

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тамбовский государственный технический университет»

С.И. ПЕСТРЕЦОВ

CALS-ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ: ОСНОВЫ РАБОТЫ В САД/САЕ-СИСТЕМАХ

Утверждено Учёным советом университета
в качестве учебного пособия



Тамбов
Издательство ГОУ ВПО ТГТУ
2010

УДК 621:004.92(075.8)
ББК К5я73-5
П286

Рецензенты:

Главный конструктор ОГК
ОАО «Тамбовгальванотехника им. С.И. Лившица»
В.В. Каледин

Доктор технических наук, профессор кафедры
«Прикладная геометрия и компьютерная графика»
В.И. Кочетов

Пестрецов, С.И.

П286 CALS-технологии в машиностроении: основы работы в CAD/CAE-системах : учебное пособие / С.И. Пестрецов. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 104 с. – 100 экз.
ISBN 978-5-8265-0957-9.

Рассматриваются основы работы с CAD/CAE-программами Autodesk Inventor Professional Suite 2011, Solid Works Premium 2011, T-Flex CAD V11, а также приложением MechaniCS 8.0 для Autodesk AutoCAD и Autodesk Inventor Professional Suite 2011.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров 150900, 151000; специальности подготовки дипломированных специалистов 151001; магистерским программам: 150400.15, 150900, 150900.06, 150900.14 и может быть использовано при работе над курсовыми проектами (работами) по дисциплинам: «Основы САПР», «Режущий инструмент», «Металлорежущие станки», «Технологическая оснастка», «Технология машиностроения», а также при выполнении выпускной работы по указанным выше специальностям и направлениям.

УДК 621:004.92(075.8)
ББК К5я73-5

ISBN 978-5-8265-0957-9

© Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет» (ГОУ ВПО ТГТУ), 2010

ВВЕДЕНИЕ

Технологии комплексной компьютеризации сфер промышленного производства, цель которых – унификация и стандартизация спецификаций промышленной продукции на всех этапах её жизненного цикла, называют CALS-технологиями. Основные спецификации представлены проектной, технологической, производственной, маркетинговой, эксплуатационной документацией. В CALS-системах предусмотрены хранение, обработка и передача информации в компьютерных средах, оперативный доступ к данным в нужное время и в нужном месте.

Применение CALS-технологий позволяет существенно сократить объёмы проектных работ, так как описания многих составных частей оборудования, машин и систем, проектировавшихся ранее, хранятся в унифицированных форматах данных сетевых серверов, доступных любому пользователю технологий CALS. Существенно облегчается решение проблем ремонтпригодности, интеграции продукции в различного рода системы и среды, адаптации к меняющимся условиям эксплуатации, специализации проектных организаций и т.п.

CALS-технологии подразумевают использование различных CAD/CAM/CAE/PDM-систем. Отдельные модули этих систем в рамках одного предприятия позволяют осуществлять управление проектом (PDM-системы), инженерные расчёты, анализ, моделирование и оптимизацию проектных решений (CAE-системы), двух- и трёхмерное проектирование деталей и сборочных единиц (CAD-системы), разработку технологических процессов, синтез управляющих программ для технологического оборудования с ЧПУ, моделирование процессов обработки, в том числе построение траекторий относительного движения инструмента и заготовки в процессе обработки, расчёт норм времени обработки (CAM-системы).

В настоящем учебном пособии рассматриваются основы работы в некоторых CAD/CAE-системах, которые могут быть применены в технологии машиностроения.

1. CALS-ТЕХНОЛОГИИ

1.1. ВОЗНИКНОВЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ CALS И ЕЁ ЭВОЛЮЦИЯ

Впервые работы по созданию интегрированных систем, поддерживающих жизненный цикл продукции, были начаты в 1980-х гг. в оборонном комплексе США [1]. Предполагалось, что реализация новой концепции, получившей обозначение CALS (Computer Aided Logistic Support – компьютерная поддержка процесса поставок), позволит сократить затраты на организацию информационного взаимодействия государственных учреждений с частными фирмами в процессах разработки, поставок и эксплуатации военной техники.

Поскольку под логистикой обычно понимают дисциплину, посвященную вопросам снабжения и управления запасами, а функции CALS намного шире и связаны со всеми этапами жизненного цикла промышленных изделий, применяют и более соответствующую предмету расшифровку аббревиатуры CALS – Continuous Acquisition and Life Cycle Support – непрерывные поставки и информационная поддержка жизненного цикла продукции.

Первая часть – Continuous Acquisition (непрерывные поставки) означает непрерывность информационного взаимодействия с заказчиком в ходе формирования заказа, процесса поставки и т.д. Вторая часть – Life Cycle Support (поддержка жизненного цикла изделия) – означает системность подхода к информационной поддержке всех процессов жизненного цикла изделия, в том числе, процессов эксплуатации, обслуживания, ремонта и утилизации и т.д. Русскоязычное наименование этой концепции и стратегии – ИПИ (Информационная Поддержка жизненного цикла Изделий) или КСПИ (компьютерное сопровождение и поддержка изделий).

Поскольку термин CALS всегда носил военный оттенок, в гражданской сфере широкое распространение получили термины Product Life Cycle Support (PLCS) или Product Life Management (PLM) «поддержка жизненного цикла изделия» или «управление жизненным циклом изделия».

1.2. СТАНДАРТЫ CALS-ТЕХНОЛОГИЙ

Внедрение CALS-технологии – сложная, многоплановая и комплексная проблема, в которой одно из ключевых мест принадлежит стандартизации.

Нормативная база в области CALS-технологий должна, в частности, обеспечивать:

- регламентацию непрерывной компьютеризированной поддержки жизненного цикла создания и экспорта сложной наукоёмкой продукции с учётом требований международных и зарубежных стандартов;

- формирование стандартизованного комплекса технологий работы с данными, включая данные о самом продукте, процессах его создания и среде;

- создание, внедрение и эксплуатацию типовых программно-аппаратных средств;

- интеграцию информационных систем различных уровней и видов, систем САПР и АСУП на основе применения технологии открытых систем и методов функциональной стандартизации.

За рубежом работы проводятся в рамках ИСО ТК 184. В США и других странах НАТО разработанные нормативные документы включают международные стандарты (ИСО), федеральные стандарты США (FIPS), военные стандарты США (MIL), стандарты стран НАТО.

В России работы по внедрению и стандартизации CALS-технологий находятся на начальном этапе. В настоящее время уже утверждены первые стандарты в области CALS. Создан и уже действует Технический комитет № 431 при Госстандарте России, основной задачей которого является разработка стандартов в области CALS.

1.3. СТРУКТУРА ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ

Принципы и технологии CALS находят всё более широкое применение в промышленности России, и в первую очередь на предприятиях оборонного комплекса, поставляющих свою продукцию на внешний рынок [1].

Ядро ИПИ-технологии составляет интегрированная информационная среда (ИИС).

ИИС представляет собой хранилище данных, существующее в сетевой компьютерной системе, охватывающей все службы и подразделения предприятия, связанные с процессами жизненного цикла (ЖЦ) изделий. В ИИС действует единая система правил представления, хранения и обмена информацией. В соответствии с этими правилами в ИИС протекают информационные процессы, сопровождающие и поддерживающие ЖЦ изделия на всех его этапах.

Как минимум, ИИС должна включать в свой состав две базы данных: общую базу данных об изделии (изделиях) (ОБДИ) и общую базу данных о предприятии (ОБДП).

С ОБДИ связаны все процессы на всех стадиях ЖЦ. ОБДИ обеспечивает информационное обслуживание и поддержку деятельности:

- заказчиков (владельцев) изделия;
- разработчиков (конструкторов), технологов, управленческого и производственного персонала предприятия – изготовителя;
- эксплуатационного и ремонтного персонала заказчика и специализированных служб.

ОБДП имеет информационные связи с процессами технологической и организационно – экономической подготовки производства и собственно производством (включая процессы отгрузки и транспортировки готовой продукции).

При реализации процессов, охватывающих ЖЦ продукции, в качестве исходных данных используется информация, содержащаяся в ИИС, а информационные объекты (ИО), порождаемые в ходе процессов, возвращаются в ИИС для хранения и последующего использования в других процессах.

Каждый ИО обладает набором характеристик, описывающих свойства реального физического объекта. Каждый ИО идентифицируется уникальным кодом и может быть извлечён из ОБД для выполнения действий с ним.

Кроме ИО, относящихся (прямо или косвенно) к изделиям, в ИИС содержится информация о предприятии: о производственной управленческой структуре, о технологическом и вспомогательном оборудовании, о персонале, финансах и т.д. Вся совокупность этих данных образует ОБДП, которая, в свою очередь, состоит из нескольких разделов, например, «Экономика и финансы», «Внешние связи предприятия», «Производство и технология», «Система качества» и др.

При необходимости из ИИС могут быть извлечены разнообразные документы, необходимые для функционирования предприятия.

1.4. КОНЦЕПЦИЯ ВНЕДРЕНИЯ CALS-ТЕХНОЛОГИЙ

Анализ информационных материалов, опубликованных в традиционной печати и в сети Интернет, позволил выявить ряд основных аспектов, определяющих эффективность применения CALS-технологий. К их числу относятся:

- компьютерная автоматизация, позволяющая повысить производительность основных процессов и операций создания информации;
- информационная интеграция процессов, обеспечивающая совместное и многократное использование одних и тех же данных. Интеграция достигается минимизацией числа и сложности вспомогательных процессов и операций, связанных с поиском, преобразованием и передачей информации. Одним из инструментов интеграции является стандартизация способов и технологий представления данных с тем,

чтобы результаты предшествующего процесса могли быть использованы для последующих процессов с минимальными преобразованиями;

- переход к безбумажной организации процессов и применение новых моделей их организации.

Из этих аспектов можно выделить конкретные факторы, непосредственно влияющие на экономические показатели производства, применяющего CALS-технологии:

- сокращение затрат и трудоёмкости процессов технической подготовки и освоения производства новых изделий;

- сокращение календарных сроков вывода новых конкурентоспособных изделий на рынок;

- сокращение доли брака и затрат, связанных с внесением изменений в конструкцию;

- увеличение объёмов продаж изделий, снабжённых электронной технической документацией (в частности, эксплуатационной), в соответствии с требованиями международных стандартов;

- сокращение затрат на эксплуатацию, обслуживание и ремонты изделий, которые для сложной наукоёмкой продукции подчас равны или превышают затраты на её закупку.

Приведём некоторые количественные оценки эффективности внедрения CALS в промышленности США:

- прямое сокращение затрат на проектирование – 10 ... 30%;

- сокращение времени вывода новых изделий на рынок – 25 ... 75%;

- сокращение доли брака и объёма конструктивных изменений – 23 ... 73%;

- сокращение затрат на подготовку технической документации – до 40%;

- сокращение затрат на разработку эксплуатационной документации – до 30%;

- сокращение времени разработки изделий – 40 ... 60%.

По данным зарубежных источников инвестиции правительства США в сферу CALS-технологий составляют – \$1 млрд. в год. Правительство Финляндии затратило на национальную программу в этой области свыше \$20 млн. и примерно такую же сумму (около \$25 млн.) вложили в неё частные компании. Средние затраты на один проект, посвящённый решению локальной задачи в области CALS-технологий (например, разработка стандарта или программы), составляют \$1,2 ... 1,5 млн. при среднем сроке выполнения от 2 до 4 лет.

Эти цифры свидетельствуют о том, какое значение придают на Западе проблематике, связанной с CALS-технологиями.

Всю деятельность, связанную с CALS-технологиями, можно разделить на четыре сферы:

- 1) внедрение CALS-технологий на предприятиях;
- 2) использование CALS-технологий при разработке и производстве продукции;
- 3) разработка программных средств, реализующих CALS-технологии;
- 4) управление качеством продукции на основе CALS-технологий.

Исходя из выделенных сфер деятельности, можно выделить восемь групп специалистов, подготовка, переподготовка и аттестация которых необходима для нормального внедрения CALS-технологий на отечественных предприятиях. Связь между сферами деятельности и требуемыми для каждой конкретной сферы специалистами показана на рис. 1.1.

Разработка программных средств, реализующих CALS-технологии, предполагает создание специализированного программного обеспечения (ПО), реализующего концепцию представления всей информации об изделии в электронном виде. Сюда относятся все программные продукты, используемые при разработке, производстве и эксплуатации продукции: САПР различного уровня, системы управления данными об изделии (PDM-системы), программы инженерных расчётов, системы подготовки эксплуатационной документации и т.д.

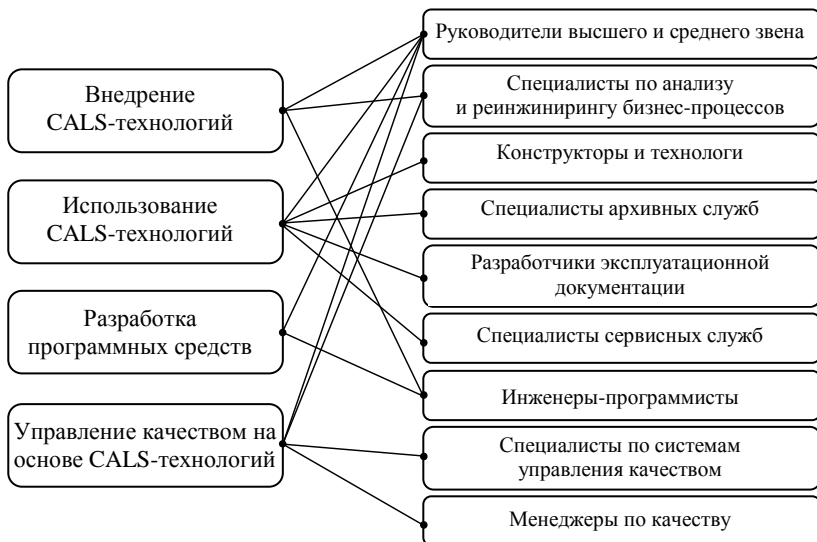


Рис. 1.1. Связь между сферами деятельности и требуемыми специалистами

В настоящее время отечественные разработки в области CALS-технологий применяются для решения следующего комплекса работ:

- разработка и промышленная апробация программно-методических средств, предназначенных для хранения и управления данными о продукции в соответствии с требованиями стандартов CALS;
- разработка и внедрение программных средств подготовки электронной эксплуатационной документации на изделие;
- разработка методики формализованного описания и анализа процессов, протекающих в ходе жизненного цикла изделия, и создание системы обеспечения качества продукции в соответствии с требованиями стандартов ИСО серии 9000;
- разработка нормативной базы применения CALS-технологий (стандартов, руководящих документов, методических рекомендаций).

1.5. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ – ОСНОВА CALS-ТЕХНОЛОГИЙ

Компьютерные системы автоматизации проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, конструкторской и технологической подготовки производства часто ещё называют *автоматизированными информационными системами* (АИС).

