителя. Поскольку пособие публикуется в pdf-формате, файл шаблона Отчёта, помещённый в Приложении 7, не может отразить диалоговые функции.

Для выполнения испытаний моделей деталей в Пособии используется дополнительный инструментальный модуль «Солидуокс Симулейшен Премиум» (SolidWorks Simulation Premium).

В разд. 1.1 показано, что применённый модуль по функциональным возможностям на порядок превосходит встроенный инструментарий Солидукса – «СимулейшенХпрес» (SimulationXpress). Описана установка этого модуля из раздела «Параметры/Добавления» в среду Солидуокса; установка на «Рабочий стол» панелей инструментов испытаний «Simulation» и «Command Manager»; приведены выпадающие меню основных кнопок панели «Simulation».

Выполнение испытаний на заданную статическую нагрузку (силы, давления, крутящие моменты, приложенные к разным элементам модели) изложено в разд. 1.2. Результаты испытаний Солидуокс Симулейшен выдаёт в виде некоторого набора эпюр с показателем каждой, распределённым по величине по модели детали в цвете (по картографической методике), в цифре (максимум-минимум) и в условном искажении формы детали. В Солидуоксе имеется несколько десятков шаблонов эпюр. В Пособии показано применение 4 эпюр: Напряжения фон Мизеса, Результирующего перемещения URES, Эквивалентной деформации ESTRN и запаса прочности FOS по максимальному напряжению фон Мизеса (определение их показателей дано в разд. 1.2.2).

Для измерения значений показателя эпюры в любой её точке (на поверхности детали и в толще) используется инструмент «Зондирование» (разд. 1.2.3) с одновременной выдачей координат этой точки относительно Исходной точки детали. Вызывается контексткомандой эпюры «Зондирование». Возможны 4 типа измерений: «В местоположении» (по умолчанию, смещение от исходной точки без нагрузки в выбранном месте), «От датчиков» (от сохранённых ранее выбранных точек), «Для выбранных объектов» (от выделяемого объекта – грани, кромки, контура, точки), «Расстояние» (указывает расстояние между 2 выбранными точками с учётом их смещения под нагрузкой и координаты и смещения самих точек). Результаты измерений в наборе точек Солидуокс представляет в виде зондтаблицы в поле «Результаты» и в виде графика в формате «os2» в Редактре графиков. Однако, таблица сохраняется может только в виде набора численных данных (а не в форме таблицы) в формате «csv (Comma-Separated Values)» (по умолчанию, открывается в пакете Эксель) или в «txt» по выбору вместо первого. А график может сохраняться как график: в диалоговом формате «os2», в одном из графических форматов «jpg», «bmp», «png» и «wmf»; он также может быть сохранен в виде набора координат строительных точек.

В диалоговом формате график повторно может открываться только в Солидуоксе. Другие недостатки графика: курсор-измеритель не привязан к графику (возможны погрешности неточного наведения курсора на кривую графика), строительные точки соединены линейными отрезками (средств интерполяции нет), что также может внести значительную погрешность в считывание из-за нелинейной зависимости показателя эпюры от расположения точки измерения на элементе детали, ось абсцисс пронумерована в относительных единицах, что затрудняет локализацию строительно-измерительной точки на элементе детали (например, кромке). Для устранения этих недостатков в графике в Пособии используется матлабовский инструментарий cftool (Curve Fitting Tool – Инструмент Подгонки Кривых, включающий 11 инструментов подгонки, в том числе и пользователь-

ский; краткие сведения об этом инструменте – в разд. 1.2.4) с последующим копированием отредактированного графика в фигур-окно Матлаба командой инструмента «Print to Figure», которое обеспечивает измерение показателя эпюры инструментом окна «Data Cursor» в любой точке кривой графика.

В разд. 1.2.3 приведены методики измерения инструментом «Эондирование» значений показателя эпюры: максимального, распределения величин вдоль линейной, дуговой, круговой и замкнутой простых (не составных, т.е. таких, которые можно непрерывно обойти от начала к концу) кромок детали. В методиках изложено также способы: измерения длины исследуемого элемента детали инструментом Солидуокса «Измерить», ввода измеренных данных показателя эпюры в среду Матлаба, нелинейной интерполяции с высокой точностью графика показателя в инструментарию Матлаба `cftool` (Инструментарий Подгонки Кривых), перевод интерполированного графика в фигур-окно Матлаба и дополнительного редактирования для придания графику необходимой информационной выразительности.

По результатам испытаний на заданную статическую нагрузку Солидуокс может сгенерировать многостраничный отчёт. Заполнение пускового шаблона отчёта представлено в разд. 1.2.5.

В результате испытаний на каждой задействованной эпюре Солидуокс помещает измерительный ярлык с максимальным значением показателя эпюры (при включении Исполнителем данного действия в настройке испытаний) с указанием точки размещения показателя на/в детали. Это даёт возможность вычислять критическое значение статической нагрузки, при которой запас прочности детали не меньше заданного значения. В разд. 1.2.6.4 дана методика такого расчёта для одного фактора статической нагрузки (сосредоточенной силы) при сохранении постоянными 2 других – давления и момента. Методика включает: формирование вектора значений силы, ручной запуск статического испытания для каждого значения вектора и формирование вектора значений максимума напряжения фон Мизеса, передачу этого вектора в среду Матлаба, формирование в Матлабе зависимости текущего значения запаса прочности по текучести материала детали от силы, построение интерполяционного графика в инструментарию Матлаба `cftool` (Инструментарий Подгонки Кривых), перевод последнего в фигур-окно Матлаба и графическое определение критической силы по точке пересечения интерполяционной кривой с линией рассчитанного ранее по Дифференциальному методу значения коэффициента запаса прочности детали. Дифференциальный метод (разд. 1.2.6.2) заимствован из Интернета и адаптирован для учебных целей.

В «Солидуокс Симулейшен» есть инструментарий «Изометрия-Ограничение», который предназначен для построения поверхностей (называемых «Изоповерхностями») в детали с заданным значением показателя эпюры или превышающими его (в определённых границах) в зависимости от флажкового переключателя. Причём превышающие значения обусловлены включением в изоповерхность близкорасположенных узлов расчётной сетки со своими значениями показателя. Таких изоповерхностей можно построить одновременно до 6. Описание инструментария – в разд. 1.2.7.

В связи с возможностью построения изоповерхности для показателя эпюры не ниже заданного возникает задача точного определения показателя в точках поверхности (измерительных точках), близко расположенных к некоторым элементам детали (вершине, кромке и т.д.) и измерения расстояния до этих элементов в определённых точках, названных опорными. Расстановки измерительных точек в определённых местах изоповерхности и определение расстояний до них от созданных опорных точек на элементах детали изложена в методике разд. 1.2.8. Эта методика включает: расстановку измерительных точек на изоповерхности в эпюре модели, проверку правильности установки и сохранение их таблицы в `csv`-формате; вставку опорных и измерительных точек в модель (а не в эпюру, для последующего вычисления расстояний между ними: в эпюре это сделать нельзя); индивидуальное определение расстояния между измерительной и опорной точками инструментом Солидуокса «Измерить» в ручном режиме (вариант для одной-двух измерительных и соответственно опорных точек); формирование в создаваемом Уорд-файле таблиц измерительных и опорных точек с целью программного вычисления расстояний между опорными и измерительными точками в Матлабе; создание в Матлабе исходных условий для программного вычисления расстояний, включая создание текстового `M`-файла программы «ТабРасстИзмерТочЭпюрыСтЧИспытДет» путём или ручного набора по рис. 1.2.30 или копирования программы из электронной версии Пособия на сайте библиотеки Политехнического университета Петра Великого (адрес: [URL:http://elib.spbstu.ru/dl/2/s17-176.pdf](http://elib.spbstu.ru/dl/2/s17-176.pdf)) и настройку шаблона таблицы в генераторе отчётов Матлаба, обеспечивающего преобразование результатов расчёта в `html`-таблицу расстояний.

В Пособие включены по 40 вариантов данных для испытаний в статике моделей плиты и тройника –

разд. 4. Эти данные включают: таблицы (для плиты и тройника) с величинами 3 видов нагрузок (сила, давление, момент силы) и элементами деталей, к которым нагрузки приложены. При этом предполагается, что Исполнитель уже выполнил построение своего варианта модели плиты или тройника в соответствии с лабораторным практикумом Я.А.Сироткина и др. [8]. В данные включены также: 40 вариантов выбора эпюр (из 4 типов – напряжение фон Мизеса, перемещение, эквивалентная деформация, запас прочности FOS) для построения графика показателя эпюры вдоль кромки, выбираемой Исполнителем вблизи максимума показателя на эпюре; 40 вариантов значений Iso для построения изоповерхности в заданной эпюре, количества измерительных точек (в диапазоне 3...6) для размещения на изоповерхности и количества опорных точек (в диапазоне 1...3) для размещения на модели детали.

Поэтапное выполнение задания по статическим испытаниям модели детали – разд. 2. В задании указан перечень исходных объектов для выполнения испытаний, последовательность использования методик разд.1, формулы ряда расчётов, связанных с испытаниями, перечень объектов-результатов испытаний.

По результатам испытаний Исполнитель должен составить Отчёт. Составление отчёта заключается в заполнении диалогового шаблона отчёта (Приложение Ж) данными Исполнителя путём замещения соответствующих данных шаблона. В опубликованной электронной версии Пособия в pdf-формате у шаблона отсутствуют диалоговые возможности, что на порядок увеличивает трудоёмкость и делает неприемлемым такой путь составления Отчёта. В этой связи на сайте кафедры «Управление проектами» опубликованы Уорд- и pdf-файлы шаблона Отчёта (см. 2-й абзац Введения). Первый файл – для составления Отчёта, 2-й – для контроля действий Исполнителя. Методика заполнения шаблона Отчёта (разд. 3) предусматривает поэтапную вставку объектов испытаний Исполнителя с указаниями на возможные деструктивные реакции файла шаблона из-за различий файлов Normal.dot Уорд-редакторов Шаблона и Исполнителя и способы устранения результатов этих реакций.

В Приложениях А, Б, В, Г и Е приведены выкопировки ряда основных положений из ГОСТ 2.106-96, ГОСТ 2.104-2006, ГОСТ 2.105-95, ГОСТ 2.201-80 и Классификатора ЕСКД, регламентирующих обозначение изделий и их конструкторских документов, формы листов Пояснительной записки Отчёта, номенклатуру реквизитов для заполнения форм.

1. Испытания моделей деталей в пакете Солидуокс

Ключевые термины разд. 1

CFTOOL	– (Curve Fitting Tool – Инструментарий Подгонки Кривых, ИПК) предназначен для генерации и подгонки кривых и поверхностей с высокой точностью к 2- и 3-мерным массивам целевых точек [9]. Включает 11 инструментов подгонки, в том числе пользовательский, которым может быть любая формула с набором вычисляемых параметров, удовлетворяющая требованиям Матлаба к Модели Пользователя [9, 10]; см. табл. 1.3 разд. 1.2.4.
DATA CURSOR	– Средство фигур-окна для диалогового считывания координат 2- и 3-мерных графиков, включаемое кнопкой «Data Cursor»  на панели инструментов фигур-окна - см. рис. 1.2.21, А.
SOLIDWORKS SIMULATION	– Семейство расчётных модулей, которые могут выполнять прочностные статические и динамические исследования (линейные и нелинейные) на основе метода конечных элементов (МКЭ): динамики механизмов, прочности, устойчивости, резонанса, усталости, динамики деформируемых систем, термоупругости (с сайта http://www.solidworks.ru/products/446/). В модификации Премиум содержит 76 функций обработки испытываемого объекта – см. табл. 1.1 в разд. 1.
SSE (SUM SQUARED ERROR)	– Сумма квадратов ошибок – один из 4 инструментов оценки погрешности подгонки кривых в инструментарии CFTool. $SSE = \sum_{i=1}^n w_i (y_i - \hat{y}_i)^2,$ y_i - точка массива, $\hat{y}_i$ - точка кривой, сформированной Матлабом. $w_i = 1$. Другие инструменты оценки – в табл. 1.4 разд. 1.2.4 из [11]. Может использоваться и как самостоятельный оператор в виде <code>perf = sse(E,Y,X,FP)</code>.
ВЫЧПРОСТРАНСТВО (WORKSPACE)	– Окно, в которое помещаются Операционные объекты вычисления в Матлабе, обрабатываемые в файлах Действующей папки (Current Directory): имена переменных, структур, таблиц, массивов с их значениями. Сохраняется Пользователем в виде файла с расширением «.mat» (в мат-файле).
ГРАФА	– Графически выделения ячейка на листе документа, пронумерованная согласно ГОСТ 2.104-2006 «ЕСКД. Основные надписи» [2] в которой размещают свойственный графе реквизит документа – см. графы 1...4 на рис. 1 и 2 в Приложении ПА.2.
ГРАФИЧЕСКОЕ ОКНО	– Окно на рабочем столе Солидуокса, в котором располагаются модель детали, эпюры испытаний и некоторые объекты, обеспечивающие манипуляции с моделью и с эпюрой.
ДЕЙСТВУЮЩАЯ ПАПКА	– Папка, находящаяся в окне Current Directory, в которую Матлаб записывает все файлы, сохраняемые Пользователем. Выбирается Пользователем через поле поиска окна Действующей папки или через кнопку «Browse for folder»  на панели инструментов Рабочего стола Матлаба.
ДРЕВО ИССЛЕДОВАНИЯ	– Графическая структура на вкладке Управителя свойств (Feature Manager), создаваемая Солидуокс Симулейшен, и включающая набор отдельных диалоговых ветвей, в том числе, тип исследования, наименование детали, виды нагрузок, расчётную сетку, отчёт, результаты в виде набора выбранных Исполнителем эпюр – см. рис. 1.2.1.
ЗАГЛАВНЫЙ ЛИСТ	– Следующий лист после титульного листа и его продолжения. Выполняется по форме 2 согласно ГОСТ 2.106-96 «ЕСКД. Текстовые документы» [1]. Пример ЗЛ – см. 2-й лист в Приложении Ж.
ЗОНДИРОВАНИЕ	– Инструмент, предназначен для измерения показателя состояния в выбранной эпюре «Результатов» в любой её точке с выдачей координат этой точки относительно исходной точки модели (Начала координат, Origin). Вызывается контекст-командой эпюры «Зондирование».
ЗОНДТАБЛИЦА	– Значения показателя нагрузки в измерительных точках, их координаты и номера элементов сетки, сведённые в таблицу, выдаваемую Солидуоксом в режиме испытаний в состоянии «Зондирование» на панель «Результаты зондирования» - см. рис. 1.2.26.
ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТОЧКА	– Точка на какой либо эпюре показателей нагрузки детали, проставляемая инструментом «Зондирование» и снабжаемая ярлыком с измерительными данными – см. рис. 1.2.26.
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ЯР- ЛЫК	– Табличка с данными показателя состояния эпюры в измерительной точке (номер узла сетки, его хуз-координаты и значение показателя), оформленная как выноска в этой точке – рис. 1.2.6.

ИЗОПОВЕРХНОСТЬ	– Поверхность, построенная в эпюре детали программным дополнением Солидуокс Симулейшен для заданного значения показателя нагрузки эпюры, имеваемого Iso-значением – см. рис. 1.2.23.
ИНЖЕНЕРНЫЙ ФОРМАТ ТАБЛИЦЫ ИТВ/ИТР (ИНЖ-ФОРМАТ)	– Формат ИТВ/ ИТР (Итоговой Таблицы Вычислений или Расстояний), в котором устранены знаки и недостатки ячейкового типа данных и форматирования по умолчанию, мешающие восприятию данных таблицы. Таблица в этом формате создается Пользователем по ИТВ в ячк-формате с использованием матлабовского Генератора отчетов (см. п. 33 Правил из разд. 1.4 и разд. 1.7). В Матлабе 2009 реализуется в html-формате.
ИССЛЕДОВАНИЕ	– Испытания детали или сборки при задаваемом типе комплексной нагрузки в дополнении Солидуокс – Солидуокс Симулейшен, запускаемом кнопкой  «Новое исследование» на панели инструментов «Солидуокс Симулейшен». В Солидуокс 2012 Премиум возможны 9 типов исследований: Статическое, Частота, Потеря устойчивости, Термическое, Испытание на ударную нагрузку, Усталость, Нелинейное, Линейная динамика, Проектирование сосуда Давления – см. рис. 1.1.4.
ИССЛЕДОВАНИЕ В СОЛИДУОКС СИМУЛЕЙШЕН	– Моделирование влияния нагрузки на состояние детали или сборки с построением эпюр различных показателей нагрузки, отражающих количественно её влияние. Имеется 9 типов исследования: Статическое, Частота, Потеря устойчивости, Термическое, Испытание на ударную нагрузку, Усталость, Нелинейное, Линейная динамика, Проектирование сосуда давления. Для всех типов существует набор инструментов для анализа, визуализации, сохранения и создания отчётной документации (Отчётов об исследовании). Пример формирования Испытания на статическую нагрузку – в разд. 1.2.1.
КОЭФФИЦИЕНТ ЗАПАСА ПРОЧНОСТИ ПО ТЕКУЧЕСТИ	– Это отношение $n_T = \sigma_T / [\sigma]$, где σ_T – предел текучести материала детали, $[\sigma]$ – допустимое напряжение для детали [Феодосьев В.И., 13, с.100].
НАПРЯЖЕНИЕ ФОН МИЗЕСА	– Один из 14 показателей нагрузки, относящихся к эпюре «Напряжение». Его величина определяется выражением: $\sigma_{vonMises} = (((\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2) / 2)^{0.5} \text{ кгс/см}^2$, где $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ - главные напряжения от нагрузки в измерительной точке детали по осям x, y, z согласно координатному 3-оснику в левом нижнем углу графика рис. 1.2.1, А, Б и В. Обзор номинальных показателей для ряда других эпюр см. в разд.1.2.2.
ОБОЗНАЧЕНИЕ ИЗДЕЛИЯ	– Выполняется в соответствии с ГОСТ 2.201-80 [16] (см. также Приложение 3). Обозначение изделия состоит из 4 кодовых блоков. Например, для плиты 1 рис. П4.4 это обозначение имеет следующий вид: ИКНТ.741438.011-15. Кодовые блоки отделены точками, а последний блок – дефисом. Назначение блоков: 1-го – код организации-разработчика изделия или основного документа (4 знака), 2-го – код классификационной характеристики изделия или документа (6 знаков) по классификатору ЕСКД [19], 3-го – порядковый регистрационный номер изделия или документа (3 знака), 4-го – порядковый номер исполнения изделия или документа (2 знака). Формирование обозначений деталей и конструкторских документов в Курсовых проектах Института компьютерных наук и технологий СПбПУ см. в Приложении Г.
ОГРАНИЧЕНИЕ ISO	– Величина показателя нагруженного состояния детали, на эпюре которого Солидуокс строит поверхность значений не менее этой величины - см. рис. 1.2.23.
ОПОРНАЯ ТОЧКА	– Точка, вставляемая в избранном месте элемента детали (в вершине, в середине кромки и т.д.) вблизи измерительных точек, предназначенная для измерения расстояний от неё до измерительных точек – рис. 1.2.27.
ОТЧЁТ ОБ ИССЛЕДОВАНИИ, СОЗДАВАЕМЫЙ СОЛИДУОКСОМ	– Создаваемый Солидуоксом документ в формате Уорд-файла, запуск формирования которого производится нажатием кнопки «Отчёт»  на панели инструментов «Солидуокс Симулейшен». Титульные данные Отчёта заносится Исполнителем в шаблон «Параметры отчёта», выставляемый на 1-м этапе формирования Отчёта (см. рис.1.2.17-1), после заполнения которого и нажатия кнопки «Опубликовать» происходит автоматическая генерация Отчёта – см. Приложение 1 в Шаблоне Пояснительной Записки из Приложения Ж.
ПОКАЗАТЕЛЬ ЭПЮРЫ	– Величина, характеризующая состояние модели детали в любой точке под нагрузкой. Примеры ПЭ: напряжение фон Мизес (Von Mises), нормальные напряжения SX, SY, SZ, Эквивалентная деформация ESTRN, Нормальная деформация по X – EPSX, Запас прочности по максимальному напряжению фон Мизеса, Запас прочности по максимальному напряжению при сдвиге и т.д. Несколько десятков показателей отражает Солидуокс.

ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ	– ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ - механич. хар-ка хрупких материалов, разрушающихся при малых пластич. деформациях. Обозначается $\sigma_{\text{П.п.}}$ характеризует напряжения или деформации, соответствующие максимальным (до разрушения образца) значениям нагрузки. [Нов. Политех. Словарь, А.Ю. Ишлинский, 22].
ПРЕДЕЛ ТЕКУЧЕСТИ	– ПРЕДЕЛ ТЕКУЧЕСТИ - механич. хар-ка прочности пластичных материалов. Обозначается $\sigma_{\text{П.т.}}$ устанавливает границу между упругой и упруго-пластичной зонами деформирования. Для материалов, имеющих площадку текучести, это напряжение, отвечающее нижн. положению площадки текучести в диаграмме растяжения [Нов. Политех. Словарь, А.Ю. Ишлинский, 22].
ПРОФИЛЬНАЯ НАГРУЗКА	– Вид нагрузки, величина которой меняется (при постоянных значениях других видов нагрузок) для достижения планируемых результатов испытаний.
РЕКВИЗИТ ДОКУМЕНТА	– Элемент оформления документа, содержащий о нем частное сведение [2]. Примеры реквизитов: Наименование изделия (графа 1), Обозначение документа и его код (графа 2) - см. заглавный лист Шаблона отчёта в Приложении Ж.
СЕТКА РАСЧЁТНАЯ	– Разбиение модели детали на взаимосвязанные геометрические элементы с целью обеспечения различных расчетов (на прочность в статике, в динамике, на усталость...) детали. Сетка может быть 4 типов: для твёрдого тела (тетраэдральные элементы), для оболочки (треугольные), для балки (балочные элементы) и комбинированная из первых трёх для комбинированной модели [23] – см. рис. 1.2.2.
ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ	– Является первым листом документа. Титульный лист, составленный на альбоме документов, является первым листом описи этого альбома. На соответствующих полях его (по ГОСТ 2.105-95 [4] – см. Приложение 6) располагаются: наименование ведомства, в систему которого входит организация, разработавшая данный документ; грифы согласования и утверждения; наименование изделия (заглавными буквами) и документа, на который составляется ТЛ; обозначение (код) документа (заглавными буквами); подписи разработчиков документа. Подписи, указанные в основной надписи заглавного листа, не должны повторяться на титульном листе. См. ТЛ в Приложении Ж.
ФИГУР-ОКНО	– Окно графического инструментария Матлаба, оснащённое большим набором средств по обработке и диалоговому представлению 2- и 3-мерных графиков, именуемых в нём «фигурами» - см. рис. 1.2.21, А.
ФОРМАТ (.CSV)	– Сокращение от «Comma-Separated Values» (Запятые Разделённые Величины). Формат сохранения таблицы точек зондирования и графиков распределения параметра нагрузки по элементу эпюры в инструменте «Зондирование» в Ссолидуоксе. По умолчанию файл сохраняется в Экселе – см. рис. 1.2.11, В.
ШПЗО	– Шаблон Пояснительной Записки Отчёта (по статическим испытаниям детали на нагрузку) – см. Приложение Ж.
ЭЛЕКТРОННАЯ МОДЕЛЬ ДЕТАЛИ	– Документ, содержащий электронную геометрическую модель детали и требования к ее изготовлению и контролю. В зависимости от стадии разработки он включает в себя предельные отклонения размеров, шероховатости поверхностей и др (ГОСТ 2.102-2013 ЕСКД Виды и комплектность конструкторских документов [20].
ЭПЮРА	– Графическая характеристика состояния детали под влиянием механического воздействия (нагрузок) с количественным отражением параметра влияния нагрузки (напряжение, смещение, запас прочности и т.д.). Эпюра формируется в режиме «Испытания» посредством программного Дополнения Солидуокс Симулейшен (SolidWorks Simulation®) – см. рис. 1.2, Б и В.
ЯЧЕЙКОВЫЙ ТИП ДАННЫХ (ЯЧК-ФОРМАТ, CELL-ФОРМАТ)	– Структурной единицей этого типа в Матлабе является ячейка (cell), в которую можно вставлять любые другие типы данных, включая и сами ячейки. Даёт возможность формировать, преобразовывать и производить вычисления с массивами разнотипных данных. Массив из N пустых ячеек вводится командой cell(N).

Для механических испытаний моделей деталей в Солидуоксе имеются 2 инструментария: СимулейшенХпрес (SimulationXpress) и СолидуоксСимулейшен (SolidWorks Simulation). Первый является встроенным средством, второй – дополнительным. Существует несколько различных вариантов инструментария SolidWorks Simulation: Стандартный, Профессиональный и Премиум. Сравнение последнего с СимулейшеХпрес (табл. 1.1) показывает, что Премиум превосходит на порядок СимулейшенХпрес.

Таблица 1.1. Сравнение функциональных возможностей SimulationXpress и SolidWorks Simulation Premium [1]

Функция	SolidWorks SimulationXpress	SolidWorks Simulation Premium
Анализ деталей	Есть	Есть
Анализ сборки		Есть
Анализ многотельной детали		Есть
Тонкостенные детали, детали и сборки из листового металла и анализ поверхности с использованием элементов оболочки		Есть
Анализ сварки с использованием балок		Есть
Анализ с использованием твердых тел, оболочек и балок		Есть
Анализ напряжения	Есть	Есть
Анализ деформации и перемещения		Есть
Выявление тенденции для определения тенденций из разных повторов статического исследования		Есть
Анализ термического напряжения		Есть
Частотный анализ и анализ продольного изгиба		Есть
Анализ теплообмена		Есть
р-адаптивный и h-адаптивный анализы		Есть
Анализ испытания на ударную нагрузку		Есть
Анализ усталости		Есть
Анализ проектирования сосуда давления		Есть
Анализ оптимизации с одной переменной и одним критерием	Есть	Есть
Анализ оптимизации с несколькими переменными и критериями		Есть
Анализ контактов в сборках с трением		Есть
Контакты и трение с большим перемещением		Есть
Линейный динамический анализ (временная история, гармонический анализ или анализ случайных колебаний)		Есть
Статические и динамические нелинейные анализы		Есть
Соединители (подшипник, болт, торцевой сварной шов, упругое основание, фундаментальный болт, звено, шпилька, жесткий, точечный сварной шов, пружина и пружина-демпфер)		Есть
Посадка с натягом или горячая посадка		Есть
Управляемая термостатом горячая генерация		Есть
Сопротивление термического контакта		Есть
Управление анализом с помощью дерева Simulation	Есть	Есть
Библиотека проектирования для анализа общих нагрузок и арматуры		Есть
Сценарии условий и действий для нескольких упражнений		Есть
Ввод аналитических данных в качестве параметров		Есть
Таблицы параметров для анализа (пакетный запуск упражнений)		Есть
Изотропные материалы		Есть
Ортотропные материалы		Есть
Составные оболочки с изотропными и ортотропными свойствами материала		Есть
Температурно-зависимые свойства материала		Есть
Кривые усталости S-N		Есть
Редактирование библиотеки материалов SolidWorks или создание собственной библиотеки с помощью редактора библиотеки материалов		Есть
Равномерное распределение давления и силы, прилагаемых к граням	Есть	Есть
Направленные и неравномерные давление и сила		Есть
Приложение силы к кромкам и вершинам		Есть
Нагрузки на тело: сила тяжести и центробежная сила		Есть
Специальные нагрузки: скручивающие, дистанционные и опорные		Есть
Условия теплообмена: температура, конвекция, излучение, тепловая мощность и тепловой поток		Есть
Фиксированные ограничения на гранях	Есть	Есть
Фиксированные ограничения на кромках и вершинах		Есть

Функция	SolidWorks Simula- tionXpress	SolidWorks Simulation Premium
Направленные крепления		Есть
Заданные ненулевые крепления		Есть
Удаленная масса		Есть
Напряжение, эквивалентное напряжениям по контуру (von Mises)	Есть	Есть
Эпюра деформаций	Есть	Есть
Создание твердого тела из деформированной формы		Есть
Расчет запаса прочности и построение эпюры	Есть	Есть
Главное напряжение, направленное напряжение, погрешность напряжений и интенсивность напряжений		Есть
Эпюры продольных усилий (для различных компонентов)		Есть
Эпюры перемещений (для различных компонентов)		Есть
Эпюры результатов в элементе		Есть
Резонансные частоты		Есть
Эпюры резонансных форм колебаний		Есть
Коэффициенты критической нагрузки при потере устойчивости		Есть
Эпюры режима потери устойчивости		Есть
Эпюра результатов для сил реакции		Есть
Эпюры результатов распределения температур, градиентов температур и теплового потока		Есть
Эпюры усталости		Есть
Эпюры линеаризации напряжения для исследований проектирования сосуда давления		Есть
Графики результатов		Есть
Списки результатов		Есть
Инструменты зондирования и создания списков по объектам		Есть
Эпюры iso динамического сечения		Есть
Настройка эпюр, расположение легенды, масштабированные эпюры, элементы управления цветом легенды, наложенные эпюры		Есть
Создание отчетов	Есть	Есть
Публикация результатов анализа в SolidWorks eDrawings	Есть	Есть
Анимация и сохранение в формате AVI	Есть	Есть
Сохранение результатов анализа в формате Bitmap, JPEG, VRML и XGL		Есть
Наличие параметра экспорта в системы NASTRAN, ANSYS, PATRAN, IDEAS		Есть
Импорт нагрузок из SolidWorks Flow Simulation		Есть
Импорт нагрузок из SolidWorks Motion		Есть

Далее рассмотрим ряд функциональных возможностей СолидуокСимулейшен Премиум для испытания моделей деталей на статическую нагрузку, на нагрузку в линейной динамике и для испытаний на усталость.

1.1. Ввод и запуск Солидуокс Симулейшен и ряд вспомогательных средств. Элементы управления испытаниями

Солидуокс Симулейшен является дополнением к Солидуокс. Чтобы его ввести в работу, необходимо выполнить процедуру добавления. Нажатием на кнопку «Параметры»  вызывается меню, и щелчком на строке «Дополнения» открывается Панель дополнений. Устанавливаются галочки в тех квадратах, что указаны на рис. 1.1.1.

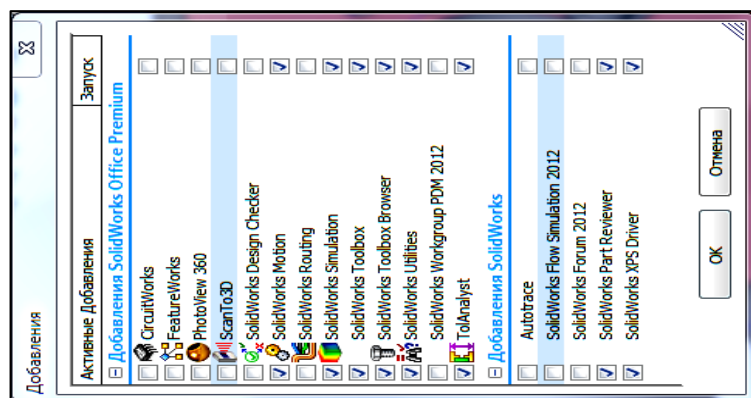


Рис. 1.1.1. Установка SolidWorks Simulation и ряд необходимых для испытаний добавлений в Солидуокс. Галочки проставлены для запускаемых добавлений.

Для управления добавленными программами следует вызвать их панели управления, используя панель

«Настройка» (рис. 1.1.2). Кроме того, следует поместить кнопку «Переместить»  из архивного набора на панель «Управляемый просмотр» согласно рис. 1.1.3 для оперативного перемещения модели и отдельных испытательных эпюр в заданное место Графического окна.

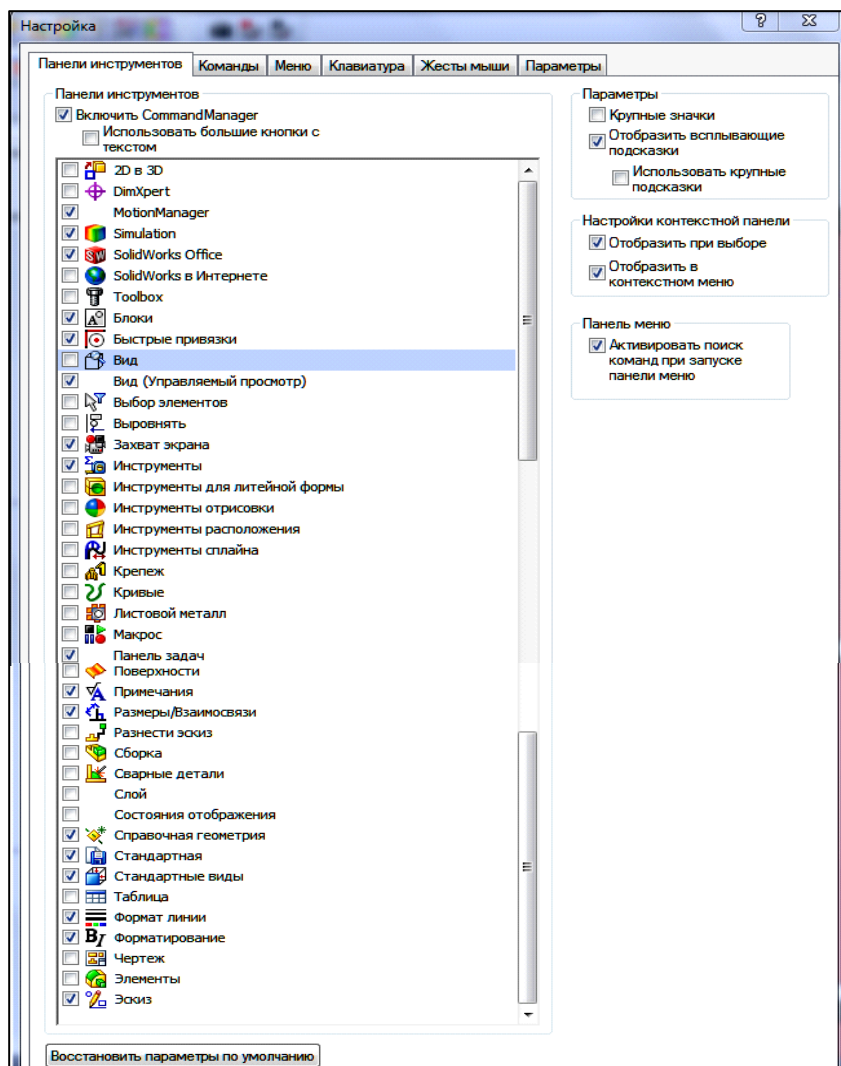


Рис. 1.1.2. Установка панелей управления для «Simulation», «Command Manager» и других, обеспечивающих проведение механических испытаний моделей деталей: галочки стоят в устанавливаемых панелях.

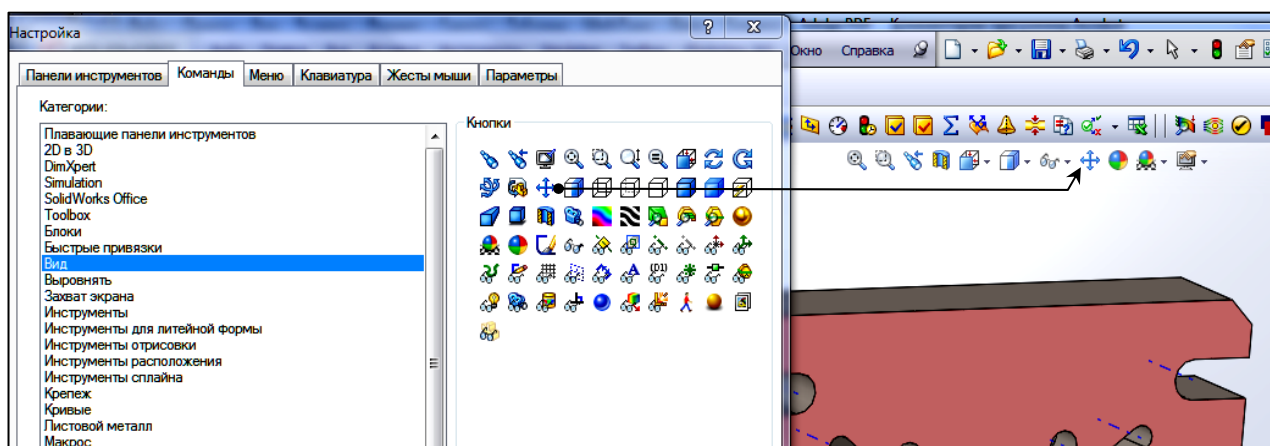


Рис. 1.1.3. Перетаскивание ЛКМ кнопки «Переместить» из архива кнопок «Вид» на панель «Управляемый просмотр» (по стрелке). Кнопка при нажатии позволяет перемещать модель или её испытательные эпюры в заданное место окна испытаний.

Панель управления Симулейшен показана на рис. 1.1.4. Кнопки панели могут быть с выбором (например, «Новое исследование», «Применить нагрузку», «Инструменты результата») или однопроцессные («Создание сетки», «Запуск исследования»). В меню выбора запускается редактора объекта в выбранной строке, но может

запускаться и сам объект: например, для кнопки «Новое исследование». Меню может иметь диалоговый режим, т.е. состав меню зависит от ранее выполненной процедуры, для которой меню предназначено. Например, меню «Инструменты результата» показано для выполненного и открытого исследования «СтатИсследПетров ИИ_гр33509-1 (-Default-)». В то время, как для нового только открытого (но не выполненного) исследования «Исследование 4» содержит только 4-ю, 5-ю и 7-ю позиции из предыдущего меню. Нет ни одной эпюры, т.к. в Исследовании нет ветви «Результаты».

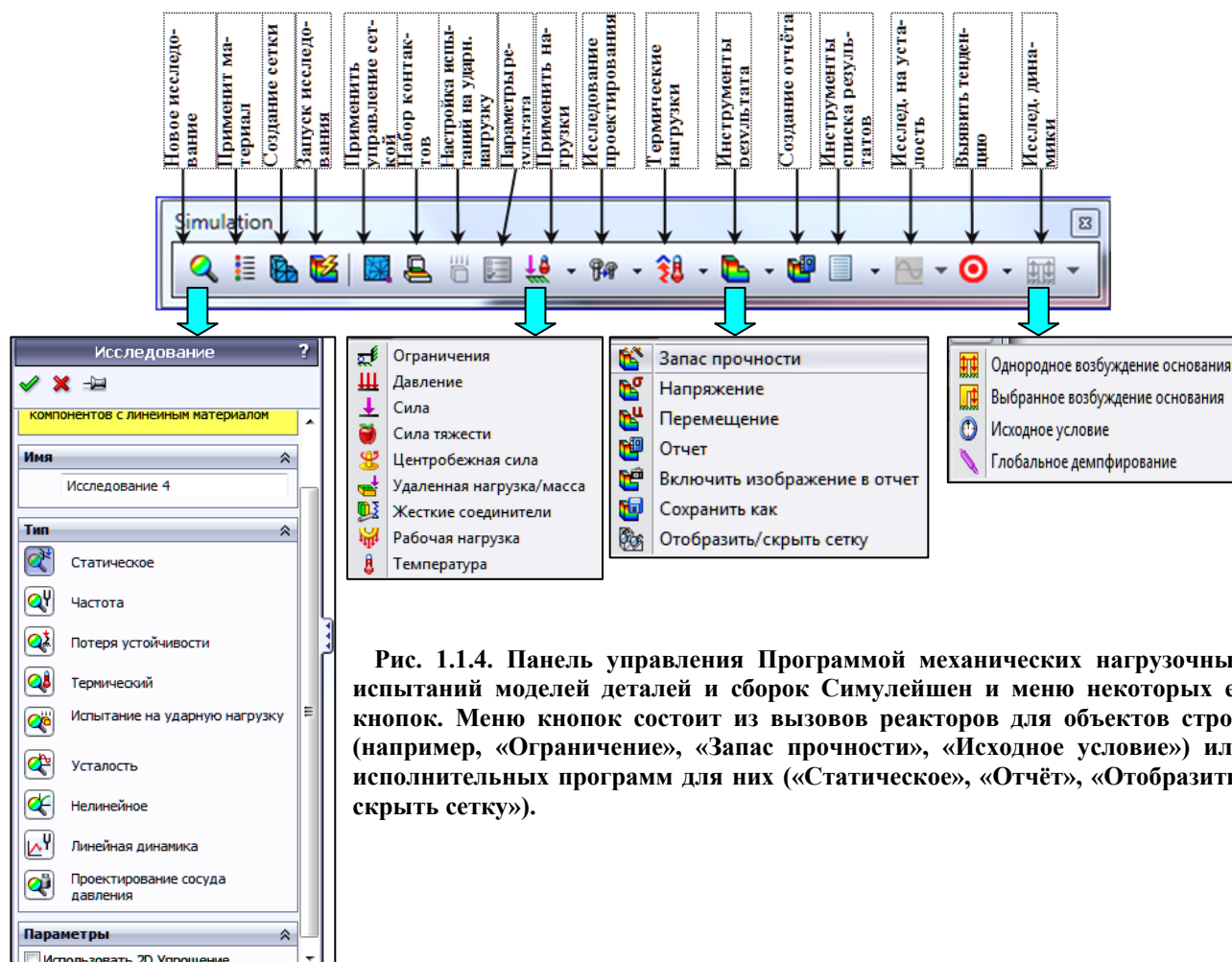


Рис. 1.1.4. Панель управления Программой механических нагрузочных испытаний моделей деталей и сборок Симулейшен и меню некоторых её кнопок. Меню кнопок состоит из вызовов реакторов для объектов строк (например, «Ограничение», «Запас прочности», «Исходное условие») или исполнительных программ для них («Статическое», «Отчёт», «Отобразить/скрыть сетку»).

Командер (CommandManager) в части управления показан на рис. 1.1.5. «Консультанты...» в его меню – это справки и советы по темам испытаний. При проведении испытаний они не будут использоваться. Стрелки в строках открывают меню. Одно из таких меню показано на этом рисунке, и оно будет использоваться при испытаниях для создания недостающих по заданию эпюр и для создания списка напряжений, перемещений и деформаций.

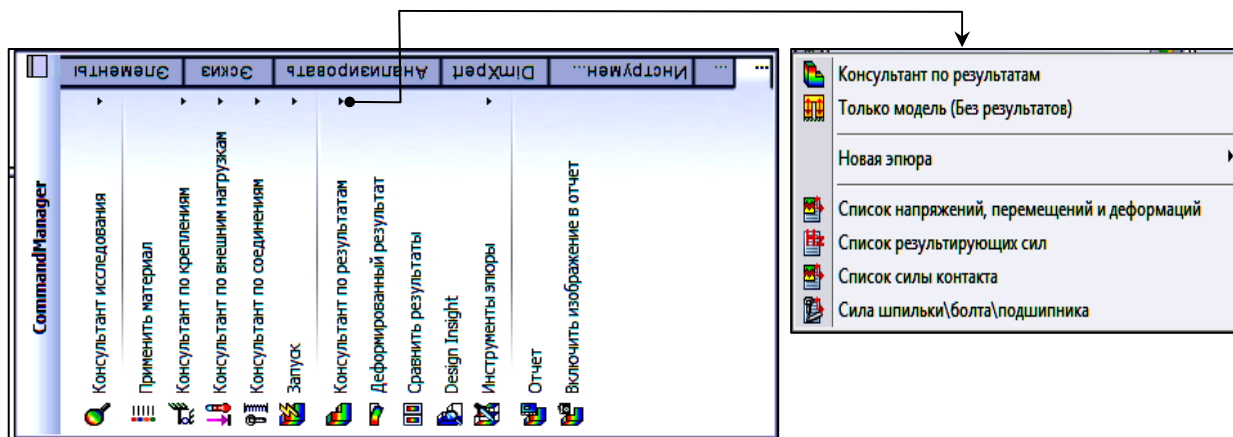


Рис. 1.1.5. Раздел Командера, посвященный модулю испытаний Симулейшен и меню стрелки строки «Консультант по результатам».

1.2. Испытания детали на статическую нагрузку

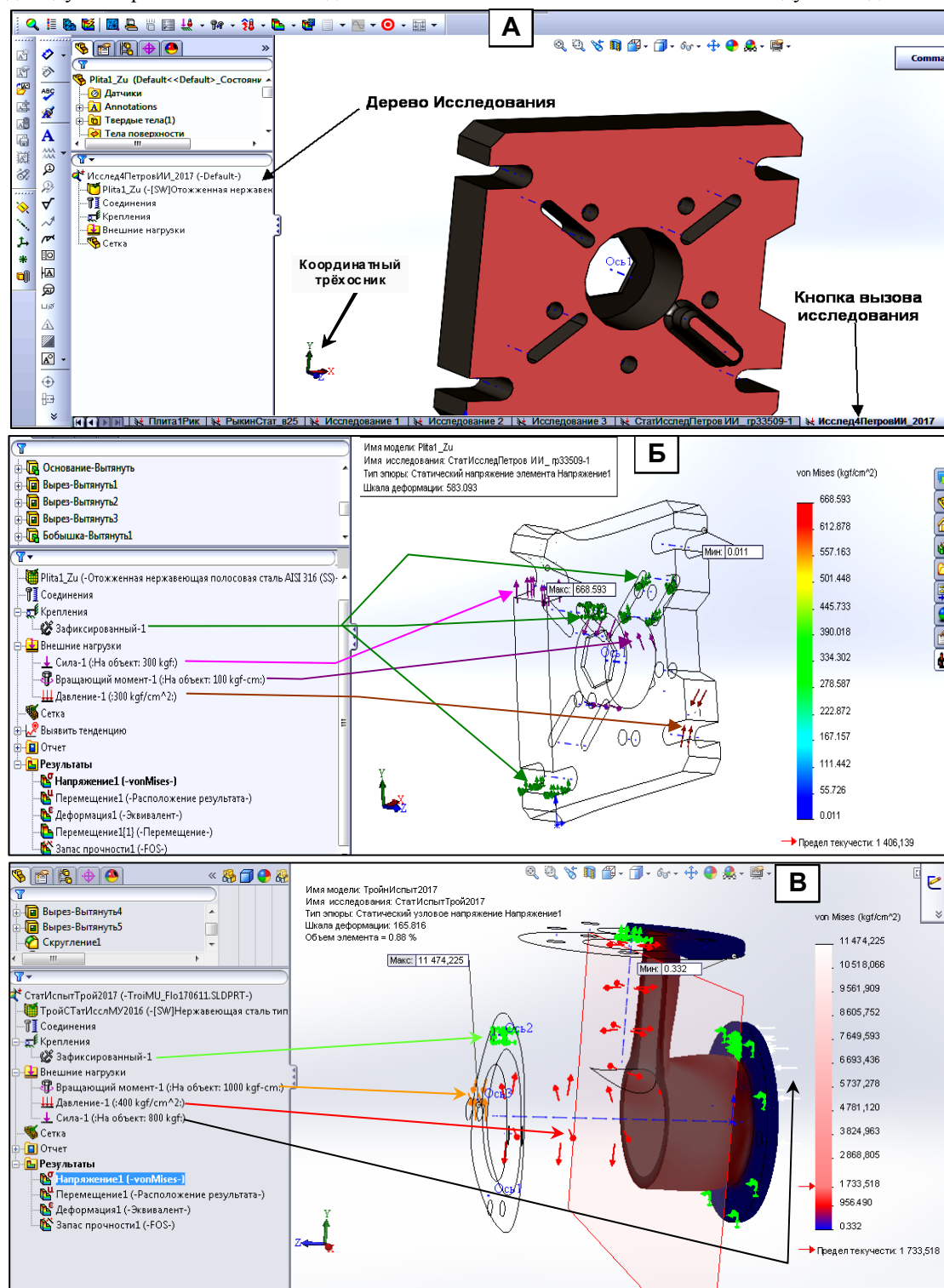
Эти испытания в Пособии разделяются на 2 вида: «Испытания на заданную в варианте статическую нагрузку» и «Исследование зависимости коэффициента запаса прочности детали по пределу текучести σ_T от статической нагрузки». Диапазон изменения статической нагрузки Исполнитель подбирает опытным путём, ориентируясь на величину запаса прочности n_sT , рассчитываемую в разд. 1.2.6.2.

1.2.1. Испытания модели детали на заданную в варианте статическую нагрузку

Перед началом испытаний следует создать отдельную папку «ИспытанияФам», а также - подпапку «СтатИспытДеталь?Фамилия», куда помещается файл модели детали и чертёж. Через файл модели открывается Солидуокс, и обеспечивается установка инструментария испытаний, описанная в разд. 1.1.

Нажатием кнопки «Новое исследование»  вызывается Панель «Исследование» и в поле «Имя» вставляется индивидуализированное имя Исследования. После нажатия зелёной галочки Солидуокс выдаст:

Рис. 1.2.1. А - начало нового Исследования (появление Древа Исследования и кнопки его вызова). Б, В – варианты ввода закрепления и на грузок для плиты и тройника; Окончание Исследования с выводом ветви «Результаты». Эшора «Напряжение» тройника изображена с использованием следующих контекст-команд эшоры: «Деформированный результат», «Изометрия-Ограничение...» с вводом в поле «D» величины 30 мм.



Шаблон дерева исследования (рис. 1.2.1, А) и Кнопку вызова исследования на панели кнопок вызова. На рис. 1.2.1, А изображено 8 кнопок вызова. В шаблоне статических испытаний показаны 3 ветви: Соединения, Крепления и Внешние нагрузки. Для деталей 1-я ветвь не используется, т. к. её применение предполагает наличие 2 и более соединённых как-то испытуемых деталей. Вторую и 3-ю ветви необходимо заполнять согласно видеометодике из файла «1_РасчПлитыСтатНагрSnap_2015.02.11_23h42m23s_002_28m.wmv» (помещённом на сайте кафедры «Управление проектами» СПбПУ Петра Великого в разделе «Общая документация» по адресу «http://www.i.spb.ru/2005/ins_inn_material/baza_general_document.php» в папке «PosobiyaPoKomputerKonstrSystAnalizu»), используя варианты закрепления и нагрузки, представленные в табл. 5.1 (для плиты) и 5.2 (для тройника) разд. 5.

После запуска Исследования кнопкой «Запуск»  Солидуокс выдаст на дереве исследования 2 новые ветви: «Сетка» (рис.1.2.2) и «Результаты» с набором подветвей, являющихся испытательными эпюрами – рис. 1.2.1, Б и В.

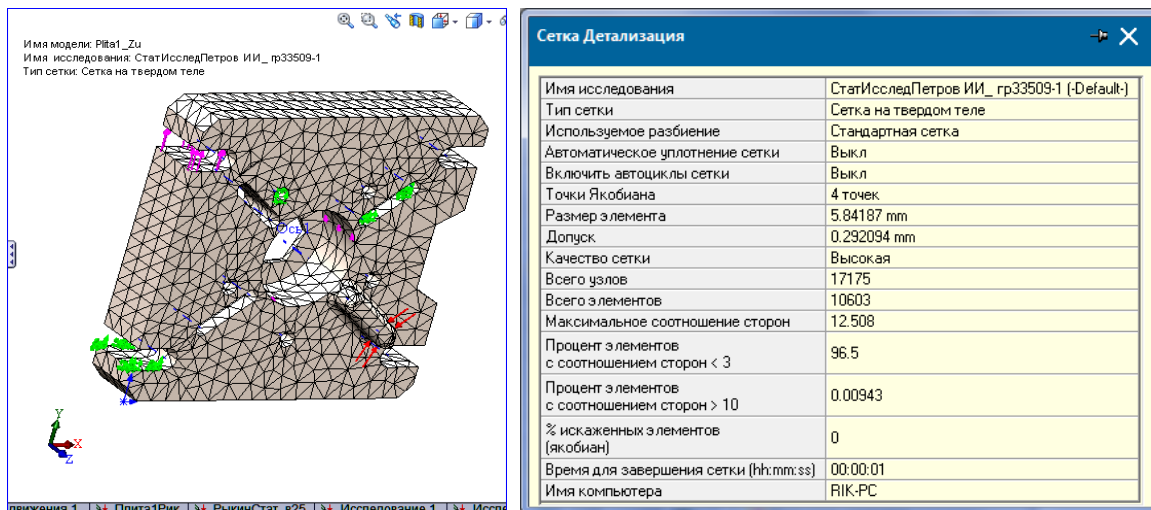


Рис. 1.2.2. Расчётная сетка для статических испытаний плиты (из рис.1.2.1) и её параметры. Эти объекты создаются контекстными командами ветви «Сетка»: «Отобразить сетку» и «Подробные сведения...».

Эпюра – это модель детали с демонстрацией распределения по ней определённой характеристики её состояния под влиянием механического воздействия, включая и изменение формы модели.

Проверьте состав эпюр результата: он должен соответствовать рис. 1.2.2, А. В случае отсутствия какой-либо эпюры – вставьте её: в выполненном испытании Солидуокс создаёт и сохраняет в своей базе несколько десятков эпюр, объединённых в группы. Например, в группе «Напряжение» содержится 13 видов эпюр, а в группе «Запас прочности» – 5. В Результаты испытания Солидуокс помещает в «Результаты» номинальную эпюру (по умолчанию). Доступ к выбору номинальной эпюры через контекст-меню ветви «Результаты» в поле «Определить эпюру ...» – рис. 1.2.2, Б.

Выбор для эпюры «Запас прочности1 (-FOS-)» может иметь более сложную последовательность из-за того, что в указанном поле может отсутствовать необходимая строка «Определить эпюру проверки запаса прочности...». Для установки этой эпюры в «Результаты» в «CommandManager» в строке «Консультант по результатам» нажимается стрелка вывода Меню, в котором в строке «Новая эпюра» нажимается стрелка, показывающая список эпюр. После активизации строки «Запас прочности» открывается одноимённый редактор эпюры, в котором нужно ввести следующие значения полей настройки.

На 1-й странице:

«Все»,

«Максимальное напряжение vonMises».

На 2-й странице (переход производится стрелкой в правом верхнем углу Редактора):

«kgf/cm²»,

«Предел текучести» (ставится точка в этот кружок), значения остальных полей – не менять.

На 3-й странице:

Точка в кружке «Распределение запаса прочности».

После «ОК» появится ветка с эпюрой «Запас прочности1 (-FOS-)».

Выбор эпюры в группе выполняется через контекст-команду ветки эпюры «Редактировать определение» в поле «Отображение».

1.2.2. Краткое описание эпюр результатов исследования

А) Напряжение (vonMises), справка Солидуокс [4]:

$$\sigma_{\text{vonMises}} = (((\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2) / 2)^{0.5}, \text{ кгс/см}^2, \quad (1.1)$$

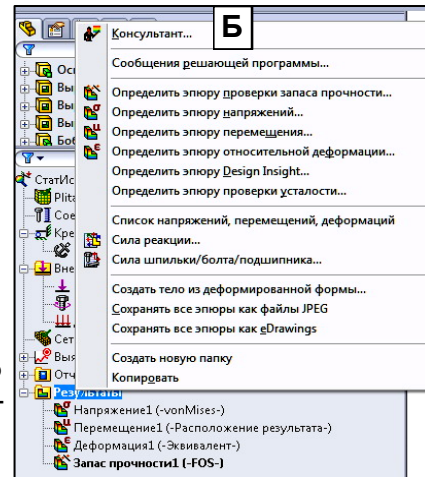
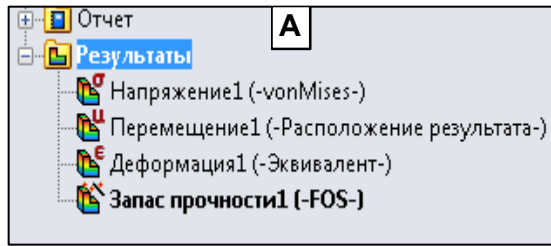


Рис. 1.2.3. Обязательный для Исполнителей состав эпюр Результата Статического испытания (А) и контекстное меню ветки «Результаты» для вставки в «Результаты» отсутствующей эпюры.

где $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ - главные напряжения от нагрузки в измерительной точке детали по осям x, y, z согласно координатному 3-оснику в левом нижнем углу графокна рис. 1.2.1, А, Б и В.

Б) Перемещение. Возможны 8 видов отражаемых объектов: 4 вида перемещений (3 – по осям и суммарное) и 4 вида сил реакций (3 – по осям и суммарная). Номинально отражается суммарное перемещение «URSS», равное квадратному корню из суммы квадратов перемещений по 3 осям в точках детали.

В) Деформация. Возможны 12 видов данных – рис. 1.2.4.

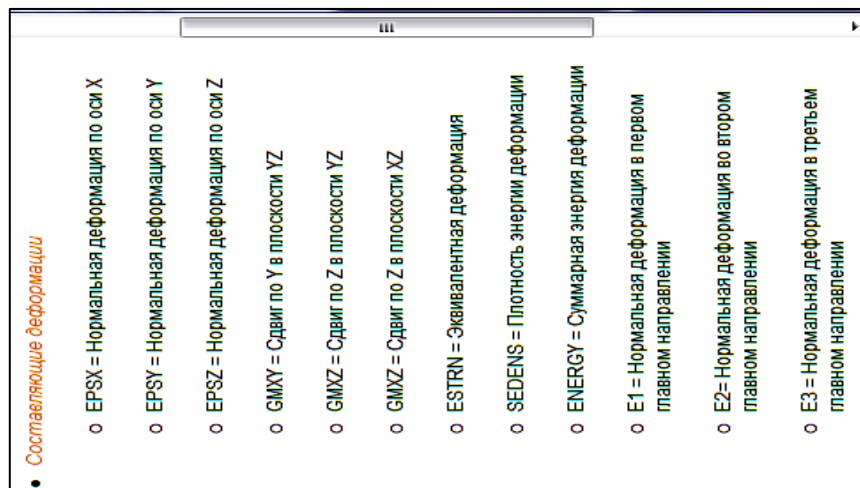


Рис. 1.2.4. Виды эпюры «Деформация». По умолчанию выдаётся эпюра «ESTRN» - Эквивалентная деформация.

Эквивалентная деформация ESTRN в каждой точке детали определяется через составляющие рис. 1.2.4 по формуле (1.1.2) [6]:

$$\left. \begin{aligned} &ESTRN = 2((\varepsilon_1 + \varepsilon_2) / 3)^{0.5}, \\ &\text{где:} \\ &\varepsilon_1 = 0,5((EPSX - \varepsilon^*)^2 + (EPSY - \varepsilon^*)^2 + (EPSZ - \varepsilon^*)^2), \\ &\varepsilon_2 = 0,5((GMXY)^2 + (GMXZ)^2 + (GMYZ)^2) / 4, \\ &\varepsilon^* = (EPSX + EPSY + EPSZ) / 3. \end{aligned} \right\} \quad (1.2)$$

Г) Запас прочности (FOS – factor of safety) [4]:

$$FOS = \sigma_{\text{ПРЕДЕЛЬН}} / \sigma_{\text{vonMises}} \quad (1.3)$$

На эпюре FOS области с запасом прочности меньше 1 (опасные области) отображаются красным цветом. Области с более высоким коэффициентом запаса прочности (прочные области) отображаются синим цветом.

Для слоистых материалов Солидуокс вычисляет FOS по иной формуле [5]:

$$FOS1 = 1 / F1, F1 = \text{Max}(\frac{\sigma_1}{X_1}, \frac{\sigma_2}{X_2}, |\frac{\sigma_{12}}{S_{12}}|), \quad (1.4)$$

где X_1 является пределом прочности при растяжении в направлении 1 материала (вдоль волокон слоя), X_2 является пределом прочности при растяжении в направлении 2 материала (перпендикулярно волокнам слоя), S_{12} является пределом прочности при сдвиге, σ_{12} - напряжение сдвига от нагрузки в опасной точке детали.

1.2.3. Инструмент «Зондирование» для эпюр из «Результатов» испытаний

Инструмент «Зондирование» предназначен для измерения показателя состояния в выбранной эпюре «Результатов» в любой её точке с выдачей координат этой точки относительно Исходной точки детали - рис. 1.2.6. Вызывается контексткомандой эпюры «Зондирование».

На эпюре можно производить инструментом «Зондирование» 4 типа измерений – рис. 1.2.5: «В местоположении» (по умолчанию, смещение от исходной точки без нагрузки в выбранном месте), «От датчиков» (от сохранённых ранее выбранных точек), «Для выбранных объектов» (от выделяемого объекта – грани, кромки, контура, точки), «Расстояние» (указывает расстояние между 2 выбранными точками с учётом их смещения под нагрузкой и координаты и смещения самих точек).

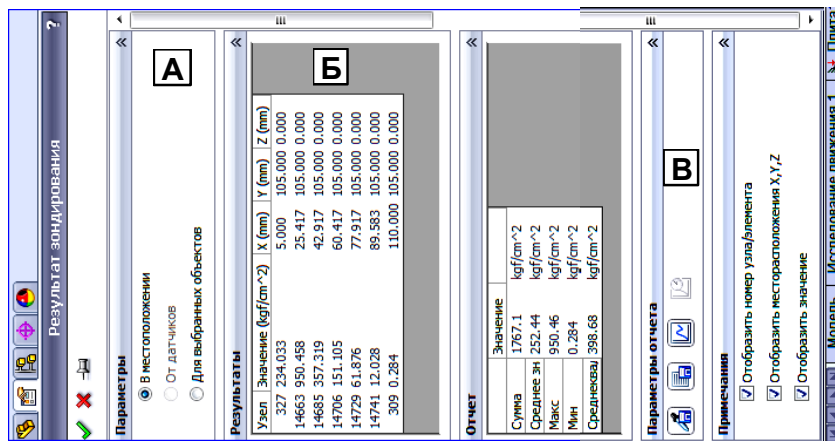


Рис. 1.2.5. А - типы измерений инструментом «Зондирование» на эпюре «Напряжение». Б – таблица результатов измерений показателя в выбранных точках эпюры. В – инструменты сохранения результатов: график в формате «os2» (открывается только из такого же открытого графика), зондтаблица в формате «csv (Comma-Separated Values)» (набор текста и чисел, разделённых запятыми: преобразование этих данных в таблицу – п. А) и Б) ниже), «Как датчик» для повторного вызова результата (сохраняется в Симулейшен, действует только для типа измерения «В местоположении»).

На рис. 1.2.6 показаны 2 варианта измерения напряжения по фон Мизесу вдоль переднего ребра стороны 1 эпюры плиты. В 1-м варианте («В местоположении») Солидуокс показывает результаты измерений не только в разделе «Результаты» окна зондирования, но и в графическом окне (рис. 1.2.6, А) в виде Измерительных ярлыков. Во 2-м варианте результаты показаны только в окне зондирования. Различие между двумя типами измерений продолжается и в способах показа в графическом окне выделенных результатов таблицы. В 1-м типе для выделенных измерений красным цветом в измерительном ярлыке выполняется слово «Узел» и его номер. Во 2-м типе – выделенное в таблице результатов измерение появляется в графическом окне в виде ярлыка с таким же, что и в 1-м типе оформлением.

Сохранение результатов измерений возможно в виде графика и в виде таблицы измерений.

Сведения о графике приведены на рис. 1.2.7. Недостатком графиков является то, что по оси абсцисс показано приведенное расстояние в относительных единицах длины объекта. Это неудобно при размещении измеренной точки на объекте (кромке, например) и при выделении критических зон на измеряемом объекте: необходимо производить дополнительный пересчёт для помещения точки на заданное расстояние на объекте – см. п. 1.2.3.2.

Таблица результатов сохраняется или в формате «csv (Comma-Separated Values)» (по умолчанию) или в «txt» по выбору вместо первого. Причём для первого формата назначается программа Эксель.

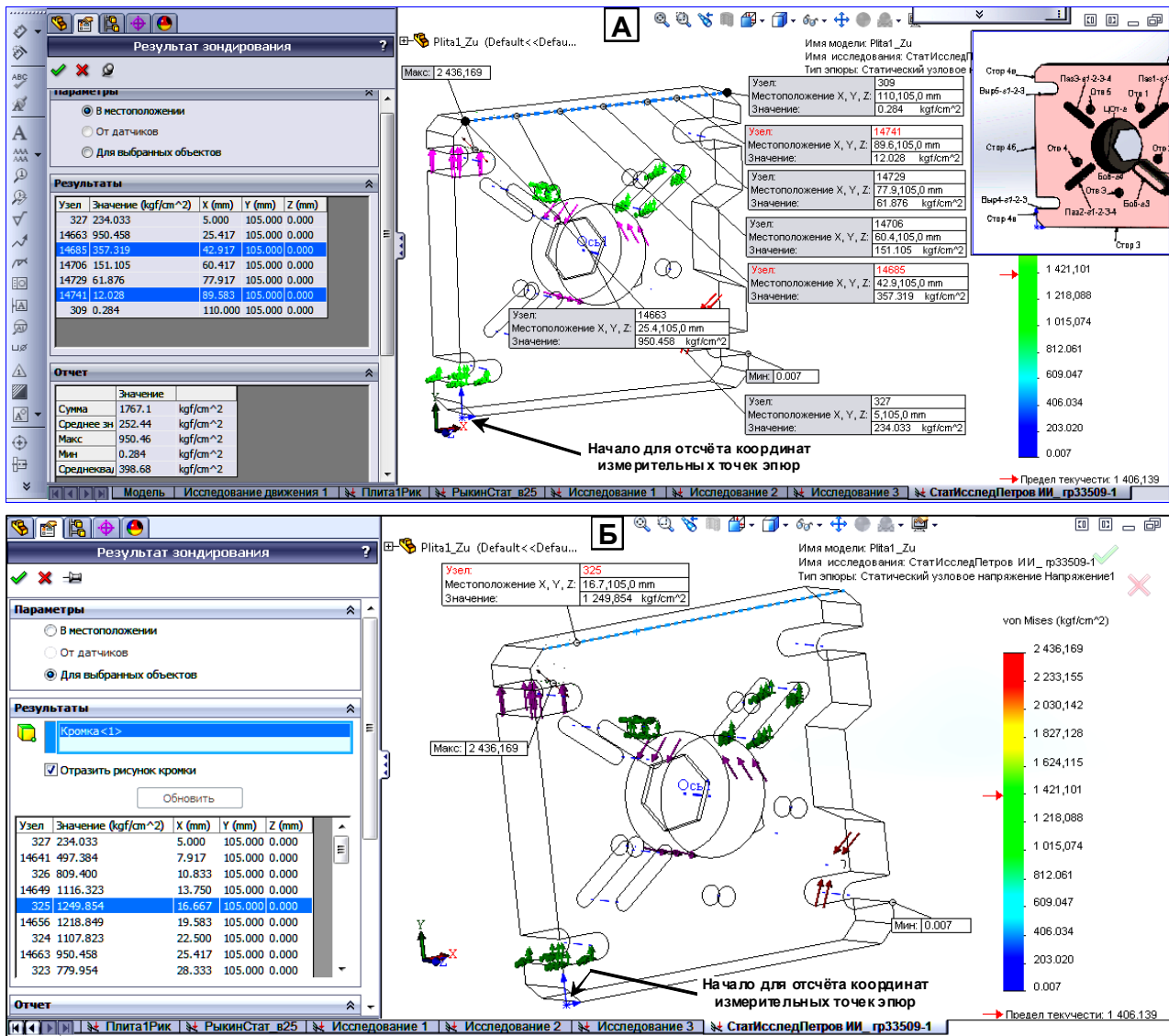


Рис. 1.2.6. Измерение напряжения по фон Мизесу на передней кромке стороны 1 эпюры «Напряжение» плиты: А – в 7 вручную расставленных точках, Б – в узлах кромки, созданных при формировании расчётной сетки (37 узлов, рис.1.2.2).

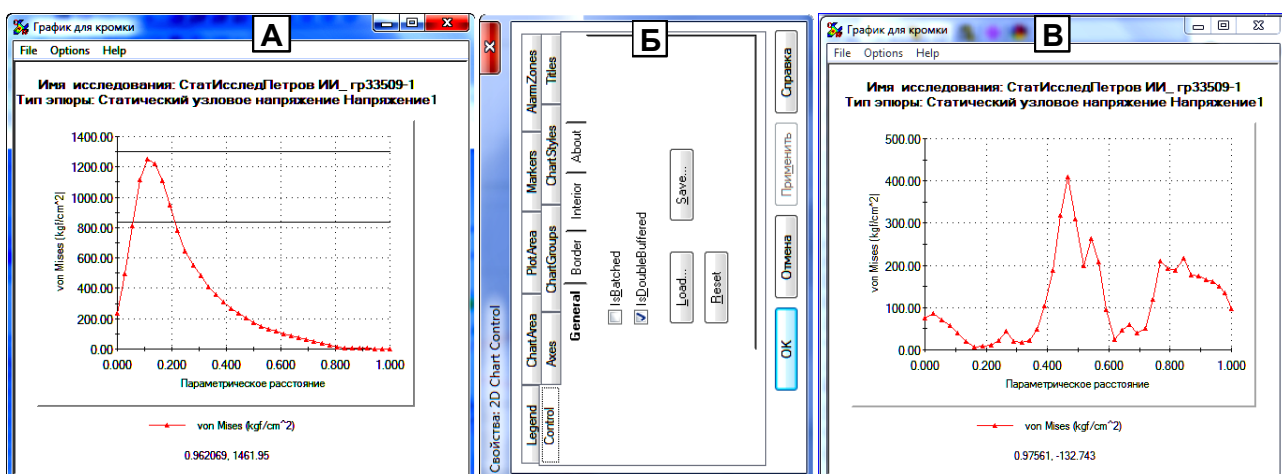


Рис. 1.2.7. Построение графиков и Редактор графиков в Симулейшен в режиме «Для выбранных объектов». А – график напряжения по фон Мизесу вдоль передней кромки стороны 1 плиты (рис. 1.2.6, Б, подсвечена голубым). В – график напряжения по кромке центрального отверстия плиты. Б – Редактор графиков, вызывается щелчком ПКМ на графике. На графике «А» показаны верхняя и нижняя границы «Критической области» (условно), настраиваемые вручную через кнопку «AlarmZones». Сохраняется график через Редактор в формате «os2», и вызывается только из редактора кнопкой «Load».

В Экселе количество строк таблицы раздела «Результаты» сохраняется, но данные в каждой строке разделяются запятыми, и структура столбцов не соблюдается.

При сохранении в txt-формате (в Уорд-редакторе) количество строк таблицы раздела «Результаты» сохраняется, но запятые между данными заменяются пробелами. Чтобы превратить данные в таблицу необходимо дополнительное форматирование. Для этого лучше подходят данные в Экселе, т.к. txt-данные требуют дополнительного преобразования групп пробелов в знак столбцового разделителя: запятую, точку с запятой и т.д. В самом Экселе преобразование столбца данных с одинаковым количеством объектов в каждой строке, разделённых запятыми, невозможно выполнить: нет такой операции. Зато в Уорде она есть. Поэтому для получения таблицы следует скопировать данные из Экселя в Уорд. Убрать неподходящий табличный формат Экселя командами «Таблица\Преобразовать\Таблицу в текст», вставив на появившейся панели «Разделитель» в квадрат «Другой» запятую. Затем преобразовать полученные данные в таблицу командами: «Таблица\Преобразовать\Текст в таблицу». При этом в качестве разделителя столбцов следует указать запятую, поставив её в квадрат «Другой».

1.2.3.1. Измерение координат точки максимального показателя в эпюре

В дереве испытаний эпюра выделяется, двойным щелчком ЛКМ производится вызов эпюры. На ветви эпюры щелчком ПКМ вызывается контекст-меню, и командой «Зондирование» запускается одноимённый инструмент: на панели «Результаты зондирования» в кружке «В местоположении» должна стоять точка. При щелчке ПКМ в любом месте графического окна на эпюре появятся 2 точки с максимальным и минимальным значениями показателя эпюры. Щелчок ЛКМ по точке максимального показателя приводит к появлению измерительного ярлыка в точке с данными и строки с теми же данными в таблице раздела «Результаты».

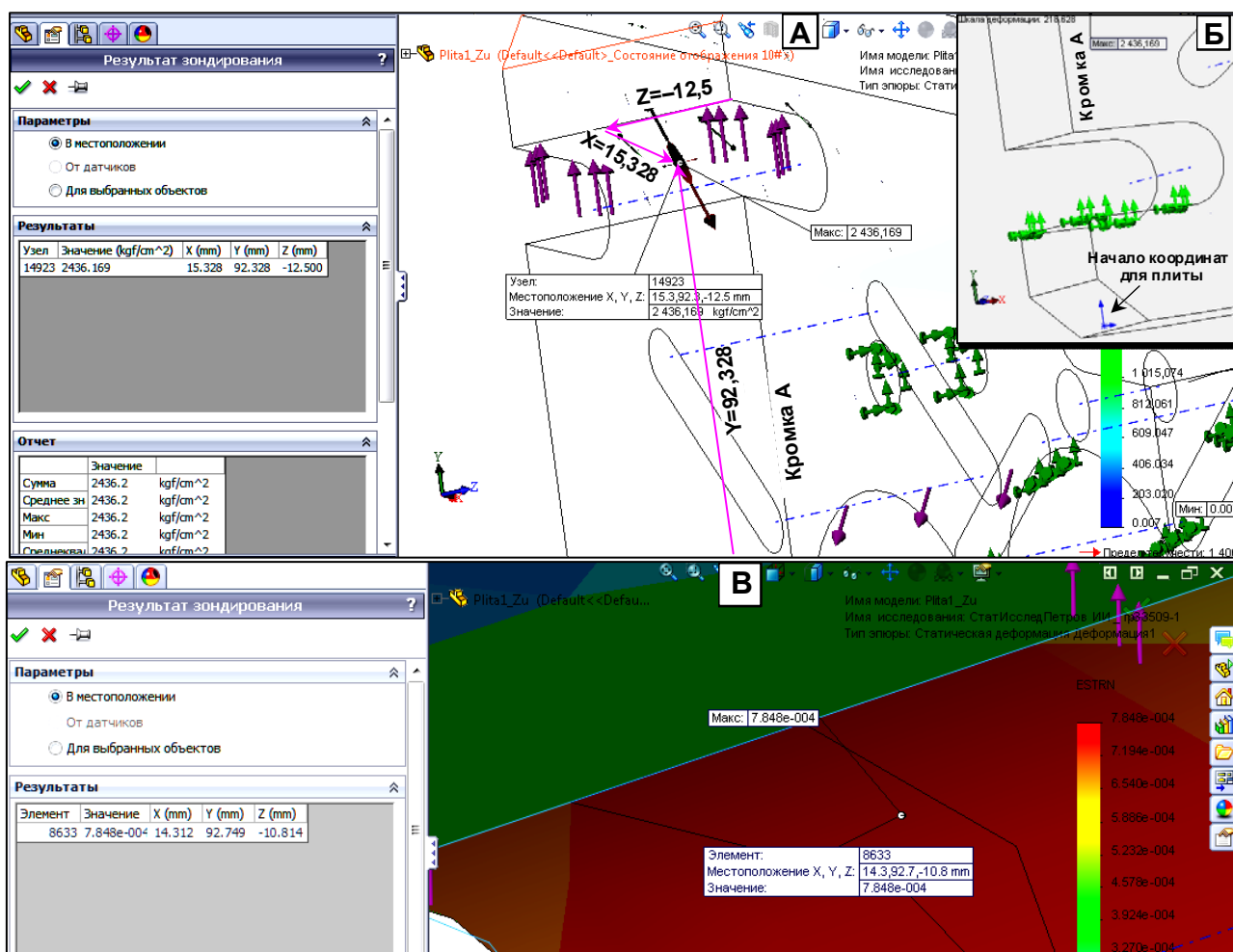


Рис. 1.2.8. Измерение координат максимального показателя на эпюрах плиты со статической нагрузкой «Напряжение1 (-vonMises-)» (A) и «Деформация1 (-Эквивалент-)» (B). Розовыми стрелками на рис. А показаны координаты узла 14923, совпадающего со значением «Макс». Начало отсчёта находится внизу на продолжении кромки «А» - рис. Б.

Если точка щелчка не попала в точку максимального значения, то значение показателя будет отличаться

от величины, показанной в ярлычке «Макс». Немаксимальное значение следует выделять в таблице «Результаты» и удалять. Для того, чтобы гарантировано попасть в точку максимального значения, следует увеличить масштаб эпюры. Например, щелчок ЛКМ в пределах коричневого эллипсоида вокруг точки «Макс» (возникает при большом увеличении) на рис. 1.2.8, А приведет к появлению измерительного ярлычка со значением, совпадающим с максимальным. Причём щелчок нужно производить непосредственно по поверхности, на которой расположена точка «Макс», а не через прозрачную толщу детали. В эпюре «Запас прочности» следует измерять не максимальное значение, а минимальное. Измеренные значения сводятся в таблицу вида табл. 1.2.

Таблица 1.2

Максимальные значения показателей эпюр нагруженной плиты в статическом исследовании из рис. 1.2.9

Эпюра	Узел/ элемент	Значение ед. измерения	X, мм	Y, мм	Z, мм
Напряжение1 (-vonMises-)	14923	2436,169 кгс/ см ²	15,328	92,328	12,5
Перемещение1 (-Расположение результата-)	785	5,1286 10 ⁻² мм	0	93,5	-20
«Деформация1 (-Эквивалент-)	8633	7,845 10 ⁻⁴ мм	14,312	92,749	-10,814
Запас прочности1 (-FOS-)	14923	0,58 отн. ед.	15,328	92,328	12,5
		Минимальное значение			

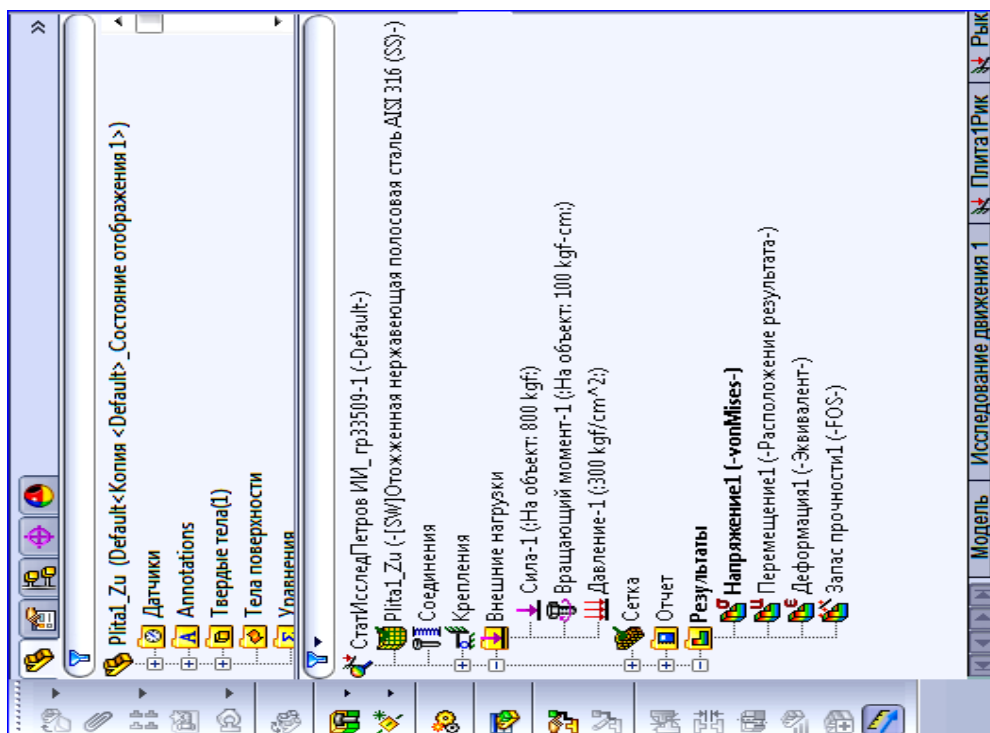


Рис. 1.2.9. Нагрузка Плиты в статическом исследовании «СтатИсследПетров ИИ. гр33509-1 (-Default-)».

1.2.3.2. Построение распределения показателя эпюры по простой кромке элемента детали

Кромки детали по виду начертания можно разделить на: линейные, дуговые и круговые. По способу построения кромки могут быть простые и составные. Составная кромка включает в любом сочетании по виду и количеству упомянутые три вида кромок. Причём составная кромка может не быть непрерывной, т.е. состоять из отдельных кромок, расположенных в разных местах детали так, что невозможен непрерывный обход всех составляющих такой кромки.

Между простой и составной кромками есть разница в результатах, зависящих от режима зондирования, заключающаяся в построении и в типе графика. Таблицы измерений в обоих случаях однотипны. Для простых линейной и круговой кромок на рис. 1.2.7, А и В показаны графики измерения напряжения фон Мизеса в режиме «Для выбранных объектов»: по оси абсцисс отложено относительное расстояние по кромке от начальной точки отсчёта на кромке до показывающей. Для составной кромки Солидуокс не строит график в режиме «Для выбранных объектов», а в режиме «В местоположении» график строится – рис. 1.2.10, Б. Однако отличие этого графика от графиков рис. 1.2.7, А и В в том, что вместо относительного расстояния по оси абсцисс откладыва-

ются номера узлов расчётной сетки испытания.

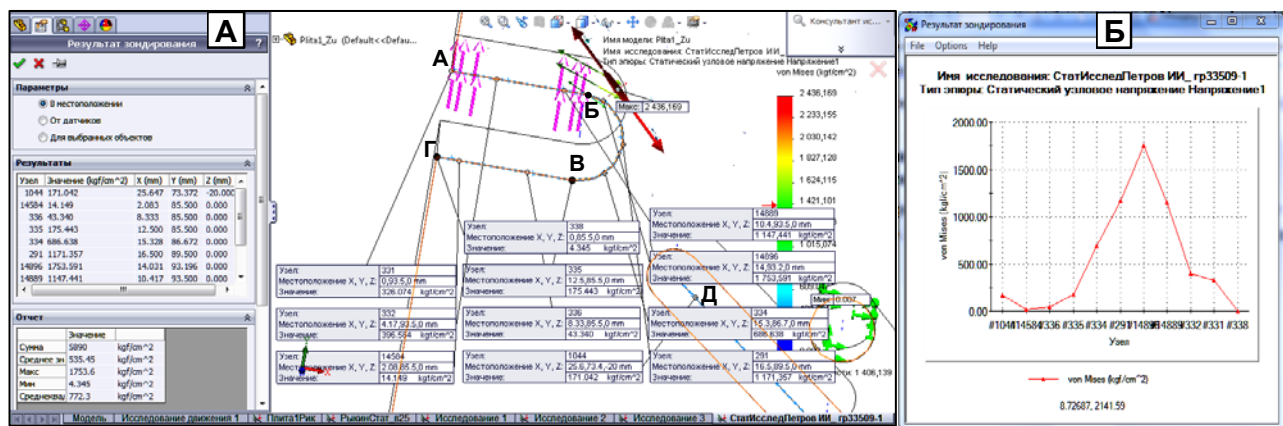


Рис. 1.2.10. Измерение напряжения фон Мизеса на составной кромке, состоящей из 3 линейных (АБ, ВГ и кромки с т. Д) и дуговой БВ.

Требования к графику показателя эпюры на простой кромке элемента детали

А. Кромку для графика следует выбирать у грани, на которую воздействует сила или давление. Можно также выбирать кромку, наиболее близко расположенную к точке максимального значения показателя эпюры.

Б. Для линейной или дуговой кромки начало координат графика должно располагаться в точке, ближайшей к началу координат детали (рис. 1.2.8, Б).

В. Для круговой кромки начало координат должно соответствовать точке начала таблицы из поля «Результаты» панели «Результаты зондирования». Причём координаты этой точки в системе координат детали следует указывать на графике кромки.

Г. Начальная точка графика зондирования является 1-й точкой таблицы из поля «Результаты», а конечная – последней точкой таблицы. В случае, когда начальная точка графика зондирования расположена на отдалённом от начала координат детали конце кромки (пример – точка 379 на рис. 1.2.11), результаты графика зондирования следует пересчитать в соответствии с п. Б.

Д. График должен быть построен с использованием матлабовского инструмента cftool (Curve Fitting Tool – Инструмент Подгонки Кривых) с последующим копированием графика в фигур-окно командой инструмента «Print to Figure» и надлежащим его оформлением согласно рис. 1.2.13. Посредством инструмента «Data Cursor» в фигур-окне в любой точке графика можно считывать значения показателя нагрузки и расстояние от начала кромки.

Методика построения показателя эпюры на линейной кромке элемента детали

Рассмотрим построение на примере линейной кромки А (рис. 1.2.11, А) для эпюры «Перемещение1 (- Расположение результата -)» из рис. 1.2.9.

1) Двойным щелчком ЛКМ на выбранной ветви эпюры вызовите эпюру в графическое окно. На эпюре должны быть показаны 2 ярлыка с минимальным и с максимальным значениями показателя эпюры (рис. 1.2.11, А). Если их нет, то нужно установить. Контексткомандой эпюры «Параметры графика» вызывается редактор, и во все 4 квадрата поля «Параметры отображения ставятся галочки».

Проконтролируйте единицу напряжения в 1-й эпюре: должна быть kgf/cm². Если другая, то установите полагающуюся. Контексткомандой эпюры «Редактировать определение» вызывается Редактор, и в разделе «Отображение» во 2-поле через его стрелку выставляется нужное значение.

2) На эпюре контекст-командой «Зондирование» вызывается панель «Результаты зондирования». Ставится точка в кружок «Для выбранных объектов» и галочка – в квадрат «Отразить рисунок кромки». Щелчком ЛКМ по кромке выделяется кромка (см. рис. 1.2.11, А), и нажатие кнопки «Обновить» приводит к появлению таблицы измерительных результатов в разделе «Результаты».

3) Выделяется 1-я строка таблицы, данные которой формируют начальную точку графика. Солидуокс показывает эту точку на кромке вместе с измерительным ярлыком. Если эта точка расположена на ближнем к началу координат детали конце кромки, то перестраивать график Солидуокса не нужно. Если – на дальнем, то график Солидуокса следует перестроить (см. п. 8). В примере рис. 1.2.11, А начало графика (узел 379) попадает

на дальний конец кромки.

4) Правый бегунок панели зондирования сдвигается вниз до упора, и на появившееся поле «Параметры отчёта» нажимается кнопка «Эпюра» , что приведёт к появлению графика типа рис. 1.2.11, Б. Командами меню графика «File\ Save As...» сохраните данные графика в папке статиспытаний. По умолчанию предлагается сохранить их в файле «График для кромки-1.csv», но это имя нужно отредактировать: вместо номера 1 кромки, вставляется номер кромки согласно рис. 5.1 или 5.2 (если номер отсутствует, имя кромки следует сконструировать, используя имена объектов из упомянутых рисунков); вслед за именем кромки вставляется фамилия Исполнителя. Например, имя выделенной кромки из рис. 1.2.11, А согласно рис. 5.1 вместо номера 1 будет выглядеть так: «ПерКрСтор3» (Передняя кромка стороны 3).

Формат (.csv) – сокращение от «Comma-Separated Values» (Запятые Разделённые Величины). По умолчанию файл сохраняется в Экселе – см. рис. 1.2.11, В, на котором показаны первые 10 точек графика (из 37). Данные графика помещены в один объединённый (из первых 3 столбцов) столбец. Эти данные следует передать в Матлаб с созданием в нём из столбцов X и Y1 переменных для последующего построения графика на кромке. Однако из Экселя напрямую передать данные невозможно: выделенные столбцы вставляются в Матлаб пустыми.

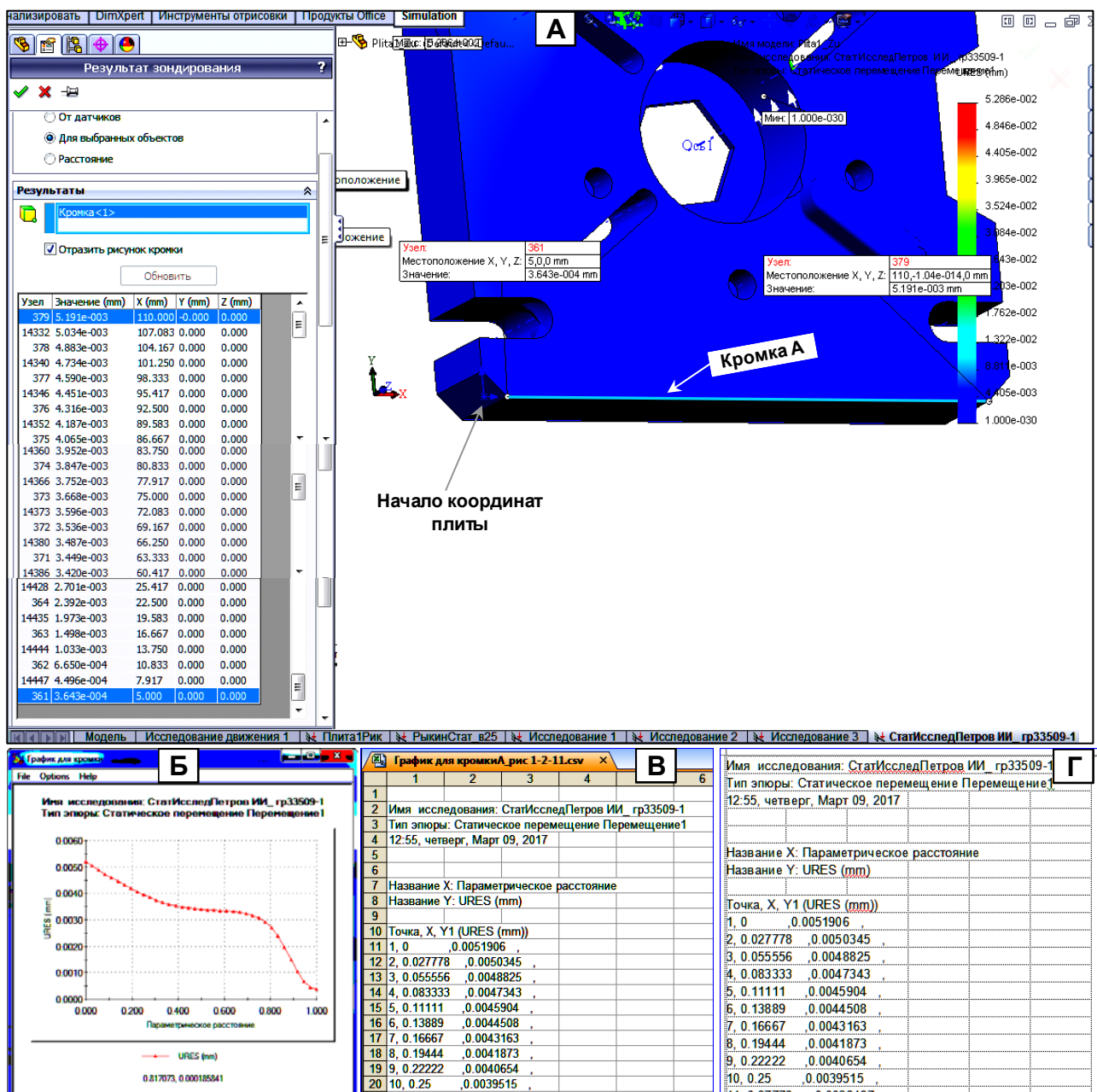


Рис. 1.2.11. А - измерение показателя эпюры «URES» на кромке А эпюры «Перемещение1 (Расположение результата)». Б – создание графика. В – сохранение данных графика через меню «File» в csv-формате и вызов этих данных в Эксель-редакторе. Г – копирование данных из Экселя в Уорд-файл.

5) График следует также сохранить «как график» в формате «ос2»: в п.4 сохранялись данные графика, по которым Редактор графика не строит график, а по данным в формате «ос2» - строит. Для этого щелчком ПКМ на графике вызывается «Средство управления 2-мерным графиком» (рис. 1.2.7, Б), и нажатием на кнопку «Save» график сохраняется с именем, аналогичном имени файла данных из п. 4. Сохранённый график вызывается на повторный просмотр только из «Средства управления ...» нажатием кнопки «Load».

6) Данные в Экселе выделяются и копируются в Уорд – рис. 1.2.11, Г; Уорд-файл сохраняется с тем же именем, что csv-файл в п.4. В Уорде данные таблицы графика (без заголовка «Точка, X...») выделяются, и командой «Таблица\Преобразовать\Таблицу в текст...» вызывается панель преобразования, в кружке «Другой» которой ставится точка, в соседнем квадрате – запятая. После «ОК» таблица преобразуется в столбцовый набор чисел, разделённых запятыми. **Между полученными данными и оставшейся сверху таблицей следует образовать одну пустую строку.** Полученный столбец вновь выделяется, и командой «Таблица\Преобразовать\Текст в таблицу...» вызывается панель преобразования, в кружке «Другой» которой ставится точка, в соседнем квадрате – запятая. Нажатием «ОК» образуется таблица с искомыми столбцами и несколькими пустыми, которые можно удалить.

7) В подпапке «СтатИспытДеталь?Фамилия» создаётся подпапка «ГрафикНаКромке». Открывается Матлаб и делается созданная подпапка действующей, т.е. её имя должно появиться в заголовке подокна Матлаба «Current Folder». Кнопкой «New M-File» открывается пустой файл в Редакторе и сохраняется с именем «SesStatIspDetFmilija» (Det – тип детали: Plit или Troy). Если файл Вычпространства (Workspace) не открыт, то командой меню «Desktop\Workspace» он открывается и сохраняется с именем «WS_StatIspDetFmilija».

8) В сессфайле на 1-й строке вставляется заголовок: «% **Построение графика из эпюры (Имя) на кромке (Имя)**». Далее вставляются данные графика из Уорд-файла с последующим их переводом в Вычпространство. В зависимости от того, является ли 1-я точка данных начальной или конечной точкой кромки возможны 2 варианта работы с вставляемыми данными.

Первая точка данных является начальной точкой кромки.

Вставляется в сессфайл из Уорд-файла столбец X. Слева от первого числа вставляется без пробела открывающая квадратная скобка «[», а справа от последнего числа – закрывающая «]» и точка с запятой. Всему столбцу присваивается имя xP (английский шрифт). Аналогично вставляется столбец показателя эпюры эпюры. Ему присваивается имя показателя эпюры: «vonMises» для эпюры «Напряжение1...», «ures» для эпюры «Перемещение1...», «estrn» для эпюры «Деформация1...», «fos» для эпюры «Запас прочности1...». Имя показателя эпюры показывается Солидуоксом над многоцветной шкалой значений показателя. Расшифровка значений показателя эпюры – в разд. 1.2.2. Далее вставляются следующие выражения:

$$Lkr=\text{Длина кромки за вычетом фасок (если они присутствуют)}; Xkr=Lkr*xP; \quad (1.5)$$

Длина измеряется или считывается на модели детали. Для этого нужно из Исследования перейти к модели, нажав кнопку «Модель» в строке кнопок внизу графокна. Далее нужно открыть контекст-меню ветви «Annotations» и поставить галочку в строке «Отобразить размеры элемента» - Солидуокс покажет размеры, созданные при проектировании детали. Для измерения длины кромки с непоказанным размером необходимо, чтобы была открыта панель инструментов «Эскиз».

Кроме того, измерить длину линейной и других более сложных кромок (дуговых, круговых, замкнутых некруговых, некруговых незамкнутых) можно используя инструмент «Измерить», находящийся на панели «Инструменты» и вызываемый одноимённой кнопкой . Процедура измерения длины дуговой кромки отображена на рис. 1.2.15.

Все вставленные данные выделяются и контекст-командой «Evaluate Selection» переносятся в Вычпространство. Сохраните данные в файле «WS_...».

Первая точка данных является конечной точкой кромки.

Данные вставляются в сессфайл так же, как в предыдущем случае, но столбец X получает имя «xL». Вместо (1.5) записываются следующие выражения:

$$xP=1-xL; Lkr=\text{Длина кромки за вычетом фасок (если они присутствуют)}; Xkr=Lkr*xP; \quad (1.6)$$

В разбираемом примере $Lkr = 105 \text{ мм}$.

Все вставленные данные выделяются и контекст-командой «Evaluate Selection» переносятся в Вычпро-

странство. Сохраните данные в файле «WS_...».

9) В сессфайл вставляется и запускается команда «cftool», которая открывает «Curve Fitting Tool - Инструмент Подгонки Кривых (ИПК)» - рис. 1.2.12, А.

Инструмент ИПК (cftool) позволяет для заданного набора $((X,Y)$ или (X,Y,Z)) 2- или 3-мерных точек подгонять аппроксимирующие кривые или поверхности с высокой точностью. Он обеспечивает экспорт аппроксимирующих объектов в фигур-окно Матлаба, в котором имеется измеритель отграфированного показателя в любой точке графика. Вызывается измеритель кнопкой фигур-окна «Data Cursor» .

Кнопкой «Data» открывается панель ввода данных (рис. 1.2.12, Б), и в поля «X Data» и «Y Data» через их боковые стрелки вставляются переменные графика: Xkr и ures. Имя набора данных «ures vs. Xkr» тотчас появится в поле «Data set name:», а в окне просмотра появится график. После нажатия кнопки «Create Data Set» панель ввода возвращается в исходное состояние: график из окна просмотра исчезает, имя введенного графнабора появится в поле «Data sets»; сам график появится в графполе ИПК в точечном представлении вместо имевшегося там текста – рис. 1.2.12, В. Нажатием кнопок «Legend on/off» и «Grid on/off» вставляется ярлык с именем графика и сетка. ПКМ может передвигать ярлык по всему графполю. Панель ввода закрывается кнопкой «Close».

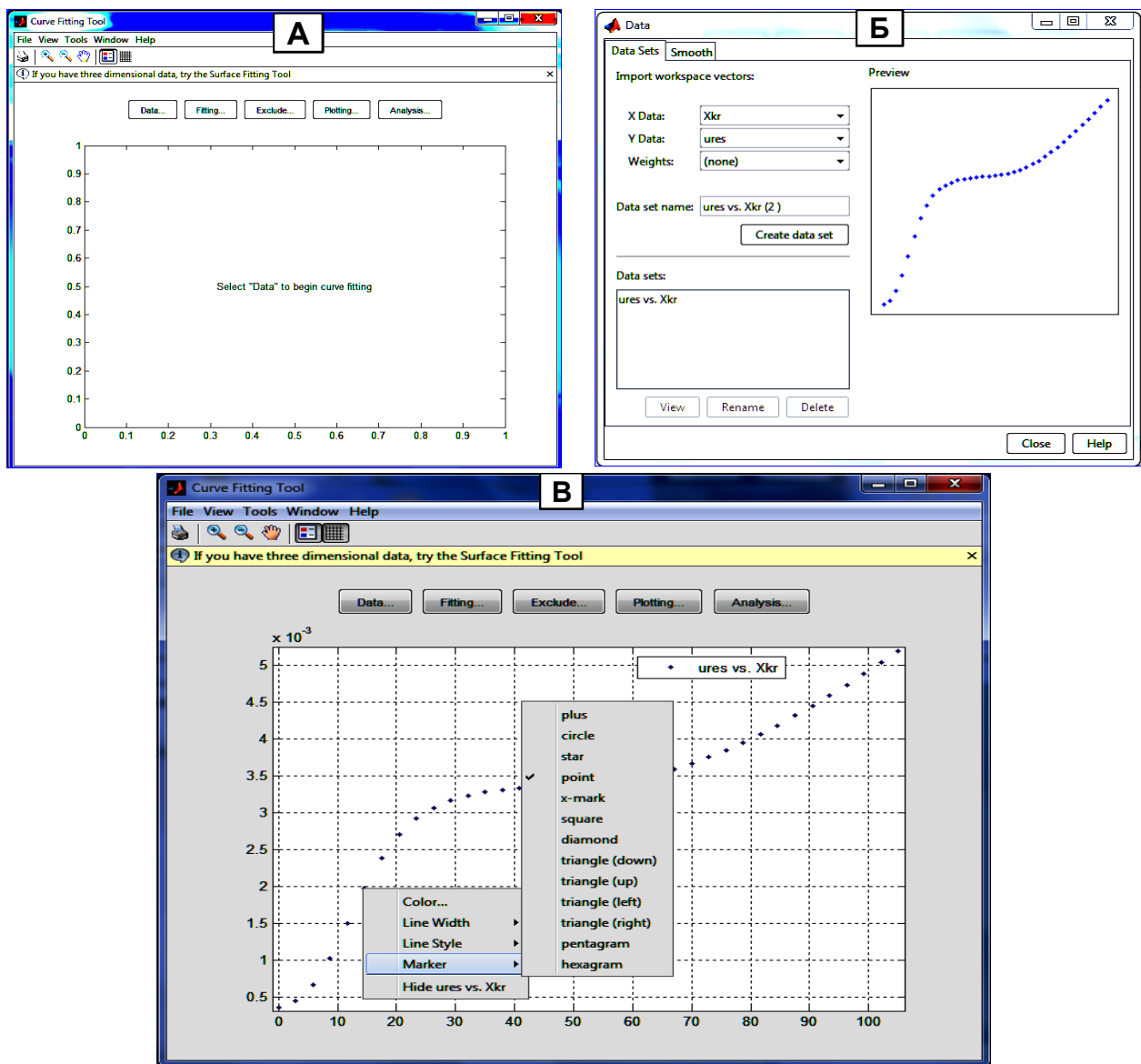


Рис. 1.2.12. А – Вызов Инструмента Подгонки Кривых (ИПК) Матлаба командой cftool. Б – Формирование набора данных в ИПК для графика ures(Xkr) из Вычпространства Матлаба. В – ввод набора данных в ИПК кнопкой «Create Data Set»; показано контекст-меню точки кривой, и выбор в нём вариантов начертания маркера (по умолчанию – точка).