Рассмотрим далее весь комплекс вопросов, связанный с классификацией и структурой АИС, их аппаратным и программным обеспечением, а также возможными областями использования в машиностроительных производствах.

1.5.1. Классификация и структура АИС

В качестве признаков классификации АИС используются: область применения, охватываемая территория, организация информационных процессов, направление деятельности, назначения, структура и др. [2].

В зависимости от организации информационных процессов, АИС делятся на два больших класса: *управляющие и информационные* (автоматизированные системы научных исследований (АСНИ), САПР, экспертные системы (ЭС) и др.).

Назначение и структура построения АИС характеризуются наличием соответствующих подсистем (рис. 1). Этот класс АИС является исторически одним из первых на производстве.

По целевому назначению АИС классифицируются на:

- *бухгалтерские* (accounting information system – AIS);
- *административные* (management information system – MIS); осуществляют сбор и обработку всех данных, необходимых для планирования, обслуживания, проверки, оценки и управления деятельностью организации;

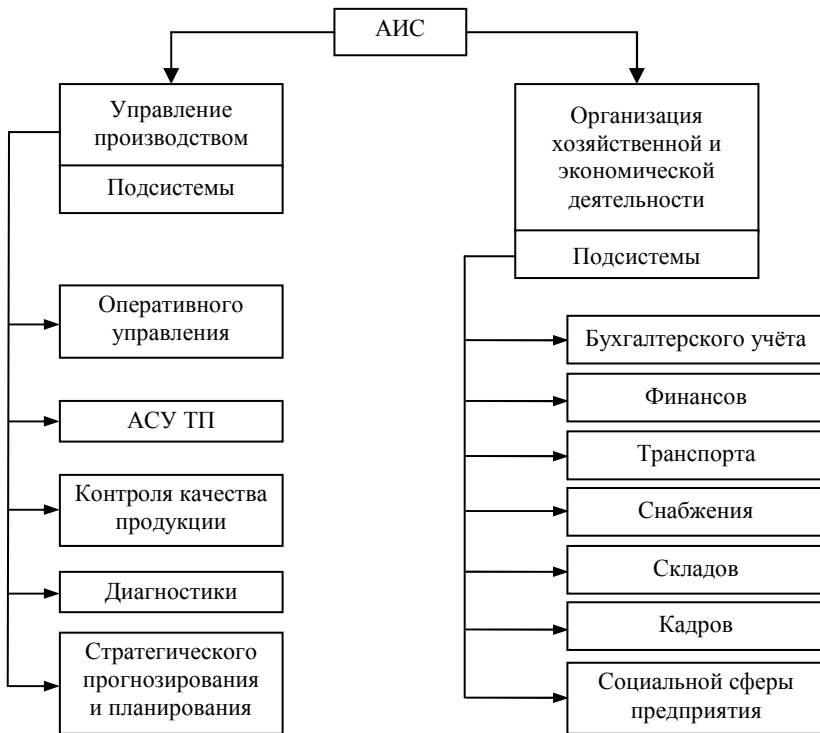


Рис. 1.2. Классификация АИС на предприятии

– *информационные системы руководителей* (ИСР, или executive information system – EIS) принимают данные из многих источников, объединяют и делают их доступными в удобном диалоговом формате;

– *склады данных* (data warehouses) – это база данных, хранящая всю информацию, касающуюся деятельности компании. Все прикладные программы компании могут обращаться к ней с различными запросами;

– *системы автоматизированного проектирования* (САПР, или CAD/CAE – computer assisted design/engineering);

– *автоматизированные системы управления производством* (АСУП, или САМ – computer assisted manufacturing) представляют из себя комплекс аппаратных и программных средств, участвующих в производстве. К ним относятся станки с ЧПУ, робототехнические комплексы и т.д. Совместно с САПР, такие системы в некоторых случаях дают возможность стереть грань между разработкой и производством и выпускать продукты с коротким жизненным циклом;

– *системы поддержки решений* (СПР, или decision support systems – DSS) позволяют пользователю изучать альтернативы, задавать вопросы типа «что будет, если», оперировать изменяющимися условиями и принимать решения в непредвиденных ситуациях. Кроме базы данных, такие системы содержат базу моделей и имеют диалоговые средства, позволяющие применять эти модели, как бы «проигрывать» имеющиеся данные на модели с целью узнать, какие последствия вызовет то или иное решение. Чтобы облегчить применение моделей, СПР очень часто посвящаются узкой предметной области. Для работы с СПР достаточно владеть графическим интерфейсом и знать область применения;

– *экспертные системы* (ЭС, или expert system – ES) содержат знания и опыт одного или более специалистов в определённой предметной области. ЭС, кроме базы данных, содержит базу знаний (фактов и правил логического вывода), которая моделирует познания эксперта в какой-то предметной области. Подсистема логического вывода призвана отвечать на вопросы пользователей, а подсистема объяснений предназначена для ответа на вопросы, как был получен тот или иной вывод. Чаще всего такие системы применяются для того, чтобы «расширить» сферу деятельности ведущих специалистов фирмы или «привлечь» эксперта со стороны;

– *системы конечного пользователя* (СКП, или end user system – EUS) разрабатываются пользователями, чтобы удовлетворить свои собственные нужды в поиске информации, личной производительности и разработке приложений.

По структуре АИС можно разделить на две части: функциональную и обеспечивающую [2].

Функциональная часть обеспечивает реализацию определённых функций управления.

К *функциональным подсистемам* относятся: техническая подготовка производства; подготовка оперативного управления; подготовка материального снабжения; подготовка сбыта и реализации готовой продукции; подготовка управления кадрами; подготовка управления бухгалтером, отдел кадров.

Обеспечивающие подсистемы делятся на:

- *программное обеспечение;*
- *информационное обеспечение* (совокупность массивов информации, которые записаны на машинные носители, систем кодирования информации первичных и вторичных документов, схем, описаний, технологий обработки данных, инструкций, которые обеспечивают отображение производства и позволяют принимать управленческое решение);

- *техническое обеспечение* (совокупность технических средств по сбору, регистрации, передаче, обработке информации и технической документации, позволяющие эксплуатировать эти технические средства);
- *организационное обеспечение* (совокупность технических документов, регламентирующих функционирование системы в целом, а также поведение человека в рамках этой системы);
- *математическое обеспечение*;
- *лингвистическое обеспечение* (использование словарей, определений, позволяющее идентифицировать различные элементы системы).

1.6. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИХ МЕСТО СРЕДИ ДРУГИХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Жизненный цикл промышленных изделий включает ряд этапов, начиная от зарождения идеи нового продукта до утилизации по окончании срока его использования. Основные этапы жизненного цикла изделия представлены на рис. 1.3 [3].

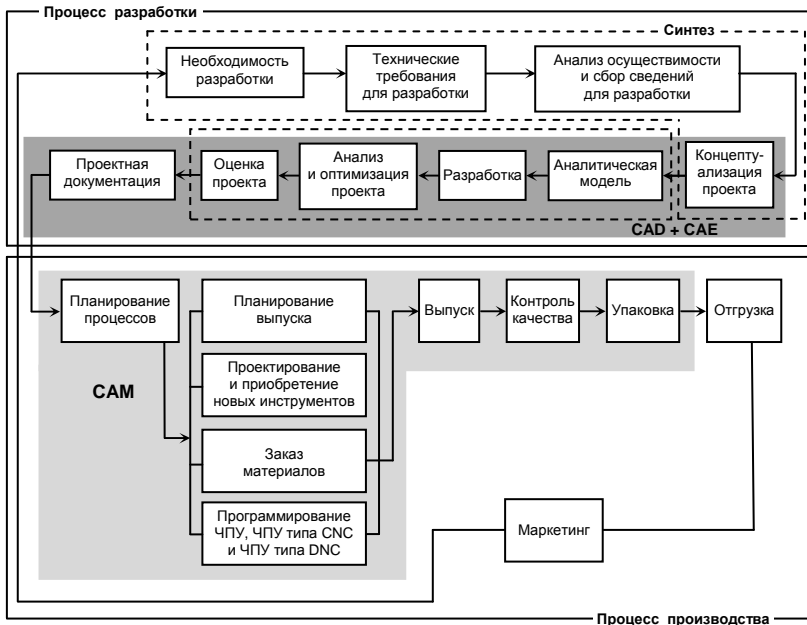


Рис. 1.3. Жизненный цикл изделия

К ним относятся этапы проектирования, технологической подготовки производства (ТПП), собственно производства, реализации продукции, эксплуатации и, наконец, утилизации.

На всех этапах жизненного цикла изделий имеются свои целевые установки. При этом участники жизненного цикла стремятся достичь поставленных целей с максимальной эффективностью. На этапах проектирования, ТПП и производства нужно обеспечить выполнение ТЗ (технологического задания) при заданной степени надёжности изделия и минимизации материальных и временных затрат, что необходимо для достижения успеха в конкурентной борьбе в условиях рыночной экономики. Понятие эффективности охватывает не только снижение себестоимости продукции и сокращение сроков проектирования и производства, но и обеспечение удобства освоения и снижения затрат на будущую эксплуатацию изделий. Особую важность требования удобства эксплуатации имеют для сложной техники, например, в таких отраслях, как авиа- или автомобилестроение.

Достижение поставленных целей на современных предприятиях, выпускающих сложные промышленные изделия, оказывается невозможным без широкого использования АИС. Специфика задач, решаемых на различных этапах жизненного цикла изделий, обуславливает разнообразие применяемых АИС.

Основные типы АИС с их привязкой к тем или иным этапам жизненного цикла изделий показаны на рис. 1.4.

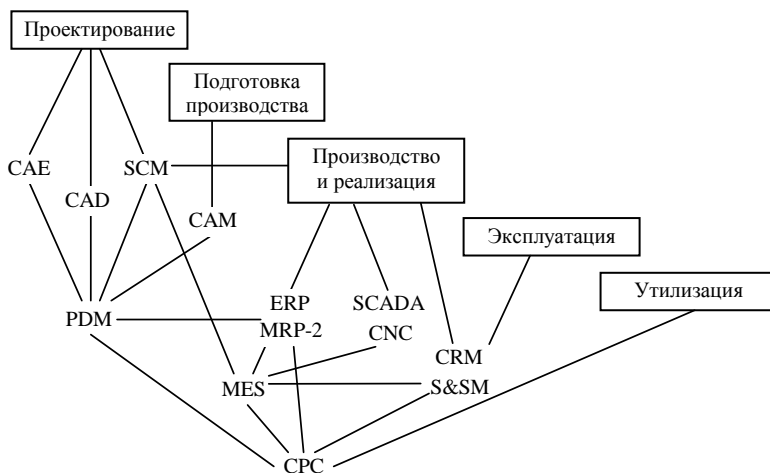


Рис.1.4. Этапы жизненного цикла промышленных изделий и используемые АС

Автоматизация проектирования осуществляется САПР. Принято выделять в САПР машиностроительных отраслей промышленности системы функционального, конструкторского и технологического проектирования.

Первые из них называют *системами расчётов и инженерного анализа или системами CAE (Computer Aided Engineering)*.

Системы конструкторского проектирования называют системами CAD (Computer Aided Design).

Проектирование технологических процессов составляет часть технологической подготовки производства и выполняется в системах CAM (Computer Aided Manufacturing).

Функции координации работы систем CAE/CAD/CAM, управления проектными данными и проектированием возложены на *систему управления проектными данными PDM (Product Data Management)*.

Уже на стадии проектирования требуются услуги *системы управления цепочками поставок (SCM – Supply Chain Management)*, иногда называемой системой Component Supplier Management (CSM). На этапе производства эта система управляет поставками необходимых материалов и комплектующих.

Информационная поддержка этапа производства продукции осуществляется *автоматизированными системами управления предприятием (АСУП) и автоматизированными системами управления технологическими процессами (АСУТП)*.

К АСУП относятся системы планирования и управления предприятием ERP (Enterprise Resource Planning), планирования производства и требований к материалам MRP-2 (Manufacturing Requirement Planning), производственная исполнительная система MES (Manufacturing Execution Systems), а также SCM и система управления взаимоотношениями с заказчиками CRM (Customer Requirement Management).

Наиболее развитые системы ERP выполняют различные бизнес-функции, связанные с планированием производства, закупками, сбытом продукции, анализом перспектив маркетинга, управлением финансами, персоналом, складским хозяйством, учётом основных фондов и т.п. Системы MRP-2 ориентированы, главным образом, на бизнес-функции, непосредственно связанные с производством, а системы MES – на решение оперативных задач управления проектированием, производством и маркетингом.

На этапе реализации продукции выполняются функции управления отношениями с заказчиками и покупателями, проводится анализ рыночной ситуации, определяются перспективы спроса на планируемые изделия. Эти функции осуществляет система CRM. Маркетинговые задачи иногда возлагаются на систему S&SM (Sales and Service Management), которая, кроме того, используется для решения проблем

обслуживания изделий. На этапе эксплуатации применяют также специализированные компьютерные системы, занятые вопросами ремонта, контроля, диагностики эксплуатируемых систем.

АСУТП контролируют и используют данные, характеризующие состояние технологического оборудования и протекание технологических процессов. Именно их чаще всего называют системами промышленной автоматизации.

Для выполнения диспетчерских функций (сбор и обработка данных о состоянии оборудования и технологических процессов) и разработки ПО для встроеного оборудования в состав АСУТП вводят систему SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Непосредственное программное управление технологическим оборудованием осуществляют с помощью системы CNC (Computer Numerical Control) на базе контроллеров (специализированных компьютеров, называемых промышленными), которые встроены в технологическое оборудование.

В последнее время усилила конкуренция компаний, производящих программно-аппаратные средства АС, направлены на создание систем электронного бизнеса (E-Commerce). Задачи, решаемые системами E-Commerce, сводятся не только к организации на сайтах Internet витрин товаров и услуг. Они объединяют в едином информационном пространстве запросы заказчиков и данные о возможностях множества организаций, специализирующихся на предоставлении различных услуг и выполнении тех или иных процедур и операций по проектированию, изготовлению, поставкам заказанных изделий. Такие системы E-Commerce называют *системами управления данными в интегрированном информационном пространстве* CPC (Collaborative Product Commerce) или PLM. Проектирование непосредственно под заказ позволяет добиться наилучших параметров создаваемой продукции, а оптимальный выбор исполнителей и цепочек поставок ведёт к минимизации времени и стоимости выполнения заказа. Характерная особенность CPC – обеспечение взаимодействия многих предприятий, т.е. технология CPC является основой, интегрирующей информационное пространство, в котором функционируют САПР, ERP, PDM, SCM, CRM и другие АИС разных предприятий.

1.6.1. Структура САПР

САПР состоит из подсистем, которые делят на проектирующие и обслуживающие.

Проектирующие подсистемы непосредственно выполняют проектные процедуры (подсистемы геометрического трёхмерного моделирования механических объектов, изготовления конструкторской документации и т.д.).