10) Подгонка кривой под заданное распределение точек графика. В ИПК кнопкой «Fitting» вызывается Редактор подгонки – рис. 1.2.13, А. В поле «File name» вставляется имя данных из п.4 и - галочка в квадрат «Immediate apply». Имя подгонки появляется в таблице подгонок внизу панели (рис. 1.2.13, А) и в ярлыке на графополе ИПК (рис. 1.2.13, Б). Количество типов подгонок в Редакторе – 11, включая и пользовательскую – см. табл. 1.3. По умолчанию Матлаб «предлагает» полиномиальную подгонку в линейном исполнении, которая явно не проходит. Перебор вручную списка полиномиальных подгонок для данных примера, показывает, что наиболее приемлемым является последняя подгонка полиномом 9-й степени. Сам полином с численными значениями коэффициентов приведен в поле «Результаты». Там же показаны 4 численные оценки степени подгонки: SSE: 1.42510^{-8} ; R-square: 0.9997; Adjusted R-square: 0.9996; RMSE: $2.297 \cdot 10^{-5}$. Содержание оценок – в табл.1.4. На рис. 1.2.13, Г и Д показан результат подгонки кривой в виде сглаженного сплайна с параметром подгонки 0,37. Из сравнения двух подгонок видно значительное уменьшение погрешности во втором случае. Недостаток подгонки сглаженным сплайном (а также интерполяционными видами (п.5 в табл. 1.3)) состоит в отсутствии формулы подгоночной кривой: выдаётся только график.

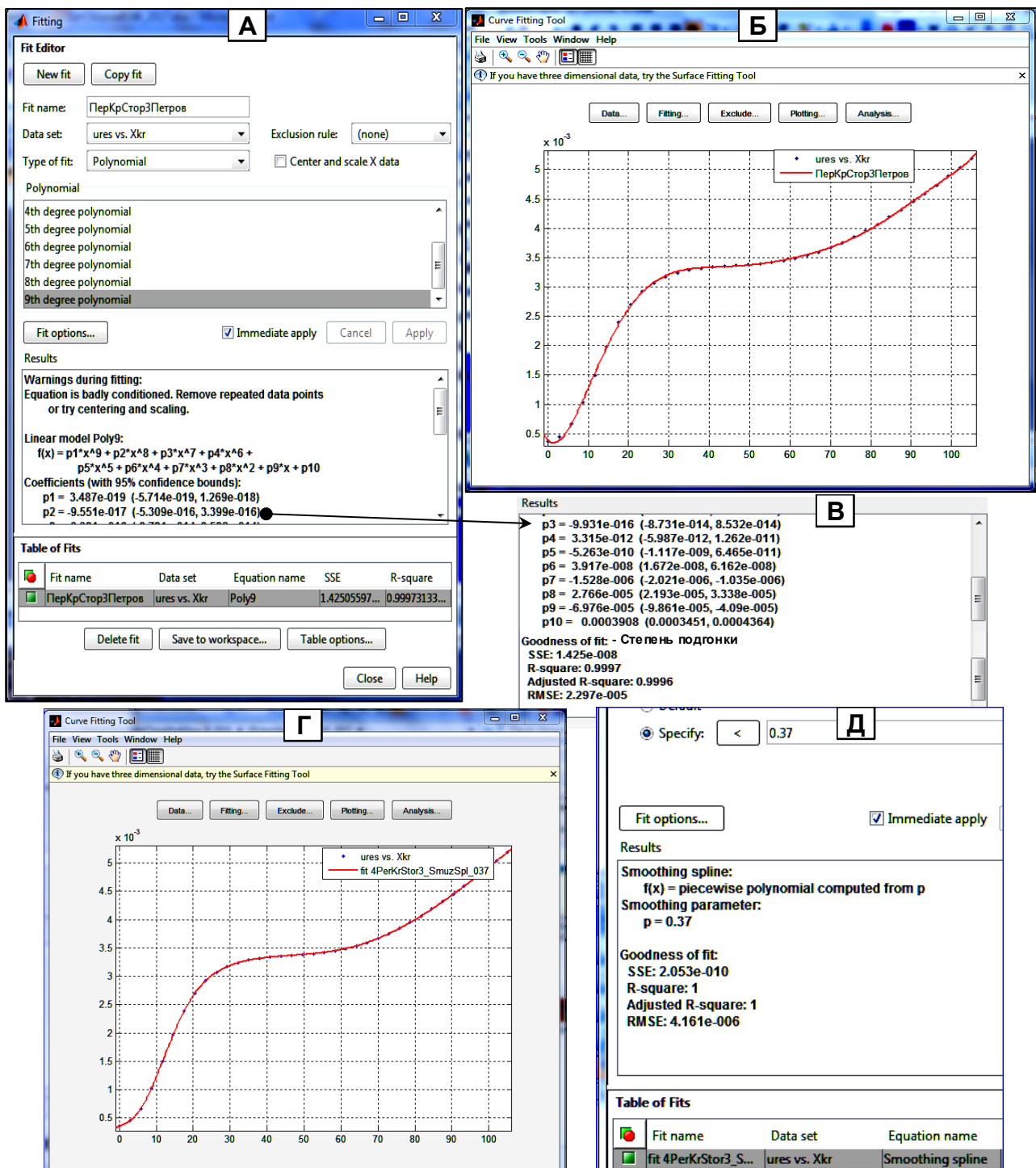


Рис. 1.2.13. А – вызов Редактора подгонки кривых кнопкой «Fitting» на рис. Б, нажатие кнопки «New Fit», вставка имени подгонки из этапа 4 в поле «Fit name» и галочки в квадрат «Immediate apply», последовательный выбор подгоночного полинома в списке «Polynomial» вплоть до последнего 9-й степени. Б – отражение подгоночных манипуляций в Редакторе подгонки: появление имени подгонки в ярлыке данных графика и подгоночной кривой, пролегающей через точки графика. В – показ скрытой в снимке Редактора коэффициентов сгенерированного Матлабом подгоночного полинома и вариантов оценки степени подгонки. Г, Д – подгонка сглаженным сплайном и оценка погрешности подгонки: по сравнению с рис. Б оценка SSE уменьшилась в 70 раз, а RMSE - в 7 раз.

Для целей полгонки кривых к массивам точек эпюр следует использовать такие типы подгонки: «Интерполяционный\ кубический сплайн (Interepolant\ cubic spline)» или «Сглаженный сплайн (Smoothing Spline)».

При получении удовлетворительного результата (кривая подгонки проходит через весь массив точек) сессия подгонки сохраняется командами «File\ Save Session...» с именем, состоящим из имени массива точек и имени типа подгонки с указанием параметра подгонки. Например, PerKrStor3Petrov_SmuzSpl_037.

11) Командами меню «File\ Print to Figure» создайте график подгоночной кривой вместе с массивом точек в фигурокне Матлаба, и сохраните полученный fig-файл с именем подгоночной сессии из п. 10 – рис. 1.2.14, А. Далее выполняется редакция графика согласно этому рисунку.

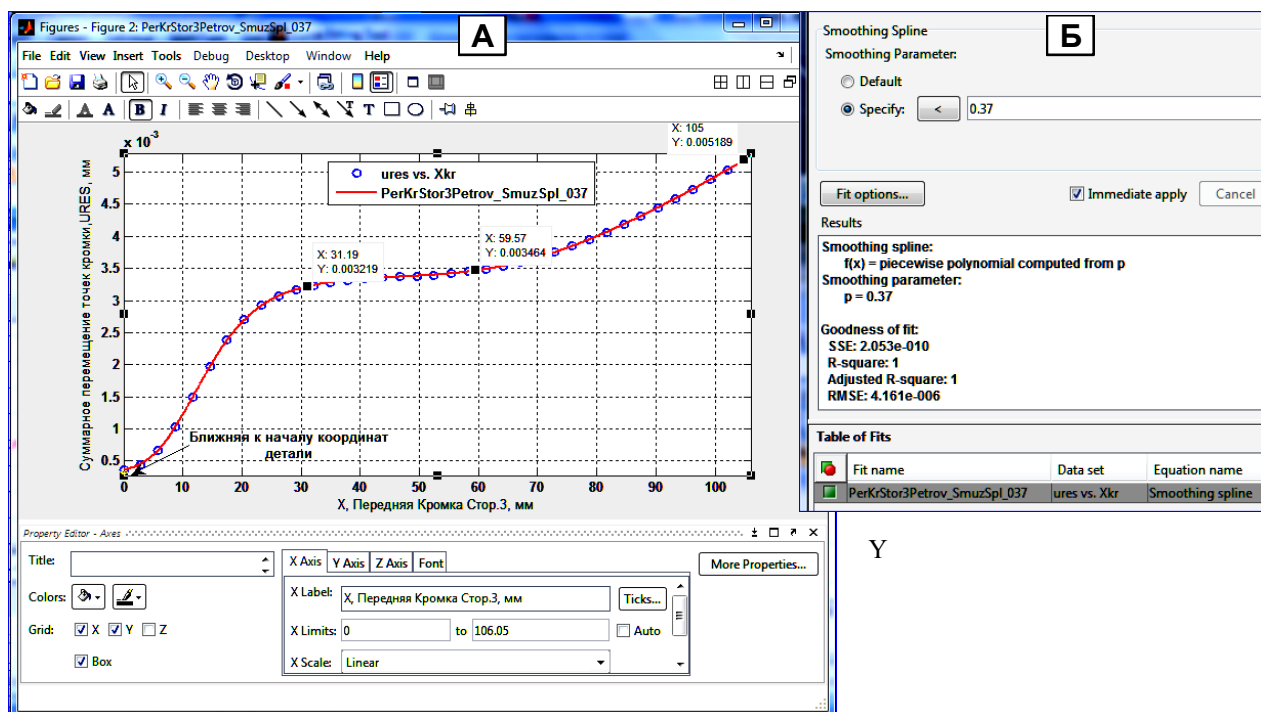


Рис. 1.2.14. А – Отредактированный фигур-график распределения перемещения URSS по передней кромке стороны 3 плиты в эпюре «Перемещение1...» в результате нагрузки из рис. 1.2.9. Б – оценки степени близости подгоночной кривой точкам массива URSS в инструменте cftool Матлаба.

Методика редактирования фигур-графика показателя эпюры на линейной или дуговой кромке

1. Скопируйте в буфер сохранённое имя фигур-файла из п. 10 типа «PerKrStor3Petrov_SmuzSpl_037». Командами меню фигур-окна «Edit\ Figure Properties» откройте Редактор свойств, и в поле «Figure Name» вставьте имя фигур-файла, а затем щёлкните ЛКМ по графобласти: вставленное имя перейдёт в заголовок окна. Сохраните файл.
2. Щёлчком ЛКМ по оси графика вызовите панель «Оси» Редактора (рис. 1.2.14, А). Заполните поля «X Label» и «Y Label» так, как показано на рис. 1.2.14, А с учётом данных Исполнителя.
3. Через кнопку «Font» в появившемся поле «Weight» выставьте значение «Bold»: текст оцифровки осей станет жирным.
4. Командами «View\ Plot Browser» вызывается Просматриватель кривых. Выделением строки точек показателя нагрузки типа «ures vs. Xkr» вызывается Редактор точек, и в его поля выставляются значения: Marker –

кружок, LineWidth – 2, Цвет – отличный от цвета линии подгонки (см. рис. 1.2.14, А). Закройте Просматриватель. Сохраните фигур-файл.

5. Выделите каждый из осевых ярлычков, и в появившемся нижнем среднем поле редактора шрифта выставите значение «Bold»: обе подписи станут жирными.

6. На панели инструментов нажимается кнопка «Data Cursor» : стрелка курсора превращается в перекрестье. Щелчком перекрестья на кривой создается черный квадрат с ярлычком данных в точке кривой. Нажмите ЛКМ на квадрат, и не отпуская ЛКМ передвиньте квадрат вправо в последнюю точку графика, так, чтобы в ярлычке были данные: X – длина кромки в мм, Y – значение показателя нагрузки в последней строке таблицы результата зондирования для выбранной кромки. Нажмите на клавишу «alt», и не отпуская её сделайте измерительным перекрестьем в двух местах кривой щелчки: появятся 2 измерительных ярлычка. Сохраните фигур-файл. Закройте Редактор свойств.

Методика построения показателя эпюры на дуговой и замкнутой кромках элементов детали

1. Методика построения графика показателя эпюры для дуговой кромки аналогична вышеописанной методике для линейной кромки. Единственное отличие – это определение длины кромки. Математически длина дуги определяется через её радиус и угловой размер дуги. Однако эти вычисления не нужно проводить, т.к. в Солидуоксе есть инструмент, непосредственно измеряющий элементы дуги, включая и длину – см. рис. 1.2.15.

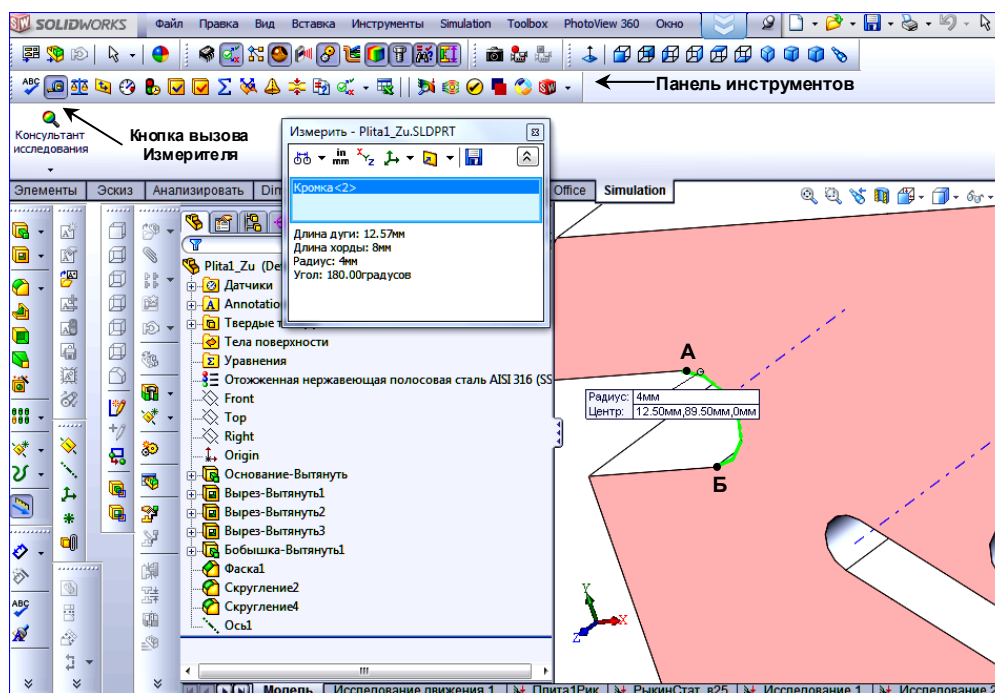


Рис. 1.2.15. Измерение длины дуги АВ измерителем «Измерить» с панели «Инструменты» в Солидуоксе. На экране измерителя показаны все геометрические параметры дуги.

Этот измеритель вызывается нажатием кнопки «Измерить»  с одновременным превращением курсора в сочетание рисунка кнопки и линейки. Для того, чтобы на панели «Измерить» появился экран измерений, следует нажать кнопку «Данные»  в правом верхнем углу панели.

Измеренной длине присваивается имя Lkg, которое вставляется в формулы (1.5) п. 8 предыдущей Методики, если 1-я строка таблицы измерений параметра нагрузки совпадает с ближней к началу координат модели концевой точкой дуги, или – в формулы (1.6), если – с дальней.

2. В круговой или замкнутой кромках вопрос о совмещении данных 1-й строки таблицы зондирования с началом кромки теряет практический смысл: нет начала. Вместо этого на графике показателя эпюры следует указывать координаты точки с данными 1-й строки таблицы зондирования и направление обхода: по часовой стрелке (ПЧС)/ против часовой стрелки (ПрЧС) – см. рис. 1.2.17, А.

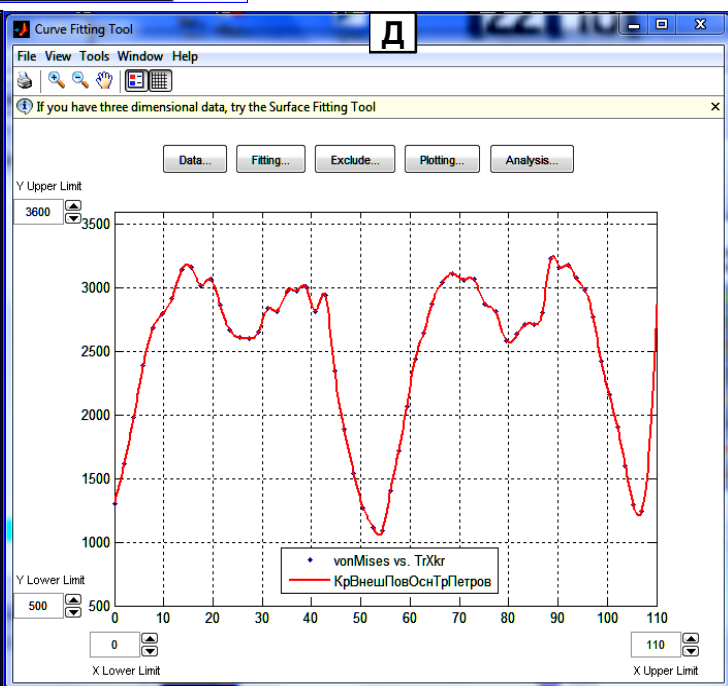
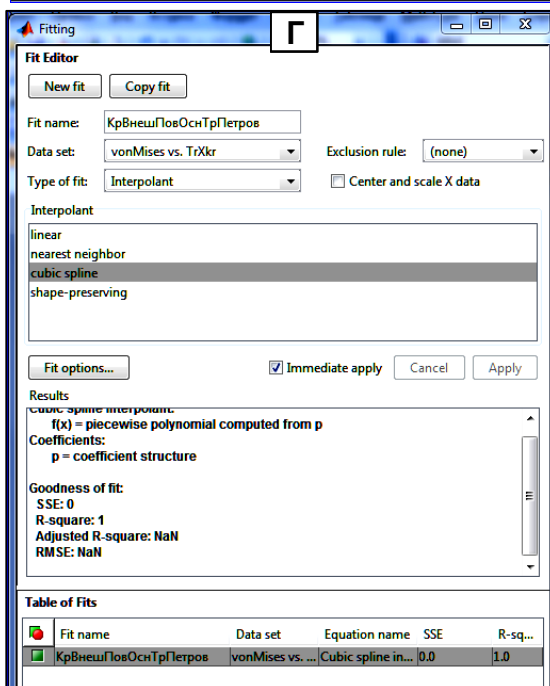
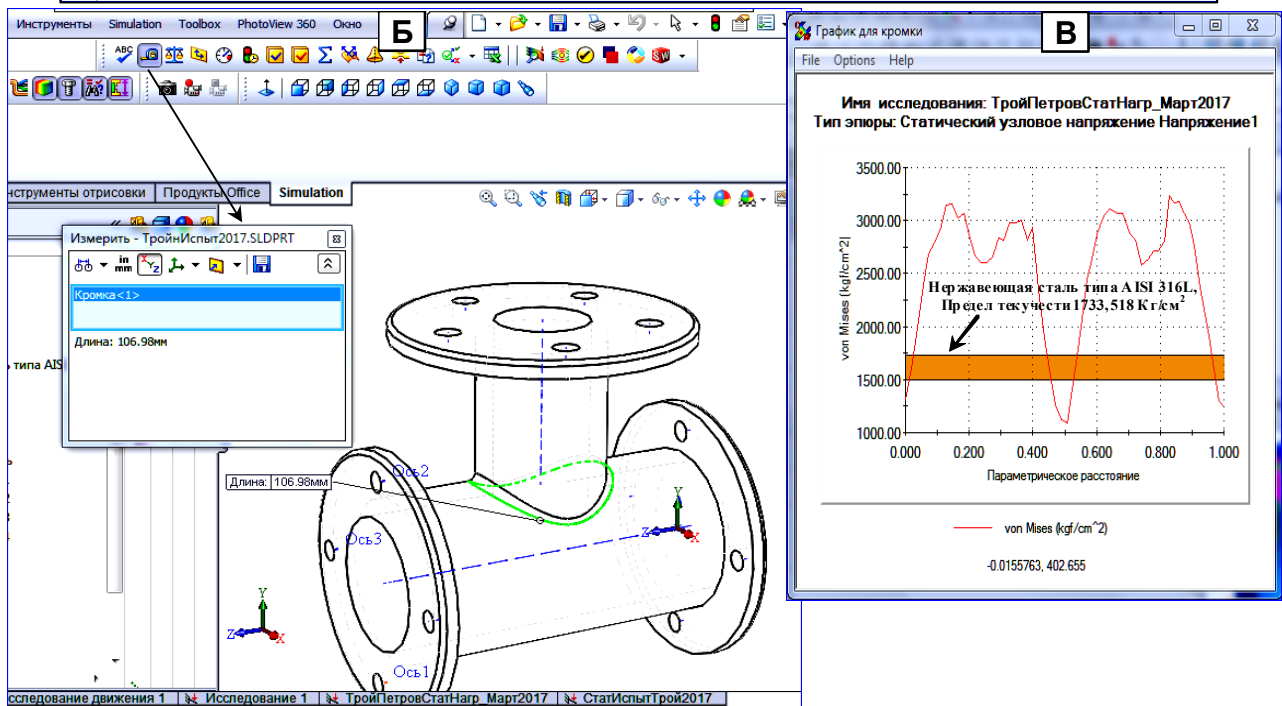
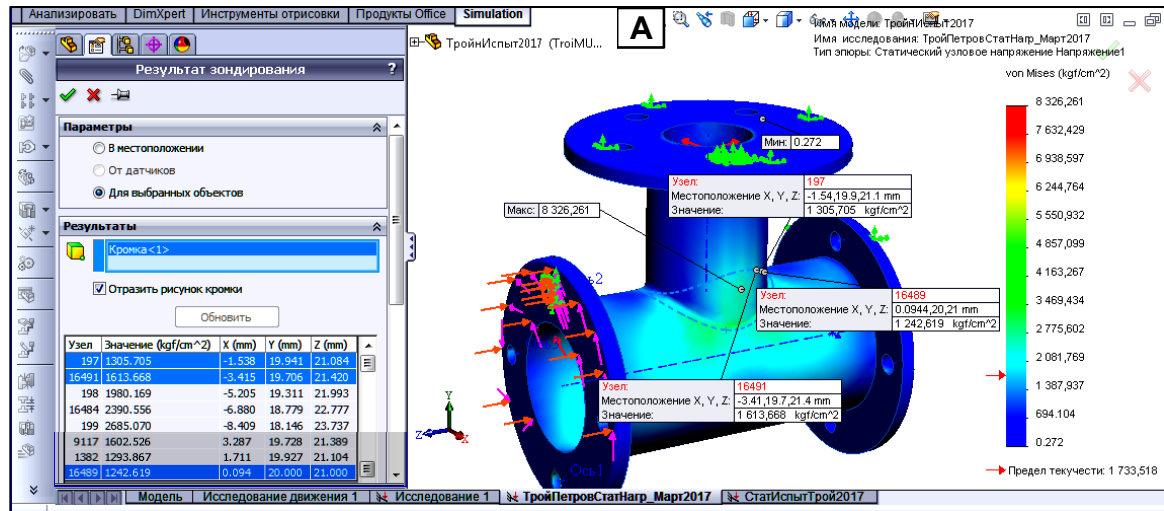
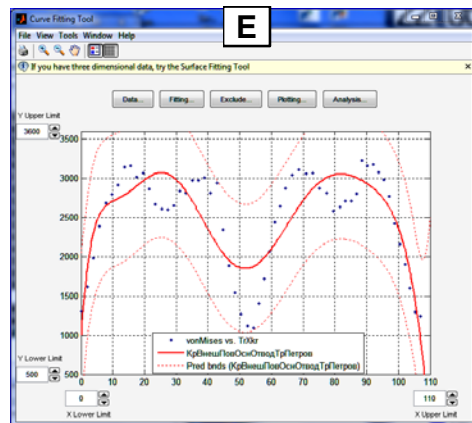


Рис. 1.2.16. А – измерение напряжения фон Мизеса на внешней кромке основания тройника с установлением направления расположения данных таблицы зондирования на кромке по расположению соседних узлов 197 (1-го) и 16941 (2-го) – против час. стрелки. Б – измерение длины кромки инструментом «Измерить» из панели «Инструменты» Солидуокса. В – график на кромке из рис. А из точек зондирования с полосой предупреждения между значениями напряжения 1500 и 1733, 518 Кг/см², построенный в Редакторе свойств графика на вкладке «AlarmZones». Г - Редактор подгонки к 58 точкам таблицы зондирования из рис. А в режиме «Интерполяция» посредством кусочной кривой «Кубический сплайн». Д – вид кривой подгонки среди массива табличных точек в графическом поле ИПК; показаны также 3 манипулятора настройки пределов графполя, вызываемые командами «Tool\Axis Limit Control». Е – для сравнения с рис. Д показана кривая подгонки полиномом 9-го порядка: этот тип подгонки явно не работает.



Для замкнутой кромки последовательность действий по построению на ней графика показателя эпюры соответствует Методике для линейной кромки с изменениями в пунктах 3 и 8.

2.1. Пункт 3 Методики изложить в редакции.

Выделяется 1-я строка таблицы, данные которой формируют начальную точку графика. Солидуокс показывает эту точку на кромке вместе с измерительным ярлыком. При нажатой клавише «ctrl» выделяется 2-я строка в дополнение к 1-й: появляется 2-й измерительный ярлычок. Если при взгляде на кромку сверху точка 2-го ярлычка расположена правее 1-й, то данные таблицы зондирования располагаются на кромке против часовой стрелки, если левее, то - по часовой (см. рис. 1.2.16, А). Первая строка таблицы копируется и сохраняется в Уорд-файле с именем кромки (по п. 4 Методики) и фамилией Исполнителя. К данным таблицы приписывается фраза: «Отсчёт против часовой стрелки» или «Отсчёт по часовой стрелке».

Расположите 1-й, 2-й и максимальный ярлычки (не снимая выделения в таблице зондирования) приблизительно с таким замыслом, как показано на рис. 1.2.16, А, и Виндоус-инструментом «Ножницы» вырежьте снимок, аналогичный этому рисунку. Сохраните снимок в выше созданном Уорд-файле, снабдив его подписью, аналогичной подписи рис. 1.2.16, А.

2.2. Пункт 8 Методики изложить в редакции.

В сесфайле на 1-й строке вставляется заголовок: «% Построение графика из эпюры (Имя) на кромке (Имя)». Далее вставляются данные графика из Уорд-файла с последующим их переводом в Вычпространство.

Вставляется в сесфайл из Уорд-файла столбец X. Слева от первого числа вставляется без пробела открывающая квадратная скобка «[», а справа от последнего числа – закрывающая «]» и точка с запятой. Всему столбцу присваивается имя xP (английский шрифт). Аналогично вставляется столбец показателя эпюры. Ему присваивается имя показателя эпюры: «vonMises» для эпюры «Напряжение1...», «ures» для эпюры «Перемещение1...», «estrn» для эпюры «Деформация1...», «fos» для эпюры «Запас прочности1...». Имя показателя нагрузки показывается Солидуоксом над многоцветной шкалой значений показателя. Расшифровка значений показателя эпюры – в разд. 1.2.2. Далее вставляются следующие выражения:

$$Lkr = \text{Длина кромки.} \quad Xkr = Lkr * xP; \quad (1.7)$$

Длина измеряется на модели детали. Для этого нужно из Исследования перейти к модели, нажав кнопку «Модель» в строке кнопок внизу графокна. Процедура измерения показана на рис. 1.2.16, Б.

Все вставленные данные выделяются и контекст-командой «Evaluate Selection» переносятся в Вычпространство. Сохраните данные в файле «WS_...».

2.3. Дальнейшие действия – по Методике для линейной кромки до конца.

Методика редактирования фигур-графика показателя эпюры для замкнутой кромки аналогична Методике для линейной кромки с добавлением п. 7 по вставке на график 1-й строки таблицы зондирования и направления отсчёта расстояний от начальной точки построения графика.

Дополнение к «Методике редактирования фигур-графика...» для случая замкнутой кромки

Отредактированный график показан на рис. 1.2.17, А.

Командами меню фигур-окна «View\ Plot Edit Toolbar» открывается Строка инструментов редактирования кривой (рис. 1.2.17.А). Нажимается кнопка «Вставить текстовую стрелку». Производится щелчок ЛКМ в

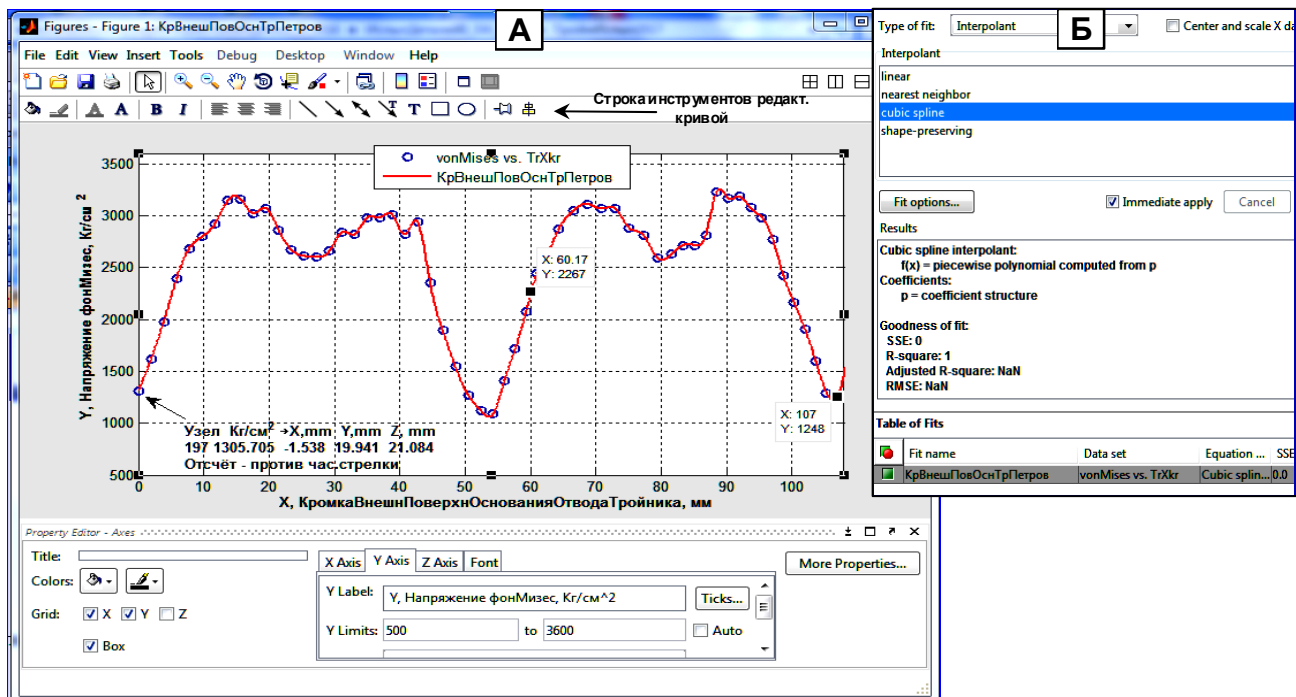


Рис. 1.2.17. А - оформление графика показателя эпюры на замкнутой кромке в фигур-окне Матлаба из рис. 1.2.16, А. Для начальной точки приведены данные 1-й строки таблицы зондирования показателя и указано направление отсчета длины кромки для точек графика. Б – показатели точности подгонки: подгонки идеальна – кривая проходит чрез все точки массива, сумма квадратов отклонений от точек массива (SSE) равна нулю.

месте ввода текста, от которого протягивается стрелка к начальной точке графика. В месте щелчка должен мигать текстовый курсор. Если не мигает (был выход из инструмента), двойным щелчком по стрелке войдите в инструмент. В Уорд-файле из п.б копируется сохранённая 1-я строка таблицы зондирования и вставляется в месте курсора в фигур-окне. Далее в ручном режиме набираются 2 другие строки, показанные на рис. 1.2.17, А.

1.2.4. Основные сведения об инструментарии cftool Матлаба [9]

Инструментарий cftool (Curve Fitting Tool – Инструментарий Подгонки Кривых, ИПК) предназначен для генерации и подгонки кривых и поверхностей с высокой точностью к 2- и 3-мерным массивам целевых точек. Свойства подгоняемых кривых показаны в табл. 1.3. Виды оценок точности подгонки даны в табл. 1.4. Примеры применения инструмента приведены в разд. 1.2.3.2, в п.10 Методики построения показателя нагрузки на линейной кромке, на рис. 1.2.13 и 1.2.16.

В инструментарии могут также использоваться пользовательские кривые (поверхности), удовлетворяющие требованиям Матлаба к Модели Исполнителя [10].

Таблица 1.3.

Типы инструментов подгонки кривыми для многоточечных 2- 3-мерных массивов точек в инструментарии cftool (Curve Fitting Tool – Инструментарий Подгонки Кривых - ИПК)[9].
x – аргумент массива точек, a, b, c, d, a₀, a₁, b₁ и т.д. – величины, вычисляемые Матлабом при подгонке кривой или поверхности к массиву точек.

Место в меню	Наименование типа инструмента	Ресурсы типа	Формула	Примеры применения
1	Custom Equations Предложения пользователя	По усмотрению пользователя	Любая формула с набором вычисляемых параметров, удовлетворяющая требованиям Матлаба к Модели Исполнителя [10].	В Инструментарии есть 2 диалоговых панели для настройки соответственно линейной и нелинейной формулы в качестве инструмента подгонки [24].

Место в меню	Наименование типа инструмента	Ресурсы типа	Формула	Примеры применения
2	Exponential Экспоненциальный	Одно и двучленные выражения	ae^{bx} , $ae^{bx} + ce^{dx}$	Применяется, когда скорость изменения величины пропорциональна её начальному значению. По 1-й формуле уменьшается радиоактивность однофазного источника: а – нач. её значение, b – параметр распада, x – время. Формула 2 соответствует 2-модовому источнику.
3	Founer, Фурье	Суммы синуса и косинуса от 1 до 8	$y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i \cos(nwx) + b_i \sin(nwx), 1 \leq n \leq 8$	Применяется для Фурье-анализа гармонических сигналов.
4	Gaussian, Гауссовский	Сумма от 1 до 8 дифференц. распредел. Гаусса - Гауссовские пики	$y = \sum_{i=1}^n a_i \exp[-(\frac{x-b_i}{c_i})^2], 1 \leq n \leq 8$	Для подгонки кривых и поверхностей с пиками. Гауссовские пики используются во многих областях науки и техники. Например, для описания линейчатых спектров эмиссии или концентрации химических веществ.
5	Interpolant, Интерполяционный. Непараметрическая подгонка.	4 вида: линейная, ступенчатая, кусочно-кубический сплайн, сохраняющая форму	График без формулы	Простая сглаженная подгонка к массиву целевых точек без извлечения или интерпретации параметров сглаживания.
6	Polynomial, Полиномиальный (по умолчанию)	Полиномы от 1-й до 9-й степеней	$y = \sum_{i=1}^n p_i x^{n+1-i}, 1 \leq n \leq 9$ n + 1 – порядок полинома и лич. коэффци. подгонки, n – степень полинома и наивысший степень экстраполяционной переменной.	Используется, когда желательна простая эмпирическая модель для интерполяции или экстраполяции. Например, вольт-температурная характеристика термпары типа «J» описывается полиномом 7-й степени.
7	Power, Степенной	Одно и двучленные степенные выражения	ax^b , $a + bx^c$	Используются для представления разнообразных данных. Например, скорость поглощения реагирующих химических веществ пропорциональна определенной степени их концентрации.
8	Rational, Рациональный	Отношение полиномов от 0-й до 5-й степеней	$y = \frac{\sum_{i=1}^{n+1} p_i x^{n+1-i}}{x^m + \sum_{i=1}^{m+1} p_i x^{m+1-i}}, \begin{matrix} 0 \leq n \leq 5 \\ 0 \leq m \leq 5 \end{matrix}$	Основное достоинство – гибкость описания сложной структуры данных. Главный недостаток – нестабильность при значении знаменателя, близком к нулю.
9	Smoothing Spline Сглаженный сплайн. Непараметрическая подгонка.	С одним параметром	График без формулы	Простая сглаженная подгонка к массиву целевых точек без извлечения или интерпретации параметров сглаживания.
10	Sum of Sin Functions Сумма синусов	От одного до 8	$y = \sum_{i=1}^n a_i \sin(b_i x + c_i), 1 \leq n \leq 8$	Применяется для Фурье-анализа гармонических сигналов с различными фазами.
11	Weibull, Формула распределения Вейбула	–	$abx^{b-1}e^{-ax^b}$ a – параметр масштаба, b – параметр формы.	Для аппроксимации массива точек, напоминающего распределение Вейбула.

Таблица 1.4.
Виды оценок подгонки кривой или поверхности к массиву точек [11]

№	Обозначение оценки (статистики)	Определение	Формула
1	SSE	Сумма квадратов ошибок	$SSE = \sum_{i=1}^n w_i (y_i - \hat{y}_i)^2$, y_i - точка массива, $\hat{y}_i$ - точка кривой, сформированной Матлабом. $w_i = 1$. Чем ближе SSE к 0, тем меньше случайные погрешности компонентов модели подгонки, тем более точным будет применение модели для прогноза.
2	R-square	Рациональная комбинация квадратов ошибок	$R\text{-square} = \frac{SSR}{SST} = 1 - \frac{SSE}{SST}$, $SSR = \sum_{i=1}^n w_i (\hat{y}_i - \bar{y})^2, SST = \sum_{i=1}^n w_i (y_i - \bar{y})^2$, R-square лежит в промежутке 0...1. Чем ближе R-square к 1, тем большая часть значений целевых точек описывается подгоночной моделью. Например, если R-square= 0.8234, то 82,34% значений целевых точек описывается подгоночной моделью, а остальное - случайные отклонения.

№	Обозначение оценки (статистики)	Определение	Формула
3	Adjusted R-square (ARS), Исправленное R-square	Исправлено посредством учёта степеней свободы модели подгонки	$Adjusted\ R-square = 1 - \frac{SSE(n-1)}{SST(v)},$ $v = n - m.$ v - число степеней свободы модели, n - число целевых точек для подгонки, m - число параметров (коэффициентов) подгонки. Эта оценка применяется, если $0 < ARS \leq 1$. Чем ближе снизу к 1, тем лучше подгонка. Если $ARS < 0$ (что возможно), то формула не пригодна для подгонки.
4	RMSE, Среднеквадратическая погрешность	-	$RMSE = s = \sqrt{MSE},$ $MSE = \frac{SSE}{v}.$ Чем ближе RMSE к 0, тем больше подходит подгоночная модель для прогноза.

1.2.5. Генерация отчёта инструментом «Отчёт» по результатам испытания для статической нагрузки детали

По результатам статического испытания генерируется Отчёт инструментом «Отчёт», а эпюры из «Результатов» сохраняются в демонстрационном файле в формате «eDrawings».

Формирование отчёта вызывается кнопкой «Отчёт»  на панели управления «Симулейшен». Входные данные в отчёт заполняются в формы согласно файлу видеоуказания «1_РасчПлитыСтатHarpSnap_2015.02.11_23h42m23s_002_28m.wmv» (размещённого на сайте кафедры «Управление проектами» СПбПУ Петра Великого в разделе «Общая документация» по адресу «http://www.i.spb.ru/2005/ins_inn_material/baza_general_document.php» в папке «PosobiyaPoKomputerKonstrSystAnalizu») с коррекцией по рис. 1.2.17-1.

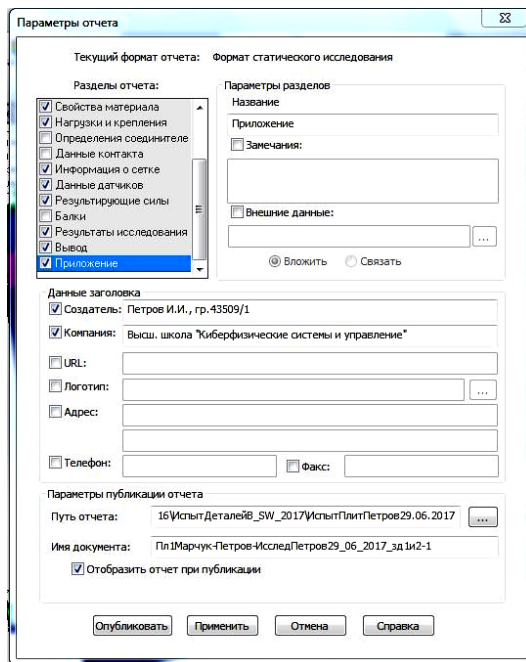


Рис. 1.2.17-1. Редактирование формы запуска Отчёта по исследованию в статике детали: удаляются галочки в белых квадратах «Разделы отчёта» (на рисунке они удалены, а в реальной работе – стоят), заполняются строки «Создатель» и «Компания», поля «Путь отчёта» и «Имя документа» заполняет сам, и их можно изменить, однако в «Имени документа» должно стоять имя заголовка дерева исследования.

Кроме отчёта следует сохранить эпюры из Результатов в формате «eDrawings» командой «Сохранять все эпюры как eDrawings» из контекст-меню ветви «Результаты» - рис. 1.2.2, Б.

В отчёте также следует сохранить объекты, созданные при построении графика показателя нагрузки на кромке элемента детали. В результате Отчёт должен содержать следующие объекты.

1. Сгенерированный Солидусом отчёт по испытанию для статической нагрузки.
2. Сохранённые эпюры в формате «eDrawings».

3. Таблица точек максимального значения показателя нагружения на эпюрах в Уорд-таблице, аналогичной табл. 1.2 из разд. 1.2.3.1, вместе со схемой нагрузки детали, аналогичной рис. 1.2.9.
4. Эксель-файл с данными графика с именем из п. 4 Методики в формате «csv»,
5. Снимок Детали, скопированный в Уорд-файл, с выделенной кромкой в режиме зондирования показателя нагрузки на кромке, аналогичный рис. 1.2.11, А, выполненный виндоус-инструментом «Ножницы». На концах кромки должны быть показаны измерительные ярлыки (для круговой кромки должны быть показаны ярлыки 1-й и 2-й строк из таблицы «Результаты»). Следует также показать начало таблицы, уместяющееся в снимке. Рисунок в Уорд-файле подписывается аналогично рис. 1.2.11, А.
6. График показателя нагрузки в формате «os2» с именем, аналогичным имени Эксель-файла из п.4 .
7. Уорд-файл с преобразованием csv-данных в таблицу согласно п. 6 Методики с именем из п. 4.

Файлы Матлаба

8. Сессионный с именем «SesStatIspDetFmilija» (Det – тип детали: Plit или Troy).
9. Вычпространства с именем «WS_StatIspDetFmilija».
10. Файл сессии подгонки с именем согласно п. 10 Методики (с именем, состоящем из имени массива точек и имени типа подгонки с указанием параметра подгонки).
11. Фигур-файла графика из п. 10 Методики, отредактированного согласно рис. 1.2.14, А или 1.2.17, А.
12. Уорд-файл с копией фигур-файла графика и снимка оценок близости подгонки графика к массиву точек показателя нагрузки, оформленных и подписанных согласно рис. 1.2.14, А или 1.2.17, А.

1.2.6. Определение предельной статической нагрузки детали по рассчитанному запасу по текучести её материала

1.2.6.1. Выбор коэффициента запаса прочности [12, 13, разд.1.12]

Основным и наиболее распространенным видом прочностного расчёта является метод расчета по напряжениям. Согласно этому методу, расчет на прочность ведут по наибольшему напряжению σ_{max} , возникающему в некоторой точке нагруженной конструкции. Напряжение σ_{max} называется максимальным рабочим напряжением. Оно не должно превышать определенного значения, свойственного данному материалу и условиям работы конструкции. Расчет по напряжениям ведут по формуле

$$\sigma_{max} \leq \sigma_L / n .$$

где σ_L - некоторое предельное для данного материала напряжение; n - число, большее единицы, называемое коэффициентом запаса или просто запасом. Обычно бывает так, что размеры конструкции уже известны и назначены, например, из эксплуатационных соображений или соображений технологичности. Расчет на прочность является поверочным. В этом случае подсчитывают σ_{max} и определяют фактический коэффициент запаса:

$$n_{\phi} = \sigma_L / \sigma_{max} . \quad (2.1)$$

Если этот запас удовлетворяет конструктора ($n_{\phi} \leq n$), считается, что поверочный расчет дал положительный результат. Когда конструкция находится в стадии проектирования и некоторые характерные размеры должны быть назначены непосредственно из требований прочности, значение n задают заранее. Искомый размер l получают из условия

$$\sigma_{max}(l) \leq [\sigma] \quad (2.2)$$

где $[\sigma] \leq \sigma_L / n$ - допускаемое напряжение.

Остается решить вопрос, какое напряжение принимать за предельное и как назначать n . Для того чтобы избежать в работающей конструкции образования заметных остаточных деформаций, за величину σ_L для пластичных материалов принимается обычно предел текучести σ_T . Тогда наибольшее рабочее напряжение составляет n -ю долю от σ_T (рис. 2.1). Коэффициент в этом случае обозначается через n_T и называется коэффициентом запаса по текучести. Для хрупких, а в некоторых случаях и для умеренно пластичных материалов за

σ_L принимают предел прочности на разрыв σ_B . Тогда получаем:

$$\sigma_{max}(l) \leq [\sigma] = \sigma_B / n_B,$$

где n_B - коэффициент запаса по пределу прочности на разрыв.

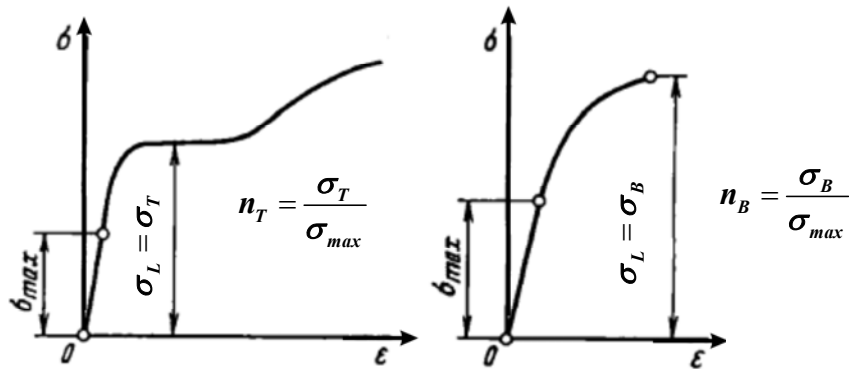


Рис. 1.2.18. Два способа определения запаса прочности: по пределу текучести (n_T) и по пределу прочности на разрыв (n_B). ϵ - деформация испытательного образца.

1.2.6.2. Дифференциальный метод выбора коэффициента запаса прочности по пределу текучести

Для учебных целей используется Методика выбора коэффициента запаса прочности на разрыв [14] с заменой в табл. 1.6 σ_B на σ_T и 60 кгс/мм² на 15 кгс/мм².

При выборе коэффициента запаса прочности следует иметь в виду, что слишком малая величина n не обеспечивает достаточной прочности детали, и она в процессе работы может получить недопустимые деформации или совсем разрушиться. С другой стороны, слишком большая величина n приведет к перерасходу материала, утяжелению машины и увеличению ее габаритов.

Таблица 1.5. Значение коэффициента n_1

Степень ответственности детали	Детали малой стоимости	Детали большой стоимости
1. Поломка детали не вызывает остановки	1.0	1.0
2. Поломка детали вызывает остановку машины	1.2	1.3
3. Поломка детали вызывает	1.3	1.5

Величина коэффициента запаса прочности n_{sT} (s – составной, T – относящийся к пределу текучести материала детали) определяется по дифференциальному методу. Сущность его в том, что коэффициент запаса определяется как произведение ряда коэффициентов:

$$n_{sT} = n_1 * n_2 * n_3 * n_4,$$

где

n_1 — коэффициент, учитывающий степень ответственности детали. Он выбирается по табл. 1.5;

n_2 — коэффициент, учитывающий степень загрузки механизма; он зависит от режима работы. При статической нагрузке n_2 принимается равным; для легкого режима работы $n_2 = 1,1$; для среднего $n_2 = 1,2$, для тяжелого $n_2 = 1,4$. При циклической нагрузке для всех режимов работы: для симметричного цикла $n_2 = 1,2$; для пульсирующего цикла $n_2 = 1,0$;

n_3 — коэффициент, учитывающий надежность материала: для проката и поковок $n_3 = 1,1-1,2$; для стального литья $n_3 = 1,3 - 1,5$; для чугунных отливок $n_3 = 1,2 - 1,3$;

n_4 — коэффициент, учитывающий состояние поверхности детали и концентрацию напряжений: при статической нагрузке $n_4 = 1$; при циклической нагрузке для симметричного цикла $n_4 = n_k * n_p$ для пульсирующего цикла $n_4 = 0,7(n_p * n_k + 0,43)$;

n_p — коэффициент, зависящий от состояния поверхности детали. Его можно определить по табл. 1.6.

n_k — коэффициент концентрации напряжений. Этот коэффициент должен учитываться в тех случаях, когда деталь имеет отверстия, проточки, вырезы и т. д., благодаря которым в сечении детали появляются мест-

ные большие напряжения. Величина коэффициента пк определяется для каждой детали в отдельности.

Таблица 1.6. Значение коэффициента пп

Состояние поверхности		пп	
обработка	обозначение	$\sigma_T < 15$ кГ/мм ²	$\sigma_T > 15$ кГ/мм ²
1. Чистая (шлифование)	$\nabla 7$	1.1	1,15
2. Получистая (обточка)	$\nabla 5$	1.15	1,20
3. Грубая (обточка)	$\nabla 3$	1.25	1,35
4. Необработанная поверхн.. (после ковкн или проката)	~	1.40	1.60

1.2.6.3. Методика выбора коэффициента запаса прочности $\text{п}_{\sigma T}$ для плиты или тройника задания 1

Методика расчёта показана на примере расчета плиты для 25–го варианта табл. 1.7.

Таблица 1.7.

Значения составляющих коэффициента запаса прочности на разрыв плиты или тройника

Вар	Ответственности детали, п1		Степень загрузки плиты, п2 . См. текст для п2	Надёжность материала, п3 . См. текст для п3 : 2- поковка, 3 - литьё	Состояние поверхности, п4 . См. текст для п4 : 1- стат. нагр., 2- цикл. нагр., 3 – пульс. нагр.	Состояние поверхности, пп	
	Номер строки в табл.1.5	Малая стоимость / Большая стоимость. Ном. столб. в табл.1.5				Номер строки в табл.1.6	$\sigma_T < 15 / \sigma_T > 15$ кГ/мм ² . Номер столбца в табл.1.6
1.	1	2	1	1	3	3	2
2.	3	1	2	1	2	2	1
3.	1	3	2	1	1	2	2
4.	3	2	1	2	3	2	2
5.	1	2	1	2	2	3	1
6.	1	1	1	3	1	1	2
7.	2	2	2	3	2	3	2
8.	1	1	3	3	1	2	1
9.	2	2	2	1	2	1	1
10.	1	1	1	3	1	1	2
11.	1	2	2	2	2	2	2
12.	3	1	3	1	3	2	2
13.	3	2	2	3	2	3	2
14.	2	1	1	1	2	2	1
15.	3	1	3	1	2	1	1
16.	2	2	2	2	2	2	2
17.	2	2	2	2	3	2	1
18.	1	1	3	2	2	1	1
19.	3	2	3	1	1	2	2
20.	1	1	1	3	2	2	1
21.	1	2	2	2	1	3	2
22.	1	2	2	3	2	3	2
23.	1	1	3	2	2	2	1
24.	2	2	1	2	2	3	1
25.	1	1	2	3	2	3	2
26.	2	1	2	3	3	2	2
27.	2	1	2	2	2	3	2
28.	1	2	1	2	2	1	1
29.	3	1	3	2	1	1	2
30.	3	2	3	2	3	2	1
31.	3	1	3	1	3	2	2

Вар	Ответственности детали, n1		Степень загрузки плиты, n2. См. текст для n2	Надёжность материала, n3. См. текст для n3: 2- поковка, 3 - литьё	Состояние поверхности, n4. См. текст для n4: 1- стат. нагр., 2- цикл. нагр., 3 – пульс. нагр.	Состояние поверхности, nn	
	Номер строки в табл.1.5	Малая стоимость / Большая стоимость. Ном. столб. в табл.1.5				Номер строки в табл.1.6	$\sigma_T < 15 / \sigma_T > 15$ кг/мм ² . Номер столбца в табл.1.6
32.	3	2	2	3	2	3	2
33.	1	1	1	1	2	2	1
34.	3	1	3	1	1	1	1
35.	2	2	2	2	2	2	2
36.	2	2	2	2	3	2	1
37.	1	1	3	2	2	1	1
38.	3	2	2	3	2	3	2
39.	2	1	1	1	2	2	1
40.	3	1	3	1	2	1	1

Пример. Подсчёт коэффициента запаса прочности детали на разрыв nsT для 25-го варианта

1) Создайте Уорд-файл с именем типа «Расч_nsTPетров25». Впишите в него заголовок примера, вставив в него вариант Исполнителя.

2) Определение предела прочности детали на текучесть σ_T . Войдите в статическое исследование детали.

Контекст- командой «Применить/редактировать материал» на строке

 Plita1_Zu (-[SW]Отоженная нержавеющая полосовая сталь AISI 316 (SS)-)

вызывается Редактор материала. В строке «Предел текучести» в качестве единиц измерения должны стоять «кгс/см²». Если не они, то в строке «Единицы измерения» через стрелку выставьте нижнюю строку «Метрическая (МКС)». При этом возможна смена в строке русского термина на английский: «Yield Strength». Строка таблицы выделяется и вставляется в п.1 с последующей вставкой имени предела и изменением единиц измерения:

Предел текучести $\sigma_T = 1406.13 \text{ кгс/см}^2 = 14.0613 \text{ кгс/мм}^2$ для Отоженной нержавеющей полосовой стали AISI 316 (SS).

3) $n_1 = 1$ (1-я строка, 1-й столбец в табл.1.5).

4) $n_2 = 1.2$ (средний режим работы: в строке выбора стоит – 2)

5) $n_3 = 1.1$ (в названии материала указан прокат, поэтому пренебрегаем 3 в строке выбора (литьё)).

6) $n_4 = n_k \cdot n_n$ (2 – в столбце выбора).

7) $n_k = 1$, для всех вариантов.

8) $n_n = 1.25$ (строка 3-я в табл. 1.6, столбец 1-й, т.к. $14.0613 < 15 \text{ кгс/мм}^2$).

9) $nsT = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot n_4 = 1 \cdot 1.2 \cdot 1.1 \cdot 1.25 = 1.65$.

1.2.6.4. Методика определения предельного фактора нагрузки по рассчитанному коэффициенту запаса прочности nsT

Под фактором нагрузки подразумевается изменяемая одна из действующих нагрузок (при постоянстве других): сила (кгс), давление (кгс/см²) или момент (кгс*см). Для примера берём силу, деталь - плита. Расчёт по нижеследующей методике выполняется В Уорд-файле с расчётом nsT под заголовком «Определение максимальной силы нагрузки детали по nsT».

Порядок определения максимальной силы нагрузки детали по nsT

А. Вычисляется максимально-допустимое значение напряжения по коэффициенту запаса прочности по текучести Skzpt:

$$Skzpt = \sigma_T / ns_T = 14.0613 / 1.65 = 8.522 \text{ кгс/мм}^2 = 852.2 \text{ кгс/см}^2. \quad (1.8)$$

Б. В предположении линейного поведения материала детали для разных величин силы (это справедливо для начального этапа деформации детали) можно записать следующую пропорцию, а из пропорции – ориентировочное выражение для силы Fx, создающей напряжение Skzpt:

$$F_x / Skzpt = F_{izv} / S_{izv}, \quad F_x = (F_{izv} / S_{izv}) \cdot Skzpt, \quad (1.9)$$

где F_{izv} и S_{izv} – значения известных силы и максимального напряжения в статических испытаниях из разд. 1.2.1 – см. рис. 1.2.19. Вычисленная величина позволяет оценить диапазон нагрузки, в котором лежит ис-

тинное значение предельной силы Fskzpt, создающей напряжение *Skzpt*.

Инструментом «Ножницы» вырежьте участок окна Солидуокса в режиме испытания детали, подобный рис. 1.2.19 и вставьте его в п. Б Расчёта, снабдив его подписью, аналогичной рис. 1.2.19 с учётом данных Исполнителя.

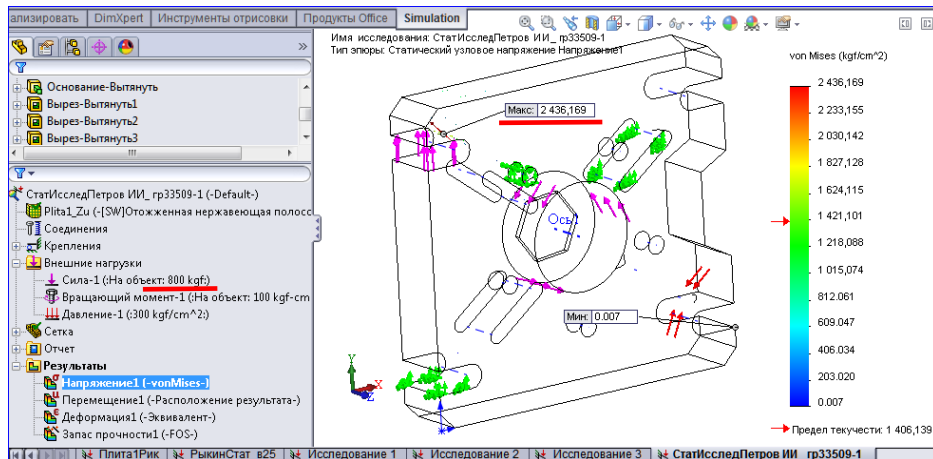


Рис. 1.2.19. Максимальное напряжение фон Мизеса 2436.169 кгс/см² для силы 800 кгс.

Подставляя известные значения из рис. 1.2.19 и (1.8) для Fx в (1.9), получим:

$$F_x = (800/2436.169) * 852.2 = 279.8492 \text{ кгс} = 280 \text{ кгс}.$$

В. Составляем вектор сил: $Sil = [0.25 \ 0.5 \ 1 \ 1.25 \ 1.5 \ 2] * F_x$. (1.10)

Г. В Виндоус создаётся отдельная папка для вычислений в Матлабе с именем типа «ПредСилаПоКоэф-ЗапТек_Петров25». Вызывается Матлаб. Созданная папка делается действующей. В Редакторе Матлаба создаётся новый М-файл типа: «SesPredSilaPetrov25», в который следует скопировать содержание рис. 1.2.20. Данные в копии заменяются на исполнительские по мере выполнения Методики. Комментарии не нужно трогать, за исключением данных, относящихся к заданию Исполнителя.

Д. Первые 4 исполнительских строки – это данные полученные в п. А...В. Первые 2 строки выделяются и запускаются в Матлабе. Конкретные силы, вычисленные Матлабом, из Комокна копируются во 2-й вектор Sil. Значение sigmaT Исполнителя выделяется и переносится в Вычпространство.

Е. Значения вектора sigmaSil_max определяются в Солидуоксе в сеансе статических испытаний путём последовательной подстановки значений вектора Sil, запуска исследования и считывания в эпюре «Напряжение1 (-vonMises-)» из ярлычка «Макс» максимального значения напряжения фонМизес.

Ж. Строки sigmaSil_max и nTSil выделяются и запускаются. Вычпространство после операции сохраняется с именем типа «WS_SesPredSilaPetrov25».

З. Построение графика кривой «nTSil от Sil» с использованием инструмента ИПК (cftool). Выполняются пункты 9 и 10 «Методики построения показателя нагрузки...» из разд. 1.2.3.2 при X= Sil и Y= nTSil.

В качестве типа подгоночной кривой следует использовать: «Smoothing Spline» с подгоночным параметром «р» (величина – на усмотрение Исполнителя) или «Интерполяционный, кубический сплайн». Дайте имя подгонке типа «nTSil vs. SilPetrovSmoothSp0_024» (0,024 – параметр подгонки).

Если кривая подгонки «плохо» располагается в графическом окне (конечные точки садятся на оси координат), то командами меню «Tools/ Axis Limit Control» вызываются манипуляторы пределов осей, посредством которых устраняются недостатки размещения кривой.

Сессия подгонки сохраняется с именем типа «nTSil vs. SilPetrovSmoothSp0_024.cfit» (команды «File/ Save Session»).

И. Сохранение подгоночной кривой и точек массива nTSil в фигур-окне Матлаба и графическое определение предельной нагрузки (силы) для детали по рассчитанному коэффициенту запаса nsT.

% 23.03.17. Построение кривых для опред. предельной нагрузки по расчит. коэф. nsT
% запаса прочности по текучести материала плиты (тройника)
% 1, Ввод данных
Fx=280; % kgs
Sil=[0.25 0.5 1 1.25 1.5 2]*Fx % кГс
Sil= [70 140 280 350 420 560] % кГс

```

sigmaT=1406.13 % кгс/см^2, Предел текучести
% для Отожженной нержавеющей полосовой стали AISI 316 (SS).
sigmaSil_max=[216.78 433.56 867.12 1083.9 1300.69 1724.35]; % Макс. напряж. Плиты
% при нагрузке силами Sil, кгс/см^2 .
nTSil=sigmaT./sigmaSil_max % Запас по текучести от силы Sil, отн. единицы.
% nTSil =
% 6.4864 3.2432 1.6216 1.2973 1.0811 0.8155
% Построение кривых в инструменте подгонки кривых - cftool (Curve Fitting Tool)
cftool

nsT=[1.65 1.65 1.65 1.65 1.65 1.65];
hold on
plot(Sil,nsT)
% Предельная сила из графика "nTSil vs. Sil_Petrov" равна 269 кгс для nsT=1.65, в то время
% как начальное приближение равно 279,85 кгс.

```

Рис. 1.2.20. Содержание сессионного М-файла «SesPredSilaPetrov25.m» по расчёту предельной нагрузки плиты для рассчитанного коэффициента запаса по текучести материала nsT=1.65.

Графическое окно подгонки копируется в фигур-окно командами «File/ Print to Figure» с именем типа «nTSil vs. SilPetrovSmoothSp0_024.fig» - рис. 1.2.21, А. Виндоус-инструментом «Ножницы» из Редактора подгонки вырезаются показатели точности (в объёме рис. 1.2.21, Б с обязательным упоминанием в таблице подгонок полного имени подгонки) и вставляются в Уорд-файл с Расчётом предельной силы.

В сесфайле расчета в векторе nsT заменяются значения на рассчитанные Исполнителем. Три последних исполняемых строки выделяются и запускаются (при открытом фигур-окне с графиком): на графике Матлаб построит прямую линию, соответствующую значению nsT. Точка пересечения прямой с графиком определит предельное значение силы Sil. Для оценки силы нажмите кнопку «Data Cursor» : стрелка курсора станет перекрестьем. Щёлкните им по кривой nTSil выше прямой nsT: в месте щелчка появится чёрный квадрат. Нажмите на квадрат ЛКМ и не отпуская передвигайте квадрат до встречи с прямой. В точке встречи движение должно быть аккуратным, чтобы не пропустить расчётное значение nsT в измерительном экранчике. При получении точного расчётного значения nsT выйдите из режима измерения. Сохраните фигур-окно.

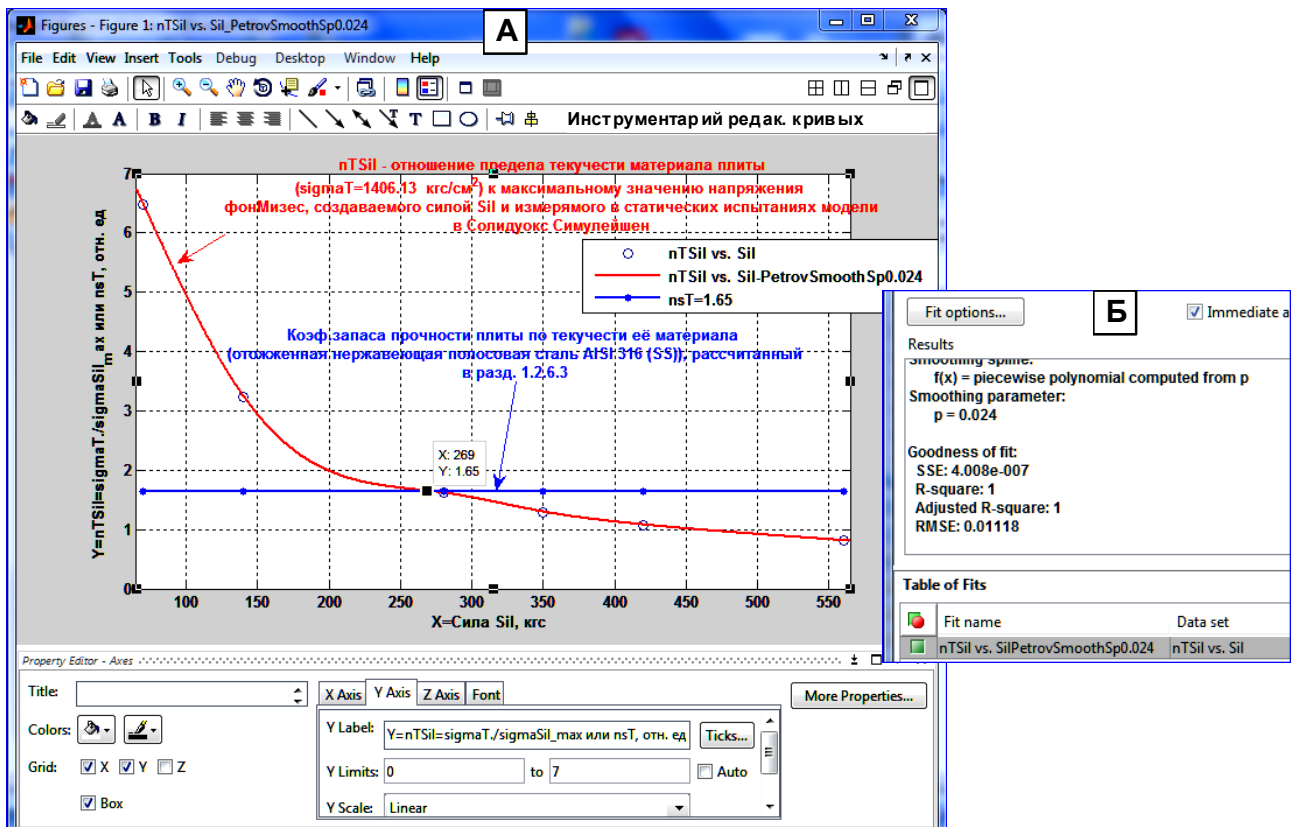


Рис. 1.2.21. А - графическое определение предельного значения силы Sil (269 кгс) нагрузки плиты по рассчитанному значению коэф. запаса прочности nsT (1,65) по текучести (предварительное значение этой силы, рассчитанное в п. Б Методики равнялось 279,85 кгс). Б – показатели точности подгонки кривой

«nTSil vs. Sil.PetrovSmoothSp0.024» к массиву точек «nTSil vs. Sil»: сумма квадратов отклонений кривой от 6 точек равна $4 \cdot 10^{-7}$ (отн. ед.)² или $6.32 \cdot 10^{-3}$ отн. ед. или в среднем на 1 точку - $1.05 \cdot 10^{-3}$ отн. ед.

К. Редактирование фигур-окна по образцу рис. 1.2.21, А. Редактирование выполняется по «Методике редактирования фигур-графика показателя нагрузки ...» из разд. 1.2.3.2 применительно к новому объекту редактирования.

Дополнения к указанной Методике.

- 1) Редакция объекта в «Легенде» производится после двойного щелчка ЛКМ на нём.
- 2) Тексты пояснений к кривым следует скопировать из рис. 1.2.21, А, вставив в них данные Исполнителя.
- 3) Цвет и жирный шрифт устанавливаются через Инструментарий редактирования кривых – см. 1.2.21, А.
- 4) Многократный вход в редактируемый текст производится командой «Edit» в контекст-меню текста.

Л. Копирование фигур-окна в Уорд-файл расчёта. Для этого можно использовать Виндоус-инструмент «Ножницы». Скопированное фигур-окно следует объединить с ранее вставленным рисунком точности подгонки по типу рис. 1.2.21. Вставить на рисунки ярлычки «А» и «Б». Вставить подпись к рисунку, скопировав подпись рис. 1.2.21 и откорректировав её по данным Исполнителя.

1.2.7. Визуализация областей эпюры, в которых показатель эпюры – не менее заданного. Построение «Изоповерхности» в эпюре

На эпюре «Напряжение1 (vonMises)» контексткомандой «Изометрия-Ограничение» вызывается одноимённая панель с бегунком нижней границы и цифровым индикатором значения. Бегунок находится в начальном крайнем левом положении, соответствующем началу цветной шкалы. Сдвиг бегунка вправо приводит к установлению не нулевого значения нижней границы, к сокращению окрашенной области детали и к подъёму чёрной стрелки на цветной шкале – см. рис. 1.2.22. При этом в поле «Параметры» в квадрате «Отобразить контуры на неразрезанных частях модели» должна стоять галочка. Созданная поверхность с заданным нижним значением напряжения (обозначаемого как «Iso») на ней называется «Изоповерхностью». На такой поверхности могут попадаться точки со значением показателя, больше «Iso», но не меньше.

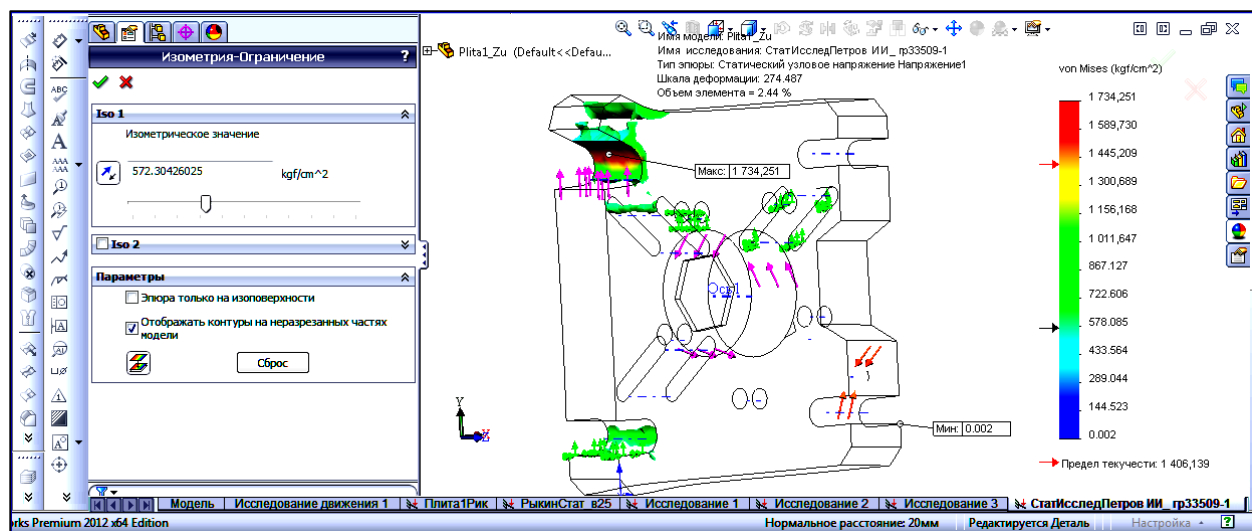


Рис. 1.2.22. Визуализация областей детали, в которых напряжение фон Мизеса находится в диапазоне 572,30...1734,251 Кг/см². Нижнее значение устанавливается бегунком с цифровой индикацией на панели «Изометрия-Ограничение» или путём прямой вставки значения в поле индикации. Синхронно с бегунком по цветной шкале напряжений движется чёрная стрелка, отмечая установленный нижний предел.

Обозначим в поле «Параметры» квадрат «Эпюра только на изоповерхности» через Г1, а 2-й квадрат – через Г2. Тогда влияние галочек на представление заданной области напряжений фон Мизеса можно описать так.

А) Г1-нет, Г2-есть (нет и есть галочка в соответствующем квадрате). Изоповерхность заданного значения напряжения «Iso1» (установлено бегунком), состоящая из частей граней детали и изоповерхности внутри детали, рассчитанных Солидуоксом – рис. 1.2.23, А.

Б) Г1-есть, Г2-есть. Показываются только граничные поверхности внутри детали и кривые их пересече-

ния с гранями эпюры - рис. 1.2.23, Б.

В) Г1-есть, Г2-нет. То же, что в п. Б).

Г) Г1-нет, Г2-нет. Показываются только внутренние части граничных поверхностей, а внешние закрашены серым цветом - рис. 1.2.23, В.

Таких изоповерхностей для разных значений Iso на эпюре детали Солидуокс может одновременно построить до 6 шт [21]. На рис. 1.2.24 показаны 3 изоповерхности для величин Iso, равных соответственно: 572,304; 884,469 и 1508,799 кгс/см². Как видно из рисунка, с приближением величины Iso к максимальному значению цветной шкалы 1734,251 кгс/см² размеры поверхности сокращаются.

Отображение каждой изоповерхности можно отключать, если убрать галочку в квадрате слева от имени Iso. На рис. 1.2.24, Б убраны галочки в «Iso 1» и в «Iso 2», в результате показывается только поверхность «Iso 3».

Для построенной изоповерхности можно сформулировать две актуальные задачи: как поставить в некоторых местах поверхности измерительные точки, дающие информацию о конкретной величине показателя в ней, и как измерить расстояние до этих точек от некоторых опорных с простой идентификацией на эпюре детали. Решение – в нижеследующей Методике.

1.2.8. Методика расстановки измерительных точек в определённых местах изоповерхности и определение расстояний до них от созданных опорных точек в эпюре детали

Расстановка измерительных точек в эпюре модели и сохранение их таблицы в csv-формате

А) Для того, чтобы можно было расставлять измерительные точки инструментом «Зондирование» на изоповерхности (например, на изоповерхности с Iso=1508,798 – рис. 1.2.24, коричневая) необходимо обеспечить прозрачность граней, через которые будут ставиться точки. Нажатием кнопки «Модель» (см. рис. 1.2.23, В) переходят от эпюры к модели. Допустим, прозрачность следует создать для граней 1...3 (рис. 1.2.25, А). Нажатием контекст-кнопки «Изменить прозрачность»  на каждой из граней обеспечивается изменение их прозрачности, и сквозь прозрачную грань можно видеть элементы внутри модели – рис. 1.2.25, Б.

Б) На выделенной эпюре контексткомандой «Зондирование» вызывается панель «Результат Зондирования» и проверяется наличие точки в кружке «В местоположении».

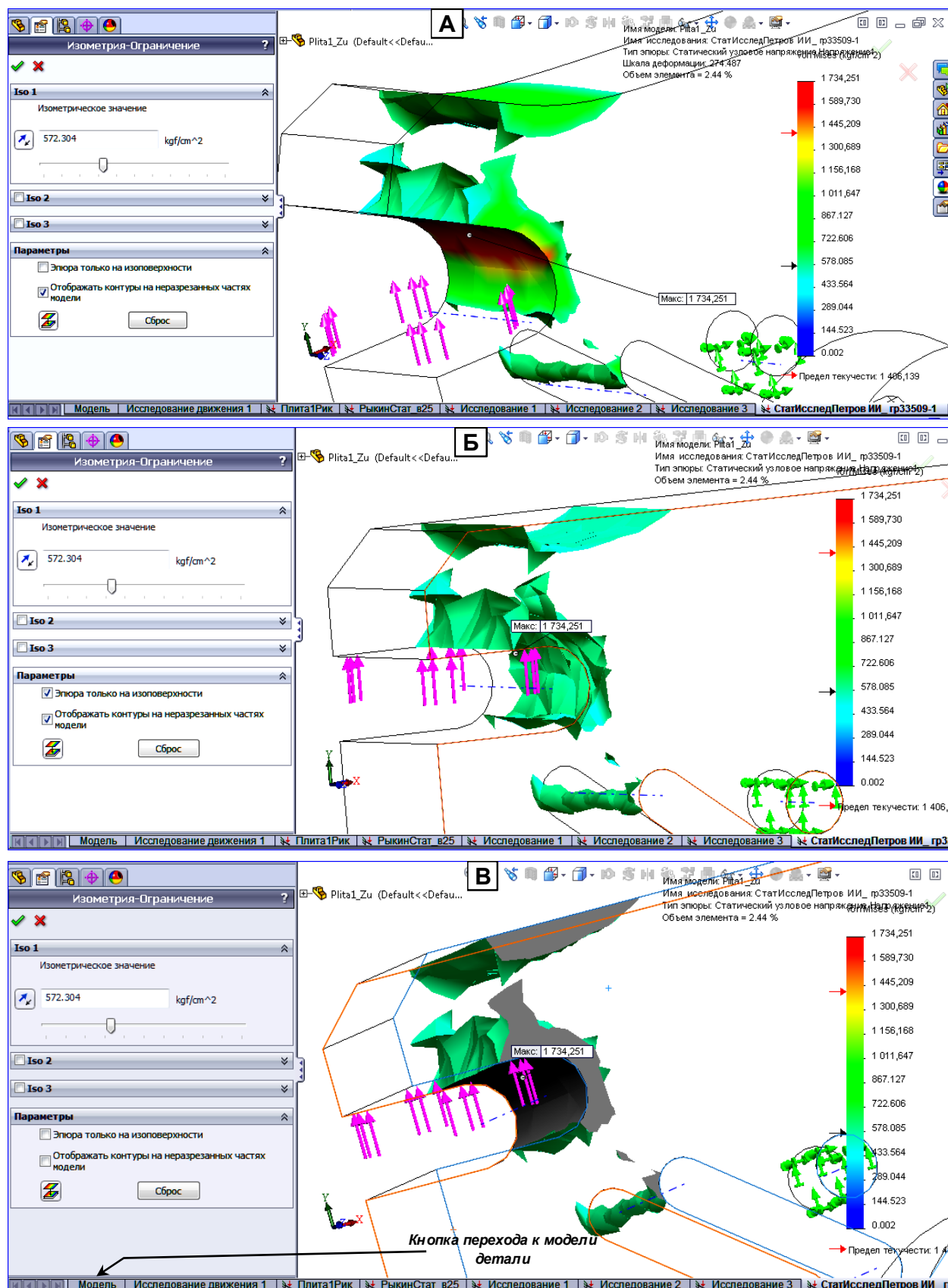


Рис. 1.2.23. А – Отображается объём ($572,3 \leq \text{vonMises} \leq 1734,3 \text{ kgf/cm}^2$), выделенный участками граней детали и поверхностями внутри детали, рассчитанные Солидуоксом. Б – ограничивающие объём из п. А поверхности, лежащие внутри детали. В – внутренние стороны поверхностей из п. Б.

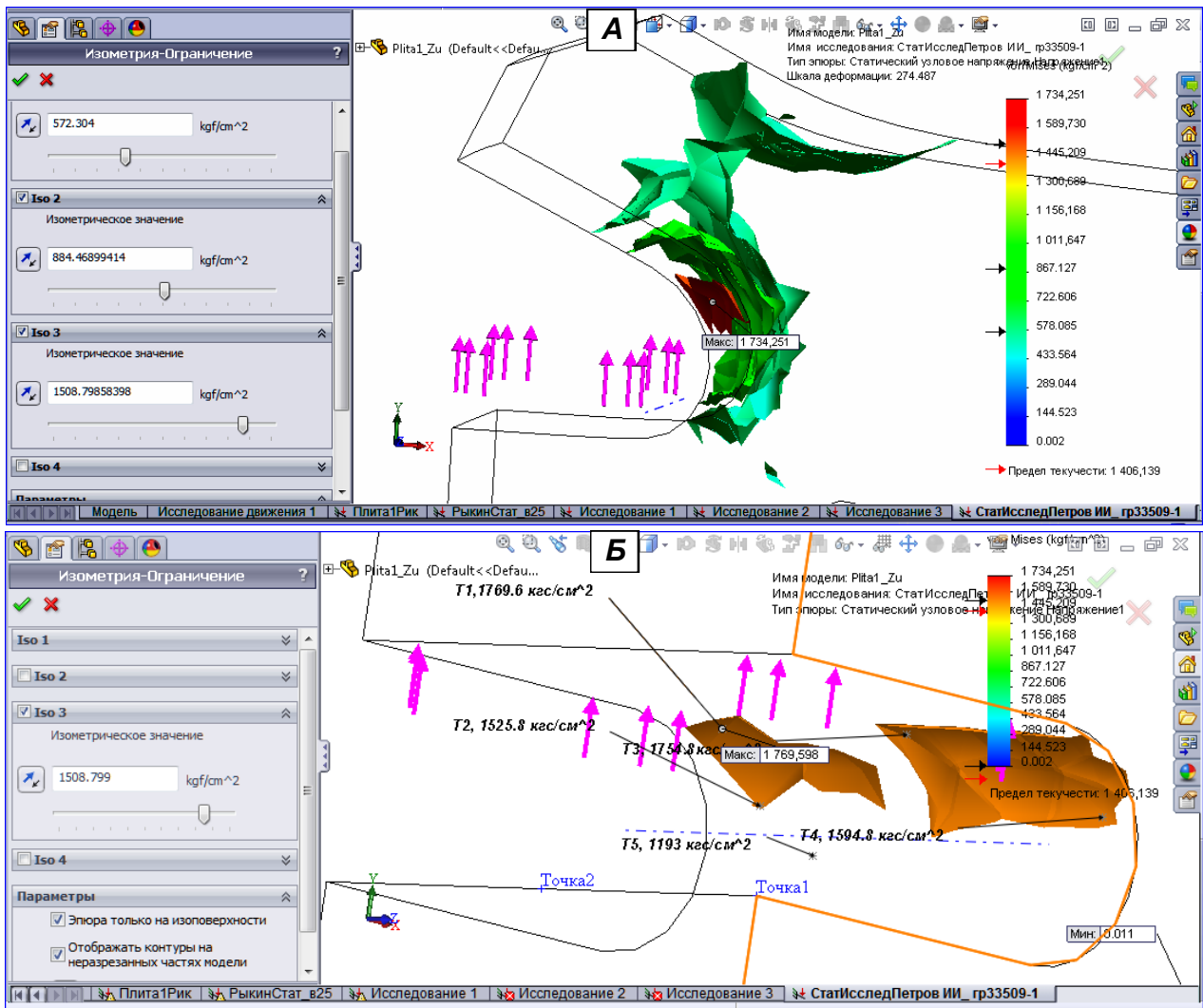


Рис. 1.2.24. А – три изоповерхности в области максимального значения напряжения «фонМизес» 1734,251 кгс/см², каждая из которых соответствует значению напряжения, обозначаемого как Iso, равного 572,304; 884,469 и 1508,799 кгс/см², и устанавливаемого на панели «Изометрия-Ограничение» бегунком или вставкой в окно индикатора величины Iso. Б – Изоповерхность для Iso3=1508,799 кг/см²: точки T1...T5 и Точка1 и 2 вставлены позднее в пп. В) и Е).

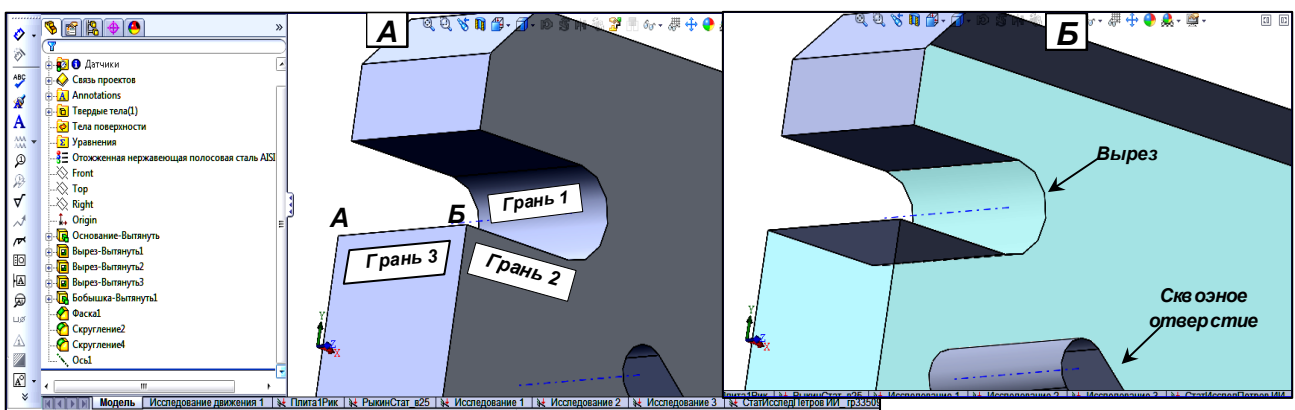


Рис. 1.2.25. Обеспечение прозрачности граней 1...3 контекст-кнопкой каждой грани «Изменить прозрачность»: на рис. Б через прозрачную грань2 видна внутренняя поверхность сквозного отверстия внизу детали и внутренняя поверхность нижней грани выреза.

В) Эпюра поворачивается, область с рассматриваемой поверхностью увеличивается для удобства представления измерительных точек, которые ставятся щелчком ЛКМ в выбранных местах изоповерхности. В результате в Графокне появится набор измерительных ярлычков, а на панели – таблица данных: рис. 1.2.26, А. Если точка поставлена неудачно или лишняя, её можно удалить, выделив строку точки в таблице (рис. 1.2.26, А) и задействовав строку «Удалить» контекстменю.

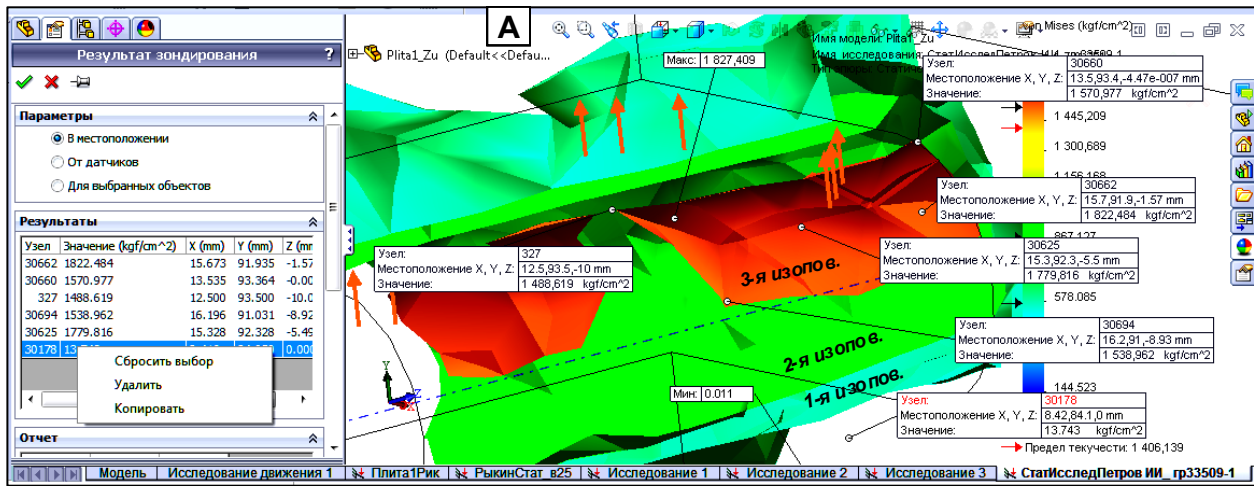


Рис. 1.2.26. А - расстановка измерительных точек по 3-й изоповерхности.

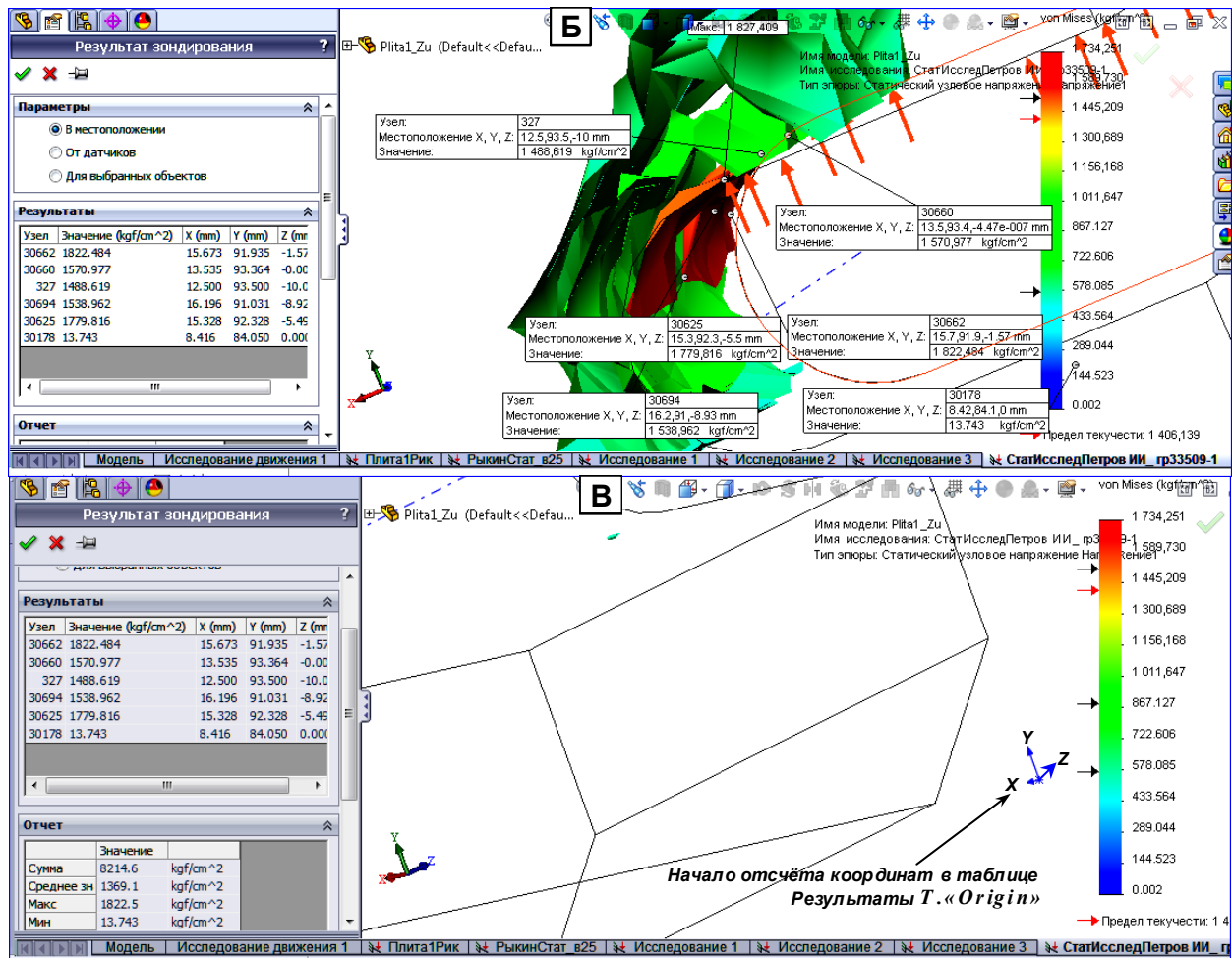


Рис. 1.2.26. Б – Поворот изоповерхности в профиль для проверки правильности расстановки измерительных точек. В – начало отсчёта координат измерительных точек в таблице «Результаты» на панели «Результат зондирования»; эта точка входит в состав дерева конструирования модели детали под именем «Origin» - см. рис. 1.2.25.

Г) Для проверки правильности установки точек изоповерхность следует повернуть в профиль: точки не должны удаляться на значительное расстояние от поверхности – рис. 1.2.26, Б.

Д) Нажатием на кнопку «Сохранить»  сохраните таблицу в csv-формате в папке исследования со вставкой в её имя даты, т.е. имя файла будет типа «Plita1_Zu-СтатИсследПетров ИИ_ гр33509-1-Результаты-Напряжение1-1ИзмеритТочки28.04.2017.csv».

Вставка опорных и измерительных точек в модель

Е) Вставка опорных точек в модель. Опорными будем называть точки, от которых рассчитывается рас-

стояние до измерительных точек. Поскольку измерительные точки имеют координаты по отношению к точке «Origin» (рис. 1.2.26, В), то расстояния до неё легко вычисляются. Однако использовать эти расстояния неудобно: они лишены наглядности из-за малого масштаба отображения расстояния. Приблизим опорные точки к измерительным, руководствуясь наличием подходящего инструмента расстановки таких точек. В качестве опорных возьмём 2 точки на кромке АБ (рис. 1.2.25, А): одну наметим в вершине «Б», а вторую – в середине кромки АБ.

Е1) Установка точки в вершине «Б». Переходят от эпюры в режим модели нажатием кнопки «Модель». На панели «Справочная геометрия»  нажимается кнопка «Точка». На появившейся панели «Точка нажимается» кнопка «Пересечение», и ЛКМ выделяются 2 кромки, образующие вершину «Б»: Солидуокс ставит в вершину розовую точку. После нажатия «ОК» в вершине появляется синяя точка с надписью «Точка1».

Е2) Установка точки в середине кромки АБ. Вновь нажимается кнопка «Точка» на панели «Справочная геометрия». На появившейся панели нажимается кнопка «Исходная точка вдоль...». В появившиеся поля вставляются: точка - в кружок «Равномерно распределить», «1» - в поле ввода числа. После нажатия «ОК» в середине АБ появляется синяя точка с надписью «Точка2» - рис. 1.2.27.

Е3) Установка точки в любом месте линейной кромки АБ. Нажимается кнопка «Точка» на панели «Справочная геометрия». На появившейся панели нажимается кнопка «Исходная точка вдоль...». В появившиеся поле вставляется 1 мм. Курсор подводится к началу (например, к вершине 1- рис. 1.2.27, А) или к концу кромки (кромка высвечивается), и щелчком ЛКМ ставится розовая точка вблизи начала/ конца (расстояние этой точки от начала/ конца будет установлено Солидуоксом 1 мм). Далее, курсор вставляется в поле ввода, и устанавливается другое значение расстояния, например 12 мм, и нажимается клавиша «Enter»: Солидуокс установит точку на расстоянии 12 мм не от исходной, а от вершины 1. В примере после выхода из режима установки поставленной точке присваивается Солидуоксом имя «Точкаб». Измерение расстояния между точкой 6 и вершиной 1 даёт значение 12 мм – рис. 1.2.27, А. Таким способом можно установить точку в любое место кромки. Если введённое расстояние превысит длину кромки, Солидуокс выдаст замечание об ошибке ввода.

Ж) Вставка измерительных точек в модель. Измерительные точки в п. Д) сохранены в csv-формате. Однако для вызова их в модель или в эпюру в Солидуоксе отсутствует прямой инструмент типа «Зондирование».

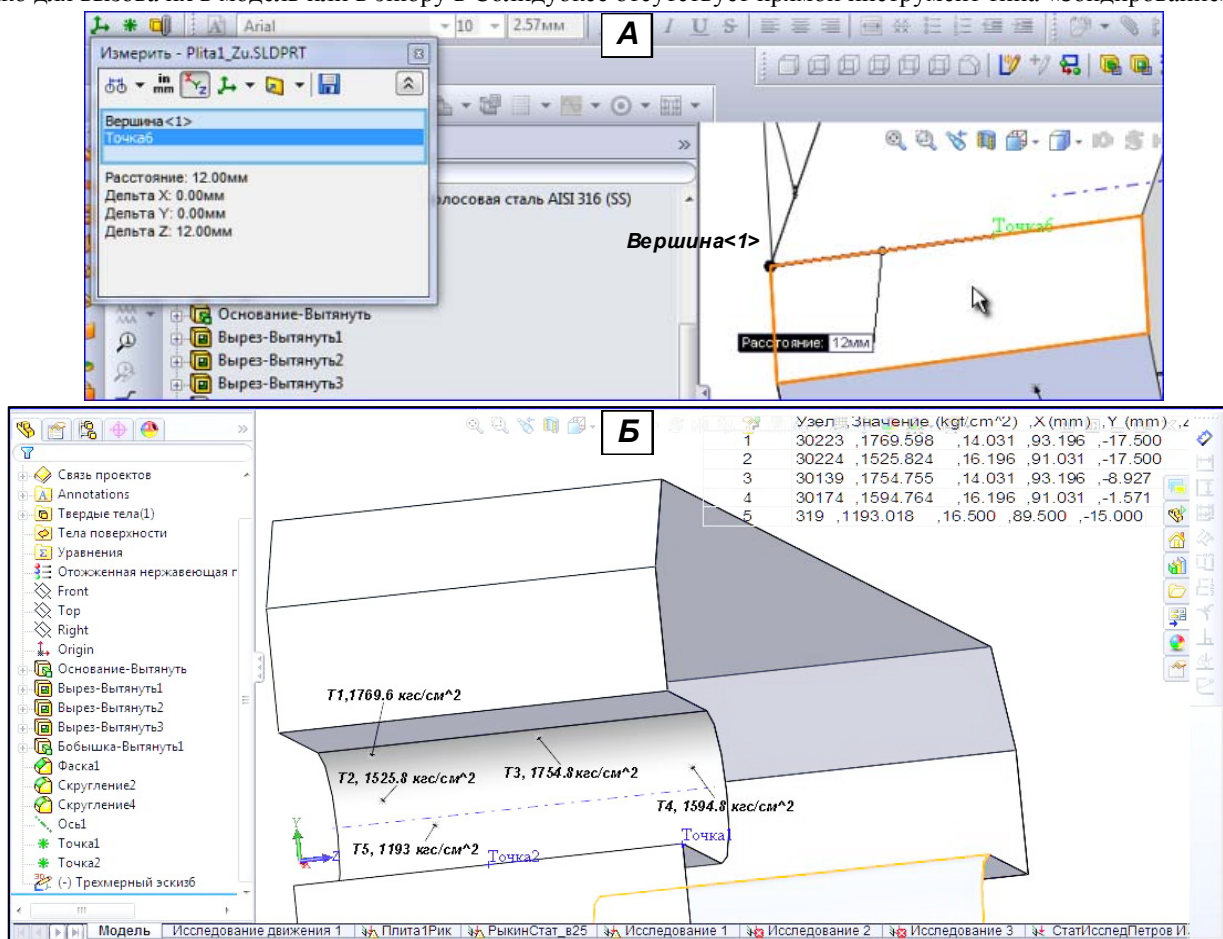


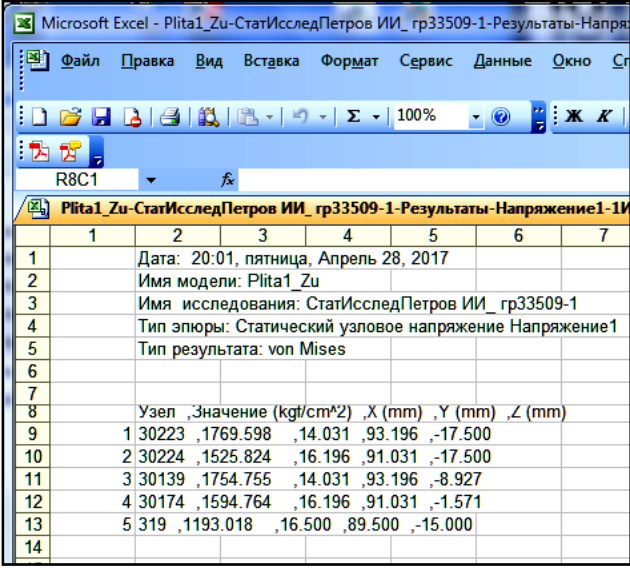
Рис. 1.2.27. А – вставка опорной точки 6 на линейной кромке в 12 мм от вершины 1. Б - вставка в модель: опорных точек «Точка1 и 2» и измерительных T1...T5. Присвоение имён измерительным точкам.

Вставка точек по сохранённым данным производится индивидуально для каждой точки с использованием 3-мерного эскиза – см. Графокно на рис. 1.2.27, Б и нижнюю строку в древе конструирования.

Вставка таблицы координат измерительных точек. Открывается в Экселе csv-файл с координатами измерительных точек, и слева от данных вставляется пустой столбец командами «Вставка/ Столбцы». Строки с координатами нумеруются – см. рис. 1.2.28. Блок типа (8...13)х(1...6) копируется и вставляется в Графокно модели. С помощью маркеров размер блока уменьшают до величины, показанной на рис. 1.2.27.

Вставка точек по данным вставленной таблицы координат. Нажатием кнопки «Трёхмерный эскиз»

 открывается 3-мерный эскиз. Инструментом «Точка» с панели «Инструменты эскиза» ставится точка в любом месте расположения измерительных точек: Солидуокс открывает панель «Точка» с полем «Параметры», в котором стоят координаты вставленной точки.



	1	2	3	4	5	6	7
1		Дата: 20:01, пятница, Апрель 28, 2017					
2		Имя модели: Plita1_Zu					
3		Имя исследования: СтатИсследПетров ИИ_ гр33509-1					
4		Тип элюры: Статический узловое напряжение Напряжение1					
5		Тип результата: von Mises					
6							
7							
8		Узел ,Значение (кг/см^2) ,X (mm) ,Y (mm) ,Z (mm)					
9	1	30223	,1769.598	,14.031	,93.196	, -17.500	
10	2	30224	,1525.824	,16.196	,91.031	, -17.500	
11	3	30139	,1754.755	,14.031	,93.196	, -8.927	
12	4	30174	,1594.764	,16.196	,91.031	, -1.571	
13	5	319	,1193.018	,16.500	,89.500	, -15.000	
14							

Рис. 1.2.28. Вставка столбца с номерами строк с координатами измерительных точек. Номера следует расположить посередине столбца.

Эти координаты заменяются координатами из 1-й строки вставленной таблицы. После нажатия «ОК» вставленная точка займёт положение 1-й измерительной точки. **За сеанс использования инструмента «Точка» можно вставлять только 1 точку: при вставке 2 и более точек Солидуокс будет не давать изменять какую-либо (или более) координату вставленной точки.**

Аналогично вставляются остальные точки из вставленной таблицы. Вставка каждой точки должна заканчиваться выходом из инструмента (но не выходом из эскиза).