Обслуживающие подсистемы обеспечивают функционирование проектирующих подсистем, их совокупность часто называют системной средой (или оболочкой) САПР. Типичными обслуживающими подсистемами являются подсистемы управления проектными данными, подсистемы разработки и сопровождения программного обеспечения CASE (Computer Aided Software Engineering), обучающие подсистемы для освоения пользователями технологий, реализованных в САПР.

Имеется несколько видов обеспечения САПР. Принято выделять *семь видов обеспечения САПР* [3]:

- *техническое* (ТО), включающее различные аппаратные средства (ЭВМ, периферийные устройства, сетевое коммутационное оборудование, линии связи, измерительные средства);
- *математическое* (МО), объединяющее математические методы, модели и алгоритмы для выполнения проектирования;
- *программное*, представляемое компьютерными программами САПР;
- *информационное*, состоящее из базы данных, СУБД, а также включающее другие данные, используемые при проектировании; отметим, что вся совокупность используемых при проектировании данных называется *информационным фондом* САПР, а база данных вместе с СУБД носит название *банка данных*;
- *лингвистическое*, выражаемое языками общения между проектировщиками и ЭВМ, языками программирования и языками обмена данными между техническими средствами САПР;
- *методическое*, включающее различные методики проектирования, иногда к нему относят также математическое обеспечение;
- *организационное*, представляемое штатными расписаниями, должностными инструкциями и другими документами, регламентирующими работу проектного предприятия.

1.6.2. Классификация САПР

Классификацию САПР осуществляют по ряду признаков, например по приложению, целевому назначению, масштабам (комплексности решаемых задач), характеру базовой подсистемы – ядра САПР [3, 4].

По приложениям наиболее представительными и широко используемыми являются следующие группы САПР.

1. САПР для применения в отраслях общего машиностроения. Их часто называют машиностроительными САПР или системами MCAD (Mechanical CAD).

2. САПР для радиоэлектроники: системы ECAD (Electronic CAD) или EDA (Electronic Design Automation).

3. САПР в области архитектуры и строительства.

Кроме того, известно большое число специализированных САПР, или выделяемых в указанных группах, или представляющих самостоятельную ветвь. Примерами таких систем являются САПР летательных аппаратов; САПР электрических машин и т.п.

По целевому назначению различают САПР или подсистемы САПР, обеспечивающие разные аспекты проектирования. Так, в составе MCAD появляются CAE/CAD/CAM-системы.

По масштабам различают отдельные программно-методические комплексы (ПМК) САПР, например: комплекс анализа прочности механических изделий в соответствии с методом конечных элементов (МКЭ) или комплекс анализа электронных схем; системы ПМК; системы с уникальными архитектурами не только программного (software), но и технического (hardware) обеспечений.

По характеру базовой подсистемы различают следующие разновидности САПР.

1. САПР на базе подсистемы машинной графики и геометрического моделирования. Эти САПР ориентированы на приложения, где основной процедурой проектирования является конструирование, т.е. определение пространственных форм и взаимного расположения объектов. К этой группе систем относится большинство САПР в области машиностроения, построенных на базе графических ядер. В настоящее время широко используют унифицированные графические ядра, применяемые более чем в одной САПР (ядра Parasolid фирмы EDS Unigraphics и ACIS фирмы Intergraph).

2. САПР на базе СУБД. Они ориентированы на приложения, в которых при сравнительно несложных математических расчётах перерабатывается большой объём данных (техничко-экономических приложения, например, при проектировании бизнес-планов).

3. САПР на базе конкретного прикладного пакета, например, имитационного моделирования производственных процессов, расчёта прочности по МКЭ, синтеза и анализа систем автоматического управления и т.п. Часто такие САПР относятся к системам CAE. Примерами могут служить программы логического проектирования на базе языка VHDL, математические пакеты типа MathCAD.

4. Комплексные (интегрированные) САПР, состоящие из совокупности подсистем предыдущих видов, например, CAE/CAD/CAM-системы в машиностроении.

В *комплексных АИС* помимо функций собственно САПР реализуются средства для автоматизации функций управления проектированием, документооборота, планирования производства, учёта и т.п.

Проблемы интеграции лежат в основе технологии «Юпитер», пропагандируемой фирмой Intergraph. Пример сращивания некоторых подсистем САПР и АСУ – программный продукт TechnODOCS (российская фирма «Весть»).

Подобная интеграция является неотъемлемой чертой CALS-технологий. Одна из наиболее известных реализаций CALS-технологии – EPD (Electronic Product Definition) разработана фирмой Computervision и ориентирована на поддержку процессов проектирования и эксплуатации изделий машиностроения.

Технологию EPD реализуют:

- CAD-САПР;
- САМ-АСТПП;
- САЕ-система моделирования и расчётов;
- CAPE (Concurrent Art-to-Product Environment) – система поддержки параллельного проектирования (concurrent engineering);
- PDM-система управления проектными данными, представляющая собой специализированную СУБД (DBMS – Data Base Management System);
- 3D Viewer-система трёхмерной визуализации;
- CADD-система документирования;
- CASE-система разработки и сопровождения программного обеспечения;
- методики обследования и анализа функционирования предприятий.

Основу EPD составляют системы CAD и PDM.

1.6.3. Функции и проектные процедуры, реализуемые в САПР

В состав развитых машиностроительных САПР входят в качестве составляющих системы CAD, САМ и САЕ.

Функции CAD-систем в машиностроении подразделяют на *функции двумерного и трёхмерного проектирования* [4]. К функциям 2D относят черчение, оформление конструкторской документации; к функциям 3D – получение трёхмерных геометрических моделей, метрические расчёты, реалистичную визуализацию, взаимное преобразование 2D- и 3D-моделей. В ряде систем предусмотрено также выполнение процедур, называемых *процедурами позиционирования*, к ним относят компоновку и размещение оборудования, проведение соединительных трасс.

Среди САД-систем различают *системы нижнего, среднего и верхнего уровней*. Первые из них иногда называют «лёгкими» системами, они ориентированы преимущественно на 2D-графику, сравнительно дешёвы, основной аппаратной платформой для их использования являются персональные ЭВМ. Системы верхнего уровня, называемые также «тяжёлыми», дороги, более универсальны, ориентированы на геометрическое твёрдотельное и поверхностное 3D-моделирование, оформление чертёжной документации в них обычно осуществляется с помощью предварительной разработки трёхмерных геометрических моделей. Системы среднего уровня по своим возможностям занимают промежуточное положение между «лёгкими» и «тяжёлыми» системами.

К важным характеристикам САД-систем относятся *параметризация и ассоциативность*. *Параметризация* подразумевает использование геометрических моделей в параметрической форме, т.е. при представлении части или всех параметров объекта не константами, а переменными. Параметрическая модель, находящаяся в базе данных, легко адаптируется к разным конкретным реализациям и потому может использоваться во многих конкретных проектах. При этом появляется возможность включения параметрической модели детали в модель сборочного узла с автоматическим определением размеров детали, диктуемых пространственными ограничениями. Эти ограничения в виде математических зависимостей между частью параметров сборки отражают *ассоциативность* моделей.

Параметризация и ассоциативность играют важную роль при проектировании конструкций узлов и блоков, состоящих из большого числа деталей. Действительно, изменение размеров одних деталей оказывает влияние на размеры и расположение других. Благодаря параметризации и ассоциативности изменения, сделанные конструктором в одной части сборки, автоматически переносятся в другие части, вызывая изменения соответствующих геометрических параметров в этих частях.

Основные функции САМ-систем: разработка технологических процессов, синтез управляющих программ для технологического оборудования с ЧПУ, моделирование процессов обработки, в том числе построение траекторий относительного движения инструмента и заготовки в процессе обработки, генерация постпроцессоров для конкретных типов оборудования с ЧПУ, расчёт норм времени обработки.

Функции САЕ-систем довольно разнообразны, так как связаны с проектными процедурами анализа, моделирования, оптимизации проектных решений. *В состав машиностроительных САЕ-систем прежде всего включают программы для выполнения следующих процедур*:

- моделирование полей физических величин, в том числе анализ прочности, который чаще всего выполняется в соответствии с МКЭ;
- расчёт состояний моделируемых объектов и переходных процессов в них средствами макроуровня;
- имитационное моделирование сложных производственных систем на основе моделей массового обслуживания и сетей Петри.

Основными частями программ анализа с помощью МКЭ являются библиотеки конечных элементов, препроцессор, решатель и постпроцессор.

Библиотеки конечных элементов содержат их модели – матрицы жёсткости. Очевидно, что модели конечных элементов будут различными для разных задач (анализ упругих или пластических деформаций, моделирование полей температур, электрических потенциалов и т.п.), разных форм конечных элементов (например, в двумерном случае – треугольные или четырёхугольные элементы), разных наборов координатных функций.

Исходные данные для *препроцессора* – геометрическая модель объекта, чаще всего получаемая из подсистемы конструирования. Основная функция препроцессора – представление исследуемой среды (детали) в сеточном виде, т.е. в виде множества конечных элементов.

Решатель – программа, которая ассемблирует (собирает) модели отдельных конечных элементов в общую систему алгебраических уравнений и решает эту систему одним из методов разреженных матриц.

Постпроцессор служит для визуализации результатов решения в удобной для пользователя форме. В машиностроительных САПР – это графическая форма. Пользователь может видеть исходную (до нагружения) и деформированную формы детали, поля напряжений, температур, потенциалов и т.п. в виде цветных изображений, в которых палитра цветов или интенсивность свечения характеризуют значения фазовой переменной.

В САПР крупных предприятий обычно используют программы разных уровней. Связано это с тем, что более 80% всех процедур конструирования можно выполнить на CAD-системах нижнего и среднего уровней, кроме того, «тяжёлые» системы дороги. Поэтому предприятие приобретает лишь ограниченное число экземпляров (лицензий) программы верхнего уровня, а большинство клиентских рабочих мест обеспечивается экземплярами программ нижнего или среднего уровней. При этом возникает проблема обмена информацией между разнотипными CAD-системами. Она решается путём использования языков и форматов, принятых в CALS-технологиях, хотя для неискажённой передачи геометрических данных с помощью промежуточных унифицированных языков приходится преодолевать определённые трудности.

1.6.4. Примеры программ

К числу мировых лидеров в области CAD/CAM/CAE-систем верхнего уровня относятся системы Unigraphics (компания EDS), CATIA (Dessault Systemes), Pro/Engineer (PTC).

Система Unigraphics – универсальная система геометрического моделирования и конструкторско-технологического проектирования, в том числе разработки больших сборок, прочностных расчётов и подготовки конструкторской документации. Система многомодульная [5].

В конструкторской части (подсистема CAD) имеются средства для твёрдотельного конструирования, геометрического моделирования на основе сплайновых моделей поверхностей, создания чертежей по 3D-модели, проектирования сборок (в том числе с сотнями и тысячами компонентов) с учётом ассоциативности, анализа допусков и др.

В технологической части (подсистема CAM) предусмотрены разработка управляющих программ для токарной и электроэрозионной обработки, синтез и анализ траекторий инструмента при фрезерной трёх- и пятикоординатной обработке, при проектировании пресс-форм, штампов и др.

Для инженерного анализа (подсистема CAE) в систему включены модули прочностного анализа с использованием МКЭ с соответствующими пре- и постпроцессорами, кинематического и динамического анализа механизмов с определением сил, скоростей и ускорений, анализа литейных процессов пластических масс.

Другая система верхнего уровня CATIA [6] позволяет заказчику генерировать собственный вариант САПР сквозного проектирования – от создания концепции изделия до технологической поддержки производства и планирования производственных ресурсов.

В системе реализовано поверхностное и твёрдотельное 3D-моделирование и оптимизация характеристик изделий. Возможны фотореалистичная визуализация, восстановление математической модели из материального макета. Система масштабируема. Предлагаются типовые конфигурации, в том числе варианты для полнофункционального сквозного проектирования сложных изделий и проектирования комплектов на небольших и средних предприятиях.

Аналогичные возможности реализованы и в других «тяжёлых» САПР.

Значительно дешевле обходится приобретение САПР среднего уровня. В России получили распространение системы компаний Autodesk, Solid Works Corporation, Beantly, Топ Системы, Аскон, Интермех, Вее-Pitron и некоторых других. Все эти системы имеют под-

системы: конструкторско-чертёжную 2D, твёрдотельного 3D-моделирования, технологического проектирования, управления проектными данными, ряд подсистем инженерного анализа и расчёта отдельных видов машиностроительных изделий, а также библиотеки типовых конструктивных решений.

Широкое распространение в России и за рубежом получило ПО машиностроительных САПР компании Autodesk.

Линия современных программных систем конструкторского проектирования фирмы Autodesk включает ряд систем, среди которых наиболее развитыми следует считать системы AutoCAD Mechanical Desktop и Inventor.

Система Inventor [7] предназначена для твёрдотельного параметрического проектирования, ориентирована на разработку больших сборок с сотнями и тысячами деталей, имеет развитую библиотеку стандартных элементов. В основе системы также лежит графическое ядро ACIS. Построение 3D-моделей возможно выдавливанием, вращением, по сечениям, по траекториям. Из 3D-модели можно получить 2D-чертежи и спецификации материалов. Поддерживается коллективная работа над проектом, в том числе в пределах одной и той же сборки. Предусмотрена автоматическая проверка кинематики, размеров детали с учётом положения соседних деталей в сборке. Значительные удобства работы конструкторов обусловлены тем, что ассоциативные связи задаются не путём описания операций с параметрами и уравнений, а непосредственно определением формы и положения компонентов.

В число продуктов Autodesk входит ряд других программ автоматизированного проектирования, в том числе Autodesk Data Exchange – набор конверторов для взаимного преобразования данных из форматов DXF и SAT (формат ядра ACIS) в такие форматы, как STEP, IGES, VDA-FS.

Система твёрдотельного параметрического моделирования механических конструкций Solid Works (компания Solid Works Corporation) построена на графическом ядре Parasolid, разработанном в Unigraphics Solution [8, 9]. Синтез конструкции начинается с построения опорного тела с помощью операций типа выдавливания, протягивания или вращения контура с последующим добавлением и (или) вычитанием тех или иных тел.

Используется технология граничного моделирования (B-representation) с аналитическим или сплайновым описанием поверхностей. При проектировании сборок можно задавать различные условия взаимного расположения деталей, автоматически контролировать зазоры

и отсутствие взаимопересечения деталей. Предусмотрены IGES, DXF, D WG-интерфейсы с другими системами.

Среди САПР среднего уровня, наряду с продуктами зарубежных фирм, неплохо зарекомендовали себя системы отечественных разработчиков – это, прежде всего, системы Компас (компания Аскон) и T-Flex CAD (Топ Системы).