Вставка имён измерительных точек. Вставленные точки не имеют имен. Для вставки имён необходимо вызвать на рабочий стол панель инструментов «Примечание». Не выходя из 3-мерного эскиза точек, на вызванной панели нажимается кнопка «Примечание»  : к курсору привязывается шаблон заметки с выноской. Щелчок ЛКМ на 1-й точке вставляет выноску в неё. Повторный щелчок ЛКМ вставляет текстовый ввод в поле заметки. В поле записывают: «**T1, 1769.6 кгс/см^2**» (напряжение фон Мизеса для 1-й точки; Arial, 10, полужирный курсив). Нажатием «ОК» завершают вставку имени 1-точки.

Имена остальных измерительных точек вставляются аналогично – получают картину типа рис. 1.2.27.

Индивидуальное определение расстояния между измерительной и опорной точками инструментом «Измерить»

3) Индивидуальное определение расстояния от опорной точки до измерительной с использованием инструмента «Измерить»  . Через меню «Настройка» устанавливается панель «Инструменты» (рис. 1.2.29). нажимается кнопка «Измерить»: в курсоре стрелка замещается линейкой и рулеткой, появляется панель «Измерить». Конец курсора-линейки наводится на 1-ю измерительную точку T1 и щёлкается ЛКМ, а затем – на опорную Точку2 со щелчком ЛКМ: Солидуокс выдаст геометрическое построение, определяющее расстояние T1-Точ2 и его составляющие по осям XYZ – рис. 1.2.29.

И) Измерение расстояния Т2-Точ.2. На панели «Измеритель» следует удалить строку «Точка1@Трёхмерный эскиз6» и щёлкнуть курсором по точке Т2: Солиуокс выдаст требуемое расстояние с соответствующим геометрическим построением.

К) Измерение расстояний до других измерительных точек от точки 2. Аналогично п. И) с удалением на панели «Измеритель» строки с предыдущей измерительной точкой.

Автоматическое построение таблицы расстояний между измерительными и опорными точками в пакете Матлаб

Л) Автоматическое вычисление расстояний от опорных точек до измерительных с построением измерительной таблицы на основе пакета Матлаб. Недостаток предыдущего способа измерения расстояний – ручной режим: для сохранения результатов измерения необходимо также вручную и создавать таблицу результатов. Этого можно избежать, если использовать программный способ вычисления расстояний по координатам измерительных и опорных точек с программным же способом формирования итоговой таблицы.

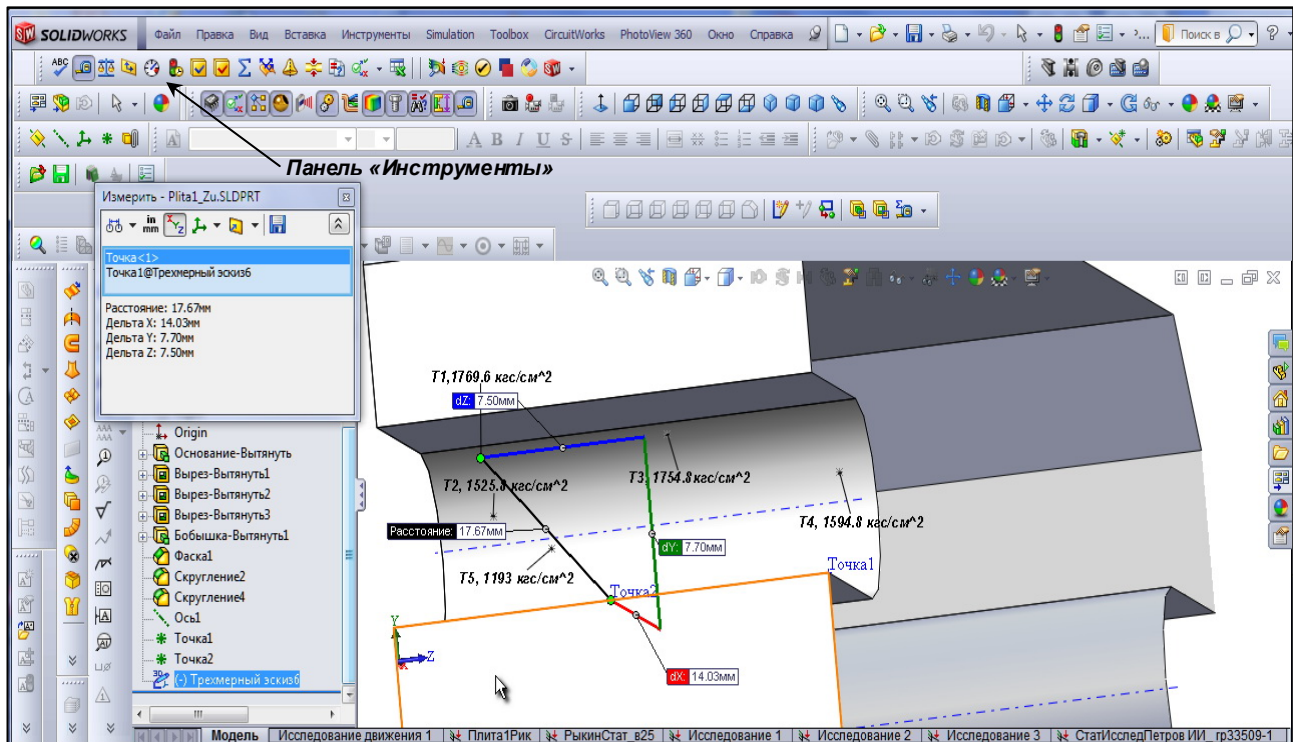


Рис. 1.2.29. Измерение расстояния Т1-Точ2 инструментом «Измеритель». Показано расстояние 17,67 мм и его составляющие по координатам. Цвет левой части ярлыков с данными указывает на принадлежность значения определённой оси 3-осника: красный – к оси X, зелёный – к Y, синий – к Z.

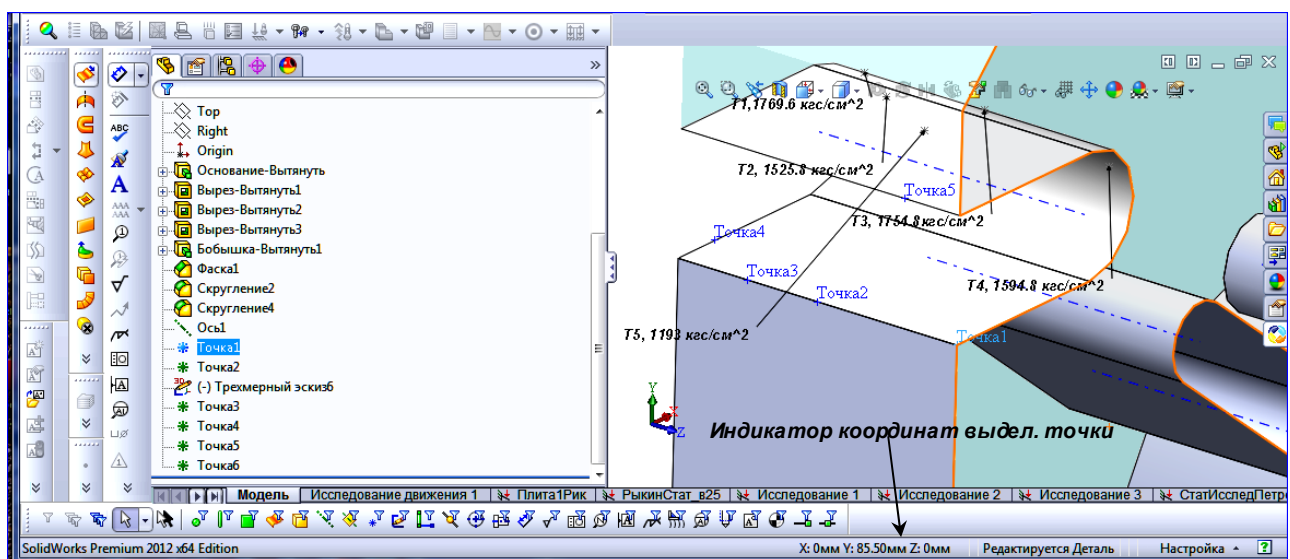


Рис. 1.2.29 -1. Считывание координат выделенной опорной точки «Точка1» с индикатора координат.

Л1) Создание Уорд-таблицы координат опорных точек. Создаётся пустой Уорд-файл с именем типа

«ТаблКоордОпорн-ИзмТочекФамилия.doc». В файле рисуется NxM–таблица (N – число опорных точек+1, M=4). Заголовок таблицы: ТочN, X мм, Y мм, Z мм. Переходят в модель детали. Выделяют поочерёдно опорные точки в порядке их нумерации, считывают значения координат точки с Индикатора координат (рис. 1.2.29 -1) и записывают их в Уорд-таблицу. В столбец имён записывают: Точ1, Точ2 и т.д. Файл пересохраняется.

Л2) Переформатирование таблицы координат измерительных точек в нормальную таблицу для последующей вставки в пакет Матлаб.

Открывается csv-файл «Plital_Zu-СтатИсследПетров ИИ_ гр33509-1-Результаты-Напряжение1-ИзмеритТочки28.04.2017.csv», и копируется в буфер таблица данных вместе с заголовком (строки x столбцы = (8...13)x(1...6) на рис. 1.2.28). Открывается Уорд-файл «ТаблКоордОпорн-ИзмТочекФамилия.doc», и в него вставляется скопированная таблица. Таблица выделяется, и командами меню «Таблица/ Преобразовать/ Таблицу в текст...» запускается процесс преобразования с выдачей панели преобразования, в кружке которой «Другой» следует поставить точку (с контролем того, что в квадрате рядом стоит запятая – если нет её, то поставить). После нажатия «ОК» преобразование состоится. Не снимая выделения с данных, командами меню «Таблица/ Преобразовать/ Текст в таблицу...» запускается процесс преобразования с выдачей панели преобразования, в кружке которой «Другой» следует поставить точку... В полученной таблице следует удалить пустой столбец справа, вставить заголовок 1-го столбца: «Имя точки», перед номерами точек вставляется буква «Т». Файл пересохраняется.

М) В папке испытаний детали создаётся папка с именем типа «МатлабТаблРасстОтОпорнДоИзмеритТочек_Май2017». Запускается Матлаб. Через кнопку «Browse for folder» созданная папка делается действующей, т.е. открывается в окне «Current Folder» Рабочего стола Матлаба. Одновременным нажатием клавиш «ctrl» и «N» открывается пустой текстовый (не функциональный) М-файл в Редакторе Матлаба, ему присваивается имя типа «TablIzmerRasstVStatEpiur2017». И папке формируется также пустой файл Вычпространства с именем «WS_TablIzmerRasstVStatEpiur2017».

Н) В текст-файле набирается Программа построения таблицы расстояний из рис. 1.2.30 или она же копируется из электронной версии Пособия или копируется с упомянутого во Введении сайта кафедры «Управление проектами» файл «TablRasstOporn_IzmerToch2017.m». При наборе входные таблицы (TbIzmToCell, TbOprToCell, TbOprToKoor, TbIzmToKoor) не набираются, а вставляются посредством копирования их из созданного в п. Л3) Уорд-файла «ТаблКоордИзмИ ОпорнТочек2017.doc». При этом первые 2 таблицы вставляются целиком справа от соответствующих знаков равно, а данные для 3-й и 4-й таблиц являются координатами точек в исходных таблицах. В первых 2 вставленных таблицах в начале и в конце нужно поставить фигурные скобки, а каждое имя в строке и в столбце следует взять в апострофы (рис. 1.2.30). Остальные 2 вставленные таблицы забираются в квадратные скобки.

Кроме вставки таблиц необходимо создать шаблон итоговых таблиц расстояний в Генераторе отчётов Матлаба – см. п. О). После создания шаблона Программа будет выдавать таблицу расстояний типа рис. 1.2.31 с количеством измерительных точек Ti и опорных Точi, зависящем от вставленных таблиц TbIzmToCell и TbOprToCell.

```
% Программа "TablRasstOporn_IzmerToch2017.m" формир. табл. расстояний
% от измерит. точек до опорных для эпюры статических испытаний детали
% (Пример: Табл. РасстОтОпорных точк 1 и 2 до измерительных T1...T5). 20.05.2017.
TbIzmToCell={};TbOprToCell={};TbIzmToKoor=[]; TbOprToKoor=[]; ItogTbRasIzm_OpTochCell={};
% Очистка таблиц при вводе новых расч. данных.
% Ячк-табл. (TbIzmToCell) знач. показ. стат. нагрузки (напряж. фон Мизеса).
% и коорд.в измерит точках, сгенерированная Солидуоксом, и дополненная столбц. имён точек.
TbIzmToCell={'Имя точки' 'Узел' 'Значение (kgf/cm^2)' 'X (mm)' 'Y (mm)' 'Z (mm)'} % Вставляется из
Уорд-файла «ТаблКоордИзмИ ОпорнТочек2017.doc».
'T1' 30223 1769.598 14.031 93.196 -17.500
'T2' 30224 1525.824 16.196 91.031 -17.500
'T3' 30139 1754.755 14.031 93.196 -8.927
'T4' 30174 1594.764 16.196 91.031 -1.571
'T5' 319 1193.018 16.500 89.500 -15.000;
TbOprToCell={'Точ1' 399 2.145 0.000 85.500 0.000 % Ячк-табл. коорд. опорн. точ. (2 шт.), сгенерир.
Солид. в измерит. режиме.
% Вставляется из Уорд-файла «ТаблКоордИзмИ ОпорнТочек2017.doc».
'Точ2' 1582 15.583 0.000 85.500 -10.000;
TbIzmToKoor=[ 14.031 93.196 -17.500 % Числ-таб. коорд. изм. точ., копир. из исх. табл. в Уорд-файле.
```

```

16.196 91.031 -17.500
14.031 93.196 -8.927
16.196 91.031 -1.571
16.500 89.500 -15.000];
TbOprToKoor= [0.000 85.500 0.000 % Числ-таб. коорд. опорн. точ., копир. из исх. табл.в Уорд-файле.
0.000 85.500 -10.000];
k1=1;k2=1;TbRaDel=[];
for k1=1:length(TbIzmToKoor(:,1)) % Числ-таб. ( TbRaDel) расст. и их корд. составл. от изм. т. до
опорных.
    for k2=1:length(TbOprToKoor(:,1))
        TbRaDel(k1,4*k2-2)=abs(TbIzmToKoor(k1,1)-TbOprToKoor(k2,1));
        TbRaDel(k1,4*k2-1)=abs(TbIzmToKoor(k1,2)-TbOprToKoor(k2,2));
        TbRaDel(k1,4*k2)=abs(TbIzmToKoor(k1,3)-TbOprToKoor(k2,3));
        TbRaDel(k1,4*k2-3)=(TbRaDel(k1,1)^2+TbRaDel(k1,2)^2+TbRaDel(k1,3)^2)^0.5;
    end
end
% Построение числ-табл. (TbRaDelOp) заполнителя для TbOprToCell при включении последней в
общую таблицу
% расчёта расстояний от измерит. до опорн. точек - ItogTbRasIzm_OpTochCell.
k3=1; k4=1; TbRaDelOp=[];
for k3=1:length(TbOprToKoor(:,1))
    for k4=1:4*length(TbOprToKoor(:,1))
        if (4*k3-3<=k4)&&(k4<=4*k3)
            TbRaDelOp(k3,k4)=0;
        else
            TbRaDelOp(k3,k4)=NaN; % NaN - расстоян. не рассчитывались.
        end
    end
end
TbRaDelOpCell=num2cell(TbRaDelOp); % Преобразование числ-таб. в ячк-таб.
TbRaDelCell=num2cell(TbRaDel);
TbRaDel_Izm_OpCell=[TbRaDelCell;TbRaDelOpCell]; % Вертик. склеив. 2 ячк-таб.
% Формир. заголовка для TbRaDel_Izm_OpCell.
Toch='Точ';
Rast='_Раст';
dx={'dx'}; dy={'dy'}; dz={'dz'}; % Ячк-имена составл. расстояния.
k5=1;VToOpChis=[];
for k5=1:length(TbOprToKoor(:,1)) % Числ-вект. (VToOpChis) номеров опорн. точек.
    VToOpChis(k5)=k5;
end
VToOpStr=num2str( VToOpChis); % Прпеобраз. вект.номеров оп.т. из числ. в строковый формат.
k6=1; VToOpRasCell={};
for k6=1:length(TbOprToKoor(:,1)) % Формир.ячк-вект. VToOpRasCell имён столбцов расстояний типа
'Точ1_Раст'.
    a=[Toch VToOpStr(k6) Rast];
    VToOpRasCell(k6)=cellstr(a);
end
k7=1; ZagTbRaDel_Izm_OpCell={};
for k7=1:length(TbOprToKoor(:,1)) % Формир. загол. расчётной части и тог. ячк-таблицы.
    for k8=1:4*length(TbOprToKoor(:,1))
        if k8==4*k7-3
            ZagTbRaDel_Izm_OpCell(k8)=VToOpRasCell(k7);
        elseif k8==4*k7-2
            ZagTbRaDel_Izm_OpCell(k8)=dx;
        elseif k8==4*k7-1
            ZagTbRaDel_Izm_OpCell(k8)=dy;
        elseif k8==4*k7
            ZagTbRaDel_Izm_OpCell(k8)=dz;
        end
    end
end
TbRaDel_Izm_OpSZagCell= [ZagTbRaDel_Izm_OpCell;TbRaDel_Izm_OpCell]; % Расчётн.часть итоговой
ячк-табл. с загол.
TbCell=[TbIzmToCell; TbOprToCell]; % Вертик. объед. 2 входных ячк-таблиц.
ItogTbRasIzm_OpTochCell=[TbCell TbRaDel_Izm_OpSZagCell]; % Итоговая ячк-таблица

```


report ItogTbRasIzm_OpTochCell.rpt % Выдача Итогтаб. расчёта расст. в html-формате. Работает только после создания и настройки
% шаблона на основе генератора отчётов с именем ItogTbRasIzm_OpTochCell.rpt. Иначе выдаёт ошибку.

Рис. 1.2.30. Программа «TablRasstOporn_IzmerToch2017.m» построения таблицы расстояний от измерительных точек до опорных для любой эпюры статических испытаний детали с выдачей таблицы в html-формате (см. рис. 1.2.31).

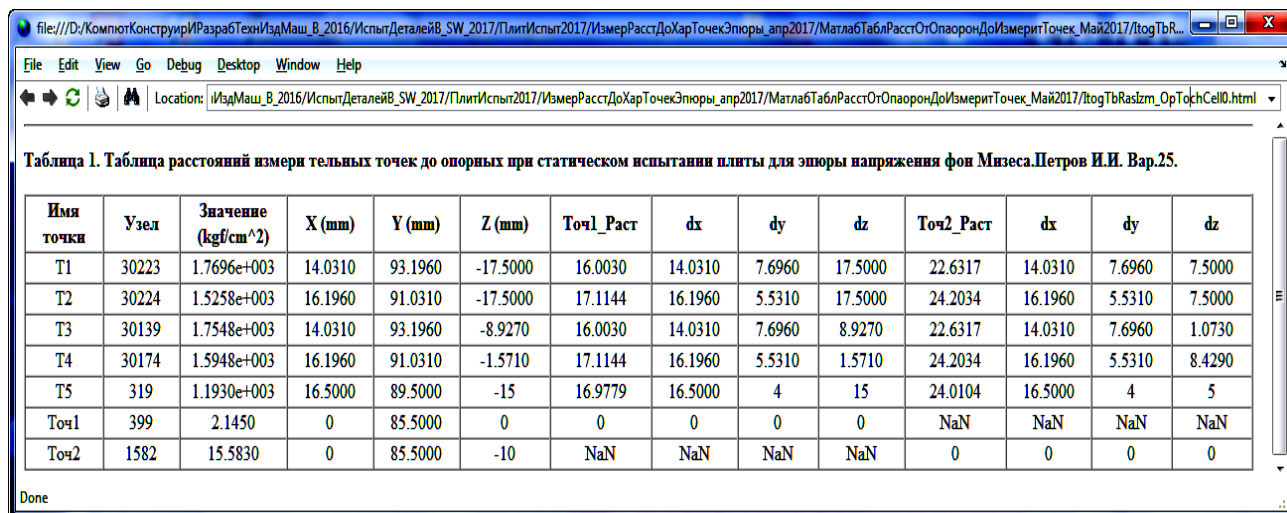


Таблица 1. Таблица расстояний измерительных точек до опорных при статическом испытании плиты для эпюры напряжения фон Мизеса. Петров И.И. Вар.25.

Имя точки	Узел	Значение (kgf/cm ²)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	Точ1_Рас	dx	dy	dz	Точ2_Рас	dx	dy	dz
T1	30223	1.7696e+003	14.0310	93.1960	-17.5000	16.0030	14.0310	7.6960	17.5000	22.6317	14.0310	7.6960	7.5000
T2	30224	1.5258e+003	16.1960	91.0310	-17.5000	17.1144	16.1960	5.5310	17.5000	24.2034	16.1960	5.5310	7.5000
T3	30139	1.7548e+003	14.0310	93.1960	-8.9270	16.0030	14.0310	7.6960	8.9270	22.6317	14.0310	7.6960	1.0730
T4	30174	1.5948e+003	16.1960	91.0310	-1.5710	17.1144	16.1960	5.5310	1.5710	24.2034	16.1960	5.5310	8.4290
T5	319	1.1930e+003	16.5000	89.5000	-15	16.9779	16.5000	4	15	24.0104	16.5000	4	5
Точ1	399	2.1450	0	85.5000	0	0	0	0	0	NaN	NaN	NaN	NaN
Точ2	1582	15.5830	0	85.5000	-10	NaN	NaN	NaN	NaN	0	0	0	0

Рис. 1.2.31. В таблице: T1...T5 – измерительные точки, Точ1 и Точ2 – опорные. Значение NaN указывает на непроведение расчёта в ячейке. dx, dy, dz – составляющие расстояния, корень квадратный из суммы квадратов которых равен величине в левой ячейке столбца Точ1_Рас или Точ2_Рас. Значение (kgf/cm²) – это столбец напряжений фон Мизеса в соответствующих точках.

Настройка шаблона итог-таблиц расстояний (ИТР) генератора отчётов в Матлабе

О) Шаблон итог-таблиц формируется в Генераторе отчётов, который затем в программе «TablRasstOporn_IzmerToch2017.m» (строка с командой report...) преобразует содержание итог-таблицы, сформированное в ячкформате (строка с ItogTbRasIzm_OpTochCell...) в html-формат: заявленные в MATLAB Report Generator'е другие формы таблицы (pdf, rtf и doc) в Матлабе 2009 не реализуются.

Формирование шаблона итог-таблиц ItogTbRasIzm_OpTochCell.rpt и настройка Генератора отчётов производится в следующем порядке.

О1. Запускается программа «TablRasstOporn_IzmerToch2017.m» при закомментированной строке с «report...». Проверяется появление в Вычпространстве переменной ItogTbRasIzm_OpTochCell, т.е. имени содержания итог-таблицы в ячкформате.

О2. Командами Start (кнопка в левом нижнем углу окна Матлаба)/ Matlab/More/ Matlab Report Generator/ Report Explorer вызывается панель Генератора отчетов. На появившейся панели нажимается кнопка «Create and edit a new file», а в списке «Name» дважды щёлкается строка «Table»: панель примет вид, аналогичный рис. 1.2.32, А без ввода настроек.

О3. В дереве «Report Generator» выделяется 1-я строка «Report». Файл Эксплорера Сохраняется с именем ItogTbRasIzm_OpTochCell.rpt. Проконтролируйте: имя сохранённого файла должно появиться в заголовке окна Репорт Эксплорера и в ветви «Report» дерева «Report Generator». Это же имя будет именем итог-таблицы с заменой расширения rpt на html.

О4. Вставляется галочка в квадрат «If report...» на рис. 1.2.32, А, отмеченный звёздочкой. Она обеспечит нумерацию файлов итог-таблиц при неоднократном запуске Программы. Это позволяет использовать Программу для формирования итог-таблиц для различных входных таблиц (TbIzmToCell, TbOprToCell, TbIzmToKoog, TbOprToKoog) при одной и той же настройке: итог-таблицы будут иметь одинаковое имя, но разные номера. Имя файла последней сформированной таблицы появляется в строке, отмеченной ромбом: как видно из рис. 1.2.32, А таких таблиц было сформировано 4 (нумерация с нуля).

Следует проконтролировать в поле «File format» наличие значения «web(html)»: если нет – установить.

О5. Выделяется 2-я ветвь в дереве Репорт генератора – см. рис. 1.2.32, Б. В строки, помеченные звёздочками вставляются указанные в них значения: в частности, заголовок итог-таблицы - «Таблица расстояний измерительных точек до опорных при статическом испытании плиты для эпюры напряжения фон Мизеса. Петров И.И. Вар.25». Введённые изменения сохраняются.

О6. Командами меню File_Generate-M-file запустите генерацию М-файла html-шаблона итогтаблицы. Проконтролируйте появление в текущей папке файла buildItogTbRasIzm_OpTochCell.m и его же появление в окне Редактора-отладчика.

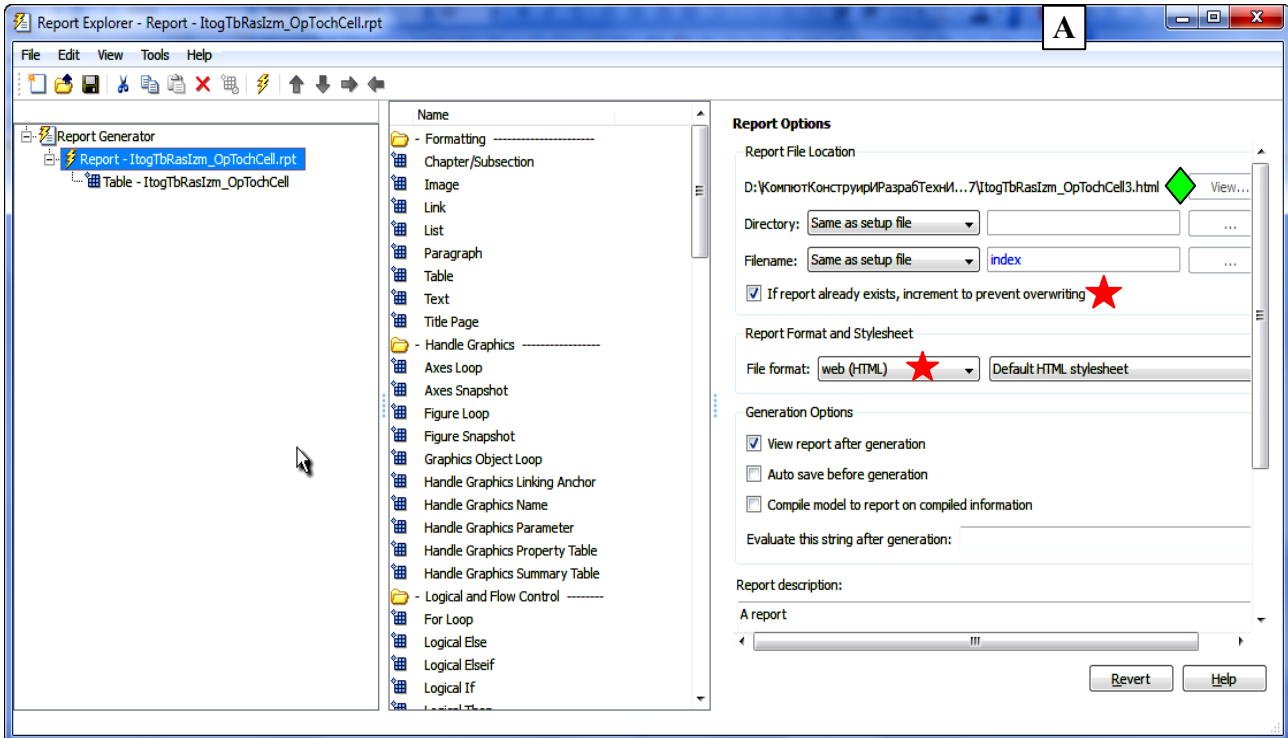
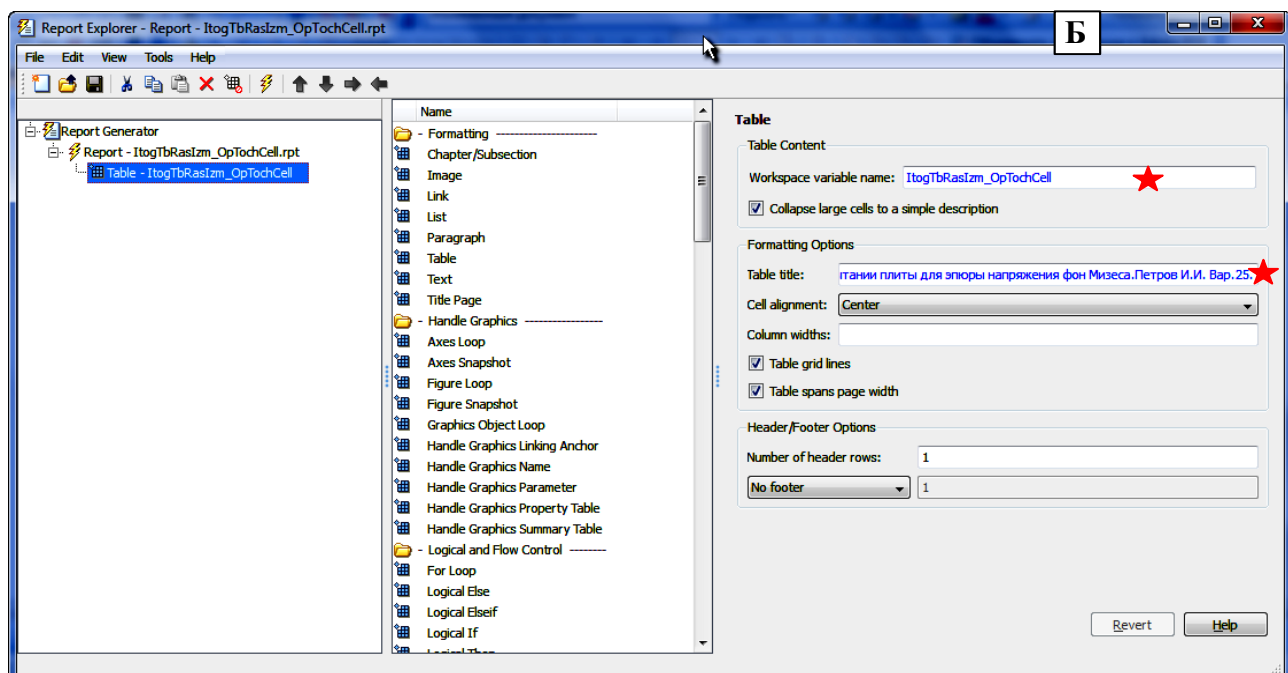


Рис. 1.2.32. Вид Репорт Эксплорера при выделении 1-й ветви в дереве Репорт Генератора (А) после сохранения с заданным именем ItogTbRasIzm_OpTochCell.rpt и ввода настроек («галочки» и «web») в строки со звездочкой.

О7. Нажатием кнопки «Report»  на панели инструментов запускается Генератор отчетов на преобразование итог-таблицы из ячк- в html-формат: в действующей папке появятся файл со структурой имени типа ItogTbRasIzm_OpTochCell0.html. Одновременно появится Окно сообщения о ходе преобразования и html-итогтаблица вида рис. 1.2.31 с номером «0». Настройка шаблона и Генератора отчетов для итогтаблиц программы "TablRasStOporn_IzmerToch2017.m" закончена.



Продолжение рис. 1.2.32. Настройки во второй ветви Репорт Генератора: отмечены звёздочками. 1-я вставка – имя ячк-таблицы из предпоследней строки программы рис.1.2.30. Вставка 2 – заголовок итог-таблицы: «Таблица расстояний измерительных точек до опорных при статическом испытании плиты для эпюры напряжения фон Мизеса. Петров И.И. Вар.25». Заголовок таблицы варьируется в зависимости от заданной эпюры (из 4 типов).

О8. В завершение настройки следует снять закомментированность последней строки программы (установлена в п. О1) с командой «report...» и запустить программу для проверки правильности формирования итог-таблиц. В результате должна появиться таблица с номером 1: pltogTbRasIzm_OpTochCell1.html.

2. Задание на испытания моделей деталей

Задание включает следующий перечень работ.

- 1) Составление Программы и методики испытаний (ПМ – обозначение по ГОСТ 2.106-96) детали (разработанной в прошлом семестре) на статическую прочность, на прочность в линейной динамике и на усталость в соответствии с ГОСТ 2.106-96 (Приложение А, п. ПА.1) с использованием шаблона ПМ (Приложение Д) и с оформлением ПМ согласно ГОСТ 2.104 – 2006 и ГОСТ 2.105-95. Упрощённый вариант Программы представлен в разд. 2.1.
- 2) Создание и настройка Солидуокс-среды для проведения испытаний: добавление испытательного инструментария «Солидуокс Симулейшен» (SolidWorks Simulation), ряда инструментальных панелей, настройка параметров материала и т.д.
- 3) Вызов в Солидуокс испытуемой детали и выполнение испытаний на статическую нагрузку согласно варианту из исходных данных разд. 5.1, руководствуясь видеометодикой из файла «1_РасчПлитыСтатНагрSnap_2015.02.11_23h42m23s_002_28м.wmv». Оформление результатов этого испытания.

2.1. Испытания модели детали на прочность в статике

2.1.1. Испытания детали для заданной в варианте статической нагрузки

1) Создайте папку с именем «SW_ИспытДетФамилия N» (Дет = Плит или Трой, N=n_m, n - № группы задания, m - № варианта выполненной Исполнителем детали согласно Методуказанию «Промышленные технологии и инновации» [8]). Вставьте в папку выполненные: модель и чертёж детали – файлы: «ДетальФамилияN.sldprt» и «ДетальФамилияN.slddrw» (Деталь – Плита/Тройник). В этой папке создайте подпапку «СтатИспытДетФамилияN». Запустите Солидуокс через файл модели детали «ДетальФамилияN.sldprt».

2) Установите ряд дополнений Солидуокса. Нажатием на кнопку «Параметры»  вызовите меню, и щелчком на строке «Дополнения» вызовите Панель дополнений. Установите галочки в тех квадратах, что указаны на рис. 1.1.1. В компьютеры класса дополнение не нужно устанавливать – они уже установлены!

3) Просмотрите: разд.1.1. «Ввод и запуск Солидуокс Симулейшен...» и видеометодику статического испытания детали из файла:

«1_РасчПлитыСтатНагрSnap_2015.02.11_23h42m23s_002_28м.wmv».

4) Нажатием кнопки «Новое исследование»  вызовите Панель «Исследование» и вставьте в поле «Имя» следующий текст: «СтатИспытДетФамилия N» (где Дет=Плит или Трой, N=n_m, n - № группы задания (1, 2 или 3), m - № варианта детали).

5) После выхода из панели «Исследование» выделите заголовок дерева исследования и контексткомандой «Свойства» вызовите панель «Статическое», в поле которой «Папка результатов» укажите имя вашей подпапки «СтатИспытДетФамилия N».

6) Произведите ввод закрепления и нагрузки детали, используя упомянутую видеометодику и графический пример на рис. 1.2.1, Б или В. Вариант нагрузки возьмите из табл. 4.1 или 4.2 в разд. 4.

7) Запустите испытание кнопкой «Запуск» .

8) Проверьте состав эпюр результата: он должен соответствовать рис. 1.2.2, А. В случае отсутствия какой-либо эпюры – вставьте её: в выполненном испытании Солидуокс создаёт и сохраняет в своей базе несколько десятков эпюр, объединённых в группы. Например, в группе «Напряжение» содержится 13 видов эпюр, а в группе «Запас прочности» – 5. В Результаты испытания Солидуокс помещает в «Результаты» номинальную эпюру (по умолчанию). Доступ к выбору номинальной эпюры через контекст-меню ветви «Результаты» в поле «Определить эпюру ...» – см. рис. 1.2.3, Б. Выбор эпюры «Запас прочности1 (-FOS-)» - см. разд. 1.2.1.

9) Создайте Солидуокс-отчёт по результату испытаний согласно разд. 1.2.5. Сгенерируйте Уорд-файл отчёта через Редактор отчёта, вызываемый кнопкой «Отчёт» ; сохраните создание эпюры в формате «eDrawings» командой «Сохранять все эпюры как eDrawings» из контекст-меню ветви «Результаты» - рис. 1.2.2, Б; измерьте координаты точек максимального значения показателя нагружения на эпюрах и сохраните их в Уорд-таблице, аналогичной табл. 1.2 из разд. 1.2.3.1, вместе со схемой нагрузки детали, аналогичной рис. 1.2.1, В, вырезав её из дерева исследования Рабочего стола Солидуокс виндоуз-инструментом «Ножницы».

Построение графика показателя нагрузки эпюры на одной из кромок детали

10) Согласно варианту испытания детали возьмите из табл. 4.3 разд. 4 эпюру, показатель нагрузки которой следует использовать для графика. Выберите кромку, соответствующую «Требованиям к графику показателя нагрузки...» из разд. 1.2.3.2. Создайте подпапку с именем «График на ИмяКромкиФамилия» (ИмяКромки создайте согласно п.4 «Методики построения графика...» из разд. 1.2.3.2. Выполните построение графика на выбранной кромке в соответствии с Методикой из разд. 1.2.3.2 с сохранением в созданной подпапке всех объектов, упомянутых в методике.

Отчётная документация по испытаниям детали в статике должна включать

1. Файл модели детали «ДетальФамилияN.sldprt» с сохранённым в нём древом статических испытаний «СтатИспытДетФамилия N» (где Дет=Плит или Трой, N=n_m, n - № группы задания, m - № варианта детали).
2. Сгенерированный Солидуком отчёт по испытанию для статической нагрузки.
3. Сохранённые эпюры в формате «eDrawings».
4. Таблица точек максимального значения показателя нагружения на эпюрах в Уорд-таблице, аналогичной табл. 1.2 из разд. 1.2.3.1, вместе со схемой нагрузки детали, аналогичной рис. 1.2.1, В.
5. Эксель-файл с данными графика с именем из п. 4 Методики в формате «csv».
6. Снимок Детали, скопированный в Уорд-файл, с выделенной кромкой в режиме зондирования показателя нагрузки на кромке, аналогичный рис. 1.2.11, А, выполненный виндоус-инструментом «Ножницы». На концах кромки должны быть показаны измерительные ярлыки (для круговой кромки должны быть показаны ярлыки 1-й и 2-й строк из таблицы «Результаты»). Следует также показать начало таблицы, уместяющееся в снимке. Рисунок в Уорд-файле подписывается аналогично рис. 1.2.11, А.
7. График показателя нагрузки в формате «os2» с именем, аналогичным имени Эксель-файла из п.1.
8. Уорд-файл с преобразованием csv-данных в таблицу согласно п. 6 Методики с именем из п. 1.

Файлы Матлаба

9. Сессионный с именем «SesStatIspDetFmilija» (Det – тип детали: Plit или Troy).
10. Вычпространства с именем «WS_StatIspDetFmilija».
11. Файл сессии подгонки с именем согласно п. 10 Методики (с именем, состоящем из имени массива точек и имени типа подгонки с указанием параметра подгонки).
12. Фигур-файла графика из п. 10 Методики, отредактированного согласно рис. 1.2.14, А или 1.2.17, А.
13. Уорд-файл с копией фигур-файла графика и снимка оценок близости подгонки графика к массиву точек показателя нагрузки, оформленных и подписанных согласно рис. 1.2.14 или 1.2.17.

2.1.2. Определение предельной статической нагрузки детали по рассчитанному запасу по текучести её материала

1) Создайте Уорд-файл с именем типа «Расч_nsТФамилия М_Н». Впишите в него заголовок примера из разд. 1.2.6.3, вставив в него вариант Исполнителя (вариант детали: М_Н – М (номер группы заданий), Н (номер строки варианта в группе)). Выполните расчёт коэффициента nsТ по примеру из раздела 1.2.6.3, используя данные для варианта с номером «н» в табл. 1.7 и скопировав структуру вычисления.

Вставьте заголовок: «Определение максимального фактора в нагрузке детали по nsТ». Выберите тип фактора: силу (кгс), давление (кгс/см²) или момент (кгс*см). Выбирается он по близости точки «Макс» к типу нагрузки на эпюре показателя нагрузки фонМизес или по ошутимости влияния на «Макс» в эпюре фонМизес полуторакратного увеличения фактора при пробном запуске статиспытания.

Выполните определение предельного фактора нагрузки с использованием коэффициента nsТ по Методике разд. 1.2.6.4 с записью всех результатов, рисунков и матлабовских файлов.

В результате расчёта должны быть созданы.

- А) Уорд-файл с именем типа «Расч_nsТФамилияМ_Н» с расчётами nsТ и Fskzpt (предельный фактор).
- Б) Папка типа «ПредСилаПоКоэфЗапТек_Петров25» с файлами Матлаба типа:
- В) nTSil vs. Sil_PetrovSmoothSp0.024.fig – фигур-окно с графическим определением Fskzpt.
- Г) nTSil vs. SilPetrovSmoothSp0_024.cfit – файл сессии подгонки.
- Д) Pogresh_nTSil vs. SilPetrovSmoothSp0.024.JPG – снимок погрешности подгонки кривой к точкам nTSil.
- Е) SesPredSilaPetrov25.m – сессфайл расчётов.

Ж) WS_SesPredSilaPenrov25.mat – файл Вычпространства расчётов.

З) Файл модели детали «ДетальФамилияN.sldprt» с сохранённым в нём древом статических испытаний «СтатИспытДетФамилия N» (где Дет=Плит или Трой, N=n_m, n - № группы задания, m - № варианта детали) и с последней введенной величиной профильной нагрузки.

2.1.3. Построение в критической области эпюры изоповерхности, в которой показатель нагрузки – не менее заданного

Под критической областью эпюры будем понимать область профильной нагрузки F:

$$F = F(nsT) \pm 15\%, \quad (3.1)$$

где $F(nsT)$ – значение нагрузки в точке пересечения кривой nTSil и прямой nsT – см. рис. 1.2.21, А. В качестве F может приниматься сила, момент сил или давление, величина которой изменялась при графическом определении $F(nsT)$ на рисунке типа рис. 1.2.21, А в п. И разд. 1.2.6.4.

Профильной называется вид нагрузки, величина которой меняется (при постоянных значениях других видов нагрузок) для достижения планируемых результатов испытаний.

А. Выбор нагрузки для построения эпюры согласно варианту из табл. 4.4 разд. 4.2. Просматривается вектор нагрузки (1.10) в п. «В» разд. 1.2.6.4 и рис. 1.2.21, А и выбирается строительная точка кривой nTSil, ближайшая к точке пересечения кривых на рис. 1.2.21, А. Проверяется включение нагрузки в этой точке в диапазон (3.1), т.е.

$$F(\text{т.близ}) \in [0.85 F(nsT), 1.15 F(nsT)]. \quad (3.2)$$

Если включение выполняется, то $F(\text{т. близ})$ может использоваться для построения заданной эпюры. Если нет, то выбирается любая профильная нагрузка $F(\langle 3.2 \rangle)$, удовлетворяющая включению (3.2).

Например, на рис. 1.2.21, А «т.близ» является 3-я точка в векторе (1.10): расположена справа от точки пересечения кривых. $F(\text{т.близ}) = 280$ кгс, и

$$F(\text{т.близ}) \in [0.85 \cdot 269 \ 1.15 \cdot 269] = [228.65, 309.35],$$

т.е. 280 кгс может использоваться в качестве нагрузки для построения эпюры.

Б. Открывается файл модели детали «СтатИспытДетФамилия N» из п. 3.1.2. Переходят в режим статических испытаний и устанавливают профильную нагрузку из п. А: $F(\text{т.близ})$ или $F(\langle 3.2 \rangle)$ (значения остальных видов нагрузок не изменяют). Нажатием кнопки «Запуск»  на панели инструментов «Симулейшен» запускают исследование при установленной величине профильной нагрузки.

В. Двойным щелчком на ветви заданной эпюры вызывается чертёж эпюры. Из ярлычка максимального показателя нагрузки (для эпюры «Запас прочности» - минимального) считывают его значение и подставляют в формулу (3.3), определяя величину Iso (d берут из табл. 5.4 исходных данных, разд. 5.2).

$$Iso = P_{\max} \cdot (1-d) \quad (3.3)$$

Г. Контексткомандой «Изометрия-Ограничене» на ветви заданной эпюры вызывается одноимённая панель уставок, и в поле «Изометрическое значение» вставляется рассчитанное значение Iso. После нажатия «ОК» Солидуокс выделит определённым цветом изоповерхность, а на цветной шкале параметра нагрузки в правой части графокна передвинет чёрную стрелку с максимального значения на значение Iso (к сожалению, не указывая конкретное значение Iso). Файл работы пересохраняется.

Д. Создайте Уорд-файл с именем «ИзоповерхнТабИзмОпорнТочФамилияВар». Вставьте в него расчёт Iso по (3.3) и вырезку (инструментом «Ножницы») построенной изоповерхности и древа статических испытаний в масштабе и в границах, аналогичных рис. 1.2.24, Б, с обязательным отражением на снимке включённой кнопки типа «СтатИсследПетров ИИ гр33509-1» и рассчитанного значения Iso в цифровом поле «Изометрическое значение». Подпишите вставленный рисунок подписью, аналогичной из рис. 1.2.24, Б (без упоминания точек).

2.1.4. Размещение измерительных точек в критическом месте изоповерхности и опорных на элементах модели вблизи измерительных. Определение расстояний от опорных до измерительных с использованием пакета Матлаб

А. Выполните размещение измерительных точек (в количестве согласно варианту из табл. 4.4 разд. 4.2) на построенной изоповерхности вблизи максимального (для эпюры «Запас прочности» - минимального) значения параметра нагрузки эпюры и в отдалении от него (расстояния – по усмотрению Исполнителя) по методике п. А)...Д) разд. 1.2.8. Сохраните таблицу размещённых точек в csv-формате в папке исследования со вставкой

в её имя даты, т.е. имя файла будет типа «Plital_Zu-СтатИсследПетров ИИ_ гр33509-1-Результаты-Напряжение1-1ИзмеритТочки28.04.2017.csv». Выделите строки таблицы с точками и нажмите на кнопку «Сохранить как датчик»  для возможности вызова вставленных точек в графокно в следующих сеансах работы.

Кроме того, инструментом «Ножницы» вырежьте эпюру с размещёнными на изоповерхности измерительными точками и таблицей точек на панели «Результаты зондирования» (аналогично рис. 4.1 из шаблона Отчета, Приложение 7) и вставьте вырезку в Уорд-файл, снабдив рисунок подписью с указанием варианта, значения Iso и количества измерительных точек – см. рис. 4.1.

Б. Вставка опорных и измерительных точек в модель (вставленные в п. А в эпюру точки в модели не видны). Указанные точки (в количестве согласно варианту из табл. 4.4 разд. 4.2) вставляются в модель детали согласно пп. Е) и Ж) разд.1.2.8. Файл работы пересохраняется.

Б1. Опорные точки вставляются так.

Для Плиты в ближайшие к измерительным: угловые точки элементов (инструмент «Пересечение»), в средние точки прямолинейных или дуговых отрезков (инструмент «Центр дуги»), на любых кромках и кривых сопряжения (инструмент «Исходная точка вдоль расстояния кривой или множества») с простановкой точки в любое исходное место и перемещением её на задаваемое в поле ввода расстояние с коррекцией расстояния посредством 2...3 итераций – см. п.Е3) разд.1.2.28.

Для Тройника в ближайшие к измерительным: центральные точки цилиндрических граней - корпуса и отвода (внешней или внутренней поверхностей), отверстий на фланцах, центры круговых кромок (инструмент «Центр грани»), на круговых кромках всех отверстий и кривых сопряжения (инструмент «Исходная точка вдоль расстояния кривой или множества») с простановкой точки в любое исходное место и перемещением её на задаваемое в поле ввода расстояние с коррекцией местоположения точки до задаваемого посредством 2...3 итераций – см. п.Е3) разд.1.2.28

Инструментом «Ножницы» вырежьте модель с расставленными измерительными и опорными точками и с вставленной таблицей измерительных точек в объёме, аналогичном рис. 1.2.27 (следует также сделать видимой первую строку древа конструирования с его заголовком), и вставить этот снимок в ранее созданный Уорд-файл. Подпишите рисунок подписью, аналогичной рис. 1.2.27, вставив в неё номер варианта задания.

В. Автоматическое вычисление расстояний от опорных точек до измерительных с построением измерительной таблицы на основе пакета Матлаб. Выполните необходимую подготовку структуры и данных, и на этой основе - пример автоматического вычисления расстояний от опорных точек до измерительных согласно пп. Л)...О) разд.1.2.8.

В частности, следует создать папку с именем типа «МатлабТаблРасстОтОпоронДоИзмеритТочек_ФамилияДата» с включением в неё Матлаб-программу построения таблицы расстояний «TablIzmerRasstVStatEpiurFamilijaData». И папке формируется также пустой файл Вычпространства с именем «WS_TablIzmerRasstVStatEpiurFamilija.mat».

Матлаб-программу построения следует скопировать из рис. 1.2.30 электронной версии Уорд-файла Пособия. В программе в имя итоговой ячк-таблицы и в имя файла шаблона следует вставить фамилию Исполнителя. Т.о две последние исполнительные строки программы будут выглядеть так:

ItogTbRasIzm_OpTochCell_Familija=[TbCell TbRaDel_Izm_OpSZagCell]; % Итоговая ячк-таблица report ItogTbRasIzm_OpTochCell_Familija.rpt.

Одновременно при сохранении шаблона во время его настройки фамилию следует вставить в имя шаблона, т.е. имя шаблона должно быть: ItogTbRasIzm_OpTochCell_Familija.rpt. Кроме того, фамилию по-русски следует вставить в имя самой программы - "ТабРасстИзмерТочЭпюрыСтчИспытДет_Фамилия".

Г. В результате выполнения пп. А...В должны быть созданы.

1) Таблица измерительных точек в csv-формате с именем типа «Plital_Zu-СтатИсследПетров ИИ_ гр33509-1-Результаты-Напряжение1-1ИзмеритТочки28.04.2017.csv».

2) Уорд-файл с вырезкой эпюры с размещёнными на изоповерхности измерительными точками (аналогично рис. 1.2.26, А), снабжённой подписью с указанием варианта задания, значения Iso и количества точек.

В этом файле должна присутствовать также вырезка модели с расставленными измерительными и опорными точками и с вставленной таблицей измерительных точек в объёме, аналогичном рис. 1.2.27 (следует так-

же сделать видимой первую строку дерева конструирования с его заголовком) и с подписью, аналогичной рис. 1.2.27.

3) Уорд-файл «ТаблКоордОпорн-ИзмТочекФамилия.doc» с таблицами координат опорных и измерительных точек в количествах согласно варианту из табл. 5.4 разд.5.2.

4) Папка с именем типа «МатлабТаблРасстОтОпоронДоИзмеритТочек_ФамилияДата», включающая как минимум следующие файлы.

- а) Матлаб-программа построения таблицы расстояний «TablIzmerRasstVStatEpiurFamilijaData».
- б) Файл Вычпространства «WS_TablIzmerRasstVStatEpiurFamilija.mat».
- в) Файл шаблона таблиц расстояний «ItogTbRasIzm_OpTochCell_Familija.rpt».
- г) Файл настроек шаблона таблиц «buildItogTbRasIzm_OpTochCell_Familija.m».
- д) Файл таблицы расстояний «ItogTbRasIzm_OpTochCell_Familija0.html».

3. Составление отчёта по результатам статических испытаний детали на нагрузку

Для составления Отчёта следует использовать его шаблон, приведенный в Приложении Ж. Основная идея подготовки Отчёта на основе шаблона состоит в том, что Исполнитель заменяет приведенные в шаблоне рисунки на собственные, полученные в статических испытаниях детали, и вставляет свои данные в отмеченные (бирюзовым цветом) места шаблона, заменяя или дополняя приведенные в шаблоне данные.

Однако, при использовании напрямую этого способа могут возникнуть следующие затруднения.

Если Пособие в Уорд-формате, то копирование Приложения Ж в отдельный Уорд-файл из-за различных файлов normal.dot Пособия и файла Отчёта, а также из-за плохо управляемых параметров вставки (особенно, небольших текст-объектов) – всё это приведёт к тому, что будут смещены места для вставки текстов в надписях, графические форматы листов будут уменьшены, искажена будет нумерация листов. Всё это надо будет восстанавливать – потребуются дополнительные усилия.

Если Пособие в pdf-формате, то использовать Приложение Ж можно только как образец для правильного заполнения Отчёта, а не как канву.

Наиболее простой путь – это копирование Уорд-файла шаблона с сайта кафедры «Управление проектами» СПбПУ Петра Великого в разделе «Общая документация» по адресу «http://www.iit.spb.ru/2005/ins_inn_material/baza_general_document.php» в папке «PosobiyaPoKomputerKonstrSystAnalizu» файл «OtchStatichIspytSWDet_ShabL2017.doc». В этом случае перенумеровывать страницы не нужно.

Пробное открытие отдельного Уорд-файлом шаблона отчёта (выполненного в Уорде 2003) в Уорде 2010 показывает, что шаблон встаёт без каких-либо коррекций при полнофункциональном досупе к надписям вставки в нём.

Открытие шаблона в пакете Libe Office 4.4.1.2 следует рассматривать как неудачу: пакет вставил страницы как картинки, что исключает их использование как шаблона для заполнения исполнителем содержанием.

Ниже приведен перечень действий по составлению ПЗ Отчёта по скопированному отдельным Уорд-файлом шаблону отчёта.

А) Скопируйте в свою папку типа «SW_ИспытДетФамилия 2_14» (Дет = Плит или Трой, 2 - № группы заданий, 14 - № варианта, выполненной Исполнителем детали из этой группы согласно Учпособию «Промышленные технологии и инновации» [8]) шаблон Пояснительной записки Отчёта (ШПЗО). Сделайте копию с него для контроля и оперативного восстановления ПЗО в случае необратимой порчи. Кроме того, скопируйте pdf-формат ШПЗО: для контроля формирования ПЗО.

Б) **Внимание!** Объекты красного цвета после применения - удалите из Отчёта. В объектах бирюзового цвета после проверки их правильности, замены и дополнения данными Исполнителя цвет замените на чёрный.

В) **Титульный лист.** Уточняется объект: плита/ тройник и его габариты. Вставляются его габаритные размеры. В обозначении Отчёта (тоже, что детали) уточняется: код классификационной характеристики детали по классификатору ЕСКД (плита/ тройник), порядковый регистрационный номер детали по рис. ПГ.7 Приложения Г, порядковый номер исполнения детали по разд. ПГ.4.

Г) **Заглавный лист ПЗ.** Содержание не трогайте: оно автоматически изменится после коррекции других страниц и вызове инструмента изменения оглавления – см. п. 3). В Основную надпись вставляются данные в места, созданные как объекты «Надпись» и сгруппированные с рисунком формы 9 листа. Места вставки выделены в виде точно обрешённых прямоугольников. Это: ФИО Исполнителя, 3 даты, обозначение ПЗО заменяется вариантом Исполнителя, вставляется наименование детали Исполнителя и её габариты. Графа «Листов» автоматически показывает количество страниц: её не нужно редактировать.

После открытия ШПЗО в Уорде Исполнителя тексты в местах вставки могут съехать или исчезнуть из-за разных параметров «normal.dot» Уорда Исполнителя и шаблона. **Чтобы устранить это, необходимо выделить текстполе места вставки и установить следующие параметры абзаца: Выравнивание – по центру, Отступ – нет, Межстрочный интервал – одинарный, Отступ слева/ справа – нули, Интервал перед/ после – нули.**

Может оказаться, что при открытии ШПЗО текстовый курсор вставляется в место вставки, но не заменяет имеющиеся символы на нужные. Подобное означает, что рисунок рамки вместе с набором надписей находится «За текстом» листа. Необходимо выделить рисунок рамки вместе с надписями и перевести их в положение «Перед текстом».

Д) **Раздел 1. Испытания детали на статическую нагрузку.** В заголовок раздела вставляются габаритные размеры плиты (тройника) Исполнителя. Рис. 1.1. заменяется на аналогичный рисунок Исполнителя с показом размеров объекта. Для этого в контекстном меню ветки «Примечания» ставится галочка в строке «Отобразить размеры элемента». При этом в 1-й ветви дерева конструирования на рисунке должна стоять фамилия Исполнителя.

Остальные рисунки и таблица должны быть заменены на исполнительские с коррекцией подрисовочных надписей. Кроме того, фамилия Исполнителя должна присутствовать: в 1-й ветви древа статических испытаний на рис. 1.2, в заголовках окон графиков на рис. 1.3...1.5.

Для вставки правильного кода обозначения Отчёта во все его рамки следует вставить код только в 3-й лист: Уорд сделает замену в остальных. Код копируется с титульного/ заглавного листа. Открывается нижний колонтитул, выделяется старый код в надписи и вставляется из буфера код Исполнителя.

Е) **Разд. 2...4.** Все рисунки заменяются на рисунки исполнителя. Данные Исполнителя вставляются во все места с бирюзовым шрифтом.

Ж) **Разд. 5.** Вместо вставки программы Исполнителя следует скопировать из неё таблицы измерительных и опорных точек и вставить их в указанные места. Также следует поступить и с фамилией Исполнителя.

З) **Приложение 1. «Отчёт Солидуокса...».** Подготовка отчёта для вставки. На одной из страниц отчёты необходимо установить следующие поля страницы (Файл/ Параметры страницы): верхнее, нижнее, правое – 5 мм; левое – 20 мм. Необходимо ширину всех таблиц отчёта уложить в новых границах индивидуально для каждой таблицы. На вкладке «Таблица» панели «Свойства таблицы» (Таблица/ Свойства таблицы) устанавливается ширина 185 мм (210 – 25).

Удаление имеющегося отчёта из ПЗО. Все страницы Солидуокс-отчета, за исключением 1-го (10-го в ШПЗО и 16-го с выводом), следует выделить и удалить. Нельзя удалять: лист с приложением 2 (17-й). На оставленной 1-й удаляется наполнение, а затем вставляется отредактированный Солидуокс-отчет Исполнителя без листа с выводом.

Вставка отчёта Исполнителя. Отчёт вставляется в 1-ю строку пустой стр. 10 командами «Вставка/ Файл». После вставки возможна повторная индивидуальная коррекция ширины таблиц до 185 мм. Необходимо также отредактировать Вывод, вставив в него данные Исполнителя.

И) **Приложение 2.** Заменяются данные ШПЗО на данные Исполнителя с сохранением структуры имён и переименованием соответствующей папки Исполнителя «SW_ИспытДетФамилия М_Н».

Вставляется снимок всех папок и файлов в папке Исполнителя вместо имеющегося. Для этого файловый состав Отчета показывается на снимке окна ACDSee Photo Manager. Вызовите этот редактор для редактирования любой фотографии. Двойным щелчком на открывшемся фото вызовите окно поиска файлов. В подокне Folders найдите папку Отчета и раскройте её для показа папок работ. Выделите все папки (включая и основную) посредством мышки и клавиши Shift: в окне просмотра появятся значки всех файлов из выделенных папок. Чтобы все значки поместились в окне следует уменьшить их величину бегунком в правом верхнем углу окна и убрать дополнительную панель, которая может быть на правой стороне окна. Клавишами <Alt>+<Print Screen> скопируйте снимок окна в буфер и вставьте его в ПЗО.

И) **Обновление оглавления.** Переходят на стр. 2 и выделяют оглавление. Командами «Вид/ Структура» переводят Уорд в режим «Структура» с появлением панели «Структура». Нажатием кнопки «Обновить оглавление» вызывается панель обновления, в которой ставится точка в кружок «Обновить целиком». После нажатия «ОК» Уорд начнёт обновлять оглавление. Следует дождаться его окончания. Командами «Вид/ Размётка страницы» Уорд переводится в обычный режим. Следует откорректировать положение текста оглавления в строках с наименованиями разделов согласно контрольной копии ШПЗО или её pdf-файла.

К) **Заключительная коррекция ПЗО.** Объекты красного цвета - удалите из Отчёта. В объектах бирюзового цвета после проверки их правильности, замены и дополнения данными Исполнителя цвет заменяется на чёрный.

Л) **Выборочная печать ПЗО.** Перед печатью ПЗО должна быть проверена Преподавателем. Печатаются следующие листы ПЗО: Титульный, заглавный (с содержанием), стр. 3, 5, 6, 7, 9 и 17 : итого – 8 страниц.

4. Исходные данные для испытаний детали

4.1. Данные к заданию 1 «Испытания на статическую прочность»

4.1.1. Статическая нагрузка. Материал, закрепление и нагрузка плиты

Расчёт выполняется по видеометодуказанию в файле

1_РасчПлитыСтатНагрSnap_2015.02.11_23h42m23s_002.wmv

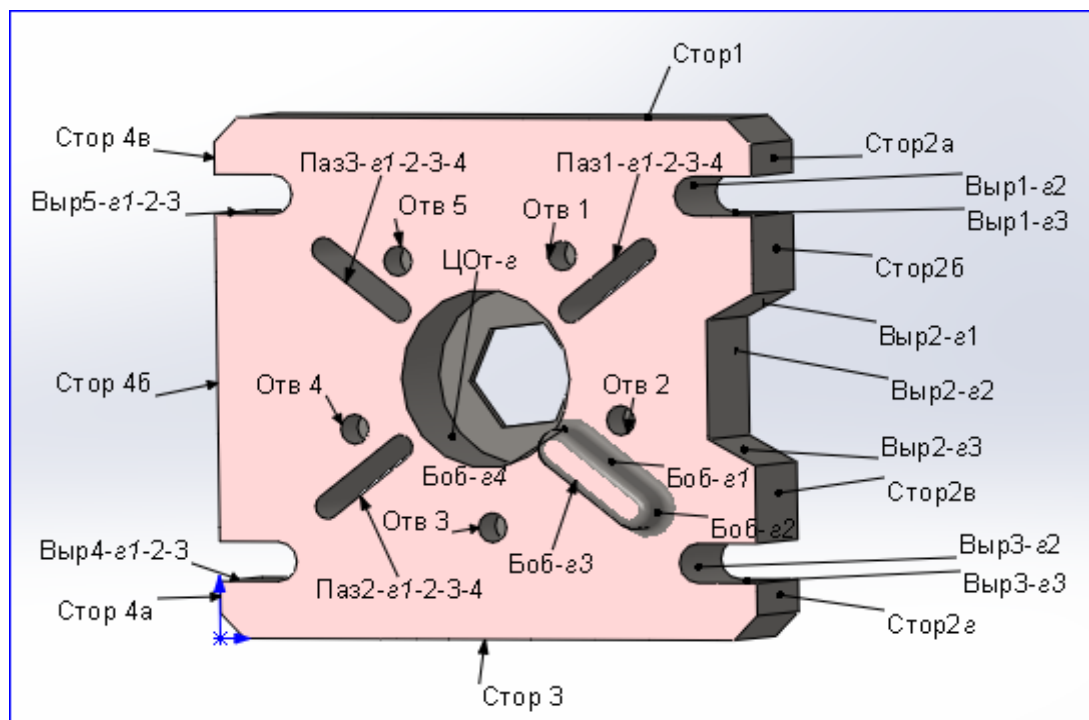


Рис. 4.1. Перечень нагружаемых сторон, граней и отверстий плиты

Таблица 4.1

Статическая нагрузка. Материал, закрепление и нагрузка плиты

Вар	Материал плиты (Контекст–команда на Материале в Дер.Констр. «Редактировать материал», выбор: «SolidWorks materials Сталь»)	Крепления: «Зафиксировано»	Нагрузка	
			Вид, Места приложения	Величина
1.	Листовая углеродистая сталь 1023 (SS)	Стор1; Паз3-г1-2; Отв 4	Сила, перп.пов: <i>Выр5-г3</i> Давление: <i>Боб-г3</i>	400 кГ 200 кГ/см²
2.	Отожженная нержавеющая сталь 201 (SS)	Стор2а; Паз4-г1-2; Отв 3	Сила, перп.пов: <i>Выр2-г3</i> Вращ.момент: справ.ось, <i>ЦОм-г</i>	380 кГ 100 кГ/см
3.	Жаропрочный сплав на основе железа A286	Стор4а; Паз2-г2-3	Давление: <i>Боб-г2</i> Вращ. момент: справ.ось, <i>отв5-г</i>	300 кГ/см² 345 кГ/см
4.	Сталь AISI 1010, горячекатаная полоса	Стор4б; Отв 3, 5	Сила, перп.пов: <i>Выр4-г2</i> Давление: <i>Боб-г1</i>	590 кГ 140 кГ/см²
5.	Сталь AISI 1015, холоднотянутая (SS)	Стор1; Паз3 Отв 2, 4	Сила, перп.пов: <i>Паз3-г1</i> Вращ. момент: справ.ось, <i>ЦОм-г</i>	280 кГ 238 кГ/см
6.	AISI 1020	Паз3; Отв 3, 5	Давление: <i>Выр1-г1</i> Вращ. момент: справ.ось, <i>отв4-г</i>	174 кГ/см² 410 кГ/см
7.	Сталь AISI 1020, холоднокатаная	Выр3-г3; Паз2-г1-2-3	Сила, перп.пов: <i>Паз2-г2</i> Давление: <i>ЦОм-г</i>	618 кГ 235 кГ/см²
8.	Сталь AISI 1035 (SS)	Стор2а; Паз3-г2-3	Сила, перп.пов: <i>Стор 4б</i> Вращ. момент: справ.ось, <i>ЦОм-г</i>	524 кГ 118 кГ/см
9.	Сталь AISI 1045, холоднокатаная	Стор4а; Паз2	Давление: <i>Стор 4в</i> Вращ. момент: справ.ось, <i>отв3-г</i>	165 кГ/см² 312 кГ/см
10.	AISI 304	Отв2; Паз2; Стор2г	Сила, перп.пов: <i>Отв1-г, Выр2-г1</i> Давление: <i>Паз3-г2-3</i>	317 кГ 222 кГ/см²
11.	Отожженная нержавеющая полосо- вая сталь AISI 316	Выр2-г3; Паз3-г1-2	Сила, перп.пов: <i>Выр2-г1</i> Вращ. момент: справ.ось, <i>ЦОм-г</i>	490 кГ 328 кГ/см
12.	Листовая нержавеющая сталь	Выр3-г2-4; Паз3-г1-2	Давление: <i>Выр1-г1, отв1-г</i>	174 кГ/см²

Вар	Материал плиты (Контекст–команда на Материале в Дер.Констр. «Редактировать материал», выбор: «SolidWorks materials_Сталь»)	Крепления: «Зафиксировано»	Нагрузка	
			Вид, Места приложения	Величина
	AISI 316 (SS)		Вращ. момент: справ.ось, <i>отв3-г</i>	410 кГ/см
13.	Листовая нержавеющая сталь AISI 321 (SS)	Стор3; Паз2-4-5;Отв1	Сила, перп.пов: <i>Стор 2а; Выр5-г1</i> Давление: <i>Паз2-г1</i>	309 кГ 124 кГ/см ²
14.	Листовая нержавеющая сталь AISI 347 (SS)	Стор4б; Выр2-г2	Сила, перп.пов: <i>Выр5-г3</i> Вращ. момент: справ.ось, <i>ЦОт-г</i>	443 кГ 111 кГ/см
15.	Сталь AISI 4130, отожженная при 865 °С	Выр1-г3;Паз3-г2-4	Давление: : <i>Боб-г1,Отв1-г</i> Вращ. момент: справ.ось, <i>ЦОт-г</i>	161 кГ/см ² 547 кГ/см
16.	Сталь AISI 4130, нормализован- ная при 870 °С	Паз3-г1-2; Выр3-г2-3	Сила, перп.пов: <i>Отв1-г</i> Давление: <i>Боб-г2,Выр4-г1</i>	385 кГ 167 кГ/см ²
17.	Сталь AISI 4340, отожженная	Стор1; Паз3; Отв2	Сила, перп.пов: <i>Выр2-г2</i> Вращ. момент: справ.ось, <i>Отв5-г, ЦОт-г</i>	415 кГ 233 кГ/см
18.	Сталь AISI 4340, нормализован- ная	Стор4в; Отв 2, 5	Давление: <i>Боб-г3,Выр3-г3</i> Вращ. момент: справ.ось, <i>ЦОт-г</i>	388кГ/см ² 416 кГ/см
19.	Нержавеющая сталь типа AISI 316L	Стор3; Паз3 Отв 2, 4	Сила, перп.пов: : <i>Выр1-г1</i> Давление: <i>Боб-г1,Выр5-г3</i>	300 кГ 258 кГ/см ²
20.	Инструментальная сталь типа AISI A 2	Паз2; Отв 1	Сила, перп.пов: <i>Стор 3</i> Вращ. момент: справ.ось, <i>Отв5-г</i>	685 кГ 246 кГ/см
21.	Легированная сталь	Выр2-г3;Паз2-г1-2-3	Давление: <i>Паз1-г1-г3, Боб-г1</i> Вращ. момент: справ.ось, <i>ЦОт-г</i>	500 кГ/см ² 200 кГ/см
22.	Легированная сталь (SS)	Стор2б; Паз3-г2-3	Сила, перп.пов: <i>Выр5-г3, Выр4-г1</i> Давление: <i>Боб-г1</i>	383 кГ 289 кГ/см ²
23.	Сталь ASTM A36	Отв2; Паз2; Стор2г	Сила, перп.пов: <i>Выр2-г3</i> Вращ. момент: справ.ось, <i>ЦОт-г</i>	600 кГ 327 кГ/см
24.	Литая легированная сталь	Выр2-г3;Паз3-г1-2	Давление: <i>Выр1-г3</i> Вращ. момент: справ.ось, <i>Отв4-г</i>	780 кГ/см ² 127 кГ/см
25.	Литая углеродистая сталь	Выр2-г2-4;Стор4б	Сила, перп.пов: <i>Выр4-г1</i> Давление: <i>ЦОт-дно</i>	418 кГ 239 кГ/см ²
26.	Литая нержавеющая сталь	Стор3; Паз2-4-5;Отв1	Сила, перп.пов: <i>Выр1-г3</i> Вращ. момент: справ.ось, <i>Отв5-г</i>	672 кГ 166 кГ/см
27.	Хромированная нержавеющая сталь	Стор4а; Выр2-г2	Давление: <i>Выр5-г3</i> Вращ. момент: справ.ось, <i>ЦОт-г</i>	400 кГ/см ² 200 кГ/см
28.	Оцинкованная сталь	Стор2а; Паз3-г2-4	Сила, перп.пов: <i>Боб-г1</i> Давление: <i>Выр4-г1</i>	536 кГ 100 кГ/см ²
29.	Обычная углеродистая сталь	Стор4б; Отв 3, 4	Сила, перп.пов: <i>Выр3-г3</i> Вращ. момент: справ.ось, <i>Отв3-г</i>	455 кГ 220 кГ/см
30.	Листовая углеродистая сталь 1023 (SS)	Стор1; Паз3; Отв 1	Давление: <i>Выр2-г3</i> Вращ. момент: справ.ось, <i>ЦОт-г</i>	783 кГ/см ² 258 кГ/см
31.	Инструментальная сталь типа AISI A 2	Стор1; Паз3-г2-4; Отв 5	Давление: <i>Боб-г3,Выр3-г3</i> Вращ. момент: справ.ось, <i>ЦОт-г</i>	388кГ/см ² 416 кГ/см
32.	Легированная сталь	Стор4а; Паз1; Отв 2	Сила, перп.пов: : <i>Выр1-г1</i> Давление: <i>Боб-г1,Выр5-г3</i>	300 кГ 258 кГ/см ²
33.	Легированная сталь (SS)	Паз2-а1-2; Отв 1; Стор. 4в	Сила, перп.пов: <i>Стор 3</i> Вращ. момент: справ.ось, <i>Отв5-г</i>	685 кГ 246 кГ/см
34.	Сталь AISI 1015, холоднотянутая (SS)	Выр2-г3;Паз2-г1-2-3	Давление: <i>Паз1-г1-г3, Боб-г1</i> Вращ. момент: справ.ось, <i>ЦОт-г</i>	500 кГ/см ² 200 кГ/см
35.	AISI 1020	Боб-г1-г2; Отв.1; Вырез 2-г3	Сила, перп.пов: <i>Выр5-г3, Выр4-г1</i> Давление: <i>Боб-г1</i>	383 кГ 289 кГ/см ²
36.	Сталь AISI 1010, горячекатаная полоса	Стор4а; Выр2-г2; Отв.2	Давление: <i>Выр1-г1</i> Вращ. момент: справ.ось, <i>отв4-г</i>	174 кГ/см ² 410 кГ/см
37.	Сталь ASTM A36	Выр1-г2;Паз3-г2-4; Боб-г3	Сила, перп.пов: <i>Паз2-г2</i> Давление: <i>ЦОт-г</i>	618 кГ 235 кГ/см ²
38.	Легированная сталь (SS)	Паз3-г1-2; Выр3-г1- г3; Отв.5	Сила, перп.пов: <i>Стор 4б</i> Вращ. момент: справ.ось, <i>ЦОт-г</i>	524 кГ 118 кГ/см
39.	Сталь AISI 4340, нормализован- ная	Стор1; Паз3; Отв3	Давление: <i>Стор 4в</i> Вращ. момент: справ.ось, <i>отв3-г</i>	165 кГ/см ² 312 кГ/см
40.	Сталь AISI 4130, нормализован- ная при 870 °С	Выр2-г1;Паз2-г1-2-3, Отв.5	Сила, перп.пов: <i>Отв1-г,Выр2-г1</i> Давление: <i>Паз3-г2-3</i>	317 кГ 222 кГ/см ²

4.1.2. Статическая нагрузка. Материал, закрепление и нагрузка тройника

Расчёт выполняется по видеометодуказанию в файле
1_РасчПлитыСтатНагрSnap_2015.02.11_23h42m23s_002.wmv

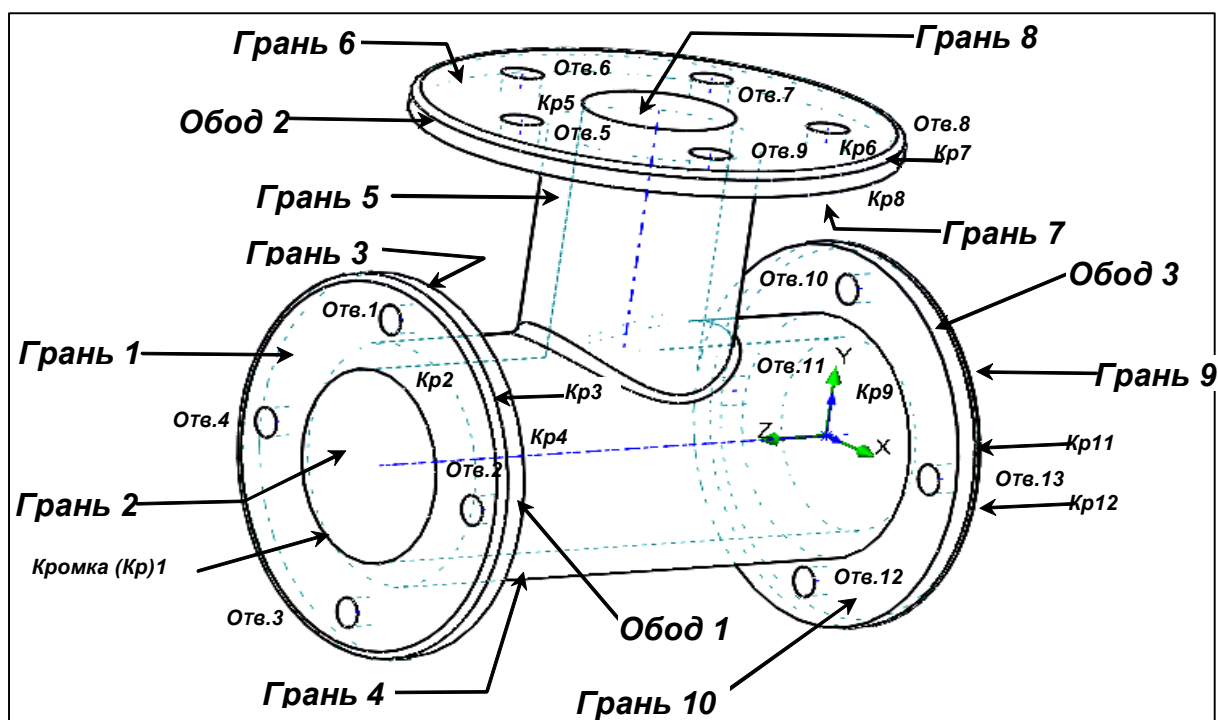


Рис. 4.2. Перечень нагружаемых граней, ободков и отверстий тройника

Таблица 4.2
Статическая нагрузка. Материал, закрепление и нагрузка тройника

Вар	Материал плиты (Контекст—команда на Материале в Дер.Констр. «Редактировать матери- ал», выбор: «SolidWorks materials_Сталь»)	Крепления: «Зафиксировано» Кр – это кромка	Нагрузка	
			Вид, Места приложения	Величина
1.	Сталь AISI 1035 (SS)	Кр2; Обод 3; Отв. 2	Сила, перп.пов: Грань 1 Давление: Грань 2,8; Вращ.момент: справ.ось, Отв12	400 кГ 600 кГ/см ² 112 кГ/см
2.	Сталь AISI 1045, холоднокатаная	Грань 1; Кр 11; Отв. 6,7	Сила, перп.пов: Грань 6 Вращ.момент: справ.ось, От.отвода; Давление: Обод 2	380 кГ 180 кГ/см 100 кГ
3.	AISI 304	Грань отв.1; Кр 1; Обод 3	Давление: Грань 6 Вращ. момент: справ.ось, отв5	428 кГ/см ² 115 кГ/см
4.	Отожженная нержавеющая поло- совая сталь AISI 316	Грань 3;обод1; Кр 2; Отв. 12	Сила, перп.пов: Грань 7 Давление: Грань 2 Вращ.момент: справ.ось, Отв 6,10	230 кГ 112кГ/см ² 58 кГ/см
5.	Листовая нержавеющая сталь AISI 316 (SS)	Обод1; Кр 2; Отв. 5,1012	Сила, перп.пов: Грань 9 Давление: Обод 3 Вращ.момент: справ.ось, Отв 5,8	90 кГ 117кГ/см ² 87кГ/см
6.	Листовая нержавеющая сталь AISI 321 (SS)	Кр 2, 11; Отв. 7,12	Сила, перп.пов: Грань 2 Давление: Грань 2 Вращ.момент: справ.ось, Отв 6,10	120 кГ 62кГ/см ² 88 кГ/см
7.	Листовая нержавеющая сталь AISI 347 (SS)	Грань 6; Кр 1, 9; Отв. 1, 3	Сила, перп.пов: Грань 4 Давление: Обод 2 Вращ.момент: справ.ось, Отв 6,10	132 кГ 125кГ/см ² 51 кГ/см
8.	Сталь AISI 4130, отожженная при 865 °С	Грань 1; Кр 2; Отв. 6, 8	Сила, перп.пов: Грань 7 Давление: Грань 2 Вращ.момент: справ.ось, Отв 6,12	150 кГ 102кГ/см ² 94 кГ/см
9.	Сталь AISI 4130, нормализован- ная при 870 °С	Грань 7; Кр 4, 5; Отв. 10	Сила, перп.пов: Грань 10 Давление: Грань 2 Вращ.момент: справ.ось, Отв 6,10	136 кГ 82кГ/см ² 118 кГ/см

Вар	Материал плиты (Контекст–команда на Материале в Дер.Констр. «Редактировать материал», выбор: «SolidWorks materials Сталь»)	Крепления: «Зафиксировано» Кр – это кромка	Нагрузка	
			Вид, Места приложения	Величина
10.	Сталь AISI 4340, отожженная	Обод 1; Грань 3; Отв. 11	Сила, перп.пов: Грань 6 Давление: Грань 2 Вращ.момент: справ.ось, Отв 6,10	123 кГ 37кГ/см ² 71 кГ/см
11.	Сталь AISI 4340, нормализованная	Грань 9; Кр 5; Отв. 1, 3	Сила, перп.пов: Грань 6 Давление: Грань 2 Вращ.момент: справ.ось, Отв правое проходное	85 кГ 112кГ/см ² 93 кГ/см
12.	Нержавеющая сталь типа AISI 316L	Обод 3; Кр 4; Отв. 7	Сила, перп.пов: Обод 2 Давление: Грань 8 Вращ.момент: справ.ось, Отв лев.проходное	135 кГ 108кГ/см ² 77 кГ/см
13.	Инструментальная сталь типа AISI A 2	Грань 4; Кр 3; Отв. 6	Сила, перп.пов: Грань 9 Давление: Грань 2 Вращ.момент: справ.ось, Отв 2,8	165 кГ 102кГ/см ² 48 кГ/см
14.	Легированная сталь	Грань 3; Кр 5; Отв. 12	Сила, перп.пов: Грань 7 Давление: Грань 2 Вращ.момент: справ.ось, Отв 6,10	420 кГ 132кГ/см ² 48 кГ/см
15.	Легированная сталь (SS)	Грань 1; Кр 2; Отв. 13	Сила, перп.пов: Грань 3 Давление: Грань 2 Вращ.момент: справ.ось, Отв 8,12	230 кГ 177кГ/см ² 58 кГ/см
16.	Сталь ASTM A36	Грань 6; Кр 6; Отв. 9	Сила, перп.пов: Грань 7 Давление: Грань 2 Вращ.момент: справ.ось, Отв 3,13	196 кГ 218кГ/см ² 70 кГ/см
17.	Литая легированная сталь	Грань 3; Кр 7; Отв. 7	Сила, перп.пов: Грань 7 Давление: Грань 2 Вращ.момент: справ.ось, Отв 6,10	170 кГ 152кГ/см ² 83 кГ/см
18.	Литая углеродистая сталь	Грань 5; Кр 10; Отв. 3	Сила, перп.пов: Грань 1 Давление: Грань 7 Вращ.момент: справ.ось, Отв 4,12	249 кГ 192кГ/см ² 111 кГ/см
19.	Литая нержавеющая сталь	Грань 3; Кр 2; Отв. 12	Сила, перп.пов: Грань 4 Давление: Грань 6 Вращ.момент: справ.ось, Отв 6,10	230 кГ 112кГ/см ² 68 кГ/см
20.	Хромированная нержавеющая сталь	Грань 3; Кр 2; Отв. 12	Сила, перп.пов: Грань 7 Давление: Грань 2 Вращ.момент: справ.ось, Отв 6,10	180 кГ 112кГ/см ² 98 кГ/см
21.	Сталь AISI 1015, холоднотянутая (SS)	Грань 5; Отв. 4, 13	Сила, перп.пов: Обод 2 Давление: Грань 3 Вращ.момент: справ.ось, Отв 1,3,10	134 кГ 42кГ/см ² 58 кГ/см
22.	AISI 1020	Грань 3; Кр 2; Отв. 12	Сила, перп.пов: Грань 7 Давление: Грань 2 Вращ.момент: справ.ось, Отв 1,8	230 кГ 56кГ/см ² 58 кГ/см
23.	Сталь AISI 1010, горячекатаная полоса	Грань 7; Кр 4; Отв. 10	Сила, перп.пов: Грань 7 Давление: Грань 2 Вращ.момент: справ.ось, Отв 12,13	230 кГ 112кГ/см ² 58 кГ/см
24. м	Сталь ASTM A36	Грань 4; Кр 3; Отв. 10, 12	Сила, перп.пов: Обод 1 Давление: Грань 8 Вращ.момент: справ.ось, Отв отвода	93 кГ 119кГ/см ² 62 кГ/см
25.	Легированная сталь (SS)	Грань 3; Кр 2; Отв. 12	Сила, перп.пов: Грань 7 Давление: Грань 6 Вращ.момент: справ.ось, Отв 4,11	335 кГ 112кГ/см ² 58 кГ/см
26. м	Сталь AISI 4340, нормализованная	Грань 1; Кр 12; Отв. 5	Сила, перп.пов: Грань 9 Давление: Грань 2 Вращ.момент: справ.ось, Отв 6,10	116 кГ 112кГ/см ² 68 кГ/см
27.	Сталь AISI 4130, нормализованная при 870 °С	Грань 1; Кр 11; Отв. 12	Сила, перп.пов: Грань 7 Давление: Грань 2 Вращ.момент: справ.ось, Отв 2,5	239 кГ 73кГ/см ² 61 кГ/см
28.	Листовая углеродистая сталь 1023 (SS)	Грань 3; Кр 2; Отв. 12	Сила, перп.пов: Грань 6 Давление: Грань 8 Вращ.момент: справ.ось, Отв 1,11	430 кГ 112кГ/см ² 71 кГ/см
29.	Отожженная нержавеющая сталь	Грань 3; Кр 2; Отв.	Сила, перп.пов: Грань 7	230 кГ

Вар	Материал плиты (Контекст–команда на Материале в Дер.Констр. «Редактировать материал», выбор: «SolidWorks materials Сталь»)	Крепления: «Зафиксировано» Кр – это кромка	Нагрузка	
			Вид, Места приложения	Величина
	201 (SS)	12	Давление: Грань 2 Вращ.момент: справ.ось, Отв 3,12	112кГ/см ² 58 кГ/см
30.	Жаропрочный сплав на основе железа A286	Грань 9; Кр 2; Отв. 7	Сила, перп.пов: Грань 1 Давление: Грань 2 Вращ.момент: справ.ось, Отв 3,4	230 кГ 112кГ/см ² 58 кГ/см
31. м	Сталь AISI 1010, горячекатаная полоса	Кр 2, 8; Отв. 11	Сила, перп.пов: Грань 10 Давление: Грань 2 Вращ.момент: справ.ось, Отв правое проходное	130 кГ 82кГ/см ² 74 кГ/см
32. м	Сталь AISI 1015, холоднотянутая (SS)	Обод 3; Кр 1; Отв. 9	Сила, перп.пов: Обод 2 Давление: Грань 8 Вращ.момент: справ.ось, Отв 7,12	117 кГ 77кГ/см ² 58 кГ/см
33.	AISI 1020	Грань 1; Кр 2; Отв. 7	Сила, перп.пов: Грань 9 Давление: Грань 2 Вращ.момент: справ.ось, Отв 4,9	514 кГ 112кГ/см ² 58 кГ/см
34.	Сталь AISI 1020, холоднокатаная	Грань 3; Кр1 2; Отв. 6	Сила, перп.пов: Грань 7 Давление: Грань 8 Вращ.момент: справ.ось, Отв 6,10	130 кГ 142кГ/см ² 58 кГ/см
35.	Оцинкованная сталь	Грань 7; Кр 3; Отв. 6	Сила, перп.пов: Грань 6 Давление: Грань 5 Вращ.момент: справ.ось, Отв 7,13	246 кГ 109кГ/см ² 58 кГ/см
36.	Обычная углеродистая сталь	Грань 1; Кр 4; Отв. 10	Сила, перп.пов: Грань 7 Давление: Грань 8 Вращ.момент: справ.ось, Отв 6,10	263 кГ 134кГ/см ² 72 кГ/см
37.	Листовая углеродистая сталь 1023 (SS)	Грань 3; Кр 8; Отв. 5	Сила, перп.пов: Грань 9 Давление: Грань 5 Вращ.момент: справ.ось, Отв 2,9	150 кГ 127кГ/см ² 64 кГ/см
38.	Инструментальная сталь типа AISI A 2	Грань 9; Кр 6; Отв. 2	Сила, перп.пов: Грань 1 Давление: Грань 3 Вращ.момент: справ.ось, Отв 3,17	370 кГ 122кГ/см ² 71 кГ/см
39.	Легированная сталь	Грань 6; Кр 12; Отв. 13	Сила, перп.пов: Грань 3 Давление: Грань 9 Вращ.момент: справ.ось, Отв 2,11	148 кГ 226кГ/см ² 52 кГ/см
40.	Легированная сталь (SS)	Грань 3; Кр 2; Отв. 12	Сила, перп.пов: Грань 10 Давление: Грань 2 Вращ.момент: справ.ось, Отв 1,4	230 кГ 112кГ/см ² 94 кГ/см

4.1.3. Построение графика показателя нагрузки эпюры вдоль кромки. Выбор эпюры

Таблица 4.3. Эпюры для графика.

Вариант	Эпюра	Вариант	Эпюра	Вариант	Эпюра	Вариант	Эпюра
1	3	11	1	21	2	31	1
2	3	12	2	22	2	32	3
3	1	13	3	23	4	33	2
4	2	14	2	24	2	34	2
5	3	15	4	25	2	35	2
6	2	16	2	26	1	36	3
7	3	17	4	27	2	37	3
8	1	18	2	28	2	38	2
9	3	19	1	29	4	39	2
10	2	20	4	30	2	40	3

Примечание. Коды эпюр для табл. 4.3

- 1 - Напряжение1 (-vonMises-). 3 - Деформация1 (-Эквивалент-).
2 - Перемещение1 (-Расположение результата-). 4 - Запас прочности1 (-FOS-).

4.2. Данные для: построения изоповерхности в эюре показателя нагрузки, размещения измерительных точек в критической области изоповерхности и определения расстояний от них до опорных точек посредством Матлаб-программы

Таблица 4.4.

Вар	Значение Iso для изоповерхности: $Iso=P_{max}^{(1)}(1-d)$ $d \cdot 10^2$, отн. ед. ²⁾	Кол. измерительных точек	Кол. опорных точек
1.	14	3	3
2.	12	6	1
3.	19	5	2
4.	12	4	2
5.	20	4	3
6.	9	3	2
7.	12	5	3
8.	15	6	3
9.	10	2	1
10.	13	4	2
11.	16	3	2
12.	17	5	2
13.	11	4	3
14.	13	6	2
15.	14	3	2
16.	9	4	1
17.	17	4	2
18.	16	4	2
19.	18	6	1
20.	14	6	2
21.	10	5	3
22.	14	5	2
23.	20	6	1
24.	15	4	3
25.	14	4	2
26.	12	5	1
27.	13	4	2
28.	20	6	1
29.	18	5	2
30.	11	3	1
31.	19	6	1
32.	18	3	3
33.	10	5	2
34.	15	6	2
35.	9	5	3
36.	17	4	3
37.	15	5	2
38.	15	4	3
39.	11	4	2
40.	13	3	2
41.	14.73	5	2

Примечания к табл. 4.4.

1) $P_{\max}$ – максимальное значение показателя нагрузки в эпюре. При этом сама нагрузка F должна устанавливаться в диапазоне: $F = F(n_{sT}) \pm 15\%$, где $F(n_{sT})$ – значение нагрузки в точке пересечения кривой n_{TSil} и прямой n_{sT} – см. рис. 1.2.21, А.

2) Величина $d(\text{вар}) = d(\text{столбца}) \cdot 0,01$.

Приложение А

Выписки из ГОСТов (2.106-96, 2.104-2006 и 2.105-95) по составлению и оформлению программы, методики и отчета по испытаниям изделия

ПА.1. Из ГОСТ 2.106-96 «ЕСКД. Текстовые документы» [1]

...

11. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

11.1. ПМ выполняют на формах 9 и 9а, необходимые схемы, таблицы и чертежи допускается выполнять на форматах А3 по ГОСТ 2.301, при этом основную надпись и дополнительные графы к ней выполняют в соответствии с ГОСТ 2.104 (форма 1а).

11.2. ПМ может разрабатываться как на изделие в целом, так и на его составные части.

11.3. Содержание ПМ обеспечивает объективную оценку качества изделия.

11.4. ПМ в общем случае должна состоять из следующих разделов:

- общие положения;
- общие требования к условиям, обеспечению и проведению испытаний;
- требования безопасности;
- определяемые показатели (характеристики) и точность их измерения;
- режимы испытаний изделия;
- методы испытаний и (или) измерений;
- отчетность.

Примечание—В зависимости от особенностей изделия и специфики его испытаний допускается объединять или исключать отдельные разделы, а также включать в нее дополнительные разделы.

11.5. В разделе «Общие положения» помещают:

- наименование и обозначение изделия в соответствии с основным конструкторским документом;
- цель испытаний;
- вид (виды) испытаний, которым подвергается изделие;
- условия предъявления изделия на испытания (порядок отбора, количество, комплектность, документальное сопровождение при предъявлении);
- порядок взаимодействия предъявителя изделия с представителем заказчика и другими предприятиями, участвующими в испытаниях.

11.6. В разделе «Общие требования к условиям, обеспечению и проведению испытаний» помещают требования:

- к месту проведения испытаний (цех, лаборатория, полигон и т. п.);
- к средствам проведения испытаний (приспособлениям, стандам, измерительной и вычислительной технике и т. п.);
- к условиям проведения испытаний (состояние окружающей, искусственно создаваемой или моделируемой среды и т. п.);
- к основным и дублирующим видам топлива, масел, охлаждающей жидкости, газов и т. п.;
- к подготовке изделия к испытаниям;
- к порядку работы на изделии по завершении испытаний;
- к персоналу, осуществляющему подготовку к испытанию и испытание.

11.7. В разделе «Требования безопасности» помещают:

- требования безопасности при подготовке изделия к испытаниям;
- требования безопасности при проведении испытаний;
- требования безопасности при выполнении работ по завершению испытаний.

11.8. В разделе «Определяемые показатели (характеристики) и точность их измерений» помещают:

- перечень определяемых показателей (характеристик) с указанием наименования, обозначения (при наличии), единицы измерения;
- номинальные значения показателей (характеристик) и предельные отклонения от номинальной величины или пределы измерения;

- указания, на каких видах и на каких этапах видов испытаний определяются показатели (характеристики);
- перечень оборудования, материалов и реактивов (стенды, приборы, приспособления, оснастку, инструмент и др.) для определения каждого показателя;
- класс точности измерительного оборудования;
- допускаемую погрешность измерения (расчета) определяемых показателей;
- указания, по какой методике, инструкции или нормативному документу следует определять (измерять) показатель (характеристику);
- правила регулировки (настройки) в процессе подготовки изделия к испытаниям и (или) при испытаниях;
- формулы расчета для определения показателей (характеристик), которые не могут быть определены прямым или косвенным измерением.

11.9. В разделе «Режимы испытаний изделия» помещают:

- режимы испытаний изделия;
- ограничения и другие указания, которые необходимо выполнять на всех или на отдельных режимах испытаний;
- условия аннулирования и возобновления испытаний на всех или на отдельных режимах.

11.10. В разделе «Методы испытаний и (или) измерений показателей (характеристик)» помещают:

- схемы испытаний (измерений);
- описание метода испытаний (измерений);
- формулы расчета;
- номограммы, диаграммы, графики зависимости отдельных параметров изделия от состояния внешней среды, других параметров, необходимые для определения показателей (характеристик) изделия.

11.11. В разделе «Отчетность» помещают:

- перечень документов, в которых фиксируют результаты испытаний, измерений и анализов в процессе испытаний и по их завершению;
- правила оформления таких документов;
- правила хранения и рассылки отчетных документов.

11.12. Допускается выполнять ПМ испытаний отдельными частями, например:

ПМ — программа испытаний, в которой излагают содержание следующих разделов ПМ:

- общие положения;
- общие требования к условиям, обеспечению и проведению испытаний;
- отчетность.

ПМ1 — методика испытаний, в которой излагают содержание следующих разделов ПМ:

- определяемые показатели (характеристики) и точность их измерений;
- режимы испытаний изделий;
- методы испытаний и (или) измерений.

...

ПА.2. Из ГОСТ 2.104-2006 «ЕСКД. Основные надписи» [2]

...

1. Область применения

Настоящий стандарт устанавливает формы, размеры, номенклатуру реквизитов и порядок заполнения основной надписи и дополнительных граф к ней в конструкторских документах, предусмотренных стандартами Единой системы конструкторской документации.

На основе настоящего стандарта допускается, при необходимости, разрабатывать стандарты, отражающие особенности указания реквизитов и атрибутов при оформлении конструкторских документов с учетом их специфики.

...

3. Термины, определения и сокращения

3.1. Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1. Реквизит документа: Элемент оформления документа, содержащий о нем сведения.

Примечание — Как правило, реквизит состоит из атрибутов (составной реквизит).

3.1.2. Атрибут документа: Идентифицированная (именованная) характеристика части реквизита.

3.1.3. Оформление документа: Проставление необходимых реквизитов и атрибутов, установленных правилами документирования.

3.1.4. Подпись: Реквизит документа, представляющий собой собственноручную подпись полномочного должностного лица.

Примечание — Для электронных документов используется аналог собственноручной подписи - электронная цифровая подпись.

3.2. Сокращения

В настоящем стандарте приняты следующие сокращения:

ДЭ — электронный конструкторский документ.

ЭЦП — электронная цифровая подпись,

ЭСИ — электронная структура изделия,

ЭВМ — электронная вычислительная машина.

...

5. Порядок выполнения основной надписи и дополнительных граф

5.1. Содержание, расположение и размеры граф основной надписи, дополнительных граф к ней. А также размеры рамок на чертежах и схемах должны соответствовать форме 1 (см. рис. 1), а в текстовых документах — формам 2, 2а и 2б (см. рис. 2 и 3).

Допускается для последующих листов чертежей и схем применять форму 2а.

5.2. Основная надпись, дополнительные графы к ней и рамки выполняют сплошными основными и сплошными тонкими линиями по ГОСТ 2.303.

5.3. Основную надпись располагают в правом нижнем углу конструкторских документов. На листах формата А4 по ГОСТ 2.301 основную надпись располагают вдоль короткой стороны листа.

Таблица изменений в основной надписи при необходимости может продолжаться вверх или влево от основной надписи (при наличии графы 33 — влево от нее).

При расположении таблицы изменений слева от основной надписи наименования граф 14—18 повторяют.

Расположение дополнительных граф показано в приложении А.

5.4. Для быстрого нахождения на чертеже (схеме) составной части изделия или его элемента рекомендуется разбивать поле чертежа (схемы) на зоны. Отметки, разделяющие чертеж (схему) на зоны, рекомендуется наносить на расстоянии, равном одной из сторон формата А4 (рисунки Б.1 и Б.2 приложения Б).

Отметки наносят:

по горизонтали — арабскими цифрами справа налево:

по вертикали — прописными буквами латинского алфавита снизу вверх.

Зоны обозначают сочетанием цифр и букв, например: 1 А, 2А, 3А, 1 В, 2В, 3В и т.д.

5.5. На чертежах (схемах) с одним обозначением, выполненных на нескольких листах, нумерация зон по горизонтали должна быть сквозной в пределах всех листов.

6. Порядок заполнения основной надписи и дополнительных граф

6.1 В графах основной надписи и дополнительных графах (номера граф на формах показаны в круглых скобках) указывают значения соответствующих реквизитов или атрибутов согласно таблице 1:

в графе 1 — наименование изделия и наименование документа, если этому документу присвоен код. Для изделий народнохозяйственного назначения допускается не указывать наименование документа, если его код определен ГОСТ 2.102, ГОСТ 2.601, ГОСТ 2.602, ГОСТ 2.701. Наименование изделия должно соответствовать принятой терминологии и быть по возможности кратким. Наименование изделия записывают в именительном падеже единственного числа. В наименовании, состоящем из нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное, например: «Колесо зубчатое». В наименование изделия не включают, как правило, сведения о назначении изделия и его местоположении;

в графе 2 — обозначение документа по ГОСТ 2.201 и код, если его код определен ГОСТ 2.102,

ГОСТ 2.601, ГОСТ 2.602.ГОСТ 2.701. Допускается применять ранее принятую систему обозначений документов;

в графе 3 — обозначение материала детали (графу заполняют только на чертежах деталей); в графе 4 — литеру, присвоенную данному документу (на документе в бумажной форме графу заполняют последовательно, начиная с крайней левой клетки).

Допускается в рабочей конструкторской документации литеру проставлять только в спецификациях и технических условиях.

Для изделий, разрабатываемых по заказу Министерства обороны, перечень конструкторских документов, на которых должна обязательно проставляться литера, согласуется с заказчиком (представительством заказчика);

в графе 5 — массу изделия по ГОСТ 2.109: в килограммах без указания единицы измерения; допускается указывать массу в других единицах измерения с указанием их; на габаритных и монтажных чертежах, а также на чертежах деталей опытных образцов и единичного производства допускается массу не указывать;

в графе 6 — масштаб (проставляется в соответствии с ГОСТ 2.302 и ГОСТ 2.109);

в графе 7 — порядковый номер листа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют);

в графе 8 — общее количество листов документа (указывают только на первом листе);

в графе 9 — наименование или код организации, выпускающей документ (графу не заполняют, если код содержится в обозначении документа);

в графе 10 — характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ, в соответствии с формами 1 и 2. Свободную строку заполняют по усмотрению разработчика, например: «Начальник отдела», «Начальник лаборатории». «Рассчитал». Допустимые значения атрибута устанавливает организация;

в графе 11 — фамилии лиц, подписавших документ;

в графе 12 — подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11.

Подписи лиц, разработавших данный документ и ответственных за нормоконтроль, являются обязательными.

При отсутствии титульного листа допускается подпись лица, утвердившего документ, размещать на свободном поле первого или заглавного листа документа в порядке, установленном для титульных листов по ГОСТ 2.105 [3];

в графе 13—дату подписания документа;

...

в графе 26—обозначение документа, повернутое на 180° для формата А4 и для форматов больше А4 при расположении основной надписи вдоль длинной стороны листа и на 90° для форматов больше А4 при расположении основной надписи вдоль короткой стороны листа;

...

Примечания.

1. В графах 13, 18, 20, 23 при указании календарной даты на бумажном носителе год указывают двумя последними цифрами.