В *системе Компас* для трёхмерного твёрдотельного моделирования используется оригинальное графическое ядро [10]. Синтез конструкций выполняется с помощью булевых операций над объёмными примитивами, модели деталей формируются путём выдавливания или вращения контуров, построением по заданным сечениям. Возможно задание зависимостей между параметрами конструкции, расчёт масс-инерционных характеристик. Разработка проектно-конструкторской документации, в том числе различных спецификаций, выполняется подсистемой Компас-График. Имеются библиотеки с данными о типовых деталях и графическими изображениями, а также программы специального назначения (проектирование тел вращения, пружин, металлоконструкций, трубопроводной арматуры, штамповой оснастки, выбора подшипников качения, раскроя листового материала и др.). Проектирование технологических процессов выполняется с помощью подсистемы Компас-Автопроект; программирование объёмной обработки на станках с ЧПУ – с помощью подсистемы ГЕММА-3.

Ряд необходимых функций управления проектными данными возложено на подсистему Компас-Менеджер.

Подсистема трёхмерного твёрдотельного моделирования T-Flex CAD 3D в САПР T-Flex CAD построена на базе ядра Parasolid [11]. Реализована двунаправленная ассоциативность, т.е. изменение параметров чертежа автоматически вызывает изменение параметров модели и наоборот. При проектировании сборок изменение размеров или положения одной детали ведёт к корректировке положения других. Модель 3D может быть получена непосредственно по имеющемуся чертежу, или с помощью булевых операций, или путём выталкивания, протягивания, вращения профиля, лофтинга и т.п. Предусмотрен расчёт масс-инерционных параметров. В то же время можно по видам и разрезам трёхмерной модели получить чертёж, для чего используется подсистема T-Flex CAD 3D SE.

Для параметрического проектирования и оформления конструкторско-технологической документации служит подсистема T-Flex CAD 2D, для управления проектами и документооборотом – подсистема T-Flex DOCs. В подсистеме технологического проектирования

T-Flex/ТехноПро выполняются синтез технологических процессов, расчёт технологических размеров, выбор режущего и вспомогательно-го инструмента, формирование технологической документации, в том числе операционных и маршрутных технологических карт, ведомостей оснастки и материалов, карт контроля.

Подготовка программ для станков с ЧПУ осуществляется в подсистеме T-Flex ЧПУ.

Кроме названных основных подсистем в состав T-Flex CAD включён ряд программ для инженерных расчётов деталей, проектирования штампов и пресс-форм.

В состав машиностроительных CAE-систем прежде всего включают программы для следующих процедур:

- моделирование полей физических величин, в том числе анализ прочности (Nastran [12], Ansys [13, 14] и др.);
- расчёт состояний и переходных процессов на макроуровне (Adams и LS-Dyna [15]);
- имитационное моделирование сложных производственных систем на основе моделей массового обслуживания и сетей Петри [4].

Важное место в конструкторско-технологических САПР занимают программы технологической подготовки производства.

Компания Consistent Software предлагает систему TechnologiCS для технологической подготовки производства [16, 17]. Эта система выполняет функции составления спецификаций, ведения дерева проекта и библиотеки чертежей, синтеза технологических процессов, выбора инструмента, расчёта режимов резания, нормирования расхода материалов, ведения технологической документации.

2. ПОНЯТИЕ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Проектирование технического объекта – создание, преобразование и представление в принятой форме образа этого ещё не существующего объекта.

Образ объекта или его составных частей может создаваться в воображении человека в результате творческого процесса или генерироваться в соответствии с некоторыми алгоритмами в процессе взаимодействия человека и ЭВМ.

В любом случае инженерное проектирование начинается при наличии выраженной потребности общества в некоторых технических объектах, которыми могут быть объекты строительства, промышленные изделия или процессы.

Преобразование исходного описания в окончательное порождает ряд промежуточных описаний, подводящих итоги решения некоторых задач и используемых при обсуждении и принятии проектных решений для окончания или продолжения проектирования.

Проектирование, при котором все проектные решения или их часть получают путём взаимодействия человека и ЭВМ, называют *автоматизированным*, в отличие от ручного (без использования ЭВМ) или *автоматического* (без участия человека на промежуточных этапах). Система, реализующая автоматизированное проектирование, представляет собой САПР.

Автоматическое проектирование возможно лишь в отдельных частных случаях для сравнительно несложных объектов. Превалирующим в настоящее время является автоматизированное проектирование.

2.1. СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Стадии проектирования – наиболее крупные части проектирования как процесса, развивающегося во времени. В общем случае выделяют стадии научно-исследовательских работ (НИР), эскизного проекта или опытно-конструкторских работ, технического и рабочего проектов, испытаний опытных образцов или опытных партий. Содержание отдельных стадий проектирования регламентируется в ГОСТ 23501.1–79, а технического проекта – в ГОСТ 23501.106–85.

Проектирование включает в себя разработку технического предложения и (или) технического задания (ТЗ), отражающих эти потребности, и реализацию ТЗ в виде проектной документации.

Обычно ТЗ представляют в виде некоторых документов, и оно является исходным (первичным) описанием объекта. Результатом про-

ектирования, как правило, служит полный комплект документации, содержащий достаточные сведения для изготовления объекта в заданных условиях. Эта документация и есть проект, точнее, окончательное описание объекта. Более коротко, проектирование – процесс, заключающийся в получении и преобразовании исходного описания объекта в окончательное описание на основе выполнения комплекса работ исследовательского, расчётного и конструкторского характера.

Иногда разработку ТЗ на проектирование называют внешним проектированием, а реализацию ТЗ – внутренним проектированием.

В ТЗ на проектирование объекта указывают, по крайней мере, следующие данные [4].

1. Назначение объекта.

2. Условия эксплуатации. Наряду с качественными характеристиками (представленными в вербальной форме) имеются числовые параметры, называемые внешними параметрами, для которых указаны области допустимых значений. Примеры внешних параметров: температура окружающей среды, внешние силы, электрические напряжения, нагрузки и т.п.

3. Требования к выходным параметрам, т.е. к величинам, характеризующим свойства объекта, интересующие потребителя. Эти требования выражены в виде условий работоспособности.

Стадию НИР иногда называют предпроектными исследованиями или стадией технического предложения. По мере перехода от стадии к стадии степень подробности и тщательность проработки проекта возрастают, и рабочий проект должен быть вполне достаточным для изготовления опытных или серийных образцов.

Близким к определению стадии, но менее чётко сформулированным понятием является понятие этапа проектирования.

Стадии (этапы) проектирования подразделяют на составные части, называемые проектными процедурами. Примерами проектных процедур могут служить подготовка детализованных чертежей, анализ кинематики, моделирование переходного процесса, оптимизация параметров и другие проектные задачи.

В свою очередь, проектные процедуры можно расчленить на более мелкие компоненты, называемые проектными операциями, например, при анализе прочности детали сеточными методами операциями могут быть построение сетки, выбор или расчёт внешних воздействий, собственно моделирование полей напряжений и деформаций, представление результатов моделирования в графической и текстовой формах.

Проектирование сводится к выполнению некоторых последовательностей проектных процедур – маршрутов проектирования.

3. РАБОТА С САД-СИСТЕМАМИ (МОДУЛЯМИ)

3.1. MECHANICS 8.1 ДЛЯ AUTOCAD MECHANICAL 2011

MechaniCS 8.1 – это интегрирующее программное решение под платформы AutoCAD 2007/2008/2009/2010/2011 и Autodesk Inventor 2009/2010/2011, предназначенное для ускорения и упрощения проектирования узлов, разработки, оформления и редактирования конструкторской документации, управления проектными данными, ориентированное на отечественного пользователя, выполненное на основании нормативных рекомендаций.

MechaniCS 8.1 предоставляет всё для проектирования машиностроительных объектов: оформление проекций чертежей по ЕСКД с применением алгоритмов автоматизированного нормоконтроля, уникальные технологии проектирования систем гидропневмоэлементов, деталей передач, инженерный анализ с отображением результата расчёта на модели, расчёт размерных цепей, зубчатых зацеплений, валов, создание пользовательских библиотек интеллектуальных объектов и многое другое. Мощный инструмент многовариантного проектирования объединяет проектировщиков плоского и трёхмерного проектирования, пользователей AutoCAD и Autodesk Inventor.

MechaniCS 8.1 имеет:

- динамически связанные текстовые элементы оформления чертежа (связь видов, маркировки, сварки, позиций с техническими требованиями);
- инструменты оформления чертежа, направленные на повышение производительности конструктора (удобные размеры, допуски формы и расположения поверхностей, неразъёмных соединений, шероховатости);
- автоматическое ведение спецификации на основе информации занесённой в основной надписи входящих деталей и узлов, элементов крепежа и типовых деталей;
- автоматическую коррекцию спецификации узла при изменении входящих компонентов;
- автоматическую простановку обозначений разрезов, сечений, видов, базовых поверхностей;
- автоматический контроль толщины линий условных обозначений, стандартных деталей в соответствии с требованиями ГОСТ;
- автоматическую простановку зон в обозначении видов и сечений;
- автоматический подсчёт швов сварных соединений;

- типовые крепёжные соединения в библиотеке стандартных элементов;
- расчётные модули по проведению прочностных расчётов балок, сечений и пружин;
- элементы станочных приспособлений;
- расширенную помощь по основным нормализованным конструкторским документам.

В процессе работы с приложением получается машиностроительный чертёж по ЕСКД с выходом на приложение по технологической подготовке производства – TechnologiCS.

Далее рассмотрим некоторые приёмы использования MechaniCS 8.1 в среде AutoCAD Mechanical 2011.

3.1.1. Интерфейс и настройки

Инструменты MechaniCS 8.1 дополняют привычную среду AutoCAD, не отключая и не переназначая её команды, панели инструментов и элементы меню. После установки MechaniCS 8.1 в главном меню AutoCAD добавляется раздел MechaniCS 8.0, в левой части рабочего стола – Менеджер объектов, а в нижней части окна AutoCAD в статусной строке переключения режимов рисования – инструмент управления текущим масштабом (рис. 3.1).

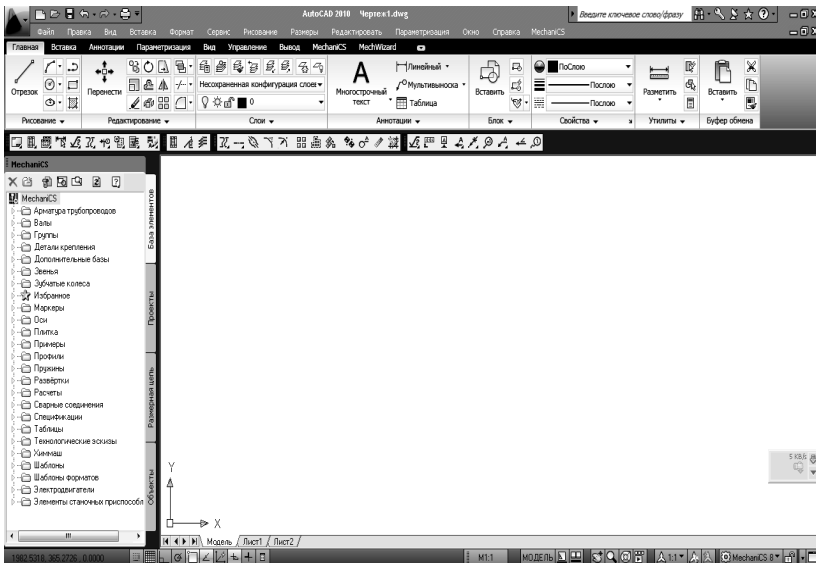


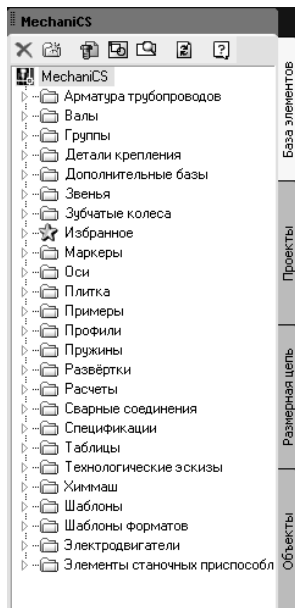
Рис. 3.1. Интерфейс Autocad Mechanical 2010 со встроенным Mechanics 8.0

В состав рабочего пространства MechanICS 8.1 под AutoCAD входят следующие элементы:

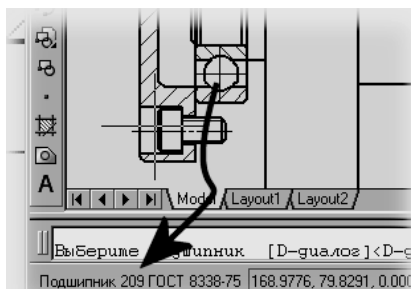
– панели инструментов, которые появляются в виде плавающих панелей после установки MechanICS 8.1 при первом запуске AutoCAD (панели можно зафиксировать, разместив их внизу ленты AutoCAD)



– палитра менеджера объектов



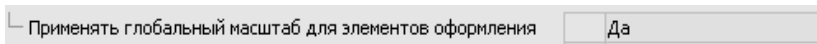
– строка состояния (при размещении стандартных деталей информация об их номинальном типоразмере отображается в статусной строке)



– панель  и кнопка  масштаба.

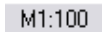
В MechaniCS 8.1 используется понятие текущего масштаба. Текущий масштаб отличается от действующего в AutoCAD глобального масштаба, выраженного в единицах (units).

Масштабирование объектов производится в зависимости от значения настройки *«Применять глобальный масштаб для элементов оформления»*.



Если значение этой настройки – *«Да»*, то размеры элементов оформления масштабируются, а для стандартных элементов базы данных MechaniCS 8.0 задаётся соответствующий масштаб типов линий.

Такая настройка удобна при черчении в пространстве модели в масштабе 1:1, с последующим оформлением чертежа в пространстве листа на видовом экране соответствующего масштаба. В этом случае элементы оформления будут выглядеть единообразно на видовых экранах с разными масштабами.

Если настройка *«Применять глобальный масштаб для элементов оформления»* установлена в *«Нет»*, то кнопка масштаба имеет вид . В этом случае размер стандартных деталей изменяется в соответствие с масштабом, а размер элементов оформления остаётся неизменным. Кроме того, происходит масштабирование линейных размеров путём установления линейного коэффициента масштаба. Данный способ используется при изначальном вычерчивании модели в масштабе, отличном от 1:1.

Масштаб объектов базы данных стандартных изделий и элементов оформления можно устанавливать с помощью панели масштаба.

При отсутствии выбранных объектов изменение масштаба с помощью панели масштаба или кнопки масштаба изменяет текущий масштаб черчения.

Если имеются выбранные объекты, то кнопка и панель масштаба отображают их масштаб. Изменение масштаба влияет только на выбранные объекты, не изменяя текущий масштаб черчения.