2. Графа 26 на форме 2а является обязательной только для чертежей и схем.

3. Графы, выполненные штриховой линией, вводят при необходимости. Графы 27 — 30 обязательны для документов, утверждаемых заказчиком.

4. При использовании для последующих листов чертежей и схем формы 1, графы: 1,3 — 6,9 не заполняют.

Форма 1
Основная надпись для чертежей и схем

Dimensions: 20, 60, 145, 70, 14, 5, 185, 55, 5.

Fields and Attributes:

- (26) - Top left field
- Перв. примен. - First use
- Справ. № - Reference number
- Подп. и дата - Signature and date
- Взам. инв. № - Inventory number for replacement
- Инв. № дубл. - Inventory number of duplicate
- Инв. № подл. - Inventory number of original
- Изм. Лист - Change sheet
- № докум. - Document number
- Подп. - Signature
- Дата - Date
- Разраб. - Designer
- Пров. - Checker
- Т. контр. - Technical control
- Н. контр. - Main control
- Утв. - Approval
- (1) - Main title area
- (2) - Title area
- (3) - Bottom left field
- (4) - Bottom middle field
- (5) - Bottom right field
- (9) - Bottom right field
- Лит. - Letter
- Масса - Mass
- Масштаб - Scale
- Лист 1 - Sheet 1
- Листов 1 - Total sheets 1
- Копировал - Copied
- Формат А4 - Format A4

Рис. 1. Основная надпись по Форме 1.

Упрощённая: ряд размеров, реквизитов и атрибутов не показаны. В круглых скобках – указания на реквизиты из разд. 6.

Форма 2

Основная надпись и дополнительные графы для текстовых
конструкторских документов
(первый или заглавный лист)

20

60

145

8

5

5

185

40

5

5

5

50

15

15

5

5

Копировал

Формат А4

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

(7)

(8)

(9)

(10)

(11)

(12)

(13)

Изм.

Лист

№ докум.

Подп.

Дата

Разраб.

Пров.

Н. контр.

Утв.

Лит.

Лист

Листовой

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № подл.

Рис.2. Основная надпись по Форме 2.

Упрощённая: ряд размеров, реквизитов и атрибутов не показаны. В круглых скобках – указания на реквизиты из разд. 6. Шаблон ф. 2 для текста – в Приложении Б.

Форма 2а

Основная надпись и дополнительные графы для чертежей (схем) и текстовых конструкторских документов (последующие листы)

Перв. примен.	
Справ. №	
Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

(2)

Копировал

Лист (7)

Формат А4

Рис. 3. Основная надпись по Форме 2а при односторонней печати.

Упрощённая: ряд размеров, реквизитов и атрибутов не показаны. В круглых скобках – указания на реквизиты из разд. 6. Шаблон ф. 2а для текста – в Приложении В. При двусторонней печати Основная надпись по форме 2б – на рис. 4

Форма 26
Основная надпись и дополнительные графы для текстовых конструкторских документов при двусторонней печати (последующие листы).
Нечётный номер страницы

Форма 26
Основная надпись и дополнительные графы для текстовых конструкторских документов при двусторонней печати (последующие листы).
Чётный номер страницы

20
146
5
185
10 23 15 10 120 10
7
15 6
Име. № подл. Подп. и дата Взам. инв. № Инв. № дубл. Стр. (7)
(14) (15) (16) (17) (18)
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
(2)
Копировал Формат А4

20
146
5
185
10 7 10 23 15 10
10
15 6
Име. № подл. Подп. и дата Взам. инв. № Инв. № дубл. Стр. (7)
(14) (15) (16) (17) (18)
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
(2)
Копировал Формат А4

Рис. 4. Основная надпись по Форме 26 при двусторонней печати.

Упрощённая: ряд размеров, реквизитов и атрибутов не показаны. В круглых скобках – указания на реквизиты из разд. 6. Шаблоны ф. 26 – в Приложении Г.

Приложение Б. Шаблоны текстовых документов.

1. Шаблон титульного листа по ГОСТ 2.105-95 «Общие Требования к текстовым документам», пример заполнения.
2. Шаблон заглавного листа по ГОСТ 2.104-2006 «Основные надписи», форма 2.
3. Шаблон последующих листов при односторонней печати по ГОСТ 2.104-2006 «Основные надписи», форма 2а.

Шаблон титульного листа Отчёта по ГОСТ 2.105-95 (рис. 21, рис. Приложения Д с измен.1)
с заполнением полей, отражающим учебный процесс в институте ИКНТ СПбПУ

Министерство образования и науки Российской Федерации
Санкт-Петербургский

Политехнический университет Петра Великого

Институт компьютерных наук и технологий

УТВЕРЖДАЮ
Преподаватель

« » 2017

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

ОТЧЁТ

«Испытания плиты 110x140x28 в пакете «Солидуокс»»

Кодовый состав обозначения – см. рис. ПГ.4

ИКНТ.296424.011-25.01 ПЗ

СОГЛАСОВАНО
Преподаватель

« » 2017

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата

Перв. примен.	Шаблон заглавного листа по ГОСТ 2.106-96 (форма 9) с графами по ГОСТ 2.104-2006 и с заполнением граф, отражающим учебный процесс в институте ИКНТ СПбПУ Форма пояснительной записки (ПЗ); программы и методики испытаний (ПМ), таблиц (ТБ1); расчетов (РР); инструкций (И); документов прочих (Д).																																								
Справ. №																																									
Подп. и дата	Име. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Поле автоматич. вставки кол. листов документа ИКНТ (обознач. документа по ГОСТ 2.201 и код, если его код определен ГОСТ 2.102, ГОСТ 2.601, ГОСТ 2.602, ГОСТ 2.701 – см. Прилож. В и Г) Наимен. изделия Наимен. документа (если документу присвоен код – см. Тит. Л.) <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Изм.</th> <th>Лист</th> <th>№ докум.</th> <th>Подп.</th> <th>Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Разраб.</td> <td></td> <td>ФИО</td> <td></td> <td>00.00.00</td> </tr> <tr> <td>Пров.</td> <td></td> <td>ФИО Преп.</td> <td></td> <td>00.00.00</td> </tr> <tr> <td>Н. контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td></td> <td>ФИО Преп.</td> <td></td> <td>00.00.00</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Лит.</th> <th>Лист</th> <th>Листов</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>У</td> <td>1</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>							Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разраб.		ФИО		00.00.00	Пров.		ФИО Преп.		00.00.00	Н. контр.					Утв.		ФИО Преп.		00.00.00	Лит.	Лист	Листов	У	1	4
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.								Дата																														
Разраб.		ФИО		00.00.00																																					
Пров.		ФИО Преп.		00.00.00																																					
Н. контр.																																									
Утв.		ФИО Преп.		00.00.00																																					
Лит.	Лист	Листов																																							
У	1	4																																							
Име. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.																																						

Шаблон последующих листов по ГОСТ 2.106-96 (форма 9а) с графами по ГОСТ 2.104-2006 и с заполнением граф,

отражающим учебный процесс в институте ИКНТ СПбПУ

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						Лист	
					ИКНТ (обознач. документа по ГОСТ 2.201 и код, если его код определен ГОСТ 2.102, ГОСТ 2.601, ГОСТ 2.602, ГОСТ 2.701 – см. Прилож. В и Г)					4	

Поле автоматич. вставки № листа

Приложение В

Обозначение изделий и конструкторских документов по ГОСТ 2.201-80 ЕСКД

Выбранные фрагменты из ГОСТ 2.201-80 [16].

...Настоящий стандарт устанавливает единую обозначенную классификационную систему обозначения изделий основного и вспомогательного производства и их конструкторских документов всех отраслей промышленности при разработке, изготовлении, эксплуатации и ремонте.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Каждому изделию в соответствии с ГОСТ 2.101-68 должно быть присвоено обозначение.

1.2. Обозначение изделия является одновременно обозначением его основного конструкторского документа (чертежа детали или спецификации). Обозначение изделия и его конструкторского документа не должно быть использовано для обозначения другого изделия и конструкторского документа.

1.3. Обозначения изделиям и конструкторским документам присваивают централизованно или децентрализованно.

Централизованное присвоение обозначений должны осуществлять организации, которым это поручено министерством, ведомством, в пределах объединения, отрасли. Перечень изделий, обозначение которым присваивают централизованно, определяет министерство, ведомство.

Децентрализованное присвоение обозначений должны осуществлять организации-разработчики.

1.4. Изделия и конструкторские документы сохраняют присвоенное им обозначение независимо от того, в каких изделиях и конструкторских документах они применяются.

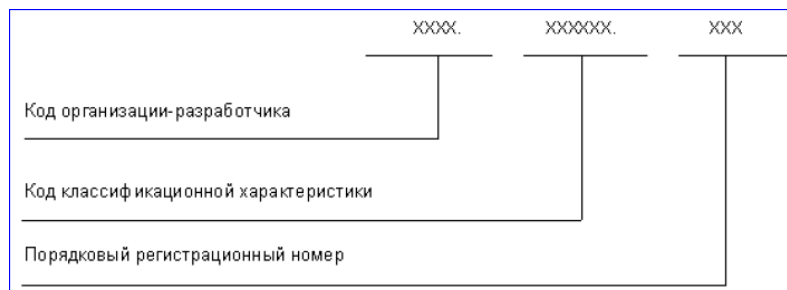
1.5. Обозначения изделий и конструкторских документов записывают в другие документы без сокращений и изменений, за исключением случаев, предусмотренных ГОСТ 2.113-75.

1.6. Обозначение должно быть указано на каждом листе конструкторского документа, выполненного на нескольких листах.

1.7. Деталям, на которые не выпущены чертежи согласно ГОСТ 2.109-73, должны быть присвоены самостоятельные обозначения по общим правилам.

2. СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЯ

2.1. Устанавливается следующая структура обозначения изделия и основного конструкторского документа (реализацию системы обозначений см. в приложении 4 – авт.):

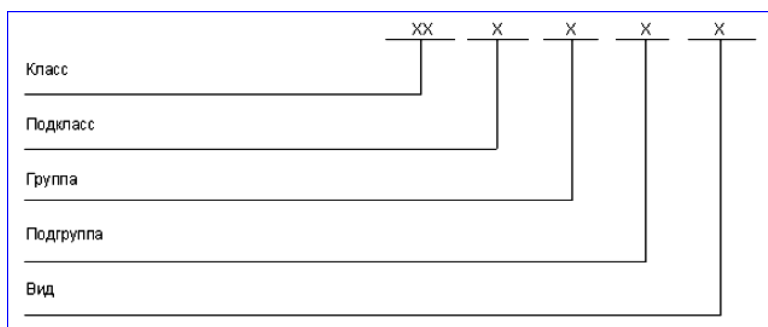


2.2. Четырехзначный буквенный код организации-разработчика конструкторской документации, состоящий из букв типа АБВГ, назначается по Кодификатору организаций-разработчиков.

2.3. При централизованном присвоении обозначения вместо кода организации-разработчика указывают код, выделенный для централизованного присвоения обозначения.

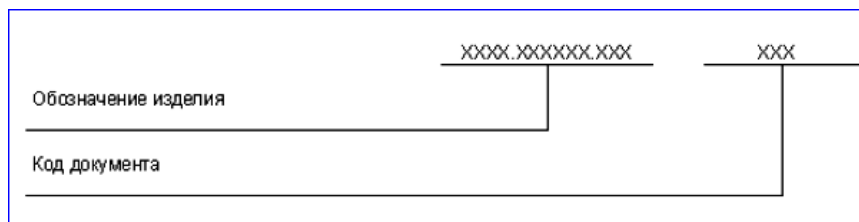
2.4. Код классификационной характеристики присваивают изделию и конструкторскому документу по классификатору изделий и конструкторских документов машиностроения и приборостроения (Классификатору ЕСКД).

Структура кода классификационной характеристики :



2.5. Порядковый регистрационный номер присваивают по классификационной характеристике от 001 до 999 в пределах кода организации-разработчика при децентрализованном присвоении обозначения, а при централизованном присвоении – в пределах кода организации, выделенного для централизованного присвоения.

2.6. Обозначение неосновного конструкторского документа должно состоять из обозначения изделия и кода документа, установленного стандартами ЕСКД.



В коде документа должно быть не более четырех знаков, включая номер части документа.

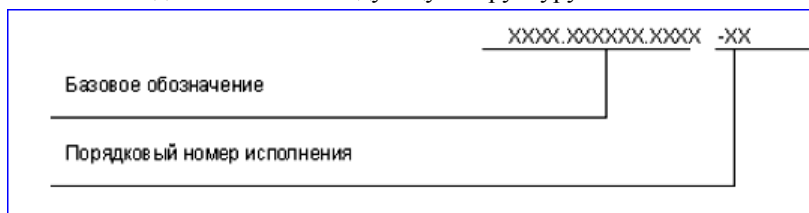
Примеры:	АВГБ.061341.021СБ,
	АВГБ.061341.021ТУ1,
	АВГБ.061341.021ИЭ12.

2.7. Эскизные конструкторские документы (ГОСТ 2.102-68) обозначают по установленной в отрасли (или организации) системе обозначений эскизных документов. Структура обозначения эскизных конструкторских документов приведена в приложении 1.

3. ОБОЗНАЧЕНИЕ ИСПОЛНЕНИЙ ИЗДЕЛИЯ И ДОКУМЕНТОВ ПРИ ГРУППОВОМ И БАЗОВОМ СПОСОБЕ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ

3.1. Каждому исполнению изделия должно быть присвоено самостоятельное обозначение.

3.2. Обозначение исполнения должно иметь следующую структуру:



3.3. Базовое обозначение является общим для всех исполнений, оформленных одним групповым или базовым основным документом. Его следует присваивать групповому основному документу так же, как отдельному изделию.

3.4. Порядковый номер исполнения устанавливают в пределах базового обозначения и отделяют от базового обозначения знаком дефис. При необходимости допускается пропускать отдельные порядковые номера исполнений (например, при условии логической взаимосвязи характеристик исполнений с порядковыми номерами).

3.5. При групповом способе выполнения документов одно исполнение следует условно принимать за основное. Такое исполнение должно иметь только базовое обозначение без порядкового номера исполнения, например АВВГ.302123.005. Для других исполнений к базовому обозначению добавляют порядковый номер исполнения от 01 до 98.

Примечания:

1. Обозначение основного исполнения без указания порядкового номера исполнения\позволяет преобразовать разработанный единичный документ в групповой без изменения его обозначения.

2. В процессе обработки данных документации с применением вычислительной техники допускается порядковый номер 99 использовать для обозначения набора составных частей, одинаковых для всех исполнений.

3.6. При базовом способе выполнения документов обозначение исполнения состоит из базового обозначения и порядкового номера исполнения от 01 до 99.

Примеры:

АГВБ.573241.020-01,

АГВБ.573241.020-02,

АГВБ.573241.020-03 и т.д.

Допускается обозначать исполнения с добавлением трехзначных порядковых номеров от 001 до 999.

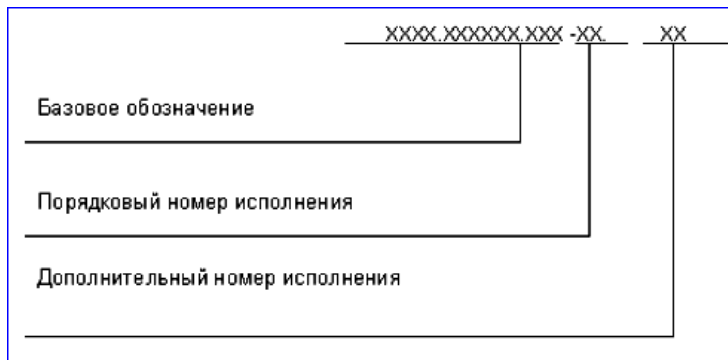
Примеры:

АГВБ.573241.020-001,

АГВБ.573241.020-002 и т.д.

Допускается исполнениям присваивать обозначения как отдельным изделиям или на несколько (но не на все) исполнений выпустить групповой документ (групповые документы) с присвоением соответствующих обозначений по п.3.5 настоящего стандарта.

3.7. При большой номенклатуре изделий, обладающих общими конструктивными признаками, допускается применять дополнительный номер исполнения.



Между частями обозначения проставляются точки и дефис, которые являются разделительными знаками.

Исполнения с применением дополнительного номера обозначают при наличии переменных характеристик (покрытий, параметров, их предельных отклонений, климатических условий работы, дополнительной комплектации изделия составными частями и т.п.), которые возможны для всех исполнений.

Эти характеристики обозначают дополнительными номерами, которые должны быть едиными для всех исполнений.

Дополнительный номер исполнения должен быть в виде двухзначного числа, кроме 00. Номер или каждая его цифра могут обозначать одну характеристику или комплекс взаимосвязанных характеристик (например, для изделия АБВГ.523541.176-05.12 дополнительный номер исполнения 12 означает напряжение 380 В при соответствующей схеме соединения обмоток).

Вновь разработанные составные части этих изделий, зависящие от тех же характеристик, обозначают с применением того же дополнительного номера исполнения. При необходимости такие части можно обозначать без применения дополнительного номера исполнения.

При наличии дополнительного номера все исполнения следует обозначать с применением двухзначного порядкового номера исполнения от 01 до 98.

Порядковые и дополнительные номера исполнений устанавливают независимо друг от друга.

3.8. В комплект документов могут входить документы с обозначениями по разным вариантам, установленным настоящим стандартом.

3.9. При применении трехзначного порядкового номера исполнения допускается выполнять документ исполнения, базовое обозначение которого не совпадает с обозначением базового документа.

Примеры:

АБВГ.523142.025 - базовый документ,

АБВГ.523142.037-002 - документ исполнения.

Групповой спецификации исполнений следует присваивать обозначение, соответствующее одинаковой части обозначений исполнений, включенный в спецификацию исполнений.

3.10. Групповому или базовому неосновному документу, относящемуся ко всем исполнениям, присваивают базовое обозначение с добавлением кода документа.

Примеры:

АБВГ.302123.005СБ,

АБВГ.573241.020СБ.

Неосновному документу, выполненному на одно исполнение, следует присваивать обозначение этого исполнения с добавлением кода документа, например АГВБ.573241.020-03СБ.

Групповому неосновному документу, выполненному на несколько исполнений или изделий (но не на все), присваивают обозначение одного из исполнений или изделий с добавлением кода документа. При этом рекомендуется присваивать меньшее (младшее) обозначение, например групповому сборочному чертежу, выполненному на исполнения АГВБ.573241.020-02, АГВБ.573241.020-03, АГВБ.573241.020-06, присваивают обозначение АГВБ.573241.020-02СБ.

3.11. Основной документ находят по базовому обозначению, например для исполнения

АБВГ.302123.005-03 основной документ следует искать по обозначению АБВГ.302123.005. Если такой документ окажется базовым, то дополнительно должен быть найден основной документ исполнения.

При обозначении с трехзначным порядковым номером исполнения основной документ следует искать по полному обозначению.

4. ПРАВИЛА ПРИСВОЕНИЯ И УЧЕТА ОБОЗНАЧЕНИЙ

4.1. Код организации-разработчика, код и наименование конструкторского документа, а также классификационную характеристику по Классификатору ЕСКД указывают подразделения - разработчики документации.

4.2. Порядковый регистрационный номер присваивает служба ведения картотеки учета обозначений организации-разработчика при предъявлении оригинала документа с подписями в графах "Разраб." основной надписи (ГОСТ 2.104-2006).

При централизованном присвоении обозначений порядковый регистрационный номер присваивают на основании запроса, форму которого устанавливают министерства.

4.3. Для учета обозначений изделий и конструкторских документов на каждую используемую классификационную характеристику составляют карточку учета обозначений. Рекомендуемая форма и пример заполнения карточки приведены в приложении 2 (приложение 2 не приводится – авт., см. непосредственно ГОСТ 2.201-80 [8]).

4.4. Карточки учета обозначений следует хранить в картотечных ящиках в порядке возрастания кодов классификационных характеристик в пределах кода организации-разработчика.

4.5. Порядковые регистрационные номера аннулированных документов занимать не допускается.

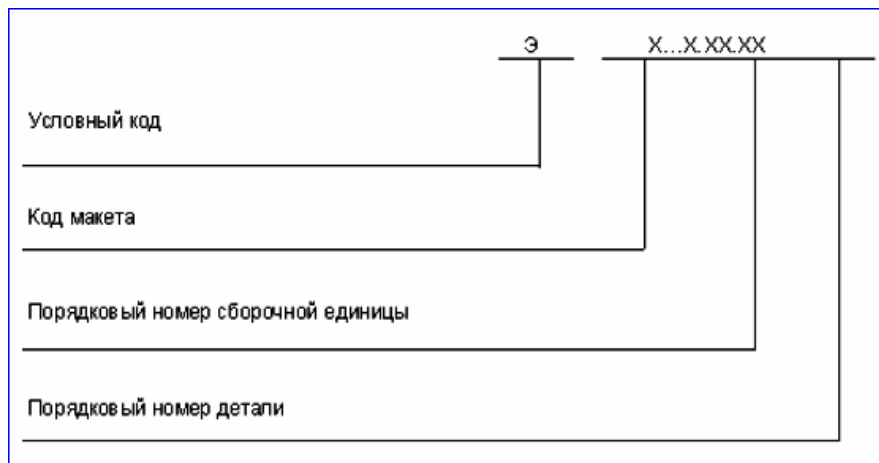
4.6. Выдачу и учет базовых обозначений изделий следует вести так же, как обозначений отдельных изделий.

4.7. Выдачу и учет обозначений исполнений следует вести в пределах каждого базового обозначения основного документа.

4.8. Присвоение порядковых регистрационных номеров деталям, на которые не выпущены чертежи (п.1.7), и их учет следует производить при присвоении обозначения спецификации, в которую записаны эти детали.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 к ГОСТ 2.201-80, рекомендуемое. СТРУКТУРА ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭСКИЗНЫХ КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ

Рекомендуется эскизные конструкторские документы обозначать по следующей структуре:



Приложение Г. Примеры формирования обозначений деталей и конструкторских документов в Курсовых проектах Института компьютерных наук и технологий СПбПУ

Формирование обозначений выполняется в соответствии с ГОСТ 2.201-80 [16] (см. также Приложение В) с учётом отличий учебного формата от официального. Обозначение изделия состоит из 4 кодовых блоков. Например, для плиты 1 рис. ПГ.4 это обозначение имеет следующий вид: ИКНТ.741438.011-15. Кодовые блоки отделены точками, а последний блок – дефисом. Назначение блоков: 1-го – код организации-разработчика изделия или основного документа, 2-го – код классификационной характеристики изделия или документа, 3-го – порядковый регистрационный номер изделия или документа, 4-го – порядковый номер исполнения изделия или документа.

Согласно ГОСТ 2.201-80 (см. Приложение В) обозначение изделия является одновременно обозначением его основного конструкторского документа (чертежа детали или спецификации). Обозначение изделия и его конструкторского документа не должно быть использовано для обозначения другого изделия и конструкторского документа. Изделия и конструкторские документы сохраняют присвоенное им обозначение независимо от того, в каких изделиях и конструкторских документах они применяются.

Обозначения изделий и конструкторских документов записывают в другие документы без сокращений и изменений, за исключением случаев, предусмотренных ГОСТ 2.113-75.

Обозначение должно быть указано на каждом листе конструкторского документа, выполненного на нескольких листах.

ПГ.1. Код организации-разработчика

Присваивается ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» [17, Приложение Д]. Для получения кода необходимо написать запрос в эту организацию. Адрес организации, контактные телефоны и перечень сведений, которые следует привести в запросе, указаны в Приложении 5. Стоимость услуги составляет 6336 руб. на 25.10.2016 г.

Для учебных целей в качестве кода используем начальные буквы наименования нашего института «Институт Компьютерных Наук и Технологий» – ИКНТ.

ПГ.2. Код классификационной характеристики по классификатору ЕСКД

Значения составляющих кода показаны в п. 2.4 ГОСТ 2.201-80 (см. Приложение В). Эти составляющие выбирают по классификатору изделий и конструкторских документов машиностроения и приборостроения (Классификатору ЕСКД) [10, 11]. Для работы Классификатор следует скачать на компьютер Исполнителя. Это можно сделать по ссылке [10] – в rar-формате, затем разархивировать, переводя Классификатор в исходный chm-формат. Сразу в chm-формате Классификатор можно скачать из источника [11]. Классификатор запускается двойным щелчком ЛКМ на его chm-файле – см. рис. ПГ.1.

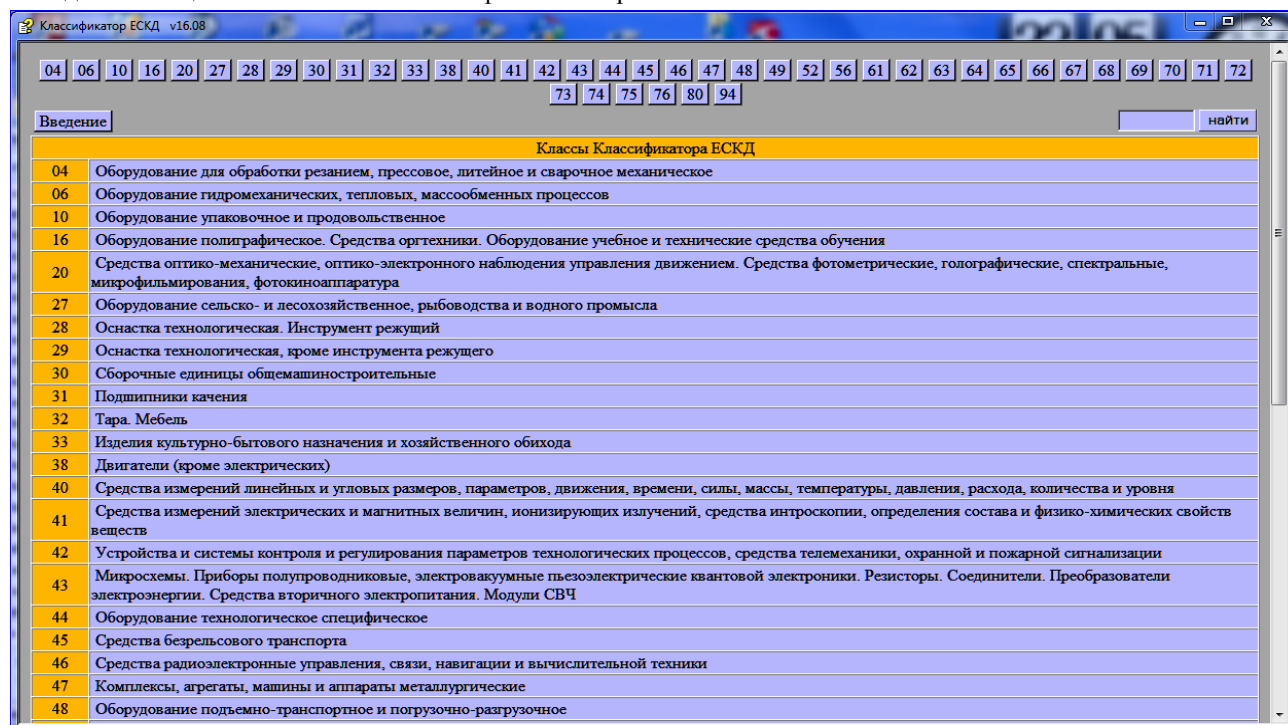


Рис. ПГ.1. Классификатор ЕСКД после запуска.

Кнопки сверху и слева – это классы изделий, охватываемые Классификатором. Кнопка «Введение» открывает довольно подробную информацию о том, как пользоваться Классификатором. Нажатие любой кнопки класса открывает группу кнопок подклассов этого класса. Нажатие любой кнопка подкласса открывает совокупность кнопок групп данного подкласса. И так – вплоть до позиций видов. При описании подклассов и ниже для деталей (например, для класса «Детали - не тела вращения плоскостные; рычажные, грузовые, тяговые; аэрогидродинамические; изогнутые из листов, полос и лент; профильные; трубы») описание иллюстрируется рисунками описываемых объектов – рис. ПГ.2.

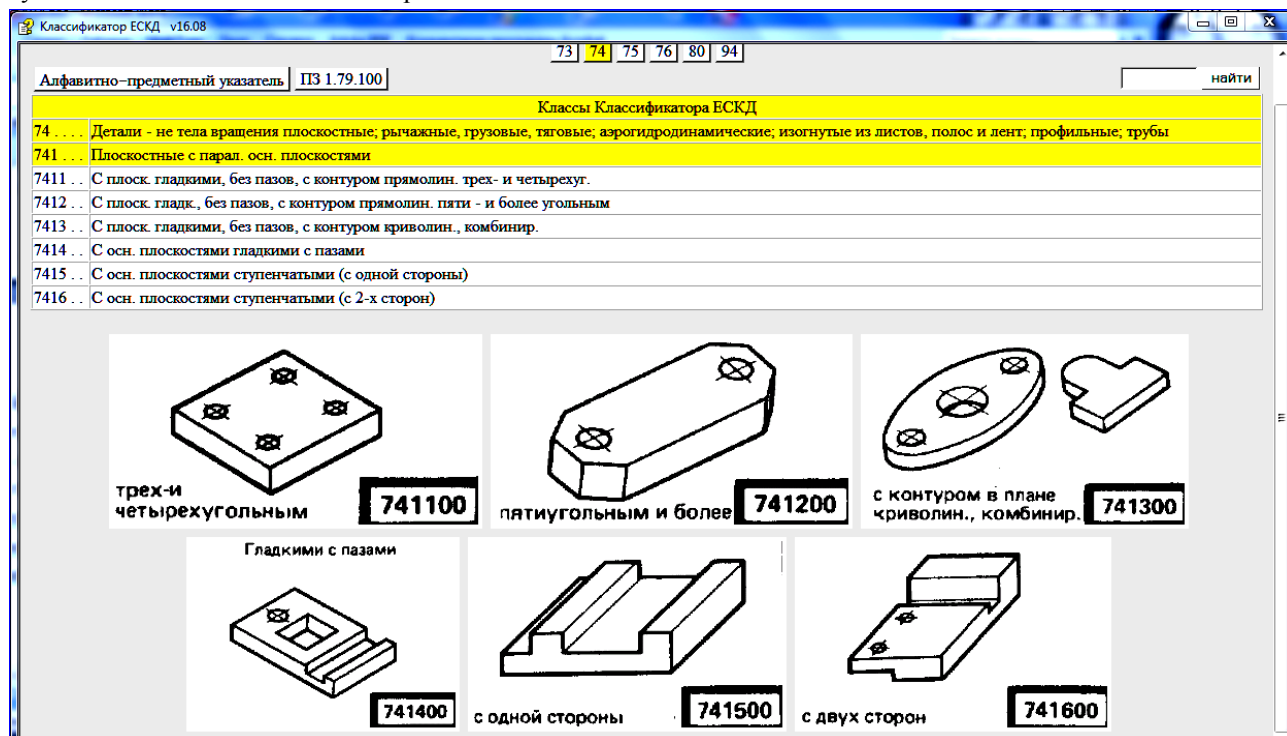


Рис. ПГ.2. Поясняющие рисунки для групп 1...6 подкласса 1 класса 74.

Подбор кода классификационной характеристики для детали заключается в том, чтобы описания всех 6 элементов характеристики (в строках классификатора) соответствовали геометрическим характеристикам элементов детали. Рассмотрим примеры.

Пример1. Классификационная характеристика детали «Плита 1» - см. рис. ПГ.3.

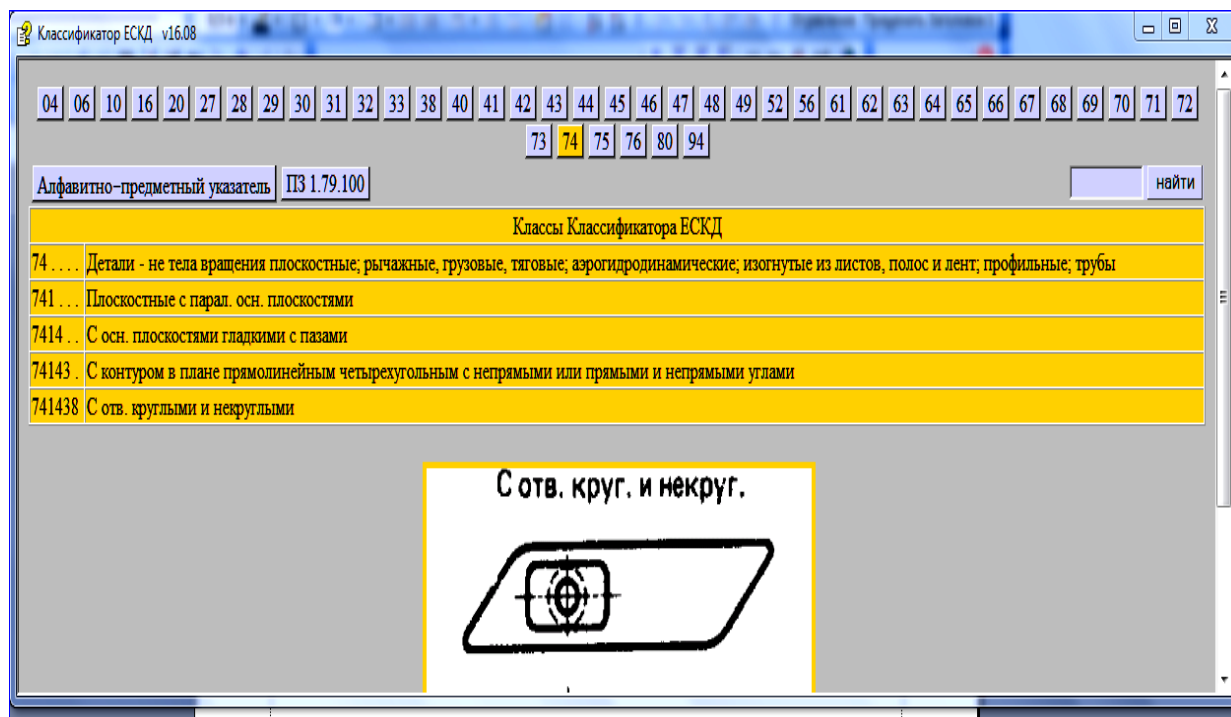


Рис.П.Г.3. Результат формирования классификационной характеристики (741438) детали «Плита 1» из рис. ПГ.4 (на след. стр).

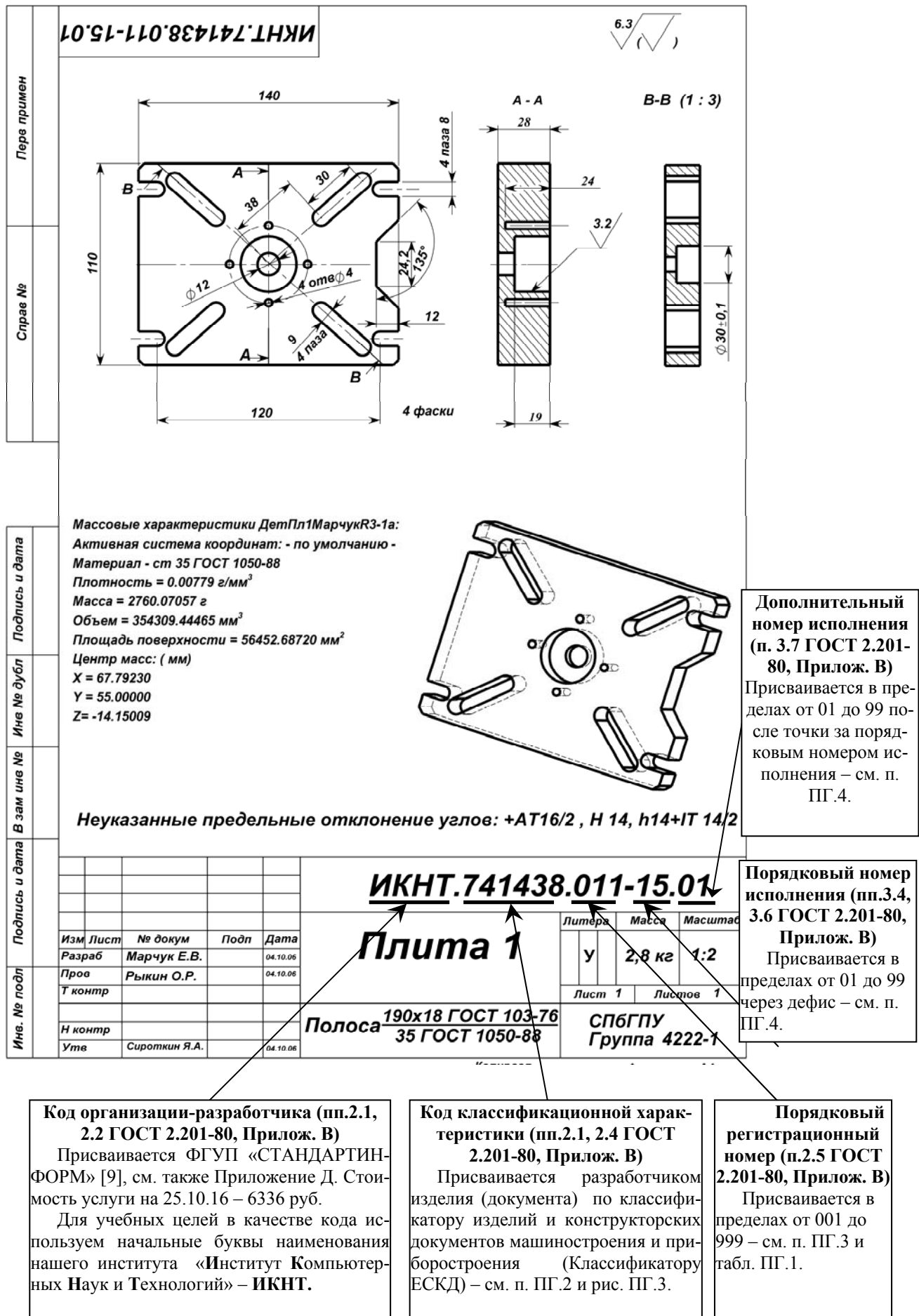


Рис. ПГ.4. Кодовый состав обозначения ИКНТ.741438.011-15.01 для детали «Плита 1».

Сравним определения в строках классификационной характеристики рис. ПГ.3 с геометрией Плиты 1 из

рис. ПГ.4. Класс 74 «Детали – не тела вращения плоскостные;...» - подходит. Подкласс 1 «Плоскостные с параллельными основными плоскостями» - для плиты – подходит. Группа 4 «С основными плоскостями гладкими, с пазами» - подходит: верхняя и нижняя плоскости плиты – гладкие, 4 паза у торцов плиты есть. Подгруппа 3 «С контуром в плане четырёхугольным с непрямыми или прямыми и непрямыми углами» - подходит: контур 4-угольный, углы прямые (а не прямых углов – нет; этот собой пропускаем). Вид 8 «С отверстиями круглыми и некруглыми» - подходит: у Плиты 1 – 2 соосных круглых отверстия, 4 круглых несквозных отверстия и 4 сквозных некруглых отверстия.

Пример 2. Классификационная характеристика детали «Тройник 1» - см. рис. ПГ.5.

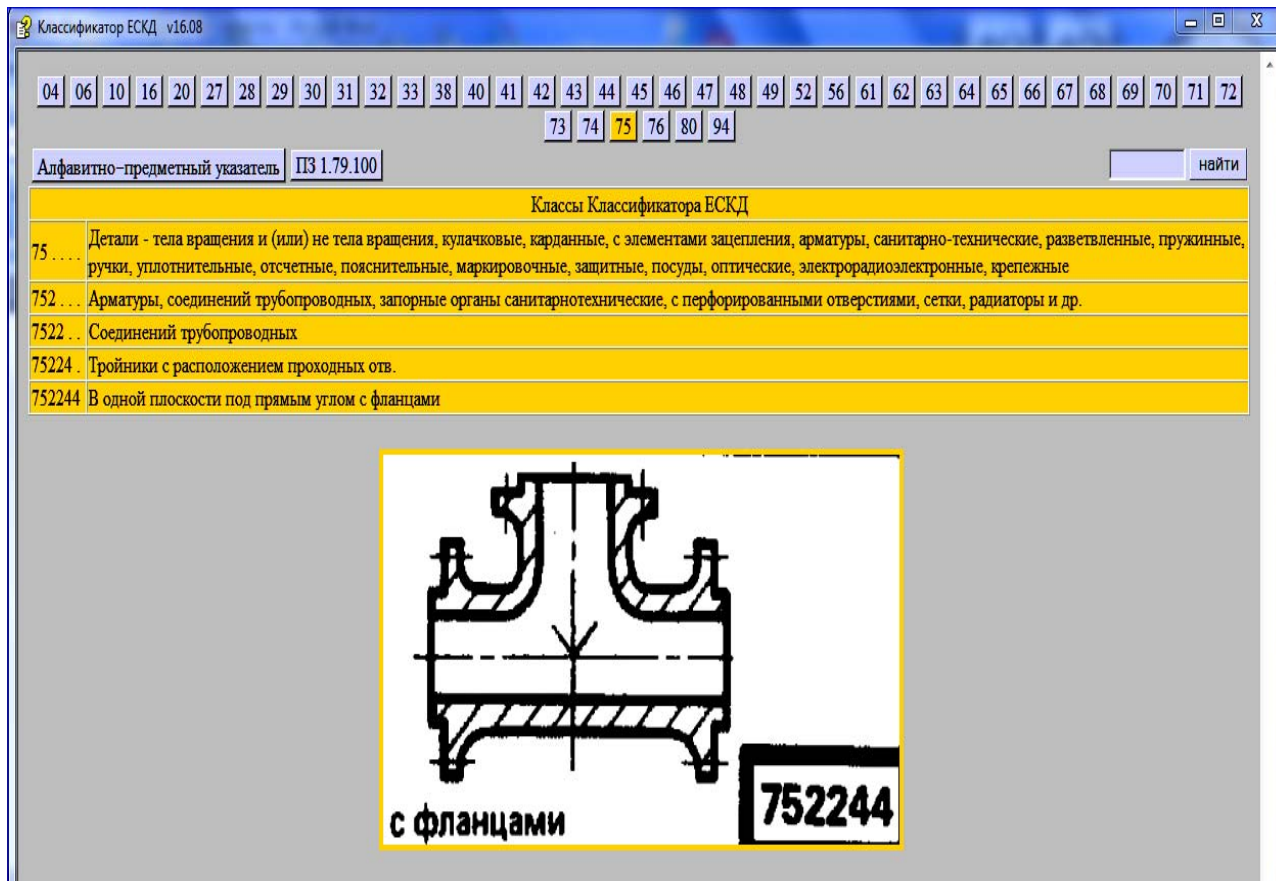


Рис.ПГ.5. Результат формирования классификационной характеристики (752244) детали «Тройник 1» из рис. ПГ.6.

Аналогично Примеру 1 сравним определения в строках классификационной характеристики рис. ПГ.5 с геометрией Тройника 1 из рис. ПГ.6. Класс 75 «Детали – тела вращения и (или) не тела вращения,..., арматуры,...» - подходит по двум, выделенным в определении класса признакам. Подкласс 2 «Арматуры, соединений трубопроводных...» – подходит по обоим выделенным признакам. Группа 2 «Соединений трубопроводных» - подходит по определению группы. Подгруппа 4 «Тройники с расположением проходных отверстий» - подходит по определению подгруппы. Вид 4 «В одной плоскости под прямым углом, с фланцами» - подходит по определению вида: оси отвода и тела тройника расположены под прямым углом, а отверстия тройника 1 снабжены фланцами для соединения с трубопроводами.

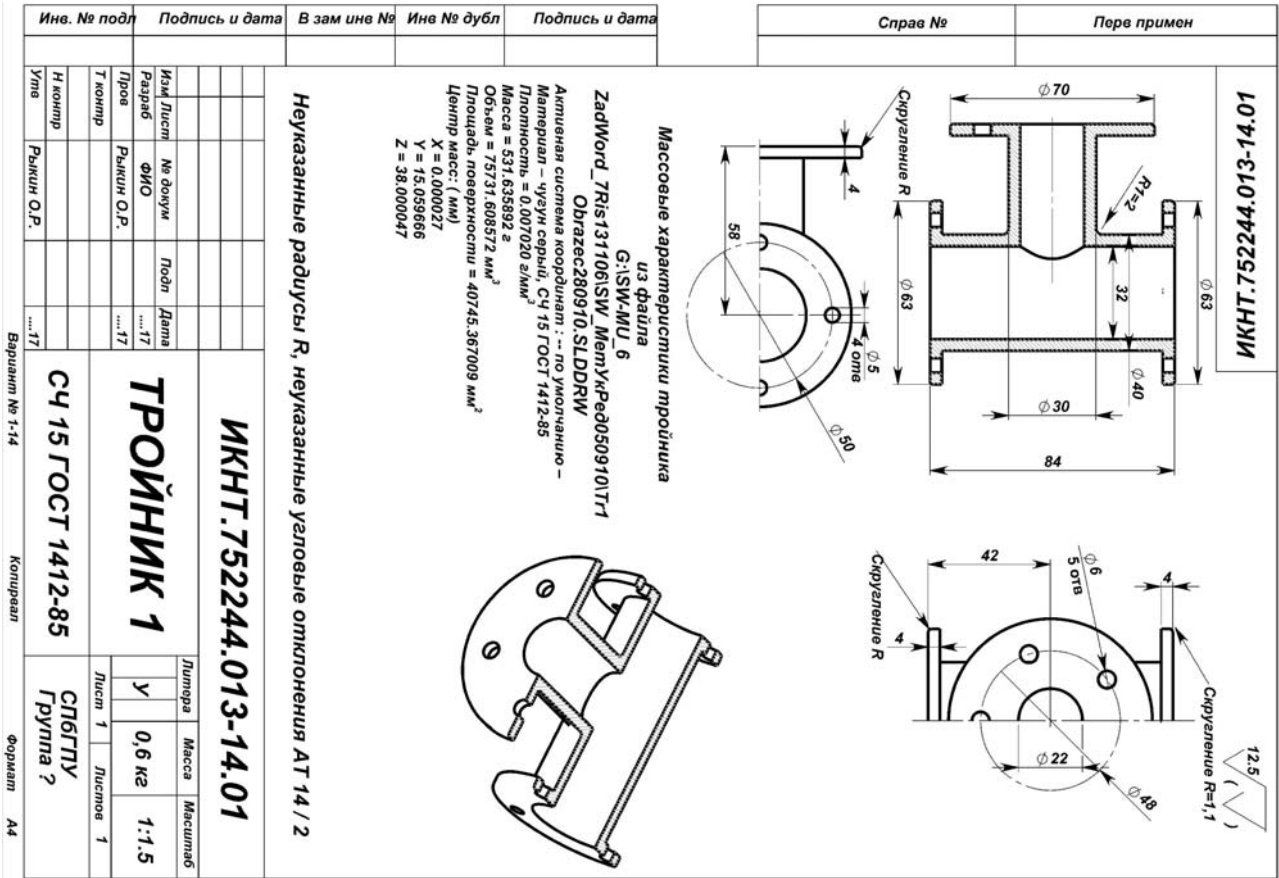


Рис.ПГ.6. Чертёж детали «Тройник 1» ИКНТ.752244.013-14.01.

ПГ.3. Формирование порядкового регистрационного номера в обозначении изделия

Согласно п. 2.5 ГОСТ 2.201-80 (см. Приложение 3) порядковый регистрационный номер присваивают по классификационной характеристике от 001 до 999 в пределах кода организации-разработчика при децентрализованном присвоении обозначения, а при централизованном присвоении – в пределах кода организации, выделенного для централизованного присвоения.

Формирование цифр номера показано на рис. ПГ.7.

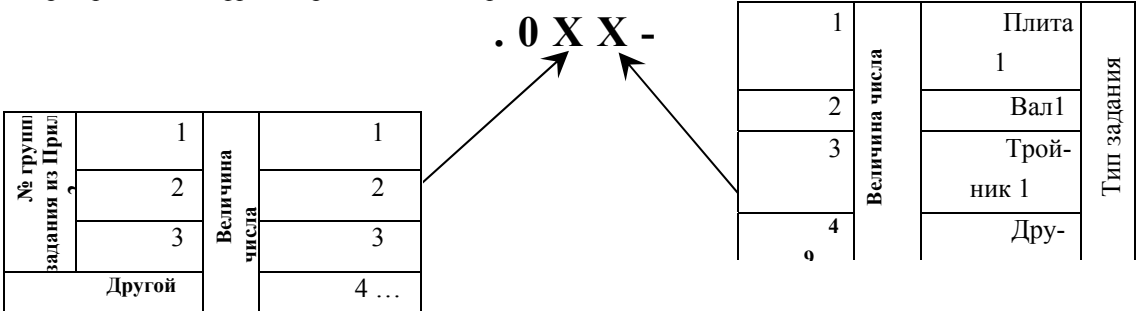


Рис. ПГ.7. Формирование порядкового регистрационного номера в обозначении изделий, выполняемых в учебном процессе.

Первая цифра в номере для заданий из Приложения 2 равна 0. Для других заданий – 1... 9.

ПГ.4. Формирование порядкового номера и дополнительного номера исполнения изделий

Согласно п. 3.4 ГОСТ 2.201-80 порядковый номер исполнения устанавливают в пределах базового обозначения и отделяют от базового обозначения знаком дефис. При необходимости допускается пропускать отдельные порядковые номера исполнений (например, при условии логической взаимосвязи характеристик ис-

полнений с порядковыми номерами).

Для изделий из заданий Приложения Б порядковый номер исполнения должен быть равен варианту выполняемого задания.

Дополнительный номер исполнения: 01 – для Плиты 1, для Вала 1, для Тройника 1; 02 - для Плиты 2, для Вала 2, для Тройника 2.

Приложение Д. Назначение четырехзначных буквенных кодов ФГУП «Стандартинформ»



Назначение четырехзначных буквенных кодов

25.10.2016

Четырехзначный буквенный код организации-разработчика в соответствии с ГОСТ 2.201-80 “Единая система конструкторской документации. Обозначение изделий и конструкторских документов” является частью обозначения изделия и основного конструкторского документа. В обозначение включаются также шестизначный код классификационной характеристики по Общероссийскому классификатору изделий и конструкторских документов машиностроения и приборостроения (ОКЕСКД) и трехзначный порядковый регистрационный номер, идентифицирующий изделие внутри классификационной группировки ОКЕСКД.

Для получения четырехзначного буквенного кода следует направить письменный запрос от организации-разработчика конструкторской документации во ФГУП “СТАНДАРТИНФОРМ” по адресу:

105062 Москва, Лялин пер., 6, тел./ факс (499) 400-30-37.

Контактные телефоны: (495) 531-26-19, (495) 531-26-58, (495) 531-27-15

В запросе необходимо указать:

- область разработки конструкторских документов с указанием кода классификационной группировки ОКЕСКД, соответствующего этой области;
- адрес организации (при наличии различных юридического и почтового адресов - указываются оба адреса);
- платежные реквизиты организации;
- контактный телефон и факс для связи с организацией.

Назначение четырехзначного буквенного кода осуществляется письмом ФГУП “СТАНДАРТИНФОРМ”, заверенным печатью.