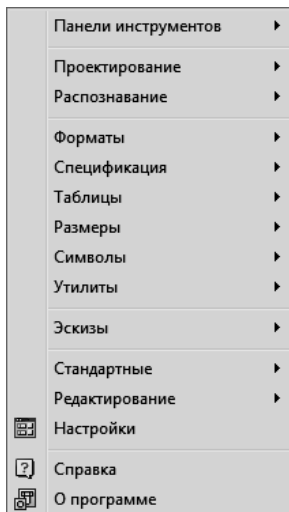
Перечень значений устанавливаемых масштабов увеличения и уменьшения соответствует ЕСКД ГОСТ 2.302–68 «Масштабы».

В программе реализована возможность зуммирования (увеличения) выбранного объекта MechaniCS 8.1 по центру экрана в режиме показа рамки вокруг объекта (по умолчанию рамка отключена). Для этого нужно подвести курсор к объекту, чтобы появились «габаритные

уголки» и, удерживая нажатой клавишу «Shift», щёлкнуть правой клавишей мыши – произойдёт автоматическое экранное увеличение выбранного объекта.

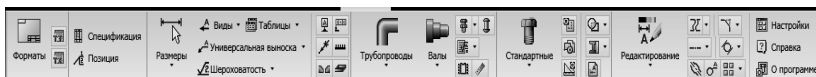
При повторном нажатии на объекте одновременно правой клавишей мыши и клавиши «Shift» происходит возврат к предыдущему масштабу с автоматическим центрированием объекта на экране.

- меню MechaniCS 8.1



– команды в контекстном меню поля чертежа (появляется при нажатии правой клавиши мыши);

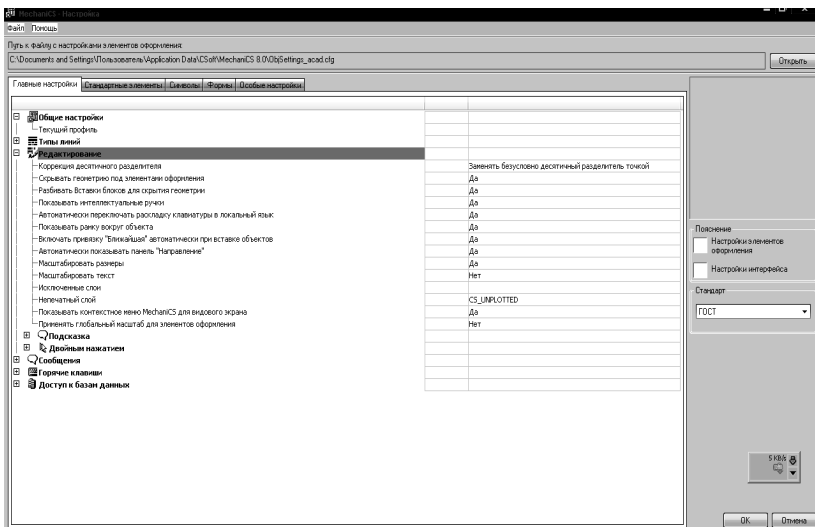
- лента в AutoCAD Mechanical 2011



Диалог настроек MechaniCS 8.1 можно вызвать следующими способами:

- из панели инструментов – щелчком по пиктограмме «Настройки».
- из командной строки (Command: mcParams).
- из среды AutoCAD – отдельные вкладки в диалоге параметров приложения.

В MechaniCS 8.1 все пункты настроек разбиты на два типа – настройки интерфейса (выделены жёлтым цветом) и настройки элементов оформления. Настройки интерфейса отвечают за функционирование отдельного приложения на соответствующей платформе (MechaniCS 8.1 для AutoCAD или MechaniCS 8.1 для Autodesk Inventor).



Настройки интерфейса задаются пользователем по своему усмотрению, поскольку они влияют только на работу приложения.

Настройки элементов оформления записываются в отдельный файл. Эти настройки считываются при создании нового документа, и они определяют то, как будет выглядеть чертёж, оформленный средствами MechaniCS 8.1. При изменении пунктов настроек элементов оформления по нажатию на кнопку «OK» диалога настроек выдаётся сообщение вида:

– «*Сохранить в текущий документ*» – настройки элементов оформления будут сохранены в текущем документе, при создании новых документов настройки будут соответствовать тем, которые указаны в файле настроек, т.е. действие данной настройки будет локальным для данного документа;

– «*Сохранить в файл с настройками*» – новые параметры пунктов настроек элементов оформления будут применяться по умолчанию для всех новых документов, а также для вновь создаваемых элементов оформления в текущем документе. Для сохранения настроек в этот файл необходимо иметь права на запись в папке размещения файла настроек;

– «*Не сохранять*» – изменения в настройках элементов оформления не будут сохранены.

Такое решение предназначено для стандартизации оформления чертежей внутри организации. Для этого всем пользователям необходимо указать один файл с настройками элементов оформления, расположенный на сетевом ресурсе. Разграничение прав на запись в общий файл настроек производится средствами операционной системы.

3.1.2. Вставка формата чертежа

Прежде чем начать работу в среде AutoCAD+MechaniCS 8.1 в рабочую область необходимо вставить формат чертежа.

MechaniCS 8.1 позволяет отрисовать все требуемые форматы чертежей по ГОСТ 2.104–68 «*Форматы*». Для обеспечения удобства работы с программой, при двойном щелчке по объекту, появляется возможность его редактирования.

Форматка вставляется в графическую зону AutoCAD в масштабе 1:1, размещённые внутри форматки виды должны быть заранее отмасштабированы.

Для применения возможностей автоматической сортировки вводимой символьной информации (знаки видов, разрезов, зон и т.п.) и автоматической простановки зон видов, разрезов и сечений, форматку следует вставлять до применения этих команд.

Для использования возможности связывания текстовой информации с техническими требованиями, правильной генерации спецификаций, оформление чертежа необходимо проводить в пространстве модели.

Для вставки формата в главном меню Autocad выберем «*MechaniCS/Форматы/Форматы*». Формат можно вставить, также щёлкнув в инструментальной панели MechaniCS по пиктограмме «*Форматы*». В появившемся диалоговом окне выберем нужные параметры (рис. 3.2).

При включённом режиме «*Автонумерация*» MechaniCS не позволяет пользователю вводить в одном файле два листа с основной надписью первого листа. Открытие диалога простановки форматов, при установленном первом листе и включённом режиме «*Автонумерация*», приводит к размещению в файле последующих форматов, указанных пользователем.

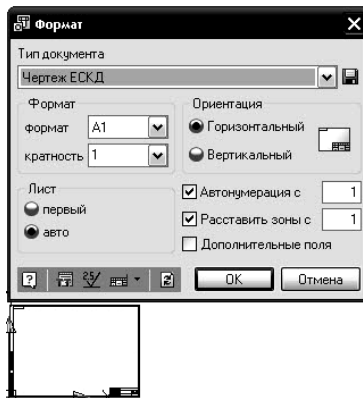


Рис. 3.2. Диалоговое окно «Формат»

Из выпадающего списка «*Формат*» выбирается стандартный размер листа.

Используя выпадающий список раздела «*Кратность*», можно отрисовывать дополнительные форматки чертежей предусмотренные ГОСТ 2.104–68. Информация о типе форматки проставляется в правом нижнем углу штампа (например, формат А4×3 и т.д.). После нажатия кнопки «*ОК*», в диалоговом окне «*Настройка формата*», укажите место вставки (базовая точка – левый нижний угол листа формата).

Для задания масштаба изображения (проставляется в штампе) нужно щёлкнуть по стрелке, направленной вниз, рядом с масштабом 1:1, и выбирать его величину из ниспадающего списка (рис. 3.3).

При вставке формата, пользователь может управлять отрисовкой зон на чертеже. При вставке последующих форматов автоматически отслеживается сквозная нумерация зон на всех листах путём указания на соответствующую икону диалогового окна. В том случае, если отключена опция «*Автонумерация*» листов, имеется возможность указания первой зоны на чертеже.

Для редактирования штампа и дополнительных надписей достаточно дважды щёлкнуть по редактируемому элементу. Заполнение штампа можно делать непосредственно в диалоговом окне «*Основная надпись*» (рис. 3.3) или в таблице. Для заполнения штампа в таблице, щёлкните по кнопке «*Переключение режимов*», в левом нижнем углу диалогового окна «*Основная надпись*».

Для изменения размера уже вставленного формата, дважды щёлкните левой клавишей мыши по любой линии форматки, вызвав диалоговое окно «*Формат*». Измените размер формата, его ориентацию или номер листа и нажмите на клавишу «*ОК*».

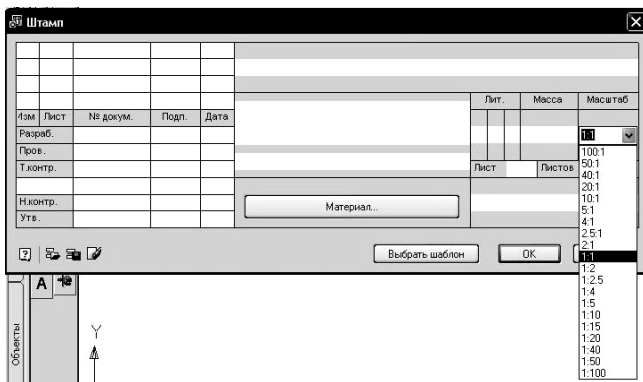


Рис. 3.3. Диалоговое окно «Основная надпись»

Все вставляемые штампы и форматки можно настроить по внутренним стандартам, ввести дополнительные поля для ввода. В директории «X (раздел диска, на котором установлен *MechaniCS*:/.../data/Formats/Titles» находятся файлы-шаблоны основных и дополнительных штампов. Для изменения графического представления вставляемых форматок их следует отредактировать.

3.1.3. Вставка стандартных деталей из базы данных *MechaniCS 8.1*

Вставку стандартных деталей в чертёж рассмотрим на примере создания болтового соединения.

Команда «*Болтовые соединения*» позволяет отрисовать любое болтовое соединение заданием осевой линии, пересекающей скрепляемые детали. Вид соединения можно изменить в любое время – все изменения автоматически отражаются в спецификации. Типы применённых соединений можно накапливать в шаблонах для повторного применения. При задании длины винтовой части болта, динамически отслеживается не только её длина, но и длина резьбы ответной части – гайки.

Крепёжное соединение можно вставить на основании шаблона или создать новый шаблон крепления.

Команда простановки крепёжных соединений вызывается из главного меню AutoCAD: «*MechaniCS/Проектирование/Болтовое соединение*». Затем, указанием начальной и конечной точек, задаётся осевая линия крепёжного соединения. Для точной отрисовки ортогональных осевых линий включите режим «*Орто (ORTHO)*».

После указания осевой линии, появляется диалоговое окно «*Детали крепления*» (рис. 3.4). В левой части диалогового окна могут уже находиться какие-либо шаблоны. Их можно просмотреть в графическом представлении, перейдя на закладку «*Просмотр*» и указывая мышкой в поле «*Список шаблонов*» имена проставленных шаблонов.

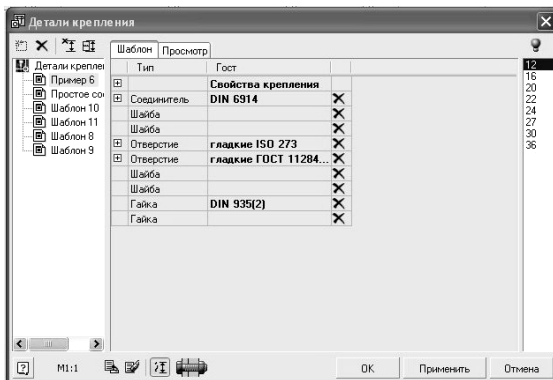


Рис. 3.4. Диалоговое окно «Детали крепления»

Для создания болтового соединения можно применить существующие шаблоны, либо создать новый, щёлкнув по пиктограмме «Создать новый шаблон».

В поле «Свойства крепления» выбираем необходимые детали соединения с необходимым диаметром. Длина соединителя (болта, винта) динамически отрисовывается на экране в зависимости от параметров в базе крепёжных соединений. При указании на кнопку «Масштаб», появляется диалоговое окно выбора масштаба из списка или указание на обозначение вида, разреза, сечения. По умолчанию масштаб берётся из основной надписи первого листа чертежа, если формат был про- ставлен. В противном случае, масштаб берётся равным 1:1.

При нажатии на кнопку, расположенную справа от обозначения компонента сборки, появляется возможность изменения выбранной ранее длины резьбовой части. При включённой опции «Автоподбор» можно просмотреть ближайший ряд длин для данного типоразмера соединения. Все поля длин недоступны для выбора и подсвечены серым цветом.

Любое проставленное крепёжное соединение редактируется двойным щелчком по нему левой клавиши мыши. Появляется диалоговое окно «Детали крепления». Указывая изменяемые элементы сборки, вызывается окно «Выбор детали» для замены элемента на другой. Для добавления новых компонентов в набор крепёжного соединения используется контекстное меню. Содержание контекстного меню зависит от существующего набора и строки, на которой оно вызывается. Редактирование болтовой сборки можно производить путём редактирования объекта «Болтовое соединение», либо путём редактирования отдельных деталей, входящих в болтовую сборку. При редактировании можно изменять состав, диаметр болтового соединения, а также параметры отдельных деталей, которые в него входят.

Щёлкнув по кнопке «Выберите тип вставки» в появившемся диалоговом окне «Параметры сборки» можно изменить способ отрисовки для всего шаблона: крепёжное соединение в разрезе со штриховкой, без штриховки, без отображения скрепляемой части соединения.

Созданное соединение возможно представить в различных проекциях. Для этого нужно выделить болтовое соединение рамкой, щёлкнуть по редактируемому соединению правой клавишей мыши и в диалоговом окне «Детали крепления» во вкладке «Шаблон», строке «Вид» изменить проекцию. Можно сменить проекцию и другим способом. Выделив рамкой болтовое соединение, нажать правой клавишей мыши и в контекстном меню выбрать «Добавить вид». При этом редактируемое соединение будет привязано к курсору (после того как его скопируем). Определим положение этого соединения в рабочем простран-

стве чертежа, нажмём правую клавишу мыши и в контекстном меню выберем необходимую проекцию. Таким же образом можно сменить представление соединения на чертеже; полное или упрощённое. Для этого необходимо выделить рамкой болтовое соединение, нажать правой клавишей мыши и в контекстном меню выбрать «Сменить представление».

Элементы станочных приспособлений могут быть вставлены в чертёж путём выбора опции «Стандартные» в основной инструментальной панели MechaniCS 8.1 из раскрывающегося списка стандартных элементов.

3.1.4. Вставка обозначения неразъёмного соединения

Команда «Неразъёмные соединения» вызывается из основной инструментальной панели, щелчком по пиктограмме или выпадающего меню MechaniCS 8.1: «MechaniCS/Символы/Неразъёмные соединения». После вызова команды в командной строке появляется сообщение: «Command: Mfix Укажите место неразъёмного соединения». При подведении курсора к элементу поверхности, она автоматически подсвечивается зелёным цветом. Подтвердите выбор щелчком левой кнопки мыши. Укажите точку начала выносной полки обозначения и нажмите клавишу «Enter». Откроется диалоговое окно «Неразъёмные соединения» (рис. 3.5). Параметры сварного шва вынесены на отдельную закладку «Полное изображение». Все необходимые параметры задаются непосредственным вводом информации в поле «Условное обозначение» или щелчком по дополнительным графическим элементам условного обозначения («Шов по контуру», «При монтаже»).

Для редактирования обозначения неразъёмного соединения необходимо дважды щёлкнуть по нему в поле чертежа. После этого откроется диалоговое окно «Неразъёмные соединения», в котором можно поменять любые параметры обозначения.

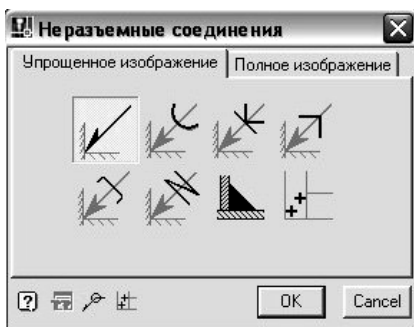


Рис. 3.5. Диалоговое окно «Неразъёмные соединения»

3.1.5. Простановка обозначения видов, разрезов и сечений

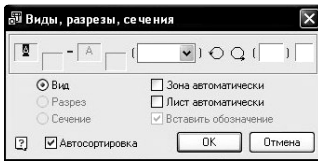


Рис. 3.6. Диалоговое окно «Виды, разрезы, сечения»

Выбор команды простановки обозначения видов, разрезов и сечений осуществляется из основной инструментальной панели MechaniCS щелчком по пиктограмме «Виды, разрезы, сечения» или выпадающего меню MechaniCS 8.1: «MechaniCS/Символы/Виды, разрезы, сечения».

В случае, если указатель «Автосортировка» будет включён (рис. 3.6), то в дальнейшем расстановка буквенных обозначений видов, разрезов сечений будет производиться в соответствии с ГОСТ 2.316–68 «Правила нанесения на чертежах надписей технических требований и таблиц». В первую очередь обозначаются виды, затем разрезы, сечения. Для соблюдения правила автоматической сортировки необходимо задать принадлежность указанного обозначения к тому, или иному типу обозначения. Нажатие левой кнопкой по условному обозначению повернутого или развёрнутого изображения, разместит указанные символы в соответствующем месте относительно изображения. После задания всех необходимых параметров, необходимо нажать на кнопку «OK» и разместить условное обозначение на поле чертежа.

При вводе буквенного обозначения символ автоматически отображается в верхнем регистре (с большой буквы). Если для обозначения видов, разрезов сечений не хватает разрешенных букв алфавита, автоматически проставляются индексные символы « $A_1 \dots Y_1$ » и т.д.

3.1.6. Простановка размеров на чертеже

Простановка всех размеров в MechaniCS 8.1 осуществляется одной командой. При этом выбираемые объекты динамически подсвечиваются (по умолчанию) зелёным цветом. В качестве динамически выбираемых объектов выступают: отрезки, окружности, дуги, конечные точки объектов, узловые точки окружностей и дуг, точки пересечений. При указании на какой-либо примитив (линию, дугу или окружность) он подсвечивается полностью. Места пересечения объектов при подведении указателя мыши подсвечиваются зелёной точкой.

Простановка линейных, угловых и радиальных размеров не требует особых пояснений. Рассмотрим лишь простановку размерных цепей и автоматическую простановку размеров.

При простановке размерных цепочек в качестве базового элемента используется уже проставленный размер (одна из его выносных линий). Для простановки размерной цепи укажите на подсвечиваемую выносную линию и щёлкните левой клавишей мыши (точка P1). Появится

динамическое изображение размера. Щёлкните правой клавишей мыши, для вызова контекстного меню. Выберите в нём опцию «В-База». Укажите точку P2 – размер проставлен.

Для автоматической простановки размеров необходимо щёлкнуть по пиктограмме «Размеры», вызвать контекстное меню щелчком правой кнопки мыши. Появится контекстное меню простановки группы размеров (автоматическое образмеривание детали). Укажите в нём строку «G-групповой». Укажите элементы чертежа для простановки размеров (при выборе можно использовать секущую рамку).

3.1.7. Простановка допусков формы и расположения

Для вызова команды щёлкните по пиктограмме «Допуски формы и расположения поверхностей» из инструментальной панели MechaniCS или выпадающего меню MechaniCS 8.1: «MechaniCS/Символы/Допуски формы и расположения». В командной строке появится приглашение «Укажите точку на объекте». Щёлкните левой клавишей мыши по динамически выбираемому элементу, задав начало для базовой стрелки. Укажите положение рамки допуска и щёлкните левой клавишей мыши и затем правую клавишу, для завершения отрисовки выноски и перехода в диалоговое окно ввода параметров (рис. 3.7).

Для выбора типа проставляемого допуска щёлкните по кнопке в левом верхнем углу диалогового окна «Допуски форм и расположения поверхностей». Выберите тип допуска и введите его числовое значение во втором поле. Все вводимые в диалоговом окне значения отображаются на чертеже. Нажмите клавишу «OK» для завершения команды.

После выбора в диалоговом окне «Допуски формы и расположения» пиктограммы «Вставить обозначение базы», нужно указать на ранее проставленный символ базы на чертеже. Буквенное обозначение базы автоматически проставится в текущем поле ввода. При связывании обозначения базы на чертеже курсор должен находиться в поле ввода обозначения базы. При вводе буквенного обозначения базы поддерживается режим автоматической простановки букв по алфавиту (режим автосортировка). Учитываются уже использованные буквы алфавита для обозначения видов, сечений, разрезов. При выборе базовой поверхности, графический элемент подсвечивается зелёным цветом. Выноска обозначения отрисовывается по нормали к примитиву.

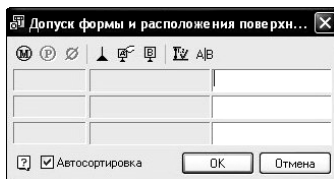


Рис. 3.7. Диалоговое окно «Допуски формы и расположения поверхностей»

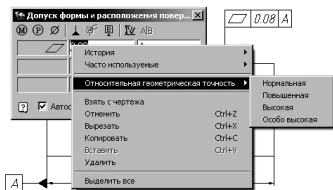


Рис. 3.8. Установка относительной геометрической точности

При нажатии на кнопку «Установить базу», предлагается указать на примитив, для задания начала стрелки и затем стороны размещения обозначения базы. Для завершения отрисовки выносной линии нажмите «Enter» (или правую кнопку мыши) и закройте окно по клавише «OK». Для простановки в обозначении нескольких баз, после связи с первым обозначением базы «А»,

введите после него символ «/» и укажите на следующий знак базы «Б». Соединительная линия может выходить из угла рамки или из середины её стороны. Для управления отображением этих элементов необходимо после вызова команды вызвать правой кнопкой мыши контекстное меню и указать строку «2-Стороны» или «3-Углы». При выборе в контекстном меню строки «5-База» на выноске отрисовывается символ треугольника.

В зависимости от качества указанного размера можно получить величину отклонения формы. Выберем тип отклонения. После щелчка по пиктограмме «Связь с размерами» укажем на размер с назначенным качеством. Наведём курсор на поле ввода величины отклонения и вызовем контекстное меню. В подменю строки «Относительная геометрическая точность» выберем нужную степень точности (рис. 3.8).

3.1.8. Простановка шероховатости поверхности

Для вызова команды используем выпадающее меню MechanCS 8.1: «MechaniCS/Символы/Шероховатость/Шероховатость». В командной строке появится приглашение «Укажите размер и положение выноски».

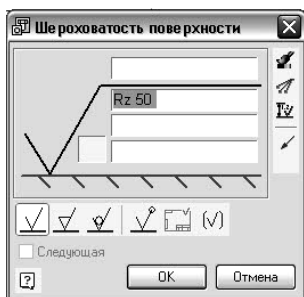


Рис. 3.9. Диалоговое окно «Шероховатость поверхности»

Щёлкните левой клавишей мыши и на запрос «Укажите положение знака шероховатости на полке» задайте положение знака. После этого откроется диалоговое окно ввода параметров (рис. 3.9). При активации этой опции и нажатии на клавишу «OK» в диалоговом окне «Шероховатость поверхности» проставляется обозначение шероховатости с текущими значениями. В поле ввода через контекстное меню можно выбрать шероховатость из ряда.

При указании местоположения линии-выноски указанный отрезок подсвечивается (так же как, например, при нанесении размеров). Знак позиционируется по нормали к поверхности.

Для размещения знака без выноски нажмите клавишу «Пробел». Значение шероховатости можно задавать из контекстного меню. При этом активизируется возможность простановки неуказанной шероховатости и заключение знака в скобки.

Величину шероховатости можно задавать автоматически в зависимости от качества указанного размера. Для этого щёлкните по пиктограмме «Зависит от размера» в диалоговом окне «Шероховатость» и укажите на размер с проставленным качеством.

3.1.9. Простановка знаков маркирования и клеймения

Для вызова команды используем выпадающее меню MechaniCS 8.1: «MechaniCS/Символы/Маркирование и клеймение». Когда задана первая точка, отрисовывается знак маркировки. Перед тем как указать положение знака, его можно настроить в контекстном меню, щёлкнув по правой клавише мыши. В контекстном меню можно задать вид выносной линии (стрелка или точка) и тип знака. Выбор параметров в контекстном меню сразу же отображается на экране.

Укажите местоположение знака. Появится диалоговое окно «Маркирование и клеймение» для задания параметров маркировки (рис. 3.10).

3.1.10. Простановка позиций на чертеже

Простановка позиций на чертеже – шаг к созданию спецификации. Вся информация о детали находится в обозначении выноски.

Простановка позиции заключается в указании точек начала выносной линии и места размещения полки с номером позиции. В диалоговом окне «Редактор позиций» (рис. 3.11) задаётся раздел для текущей записи в соответствии с ГОСТ 2.106–68 «Текстовые документы» и заполняются необходимые поля.

При указании на элементы деталей крепления MechaniCS 8.1 распознаёт типоразмер деталей крепёжного соединения, без дополнительного указания его составляющих. Конструктору необходимо назначить конструктивные признаки (посадку, класс прочности, покрытие) стандартных деталей в зависимости от конкретных условий работы узла.

При оформлении спецификации сборочного чертежа механизма, можно установить динамическую связь с основной надписью компонента сборки внешнего DWG файла. Все изменения в штампе связанного чертежа под сборки (номера, массы узла) автоматически отразятся в общей спецификации.

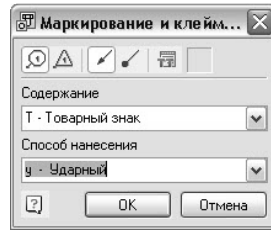


Рис. 3.10. Диалоговое окно «Маркирование и клеймение»

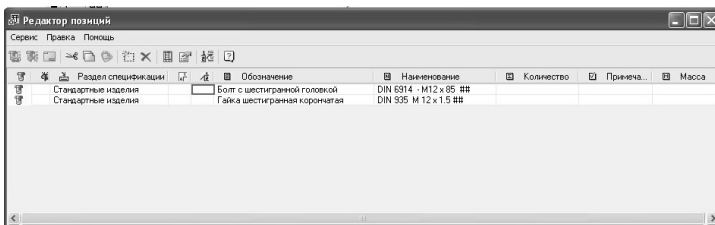


Рис. 3.11. Редактор позиций

Вызов диалогового окна редактора позиций возможен из выпадающего меню и из главной инструментальной панели, щелчком по пиктограмме «Позиция». После указания точки начала выноски позиции и размещения горизонтальной полки появляется диалоговое окно «Редактор позиций» (рис. 3.11).

Сделайте короткий двойной щелчок левой клавишей мыши в поле «Раздел спецификации». Из выпадающего списка выберите необходимый раздел, к которому относится данная деталь. После завершения заполнения полей, щёлкните по пиктограмме с обозначением крестика в правом верхнем углу диалогового окна, для выхода из команды. Вместо номера позиции предварительно ставиться символ «x». Закончить редактирование в редакторе позиций можно, нажав по клавише «ESC». Поля текущей записи можно заполнять по своему усмотрению. Переходить между полями можно с помощью указания соответствующей клетки или клавишами «Tab» и «Shift+Tab».

Для простановки номеров позиций, щёлкните по пиктограмме «Спецификация». Эта пиктограмма находится в диалоговом окне «Редактор спецификаций» и в главной инструментальной панели MechaniCS 8.1.

Диалоговое окно «Редактор спецификаций» содержит следующие команды:

- расставить позиции (все символы «x» заменяются на соответствующие номера в спецификации);
- обновить (обновляет проставленные номера позиций, если они не были проставлены или изменились правила простановки номеров позиций);
- экспорт в Excel (переносит спецификацию в подготовленный шаблон таблицы Excel);
- экспорт спецификации в TechnologiCS;
- свойства (настройка правил нумерации позиций);
- найти на чертеже (масштабирует выбранную позицию по середине экрана), а также вырезания позиции, копирования позиции в буфер и вставку позиции из буфера, добавление и удаление записи, сортировку позиций.

В случае, если пользователь имеет в своём распоряжении установленную программу TechnologiCS, выбор номенклатуры стандарт-

ных изделий целесообразно проводить из базы данных предприятия для обеспечения целостности проекта и уменьшения номенклатуры использованного крепежа. При экспорте спецификации в программу TechnologiCS в базе данных стандартных, автоматически создаётся запись для данной позиции. При каждом последующем использовании данного типоразмера, по двойному щелчку в поле записи редактирования наименование, конструктору будет предложен выпадающий список для выбора ранее использованного крепежа.

MechniCS 8.1 позволяет динамически связать с чертежом какого-либо изделия внешние чертежи входящих в него узлов. Обязательным условием создания динамической записи с внешним файлом является необходимость заполнения основной надписи (штампа первого листа) в связываемом файле с использованием команды заполнения штампа MechaniCS. В главной инструментальной панели выбираем команду «Позиция». Указываем начальную точку выноски, затем полку позиции и видим диалоговое окно «Редактор позиций». Щёлкаем по пиктограмме «Связать» в окне редактора позиций. Открывается диалоговое окно «Открыть», в котором указываем DWG файл подборки. Поля: «Наименование», «Обозначение», «Масса» в основном штампе должны быть заполнены. Для разрыва связи позиции, нанесённой на чертеже, с информацией хранящейся во внешнем файле, необходимо нажать на кнопку «Удаление связи» на панели инструментов в редакторе позиции. В этом случае вся информация, занесённая в текущую запись, остаётся неизменной и может быть отредактирована по усмотрению конструктора.

3.1.11. Создание спецификации

После завершения простановки позиций, используя команду «Спецификация», можно получить полностью готовый выходной документ. MechaniCS 8.1 позволяет вывести листы спецификаций в Excel или в пространство модели AutoCAD. Полученные листы спецификаций могут быть в дальнейшем переданы в приложение TechnologiCS для технической подготовки производства. База данных TechnologiCS поддерживается приложением MechaniCS 8.1 и наоборот.