Стоимость услуги составляет 6336 рублей (с учетом НДС 18 %)

Постоянная ссылка

<http://www.standards.ru/service/201872.aspx>

Приложение Е. Выкопировка разд. 6 из ГОСТ 2.105-95 [4]

6. Требования к оформлению титульного листа и листа утверждения

6.1. Титульный лист является первым листом документа. Титульный лист, составленный на альбом документов, является первым листом описи этого альбома.

6.2. Лист утверждения (ЛУ) выпускают для документов, на которых по условиям их использования разработчик и (или) заказчик считает нецелесообразным приводить наименования организаций, должности и фамилии лиц, подписавших эти документы.

6.3. ЛУ выпускают на один документ, на несколько документов, на альбом документов или комплект документов. Допускается выпускать ЛУ на отдельную часть или несколько частей документа.

6.4. Обозначение ЛУ состоит из обозначения документа, к которому он относится, с добавлением через дефис кода ЛУ, например, XXXX.XXXXXX.XXXТУ-ЛУ.

6.5. Если ЛУ выпускается на альбом документов, ему присваивают обозначение одного из этих документов с добавлением через дефис кода ЛУ и записывают в опись альбома первым.

6.6. Если ЛУ выпускается на несколько документов, ему присваивают обозначение одного из этих документов с добавлением через дефис кода ЛУ и записывают в спецификацию, в которую входит этот документ.

6.7. Если ЛУ выпускается на комплект документов, ему присваивают обозначение спецификации с добавлением кода ЛУ и записывают в спецификацию в раздел «Документация» первым.

6.8. При записи ЛУ в спецификацию следует указывать в графе «Примечание» - «Размножать по указанию».

Примечания

1. ЛУ размножают и рассылают при необходимости. Необходимость рассылки копий ЛУ определяет держатель подлинника ЛУ по согласованию с заказчиком.

2. В ведомость эксплуатационных документов, а также в ведомость документов для ремонта ЛУ не включают.

6.9. Титульный лист и ЛУ выполняют на листах формату А4 по ГОСТ 2.301 по форме, приведенной на рисунке 21:

поле 1 - наименование ведомства, в систему которого входит организация, разработавшая данный документ. Заполнение поля не обязательно;

поле 2 - в левой части (для технических условий, эксплуатационных и ремонтных документов) - код по классификатору продукции (например, в Российской Федерации используют код по Общероссийскому классификатору продукции - ОКП - шесть знаков), в правой, части - специальные отметки. Заполняется только для титульного листа;

поле 3 - в левой части - гриф согласования, в правой части - гриф утверждения, выполняемые по ГОСТ 6.38, при необходимости;

поле 4 - наименование изделия (заглавными буквами) и документа, на который составляется титульный лист или ЛУ. Если титульный лист составляется для документов, разбитых на части, указывают номер части и ее наименование. Для альбома документов указывают номер альбома и общее количество альбомов, например:

СТАНОК ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ

МОДЕЛЬ 2620В

Габаритные чертежи

Альбом 2

Всего альбомов 5

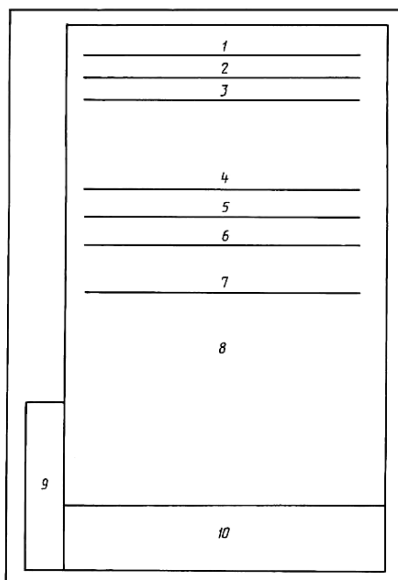


Рис. 21. Схема расположения полей титульного листа и листа утверждения

поле 5 - слова «Лист утверждения»; поле заполняют только для ЛУ;

поле 6 - для титульного листа - обозначение документа (заглавными буквами), для альбома документов - обозначение описи этого альбома; для ЛУ - обозначение ЛУ;

поле 7 - количество листов ЛУ. Поле не заполняют, если ЛУ выполнен на одном листе;

поле 8 - для титульного листа: подписи разработчиков документа, выполняемые согласно [ГОСТ 6.38](#). Если документ подлежит согласованию с несколькими должностными лицами, то кроме подписей, указанных в поле 3, остальные подписи располагают в левой части поля 8.

Подписи, указанные в основной надписи заглавного листа, не должны повторяться на титульном листе и листе утверждения.

Для ЛУ: слева - гриф согласования (при необходимости), справа - подписи разработчиков и нормоконтролёра по ГОСТ 6.38 в порядке, установленном на предприятии-разработчике.

При большом количестве подписей поле 8 увеличивают за счет выпуска второго листа. При этом на нем в верхнем правом углу указывают: для титульного листа «Продолжение титульного листа», для ЛУ - «Продолжение листа утверждения» и далее наименование и обозначение документа. В этом случае в конце первого листа указывают: «Продолжение на следующем листе»;

поле 9 - графы 19 - 23 по ГОСТ 2.104, размещаемые на поле для подшивки. Допускается располагать поле 9 на поле 10 по ГОСТ 2.004;

поле 10 - графы 14 - 18 по ГОСТ 2.104 (допускается размеры устанавливать произвольно; линии, разделяющие графы и строки, не наносят; наименование граф не указывают). Поле заполняют строками снизу вверх. Поле заполняется только для ЛУ.

6.10. В случае выпуска ЛУ на несколько документов в поле 8 ниже подписей указывают обозначение документов, на которые распространяется данный ЛУ.

6.11. При утверждении одного или нескольких документов листом утверждения на титульном листе в левом верхнем углу для текстовых документов или над основной надписью для графических документов делается надпись:

Утвержден

обозначение ЛУ

(Измененная редакция, Изм. № 1).

6.12. Изменение в ЛУ вносят по ГОСТ 2.503 и отражают в дополнительных графах по ГОСТ 2.104 или ГОСТ 2.004.

Примеры оформления титульного листа и листа утверждения приведены в приложениях В - Е.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д (СПРАВОЧНОЕ). ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА

ПРИЛОЖЕНИЕ Д (справочное)

	Акционерное Московское общество завод имени И.А. Пихачева 31 1398 УТВЕРЖДАЮ Директор АМО ЗИЛ (подпись) И.И. Иванов 07.08.93 ФОРСУНКА Ф - 750 Технические условия (обозначение документа) СОГЛАСОВАНО Руководитель ОКБА (подпись) И.И. Гусев 21.06.93 Главный инженер АМО ЗИЛ (подпись) И.И. Петров 03.06.93 Главный инженер завода (подпись) А.А. Сорокин 21.06.93 Руководитель разработки (подпись) А.А. Лист 03.06.93
--	--

Примечание - С 2000 г. обозначение года в дате указывают четырьмя цифрами.

Библиография

1. Сравнение SimulationXpress с SolidWorks Simulation Premium. Справка Солидуокс 2012 [Электронный ресурс]/- Справка\ Содержание\ SimulationXpress\ Использование SolidWorks SimulationXpress\ После SolidWorks SimulationXpress\ Сравнение SimulationXpress с SolidWorks Simulation Premium.
2. ГОСТ 2.106-96 «ЕСКД. Текстовые документы». [Текст]. – Введ. 1.07.1997. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов. 2001. – 07. 39 с. [Электронный ресурс]/ - GOST 2.106-96.pdf, 670 КБ.
3. ГОСТ 2.104–2006. Единая система конструкторской документации. Основные надписи [Текст]. – Введ. 31.08.2006. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов. 2007. – 01. 20 с. [Электронный ресурс]/ - gost 2.104-2006.pdf, 347 КБ.
4. ГОСТ 2.105-95. ЕСКД. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕКСТОВЫМ ДОКУМЕНТАМ [Текст]. – Введ. 01.07.1996. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов. 2005. – 09. 31 с. [Электронный ресурс]/ - gost 2.105-95.pdf, 1152 КБ.
5. Критерий: максимальное напряжение по Мизесу. Справка Солидуокс 2012 [Электронный ресурс]/- Справка\ Содержание\ Simulation\ Проверка результирующих напряжений\ Критерий разрушения\ Критерий: максимальное напряжение по Мизесу.
6. Критерий максимального напряжения. Справка Солидуокс 2012 [Электронный ресурс]/- Справка\ Содержание\ Simulation\ Составные оболочки\ Критерий разрушения для композитных материалов\ Критерий максимального напряжения.
7. Составляющие деформации. Справка Солидуокс 2012 [Электронный ресурс]/- Справка\ Содержание\ Simulation\ Предпосылки анализа\ Линейный статический анализ\ Выводы из линейного статического анализа\ Составляющие деформации.
8. Промышленные технологии и инновации [Электронный ресурс]: лабораторный практикум / Я. А. Сироткин, А. А. Окунев, О. Р. Рыкин, А. К. Мякишев; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. — Электрон. текстовые дан. (1 файл : 13,3 МБ). — Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. — Загл. с титул. экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Свободный доступ из сети Интернет (чтение, печать, копирование). — Текстовый файл. — Adobe Acrobat Reader 7.0. — <URL:http://elib.spbstu.ru/dl/2/s16-259.pdf>. — <URL:http://doi.org/10.18720/SPBPU/2/s16-259>.
9. Library Models. Справка Матлаб 2009 [Электронный ресурс]/ – Help\ Contents\ Curve Fitting Toolbox\ User Guide\ Interactive Curve Fitting\ Preprocessing Data\ Fitting Data\ Parametric Fitting\ Library Models.
10. Custom Models. Справка Матлаб 2009 [Электронный ресурс]/ – Help\ Contents\ Curve Fitting Toolbox\ User Guide\ Interactive Curve Fitting\ Fitting Data\ Nonparametric Fitting\ Custom Models.
11. Goodness-of-Fit Statistics. Справка Матлаб 2009 [Электронный ресурс]/ – Help\ Contents\ Curve Fitting Toolbox\ User Guide\ Curve Fitting Techniques\ Residual Analysis\ Goodness-of-Fit Statistics.
12. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов: Учеб. для вузов. 10-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. 592 с.
13. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов: Учеб. для вузов. [Электронный ресурс]/ https://www.ty-china.pro/Feodosev_Soprotivlenie_materialov_1999. Посещ. 22.03.2017 14:08.
14. Коэффициент запаса прочности. [Электронный ресурс]/ – <http://engindoc.com/2010-11-16-04-15-21/2010-11-16-04-01-26/1793-2010-11-30-03-18-47.html>. Посещ. 23.02.2015 0.02.
15. ГОСТ 2.106-96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы. [Текст]. – Введ. 30.06.1996. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов. 2007. – 01.08. 39 с. Gost 2.106-96.doc, 1208 КБ. [Электронный ресурс]/ - http://standartgost.ru/g/pkey-14294850227/gost_2.106-96, Посещ. 30.03.2017.
16. ГОСТ 2.201-80 ЕСКД. Обозначение изделий и конструкторских документов [Текст]. Введён 01.07.1986. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов. 2011. – 04. 11 с.
17. Назначение четырехзначных буквенных кодов [Электронный ресурс]/ - <http://www.standards.ru/service/201872.aspx>, пос. 25.10. 2016.
18. Классификатор ЕСКД. chm-справочник [Электронный ресурс]. / – <https://dwg.ru/dnl/12054>, пос. 05.12.2016.
19. Классификатор ЕСКД. chm-справочник [Электронный ресурс]./–http://www.ii.spb.ru/2005/ins_inn_material/document_baza.php?id=104.

20. ГОСТ 2.102-2013 ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов [Текст]. – Введ. 01.06.2014. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов. 2014. – 17 с. Gost 2.102-2013.doc, 480 КБ. [Электронный ресурс]/ - <http://docs.cntd.ru/document/1200106862>, посещ. 08.04.2017.

21. Ограничение Iso. [Электронный ресурс]/Справка Солидуокс 2012/ Simulation/ Просмотр результатов/ Манипулирование эпюрами результатов/ Ограничение изометрической поверхности.

22. НОВЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ. Главный редактор А. Ю. ИШЛИНСКИЙ.

23. Тип сетки основан на геометрии элементов. Справка Солидуокс 2012 [Электронный ресурс]/- Справка/ Содержание/ Simulation/ Основные принципы моделирования/ Исследования Simulation/ Тип сетки основан на геометрии элементов.

24. Creating Custom Models. Справка Матлаб 2009 [Электронный ресурс]/ – Help\ Contents\ Curve Fitting Toolbox\ User Guide\ Interactive Curve Fitting\ Preprocessing Data\ Fitting Data\ Parametric Fitting\ Library Models\ Creating Custom Models.

**Приложение Ж. Шаблон отчёта статических испытаний детали
в Солидуоксе на нагрузку**

Министерство образования и науки Российской Федерации

Санкт-Петербургский
Политехнический университет Петра Великого

Институт компьютерных наук и технологий

Внимание! Объекты красного цвета после применения – удалите из Отчёта.
В объектах бирюзового цвета после проверки их правильности, замены и
дополнения данными Исполнителя цвет замените на чёрный.

О Т Ч Ё Т

«Статические испытания **плиты 110x140x28** в пакете
Солидуокс на нагрузку»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Для Тройника: 752244 рис. П4.7 разд. П4.4 Приложения 4 из МУ

ИКНТ.296424.011-25 ПЗ

Отчёт принят

Оценка

Доцент Рыкин О.Р.

« » 201

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Содержание

1. Испытания плиты 110x140x28 на статическую нагрузку.....	3
1.1. Результат воздействия статической нагрузки на плиту.....	3
1.2. Сгенерированный Солидуksom отчёт по испытанию для статической нагрузки рис.1.2.....	3
1.3. Сохранение заданных эпюр статического испытания в формате «analysis.eprt» в 3-мерном просмотрителе eDrawings Солидуksа.....	3
1.4. Экстремальные значения показателей плиты при нагрузке из рис. 1.2.....	4
1.5. График показателя нагрузки «URES» эпюры «Перемещение1...» на кромке детали.....	4
Преобразование графика рис. 1.4,Б в диалоговый фигур-график инструментом cftool Матлаба.....	5
2. Определение предельной профильной статической нагрузки плиты (силы) по рассчитанному запасу по текучести её материала (отожженная нержавеющая полосовая сталь AISI 316 (SS)).....	5
2.1. Расчёт коэффициента запаса прочности по текучести материала детали.....	5
2.2. Графический расчёт в фигур-окне Матлаба предельной профильной нагрузки (силы) на деталь при постоянстве остальной нагрузки из рис. 1.2.....	6
3. Построение в критической области эпюры «Напряжение1 – vonMises» изоповерхности, в которой показатель нагрузки – не менее заданного.....	6
3.1. Расчёт значения Iso для варианта 41 табл.5.4 разд. 5.2.....	6
3.2. Построение изоповерхности для Iso=1508.799 кгс/см ²	6
4. Размещение 5 измерительных точек в критическом месте изоповерхности и 2 опорных на элементах модели вблизи измерительных по варианту 41 из табл. 5.4.....	7
4.1. Размещение 5 измерительных точек.....	7
4.2. Вставка опорных и измерительных (копий эпюрных) точек в модель. Вставка имён измерительных точек.....	7
5. Автоматическое вычисление расстояний от опорных точек до измерительных с построением измерительной таблицы на основе пакета Матлаб.....	8
5.1. Матлаб-программа.....	8
5.2. Таблица расстояний измерительных точек до опорных в модели детали (плита 110x140x28), построенная программой«ТабРасстИзмерТочЭпюрыСтчИспытДетФамилия».....	9
Приложение 1. Отчёт Солидуksа о статическом исследовании «СтатИсследПетров ИИ_gr33509-1».....	10
Описание.....	10
Допущения.....	11
Информация о модели.....	11
Свойства исследования.....	12
Единицы измерения.....	12
Свойства материала.....	13
Нагрузки и крепления.....	14
Информация о сетке.....	15
Информация о сетке – Подробности.....	15
Результирующие силы.....	15
Силы реакции.....	15
Моменты реакции.....	15
Результаты исследования.....	Ошибка! Закладка не определена.
Вывод.....	16
Приложение 2. Папка с файлами «SW ИспытПлитПетров1 25».....	17

[illegible]

1. Испытания плиты 110x140x28 на статическую нагрузку

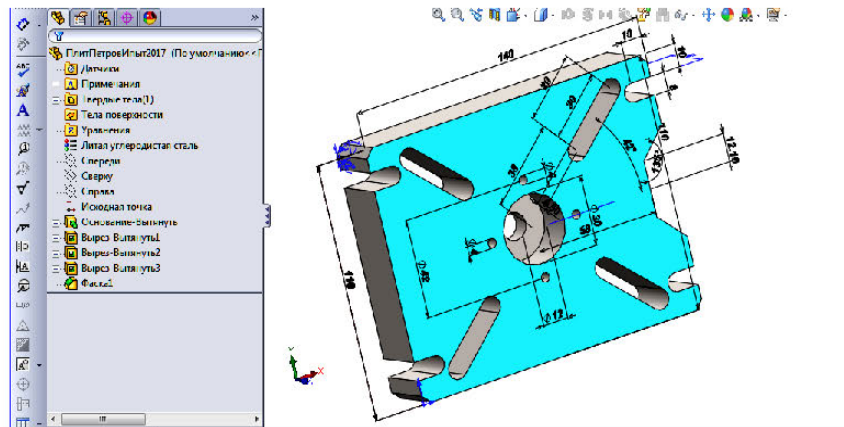


Рис. 1.1. 3-мерная модель плиты

1.1. Результат воздействия статической нагрузки на плиту

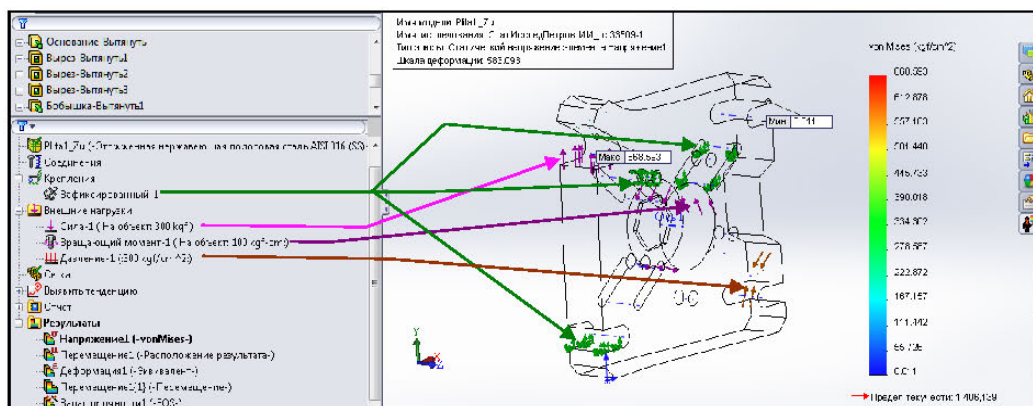


Рис. 1.2. Виды статической нагрузки (слева на древе испытаний), их отображение и результат воздействия на эпюре «Напряжение1 (- vonMises)» плиты.

1.2. Сгенерированный Сольдуксом отчёт по испытанию для статической нагрузки рис.1.2

См. Приложение 1.

1.3. Сохранение заданных эпюр статического испытания в формате «analysis.eprt» в 3-мерном просмотрителе eDrawings Сольдука

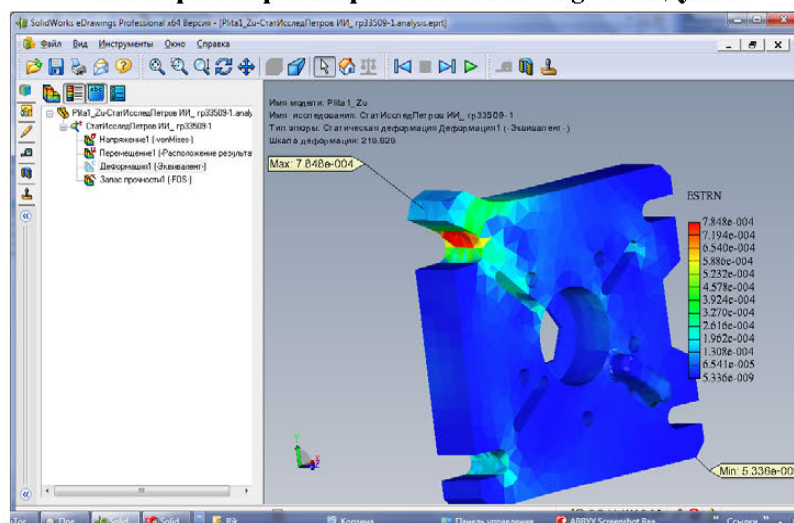


Рис. 1.3. Выделенная эпюра «Деформация1 (-Эквивалент-)» в графическом окне eDrawings.

Подп. и дата

Име. № дубл.

Име. инв. №

Взам. инв. №

Подп. и дата

Име. № подл.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ИКНТ.296424.011-25 ПЗ

Лист

3

1.4. Экстремальные значения показателей плиты при нагрузке из рис. 1.2

Таблица 1.1

Максимальные значения показателей нагруженной плиты в статическом исследовании из рис. 1.2.

Эпюра	Узел/ элемент	Значение ед. измерения	Координаты узла/ элемента		
			X, мм	Y, мм	Z, мм
Напряжения1 (-vonMises-)	14923	2436,169 кгс/см ²	15,328	92,328	12,5
Перемещение1 (-Расположение результата-)	785	5,1286 10 ⁻² мм	0	93,5	-20
«Деформация1 (-Эквивалент-)	8633	7,845 10 ⁻⁴ мм	14,312	92,749	-10,814
Запас прочности1 (-FOS-)	14923	0,58 отн. ед.	15,328	92,328	12,5
		Минимальное значение			

1.5. График показателя нагрузки «URES» эпюры «Перемещение1...» на кромке детали

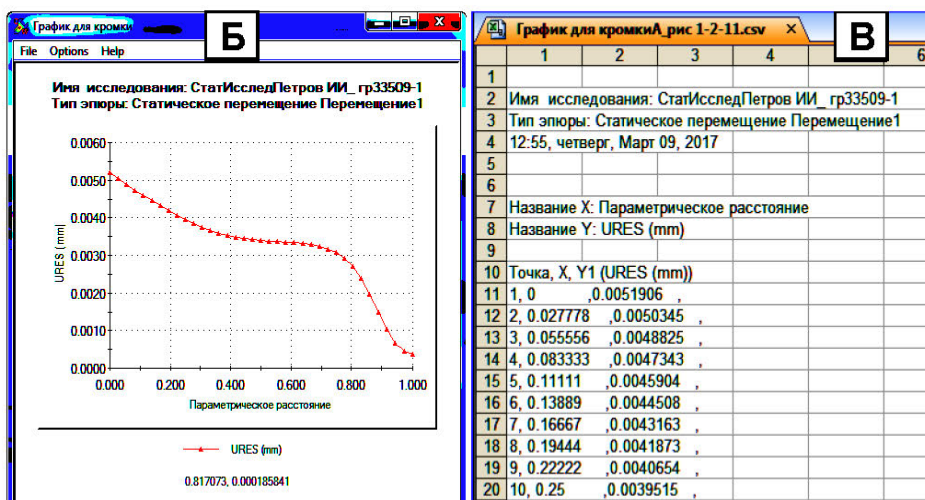
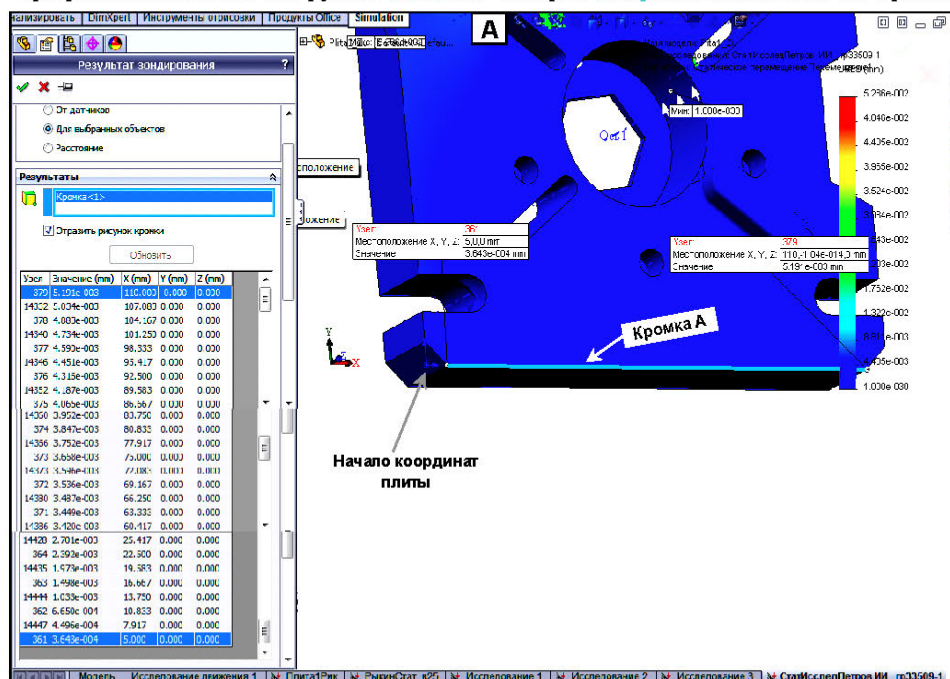


Рис. 1.4. А – измерение показателя нагрузки «URES» на кромке А эпюры «Перемещение1 (-Расположение результата-)». Б – создание графика. В – сохранение данных графика через меню «File» в csv-формате и вызов этих данных в Эксель-редакторе.

Имя, № подл. Подп. и дата
Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата
Имя, № подл. Подп. и дата

ИКНТ.296424.011-25 ПЗ

Лист
4

Преобразование графика рис. 1.4,Б в диалоговый фигур-график инструментом cftool Матлаба

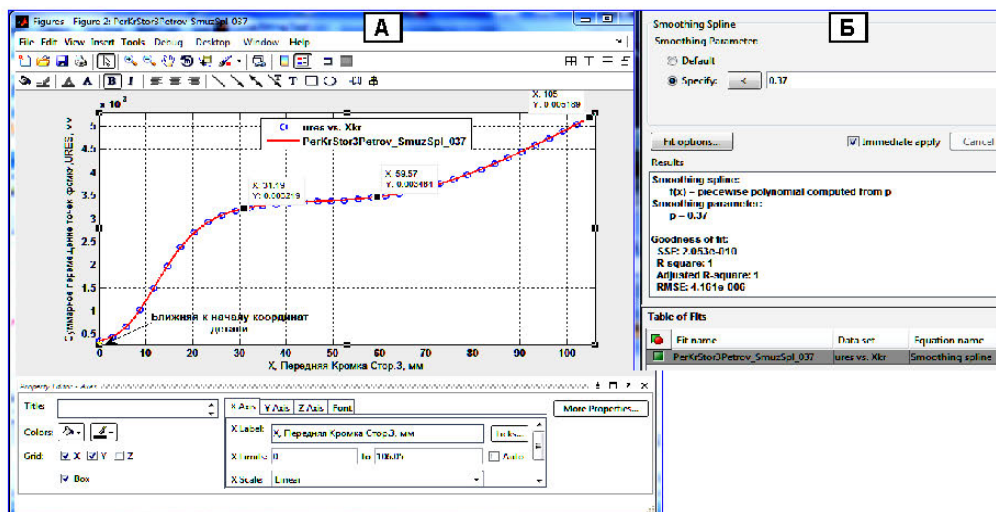


Рис. 1.5. А – фигур-график распределения перемещения URSS по верхней боковой кромке левого верхнего паза плиты в эюре «Перемещение1...» в результате нагрузки из рис. 1.2. Б – оценки степени близости подгоночной кривой точкам массива URSS в инструменте cftool Матлаба.

2. Определение предельной профильной статической нагрузки плиты (силы) по рассчитанному запасу по текучести её материала (отожженная нержавеющая полосовая сталь AISI 316 (SS))

2.1. Расчёт коэффициента запаса прочности по текучести материала детали

Таблица 2.1.

Значения составляющих коэффициента запаса прочности nsT по текучести материала **плиты**.
Вариант 25.

Вар	Ответственности детали, n1		Степень загрузки плиты, n2. См. текст для n2	Надёжность материала, n3. См. текст для n3: 2 – проковка, 3 – литьё	Состояние поверхности, n4. См. текст для n4: 1 – стат. нагр., 2 – цикл. нагр., 3 – пульс. нагр.	Состояние поверхности, np	
	Номер строки в табл.1.5	Малая стоимость / Большая стоимость. Ном. столб. в табл.1.5				Номер строки в табл.1.6	$\sigma_T < 15 / \sigma_T > 15$ кг/мм ² . Номер столбца в табл.1.6
25	1	1	2	3	2	3	2

Предел текучести $\sigma_T = 1406.13 \text{ кгс/см}^2 = 14.0613 \text{ кгс/мм}^2$ для Отожженной нержавеющей полосовой стали AISI 316 (SS).

- 1) $n_1 = 1$ (1-я строка, 1-й столбец в табл.1.5 разд. 1.2.6.3 МУ).
- 2) $n_2 = 1.2$ (средний режим работы: в строке выбора стоит – 2)
- 3) $n_3 = 1.1$ (в названии материала указан прокат, поэтому пренебрегаем 3 в строке выбора (литьё)).
- 4) $n_4 = nk \cdot np$ (2 – в столбце выбора).
- 5) $nk = 1$, для всех вариантов.
- 6) $np = 1.25$ (строка 3-я в табл. 1.6 разд. 1.2.6.3 МУ, столбец 1-й, т.к. $14.0613 < 15 \text{ кгс/мм}^2$).
- 7) $nsT = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot n_4 = 1 \cdot 1.2 \cdot 1.1 \cdot 1.25 = 1.65$.

Име. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата. Подп. и дата.

ИКНТ.296424.011-25 ПЗ

Лист
5

2.2. Графический расчёт в фигур-окне Матлаба предельной профильной нагрузки (силы) на деталь при постоянстве остальной нагрузки из рис. 1.2

Расчетная зависимость текущего коэффициента запаса прочности по текучести n_{TSil} от силы Sil интерполировалась по 6 точкам в инструменте Матлаба `fitool` сглаживающим сплайном (Smoothing Spline) с параметром сглаживания $p=0,024$ со средней погрешностью на точку 0,1% (рис. 2.1).

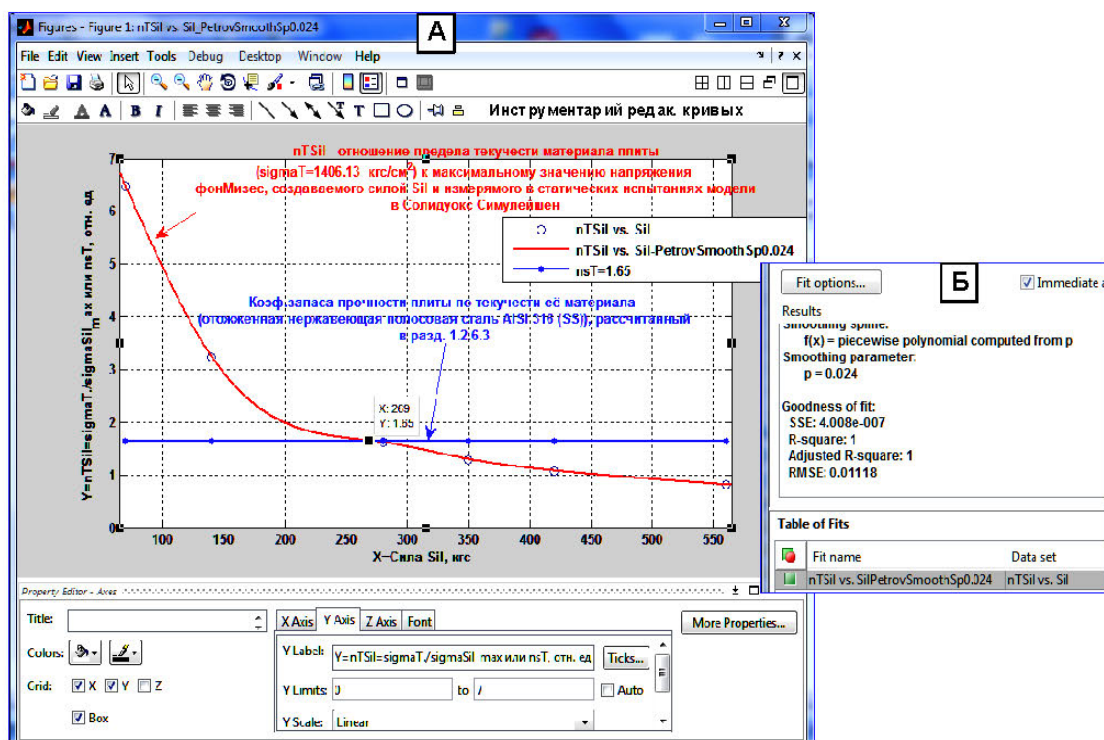


Рис. 2.1. А - графическое определение предельного значения **силы Sil (269 кгс)** нагрузки **плиты** по рассчитанному значению коэф. запаса прочности **n_{ST} (1,65)** по текучести (предварительное значение этой силы, рассчитанное в п. Б Методики равнялось **279,85 кгс**). Б – показатели точности подгонки кривой « **n_{TSil} vs. Sil** .PetrovSmoothSp0.024» к массиву точек « **n_{TSil} vs. Sil** »: сумма квадратов отклонений кривой от 6 точек равна **$4 \cdot 10^{-7}$ (отн. ед.)²** или **$6.32 \cdot 10^{-3}$ отн. ед.** или в среднем на 1 точку – **$1.05 \cdot 10^{-3}$ отн. ед.**

3. Построение в критической области эпюры «**Напряжение1 – vonMises**» изоповерхности, в которой показатель нагрузки – не менее заданного

3.1. Расчёт значения Iso для варианта 41 табл.5.4 разд. 5.2

Для $d = 14.74 \cdot 10^{-2}$ и $P_{max} = 1769.598 \text{ кгс/см}^2$.

$$Iso = P_{max} \cdot (1 - d) = 1769.598 \cdot (1 - 14.73 \cdot 10^{-2}) = 1.508799 \cdot 10^3 \text{ кгс/см}^2.$$

3.2. Построение изоповерхности для Iso = **1508.799 кгс/см²**

Име. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата. Подп. и дата.

ИКНТ.296424.011-25 ПЗ

Лист
6

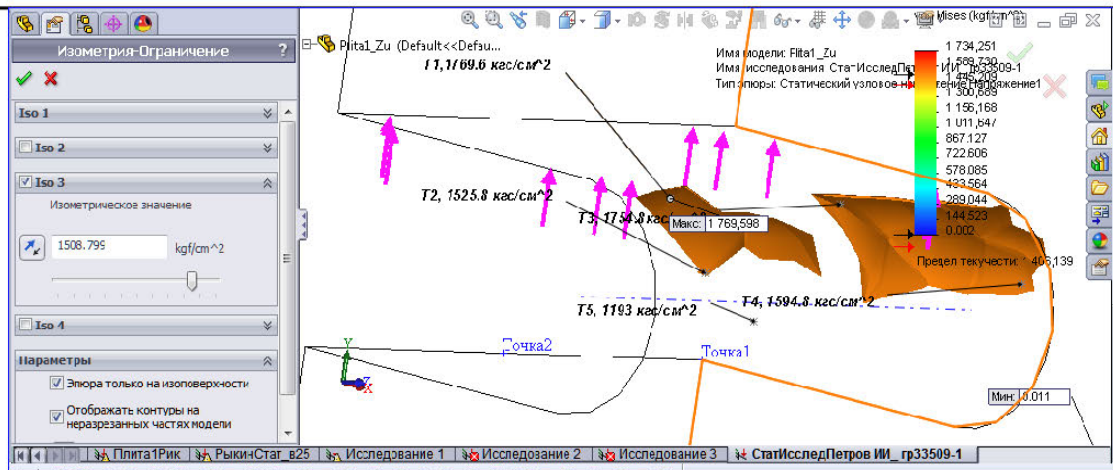


Рис. 3.1. Изоповерхность для $Iso=1508,799 \text{ кг/см}^2$ (вариант 41 в табл. 5.4) в эпюре «Напряжение1 – vonMises»

4. Размещение 5 измерительных точек в критическом месте изоповерхности и 2 опорных на элементах модели вблизи измерительных по варианту 41 из табл. 5.4

4.1. Размещение 5 измерительных точек

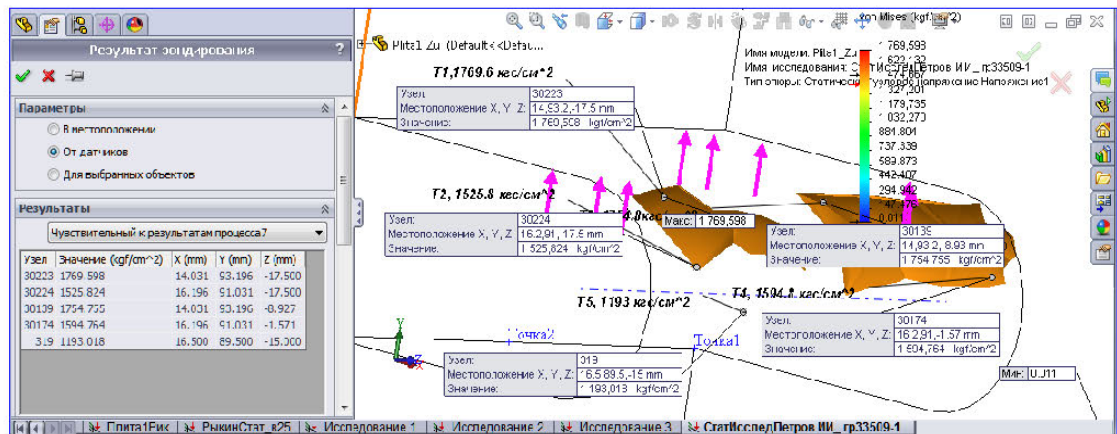


Рис. 4.1. Размещение 5 измерительных точек на изоповерхности $Iso=1508,799 \text{ кг/см}^2$ (вариант 41 в табл. 5.4) в эпюре «Напряжение1 – vonMises»

4.2. Вставка опорных и измерительных (копий эпорных) точек в модель. Вставка имён измерительных точек

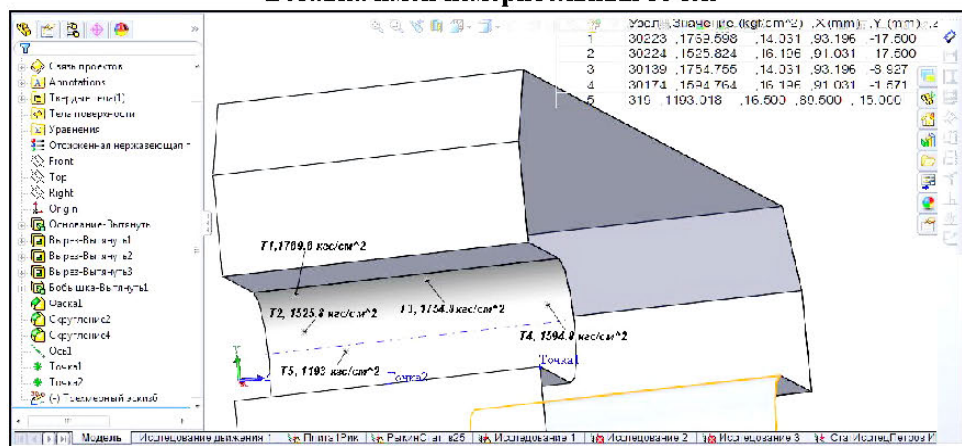


Рис. 4.2. Опорные точки (Точка 1 и 2) и копии 5 измерительных (T1...T5) в модели плиты. В правом углу – координаты измерительных точек.

ИКНТ.296424.011-25 ПЗ

Лист

7

Изм. Лист № докум. Подп. Дата


```

a=[Toch VToOpStr(k6) Rast];
VToOpRasCell(k6)=cellstr(a);
end
k7=1; ZagTbRaDel_Izm_OpCell={};
for k7=1:length(TbOprToKoor(:,1)) % Формир. загол. расчётной части и тог. ячк-таблицы.
    for k8=1:4*length(TbOprToKoor(:,1))
        if k8==4*k7-3
            ZagTbRaDel_Izm_OpCell(k8)=VToOpRasCell(k7);
        elseif k8==4*k7-2
            ZagTbRaDel_Izm_OpCell(k8)=dx;
        elseif k8==4*k7-1
            ZagTbRaDel_Izm_OpCell(k8)=dy;
        elseif k8==4*k7
            ZagTbRaDel_Izm_OpCell(k8)=dz;
        end
    end
end
TbRaDel_Izm_OpSZagCell= [ZagTbRaDel_Izm_OpCell;TbRaDel_Izm_OpCell]; % Расчётн.часть итоговой ячк-табл. с
загол.
TbCell=[TbIzmToCell; TbOprToCell]; % Вертик. объедин. 2 входных ячк-таблиц.
ItoGtBzRasIzm_OpTochCellFamilia=[TbCell TbRaDel_Izm_OpSZagCell]; % Итоговая ячк-таблица
report ItoGtBzRasIzm_OpTochCellFamilia.rpt % Выдача Итогтаб. расчёта расст. в html-формате. Работает только
после создания и настройки
% шаблона на основе генератора отчётов с именем ItoGtBzRasIzm_OpTochCell.rpt. Иначе выдаёт ошибку.

```

5.2. Таблица расстояний измерительных точек до опорных в модели детали (плита 110x140x28), построенная программой «ТабРасстИзмерТочЭпорыСтчИспытДетФамилия»

file:///D:/Компю/Конструир/РазмГрф/ИзмМаш_В_2016/ИспытДетейВ_SW_2017/ПлмИспыт2017/ИзмерРасстДоХарТочЭпоры_эпр2017/МатлабТаблРасстОтОпоронДоИзмерТочек_Май2017/ItoGtBzRasIzm_OpTochCell0.html

Location: ItoGtBzRasIzm_OpTochCell0.html

Таблица 1. Таблица расстояний измерительных точек до опорных при статическом испытании плиты для эпоры напряжения фон Мизеса. Петров Н.Н. Вар.25.

Имя точки	Узел	Значение (kgf/cm ²)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	Точ1_Расст	dx	dy	dz	Точ2_Расст	dx	dy	dz
T1	30223	1.7696e+003	14.0310	93.1960	-17.5000	16.0030	14.0310	7.6960	17.5000	22.6317	14.0310	7.6960	7.5000
T2	30224	1.5258e+003	16.1960	91.0310	-17.5000	17.1144	16.1960	5.5310	17.5000	24.2034	16.1960	5.5310	7.5000
T3	30139	1.7548e+003	14.0310	93.1960	-8.9270	16.0030	14.0310	7.6960	8.9270	22.6317	14.0310	7.6960	1.0730
T4	30174	1.5948e+003	16.1960	91.0310	-1.5710	17.1144	16.1960	5.5310	1.5710	24.2034	16.1960	5.5310	8.4290
T5	319	1.1930e+003	16.5000	89.5000	-15	16.9779	16.5000	4	15	24.0104	16.5000	4	5
Точ1	399	2.1450	0	85.5000	0	0	0	0	0	NaN	NaN	NaN	NaN
Точ2	1582	15.5830	0	85.5000	-10	NaN	NaN	NaN	NaN	0	0	0	0

dx, dy, dz – составляющие расстояния Точ1_Расст (Точ2_Расст): корень квадратный из суммы их квадратов равен значению расстояния в соответствующем столбце.

NaN – значение не вычислялось или не измерялось.

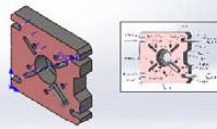
Име. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. №. Инв. № дубл. Подп. и дата. Подп. и дата.

Изм. Лист № докум. Подп. Дата

ИКНТ.296424.011-25 ПЗ

Лист 9

**Приложение 1. Отчёт Солидуюкса о статическом исследовании
«СтатИсследПетров ИИ_ гр33509-1»**



Симуляция Plita1_Zu

Дата: 12 февраля 2015 г.

Создатель:: Петров ИИ

Имя исследования: СтатИсследПетров ИИ_ гр33509-1

Тип анализа: Статическое

Table of Contents

Описание	
Допущения.....	
Информация о модели.....	
Свойства исследования.....	
Единицы измерения.....	
Свойства материала	
Нагрузки и крепления.....	
Информация о сетке	
Результирующие силы	
Результаты исследования.....	
Вывод.....	

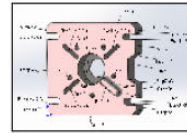
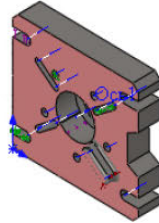
Описание

Данные отсутствуют

Име. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ИКНТ.296424.011-25 ПЗ					Лист
										10
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

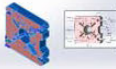
Допущения

Информация о модели



Имя модели: Plita1_Zu
Активная конфигурация: Default

Твердые тела

Имя и ссылки документа	Рассматривается как	Объемные свойства	Путь документа/Дата изменения
Скругление4 	Твердое тело	Масса:1.59359 kg Объем:0.000199199 m ³ Плотность:8000 kg/m ³ Масса:15.6172 N	D:\КомпютКонструирИР азрабТехнИздМаш\Plita1 _Zu.SLDPRT Feb 11 18:51:35 2015

Име. № подл. Подп. и дата Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ИКНТ.296424.011-25 ПЗ

Лист
11

Свойства исследования

Имя исследования	СтатИсследПетров ИИ_ гр33509-1
Тип анализа	Статическое
Тип сетки	Сетка на твердом теле
Тепловой эффект:	Вкл
Термический параметр	Включить тепловые нагрузки
Температура при нулевом напряжении	298 Kelvin
Включают эффекты давления жидкости из SolidWorks Flow Simulation	Выкл
Тип решающей программы	FFEPlus
Влияние нагрузок на собственные частоты:	Выкл
Мягкая пружина:	Выкл
Инерционная разгрузка:	Выкл
Несовместимые параметры связи	Автоматические
Большие перемещения	Выкл
Вычислить силы свободных тел	Вкл
Трение	Выкл
Использовать адаптивный метод:	Выкл
Папка результатов	Документ SolidWorks (D:\КомпютКонструирИРазрабТехИздМаш)

Единицы измерения

Система единиц измерения:	СИ (MKS)
Длина/Перемещение	mm
Температура	Kelvin
Угловая скорость	Рад/сек
Давление/Напряжение	N/mm ² (MPa)

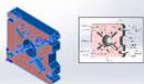
Име. № подл. Подп. и дата Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ИКНТ.296424.011-25 ПЗ

Лист
12

Свойства материала

Ссылка на модель	Свойства	Компоненты
	Имя: Отожженная нержавеющая полосовая сталь AISI 316 (SS) Тип модели: Линейный Упругий Изотропный Критерий прочности по умолчанию: Неизвестно Предел текучести: 1.37895e+008 N/m² Предел прочности при растяжении: 5.5e+008 N/m² Модуль упругости: 1.93e+011 N/m² Коэффициент Пуассона: 0.3 Массовая плотность: 8000 kg/m³ Коэффициент теплового расширения: 1.6e-005 /Kelvin	Твердое тело 1(Скругление4)(Plita1_Zu)
Данные кривой:N/A		

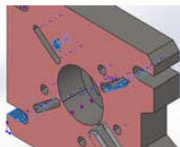
Име. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

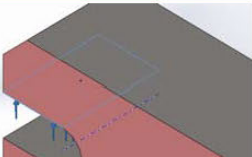
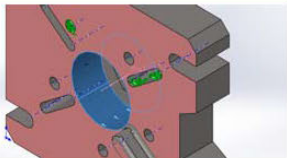
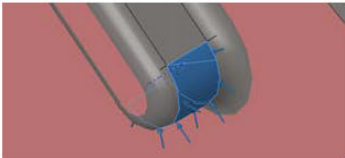
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ИКНТ.296424.011-25 ПЗ

Лист
13

Нагрузки и крепления

Имя крепления	Изображение крепления	Данные крепления		
Зафиксированный-1		Объекты: 3 грани Тип: Зафиксированная геометрия		
Результирующие силы				
Компоненты	X	Y	Z	Результирующая
Сила реакции(N)	941.087	-4631.86	-0.00864673	4726.49
Реактивный момент(N-m)	0	0	0	0

Имя нагрузки	Загрузить изображение	Загрузить данные
Сила-1		Объекты: 1 грани Тип: Приложить нормальную силу Значение: 400 kgf
Вращающий момент-1		Объекты: 1 грани Справочный: Ось1 Тип: Приложить вращающий момент Значение: 100 kgf-cm
Давление-1		Объекты: 1 грани Тип: Перпендикулярно выбранной грани Значение: 300 Единицы измерения: kgf/cm^2

Име. № подл. Подп. и дата Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата

Име. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ИКНТ.296424.011-25 ПЗ

Лист
14

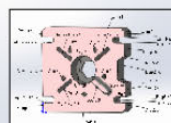
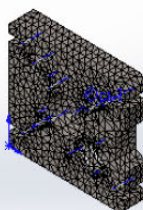
Информация о сетке

Тип сетки	Сетка на твердом теле
Используемое разбиение:	Стандартная сетка
Автоматическое уплотнение сетки:	Выкл
Включить автоциклы сетки:	Выкл
Точки Якобиана	4 Точки
Размер элемента	5.84187 mm
Допуск	0.292094 mm
Качество сетки	Высокая

Информация о сетке - Подробности

Всего узлов	17175
Всего элементов	10603
Максимальное соотношение сторон	12.508
% элементов с соотношением сторон < 3	96.5
% элементов с соотношением сторон > 10	0.00943
% искаженных элементов (Якобиан)	0
Время для завершения сетки (hh:mm:ss):	00:00:01
Имя компьютера:	RIK-PC

Имя модели: P10a1_Zu
Имя исследования: СтатИсследПетров ИИ_пр33509-1
Тип сетки: Сетка на твердом теле



Результирующие силы

Силы реакции

всей модели Выбранный набор	Единицы измерения	Сумма по X	Сумма по Y	Сумма по Z	Результирующая
	N	941.087	-4631.86	-0.00864673	4726.49

Моменты реакции

всей модели Выбранный набор	Единицы измерения	Сумма по X	Сумма по Y	Сумма по Z	Результирующая
	N-m	0	0	0	0

ИКНТ.296424.011-25 ПЗ

Лист

15

Рыкин Олег Романович

ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ В ПАКЕТЕ СОЛИДУОКС

I. ИСПЫТАНИЯ МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ В СТАТИКЕ

Учебное пособие

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, т. 2; 95 3005 – учебная литература

Подписано в печать 23.11.2017. Формат 60×84/8. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 14,25. Тираж 26. Заказ 16099б.

Отпечатано с готового оригинал-макета, предоставленного автором,
в Издательско-полиграфическом центре Политехнического университета.
195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.
Тел.: (812) 552-77-17; 550-40-14.