Для сортировки позиций, перейдя в какой-либо раздел спецификации, вызовите контекстное меню правой кнопкой мыши и укажите строку «Отсортировать». После сортировки позиций обновите их с помощью команды «Обновить» или «Расставить позиции».

Для изменения порядка следования номеров позиций укажите кнопку «Свойства» в диалоговом окне «Редактор позиций».

Для экспортирования спецификации в программу TechnologiCS из меню «Сервис» необходимо выполнить команду «Вывести в чертёж» (рис. 3.12). Параметры «Наименование» и «Обозначение» берутся из основной надписи первого листа чертежа. Конструктор имеет возможность редактирования поля «Обозначение».

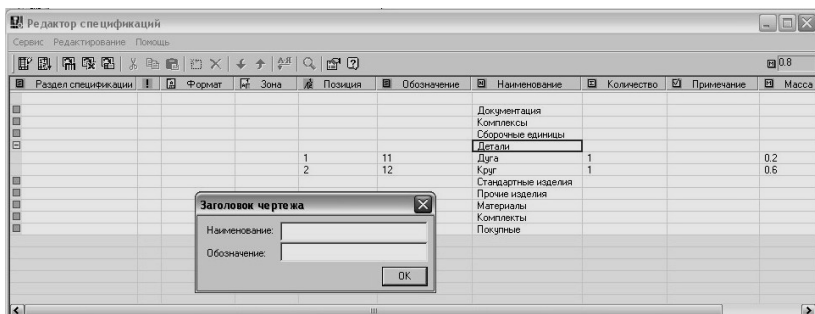


Рис. 3.12. Экспорт спецификации в программу TechnologiCS

Спецификация передаётся в файл формата DBF. Структура файла полностью соответствует формату импорта спецификации программой TechnologiCS. Использование TechnologiCS даёт конструктору возможность ведение состава изделия, и использовать в работе номенклатуру стандартных изделий ранее использованных в производстве.

3.1.12. Размещение на чертеже технических требований

Отличительной особенностью MechaniCS является возможность связывания обозначения текстовой информации на чертеже с текстом в технических требованиях.

При написании пунктов технических требований (ТТ) можно сделать ссылку внутри предложения пункта технических требований на какую-либо позицию или проставленный вид.

В качестве текстовой информации выступают допуски и размеры, зоны чертежа, обозначения видов, разрезов, сечений, обозначения знаков маркировки, обозначения сварных соединений, позиции.

Изменение значения текстовой информации (допустим, номера позиции детали) повлечёт автоматическое изменение в тексте ТТ. Если данная позиция была удалена, появится предупреждение о необходимости проверки определённого пункта требований.

Связь между ТТ и обозначением работает и в обратном направлении. Изменение порядка следования пунктов требований (их нумерации) автоматически отражается в обозначении на чертеже (при простановке, например, знака маркировки, в обозначении которого стоит номер пункта из технических требований).

Технические требования на чертеже размещаются вызовом команды «MechaniCS/Форматы/Tex.требования». Открывается диалоговое окно «Технические требования», в котором, щёлкнув правой клавишей мыши, можно открыть команды контекстного меню (рис. 3.13).

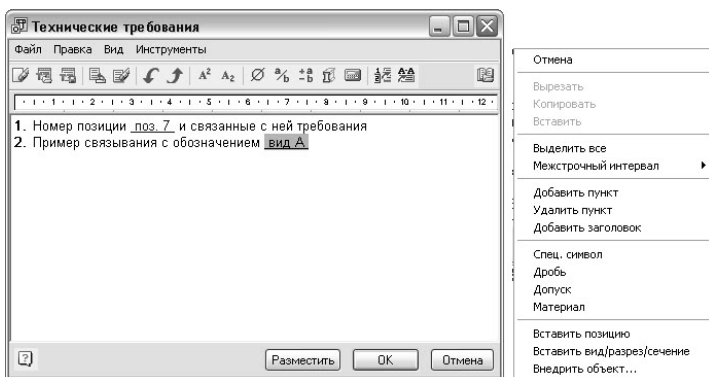


Рис. 3.13. Диалоговое окно «Технические требования»

В окно редактора можно загрузить внешний файл, формата RTF. В окне проводника найдите файл на диске и откройте его для редактирования. Документ, подготовленный в приложении MS Office, можно сохранить в формате RTF, для передачи его в редактор технических требований. Данную команду нельзя применять в случае, если уже написаны какие-либо технические требования. Написанные ранее пункты будут удалены.

Для автоматического размещения текста на чертеже щёлкните по клавише «OK» в диалоговом окне. При отсутствии форматки в сеансе AutoCAD, текст размещается в нулевую координату 0,0.

В случае ручного размещения текста при нажатии клавиши «Разместить» в диалоговом окне «Редактор технических требований», пользователь может указать несколько рамок для размещения текста. Первая точка – левый верхний угол текста. Затем указать вторую точку рамки – правый нижний угол фрагмента размещаемого текста. При ручном размещении фрагментов текста на чертеже, опция «Разместить» автоматически завершает свою работу после указания необходимого количества столбцов текста. Столбцы текста можно переместить после разбиения в нужное положение.

Информацию из окна технических требований можно сохранить во внешний файл с расширением RTF. Используемые в редакторе специальные символы при передаче во внешний файл теряются.

Для вставки нового пункта технических требований воспользуйтесь комбинацией клавиш «Ctrl+Enter».

Для удаления какого-либо пункта требований, установите курсор в любое место пункта удаляемого текста. Воспользуйтесь комбинацией клавиш «Ctrl+Del» для удаления пункта технических требований.

Для перемещения пункта требований вниз установите курсор в любое место абзаца перемещаемого текста и щёлкните по пиктограмме стрелка вниз.

Для перемещения пункта требований вверх установите курсор в любое место абзаца перемещаемого текста и щёлкните по пиктограмме стрелка вверх.

Перед вводом текста в нужном регистре (в верхнем или нижнем) нажмите одну из предложенных пиктограмм. Для перехода к написанию обычного текста, щёлкните по пиктограмме «Обычный текст».

В технических требованиях довольно часто встречаются фразы, например: «... деталь поз. 42 (Зона 2С) шлифовать совместно с деталью поз. 44 (Зона 8D)». MechaniCS 8.1 позволяет связать фрагменты текста в технических требованиях с графическим представлением на чертеже (в данном случае – это номер позиции).

Для связывания номера позиции вызовите команду «Технические требования», если их нет на чертеже, или, если они есть, дважды щёлкните левой клавишей мыши по тексту технических требований для редактирования. Появится окно «Редактор технических требований».

Для установления связи деталей, например позиции 21 и 22 с текстом в технических требованиях, установите курсор мыши в позицию, где должна стоять фраза «дет. поз. 21» и нажмите кнопку «Вставить позицию» (для установления). В появившемся окне выбора позиций, укажите необходимую деталь из списка проставленных позиций. Завершите команду по клавише «OK».

Аналогично алгоритму связывания пунктов позиций проводится связывание текста технических требований с обозначением видов, разрезов и сечений.

Для настройки параметров текста ТТ (высота и наклон шрифта, отступ от основной надписи и др.) вызовите диалоговое окно «Настройка».

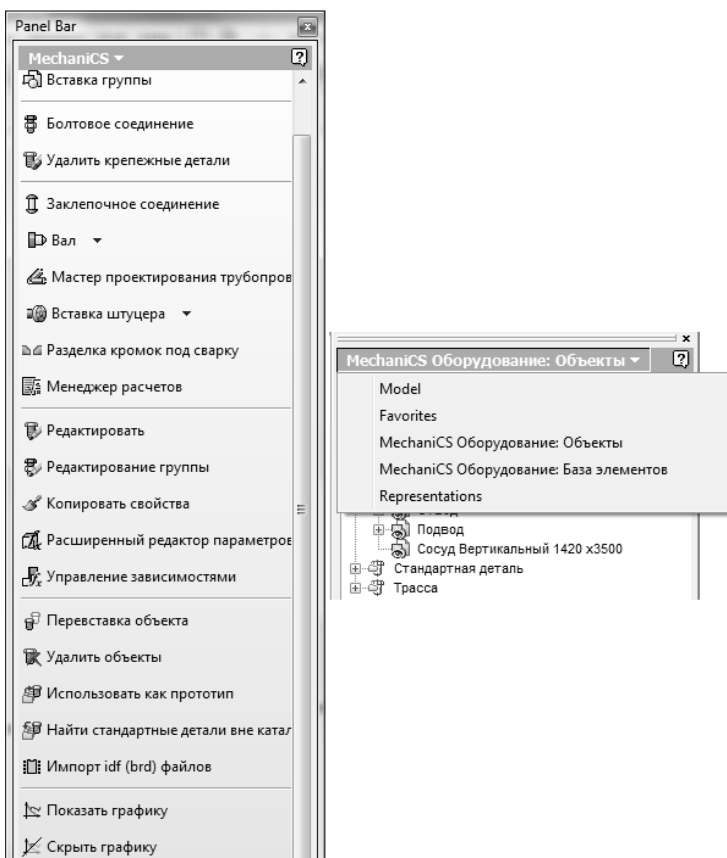
Работа с редактором технической характеристики аналогична работе с редактором ТТ. Основное отличие заключается в том, что набранный текст можно разместить в любом месте чертежа.

3.2. MECHANICS 8.1 ДЛЯ AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL SUITE 2011

3.2.1. Интерфейс и настройки

MechaniCS по умолчанию встраивается в инструментальную палитру и браузер (*Panel Bar* и *MechaniCS Оборудование: Объекты*) в среде Autodesk Inventor Professional Suite 2011.

Инструментальная палитра включает в себя команды MechaniCS для режимов «Сборка», «Деталь» и «Чертёж». Если те или иные из команд недоступны в данном режиме, они автоматически отключаются в палитре. Переключение между палитрой MechaniCS и стандартными палитрами Autodesk Inventor осуществляется с помощью выпадающего списка в заголовке «Инструментальной палитры».



Браузер Autodesk Inventor содержит два дополнительных дерева: база элементов MechaniCS и описание элементов MechaniCS, вставленных в модель.

Переключение между деревьями также осуществляется через выпадающий список. Для активации списка необходимо нажать на стрелку рядом с заголовком палитры или дерева.

Для удобства работы можно дополнительно настроить панели инструментов MechaniCS, которые будут активны во всех режимах работы с учётом доступных в данной среде команд. Для этого необходимо открыть в Autodesk Inventor меню «Сервис/Адаптация (Tools/Customize)», выбрать на закладке «Панели инструментов (Toolbars)» панель «MechaniCS» и нажать кнопку «Показать (Show)». Появится панель инструментов, которую затем можно разместить в системе панелей Autodesk Inventor.

Раздел «*Настройки 3D*» содержит следующие пункты настроек интерфейса:

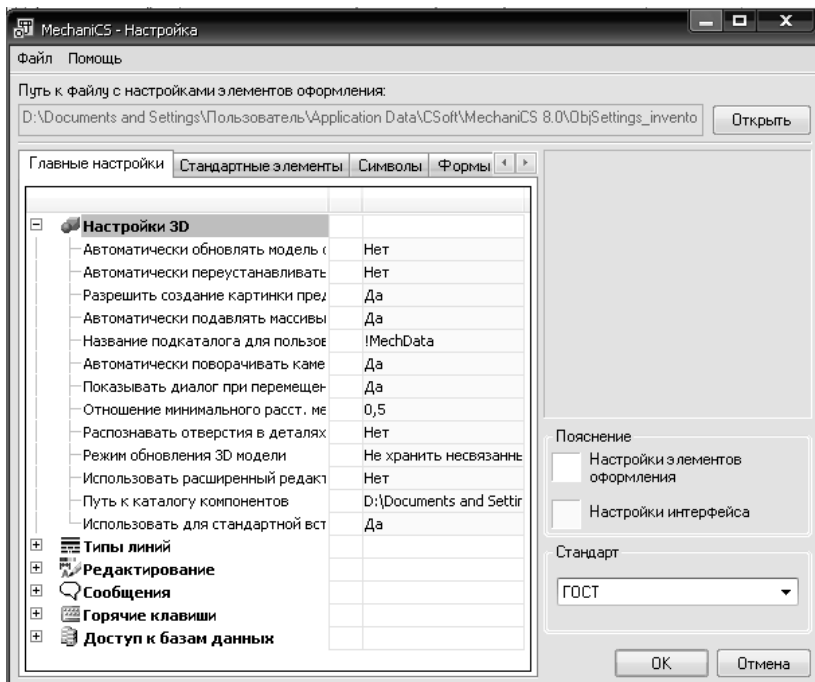
- автоматически обновлять модель объектов. При включении типоразмеры деталей, связанных зависимостями с редактируемой, будут изменяться автоматически;

- автоматически переустанавливать зависимости. При редактировании деталей зависимости MechaniCS 8.1 будут автоматически реализовываться в виде зависимостей Inventor. Если эта опция выключена, то зависимости Inventor создаваться не будут, при редактировании деталей их положения будут пересчитываться на основании описания в скрипте. Зависимости будут пересоздаваться вручную;

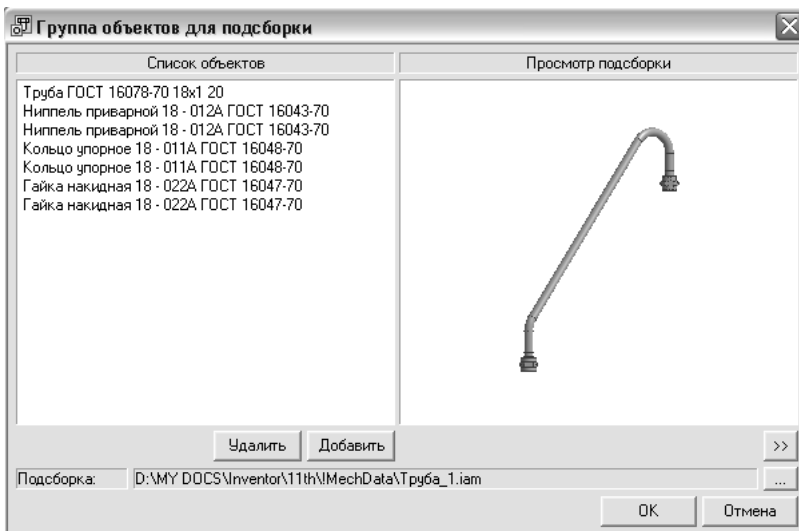
- разрешить создание картинки предварительного просмотра. Файлы деталей Inventor, создаваемые в MechaniCS 8.1, будут содержать картинку предварительного просмотра;


- автоматически подавлять массивы во врезаемых объектах. Объекты MechaniCS 8.1, имеющие в своём составе массивы будут создаваться с подавленными массивами;

- название подкаталога для пользовательских моделей – это подкаталог в папке рабочего пространства проекта, в который будут помещаться файлы ipt, создаваемые из базы данных MechaniCS 8.1;



- автоматически поворачивать камеру для валов. При создании и редактировании вала вид будет автоматически переориентирован на фронтальный вид вала;
- показывать диалог при перемещении деталей в подборку; Например, при перемещении ветки трубопровода в подборку будет вызываться диалог:



- отношение минимального расстояния между объектами к их диаметру в массиве по площади (параметр, ограничивающий создание массивов по площади с чрезмерно близко расположенными отверстиями);
- распознавать отверстия в деталях. При включении этого параметра отверстия в деталях Inventor, созданные с помощью конструктивных элементов выдавливание, вращение, отверстие будут распознаваться как отверстия MechaniCS 8.1, в результате чего стандартные крепежные детали будут автоматически присоединяться к этим конструктивным элементам. Для установки кругового массива болтовых соединений (например, на фланцы) необходимо включить данную опцию;
- режим обновления 3D модели (настройка режимов обновления объектов MechaniCS 8.1);
- использовать расширенный редактор параметров в Inventor. При включении этой опции редактор параметров MechaniCS 8.1 будет заменять стандартный редактор параметров деталей Inventor, вызываемый кнопкой  параметры;

- путь к каталогу компонентов – локальный или сетевой путь к папке каталога компонентов;

- использовать для стандартной вставки каталог компонентов – включает или отключает использование каталога компонентов.

Панель менеджера объектов входит в состав панелей Inventor. Детали в БД классифицированы в соответствии с их конструктивным назначением, как и в среде MechaniCS 8.1 для AutoCAD.

Панель «*Объекты*» менеджера объектов является универсальным средством обзора, контроля, редактирования объектов MechaniCS 8.1, находящихся в модели. Объекты на этой вкладке сгруппированы в разделы – например, стандартные детали, выноски, болтовые соединения и т.д. Для обеспечения навигации на чертеже выбранный объект подсвечивается, автоматически камера перемещается к выбранному объекту. Опция контекстного меню «*Скрыть*» скрывает выбранный объект в модели.

Операции и применяемые команды для работы MechaniCS 8.1 в среде AutoCAD, касающиеся создания элементов 2D и 3D чертежей и твёрдотельных деталей и сборок, описаны выше в пунктах раздела 3.1.

3.2.2. Проектирование деталей вращения

Вызов команды осуществляется из панели инструментов MechaniCS 8.1 или из выпадающего меню MechaniCS 8.1 при работе с файлом типа «*Узел*» (*Assembly*) – щелчком по пиктограмме «*Вставить вал*».

Основные правила:

- команда отрисовки вала предлагает указать точку вставки;
- следующим шагом задаётся условное направление рисования вала. После выбора направления система автоматически поворачивает вид параллельно оси вала;

- появляется диалог «*Выбор параметров вала*».

Изображение каждого участка вала фиксируется щелчком левой клавиши мыши или нажатием «*ОК*» в диалоге «*Выбор параметров вала*». Команда остаётся активной для отрисовки следующих участков вала.

Для окончания режима ввода участков вала выберите команду «*Закончить*» из контекстного меню или нажмите «*Отмена*» в диалоге «*Выбор параметров вала*».

По завершении команды создания вала система автоматически предложит сохранить файл.

Для дальнейшего редактирования и детализации вала необходимо открыть вал на редактирование. Для этого нужно создать новый файл

сборки и импортировать в него файл детали (файл с твёрдотельной моделью вала). Дважды щёлкните по валу в режиме сборки или измените его с помощью команды «*Редактировать*». В результате откроется диалог «*Редактирование вала*» (рис. 3.14).

Стандартные компоненты из соответствующих каталогов диалога *Редактирование вала* вставляются проект по двойному щелчку левой кнопкой мыши. Дальнейшие действия зависят от конкретного компонента, а также от компонентов, вставленных в проект ранее.

Типовые задачи и взаимосвязи стандартных деталей валов описаны в соответствующих разделах документации, посвящённых работе MechaniCS 8.1 в среде AutoCAD. Общая технология создания и редактирования деталей валов и их использование совместно с валами в среде AutoCAD и Autodesk Inventor идентичны.

3.2.3. Проектирование крепёжных соединений

MechaniCS 8.1 позволяет проектировать различного рода болтовые и заклёпочные соединения.

Для вставки болтового соединения в сборку из основного меню MechaniCS 8.1 вызываем команду «*MechaniCS/Болтовое соединение*». В открывшемся диалоговом окне «*Выбор положения болтовой сборки*» (рис. 3.15) выбираем требуемые параметры вставки.

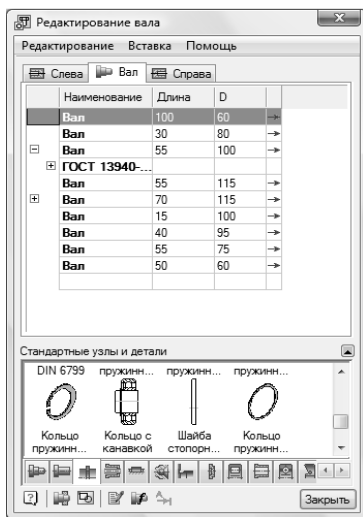


Рис. 3.14. Диалоговое окно «Редактирование вала»

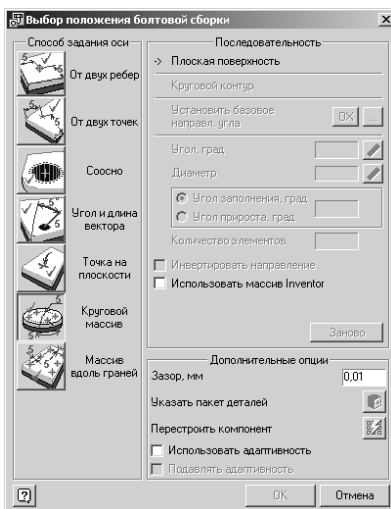


Рис. 3.15. Диалоговое окно «Выбор положения болтовой сборки»

3.3. AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL SUITE 2011

3.3.1. Начало работы

Autodesk Inventor – это система объёмного машиностроительного конструирования. В ней имеется полный набор средств для 3D моделирования, управления информацией, совместной работы над проектами и обеспечения технической поддержки.

К числу основных возможностей Autodesk Inventor следует отнести:

- создание 2D и 3D эскизов, трёхмерных моделей изделий и производственных чертежей;
- создание адаптивных конструктивных элементов, деталей и узлов;
- настройка отображения изделия при помощи управления видимостью его компонентов;
- импорт файлов форматов Pro/ENGINEER®, Parasolid®, SolidWorks™, UGS NX, SAT, STEP, IGES, AutoCAD и Autodesk® Mechanical Desktop® (DWG) для дальнейшего использования в Autodesk Inventor. Детали и сборки AAutodesk Inventor можно экспортировать во многие форматы, включая Pro/ENGINEER и Parasolid, можно также экспортировать чертежи Autodesk Inventor как файлы DXF™ или файлы чертежей AutoCAD (DWG);
- проведение анализа конструкции детали или узла на прочность и динамику;
- создание фотореалистичных изображений проектируемого изделия.

После запуска Autodesk Inventor откроется рабочее окно, в котором в верхней части располагается основное меню, слева инструментальная палитра и браузер, а справа от них рабочая область, в которой происходит построение изображения детали (рис. 3.16).



Рис. 3.16. Диалоговое окно открытия Autodesk Inventor 2011

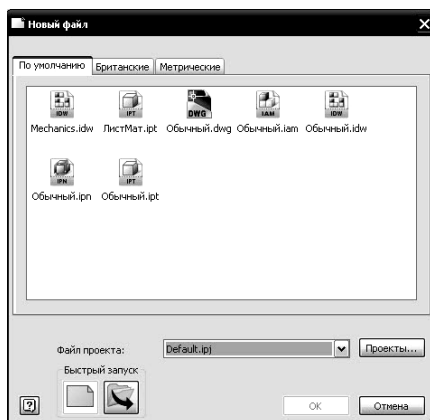


Рис. 3.17. Диалоговое окно Autodesk Inventor при создании нового файла

Перед началом работы с программой можно изменить под себя настройки отображения сетки, точности проставляемых размеров, цвета построений и т.д. Об этих операциях можно прочитать в справочных материалах по Autodesk Inventor, и по этой причине в данном учебном пособии они не рассматриваются.

В основном меню находится ряд команд, которые доступны на различных этапах работы с программой.


Так команда основного меню «*Файл*» содержит несколько активных команд. Остановимся на двух из них:

- «*Создать*», при выборе которой появляется диалоговое окно (рис. 3.17) с запросом о создании сборки, чертежа, детали, детали из листового материала, сварной конструкции или схемы;

- «*Открыть*», при выборе которой производится открытие готового файла Autodesk Inventor.

В Autodesk Inventor 2011 возможно встраивание приложения MechaniCS 8.1, после чего в основном меню появляется команда «*MechaniCS*».

3.3.2. Создание 2D-чертежа

Выполним команду «*Создать*» , в ниспадающем меню выберем «*Чертёж*». Откроется рабочее окно, в котором в верхней части располагается основное меню, слева инструментальная палитра и браузер, а справа от них рабочая область, в которой происходит построение изображения детали (рис. 3.18). С учётом того, что в Autodesk Inventor встроен MechaniCS, то в рабочей области построений сразу отображается основная рамка чертежа с основной надписью (по умолчанию выводится формат А3).

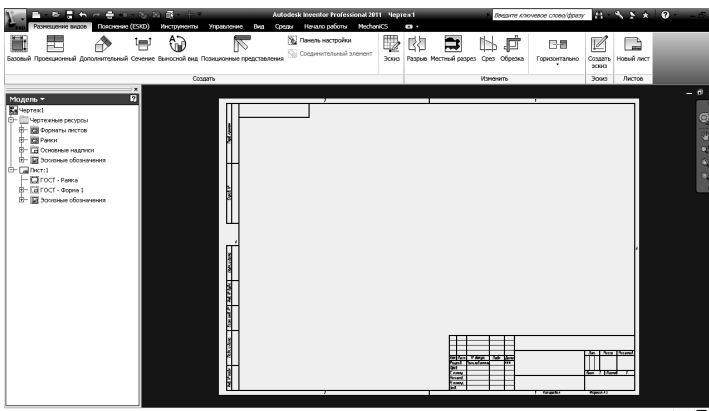


Рис. 3.18. Рабочее окно Autodesk Inventor в режиме 2D-чертежа

При создании нового чертежа в инструментальной палитре «Виды чертежа» появляется набор инструментов для работы над видами изображения, а в браузере отображается имя файла «Чертёж 1», «Чертежные ресурсы» (если развернуть этот пункт меню, то будут видны все возможные форматы листов и рамок), «Лист: 1» (указан текущий формат листа, в нашем случае А3).

При наведении указателя мыши на внешнюю границу формата листа он подсвечивается красным цветом и, щёлкнув при этом правой клавишей мыши, возможно изменение формата листа в открывшемся диалоговом окне (рис. 3.19).

В качестве примера построим изображение трёхступенчатого вала (рис. 3.20, а). Указателем мыши выберем пиктограмму «Эскиз», расположенную во втором ряду от основного меню. При этом инструментальная

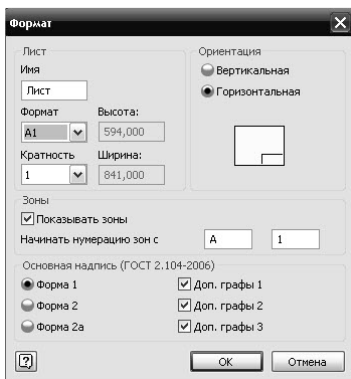
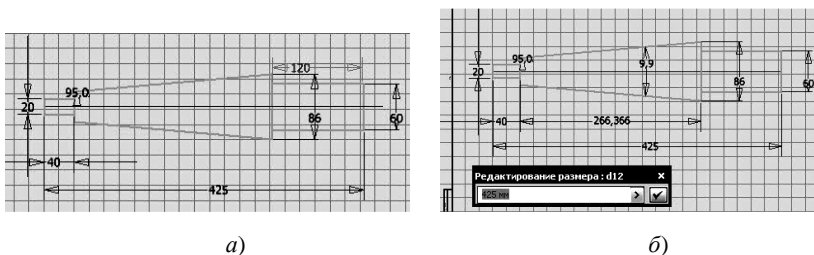


Рис. 3.19. Диалоговое окно изменения формата листа

палитра поменяет своё содержание на команды работы с примитивами (отрезок, окружность, дуга и т.д.), в рабочей области появится координатная сетка. В браузере появится строка «Эскиз1».

Пользование командами работы с примитивами достаточно простое и не требует дополнительных пояснений. Если читатель даже незнаком с основами работы в AutoCAD, то интерфейс Autodesk Inventor позволяет легко освоить выполнение команд. Кроме того, имеется достаточно информативная справка.



а) **Рис. 20. Форма и размеры ступенчатого вала (а)**
 б) **и окно редактирования размера (б)**

Очертания вала выполняем произвольно, пользуясь командой «Отрезок [L]».

Простановка размеров осуществляется командой «Размеры [D]».

Для того, чтобы проставить габаритный размер 425 (рис. 3.20, а), необходимо подвести курсор сначала на левую крайнюю точку вала и щёлкнуть левой клавишей мыши, а затем на правую крайнюю точку вала и также щёлкнуть левой клавишей мыши. Появится размер, который привязан к курсору. Курсор можно переместить в требуемое положение относительно изображения вала и зафиксировать размер в выбранном положении нажатием левой клавиши мыши. Величина размера ставится текущей. Для того, чтобы поставить размер 425, двойным щелчком левой клавишей мыши открываем окно редактирования размера (рис. 3.20, б) и в поле вводим «425», нажимаем на зелёную пиктограмму подтверждения. Размер проставлен, а изображение вала перестроится в соответствии с данным размером.

Таким же образом можно проставить размер $9,9^\circ$, только при этом нужно выделять линии конусного участка вала.

На элементы эскиза можно наложить дополнительные зависимости, кроме тех, что автоматически накладывались при построении эскиза. Более подробно об этом можно посмотреть в справке программы.

Закончив создание эскиза, щёлкнем правой клавишей мыши в рабочей области чертежа и в появившемся диалоговом окне выберем «Принять эскиз». При этом эскиз закроется и в формате листа появится изображение вала.

Следует отметить, что работа с инструментальной палитрой в режиме создания 2D чертежа невозможна. Инструментальная палитра используется в случае, если необходимо получить проекции из твёрдотельной модели изделия. Проиллюстрируем это на примере.

Создадим новый чертёж. В инструментальной палитре выберем «Базовый». В открывшемся диалоговом окне в строке «Файл» выберем файл «C:/Program Files/Autodesk/Inventor 2011/Tutorial Files/Housing» (рис. 3.21).

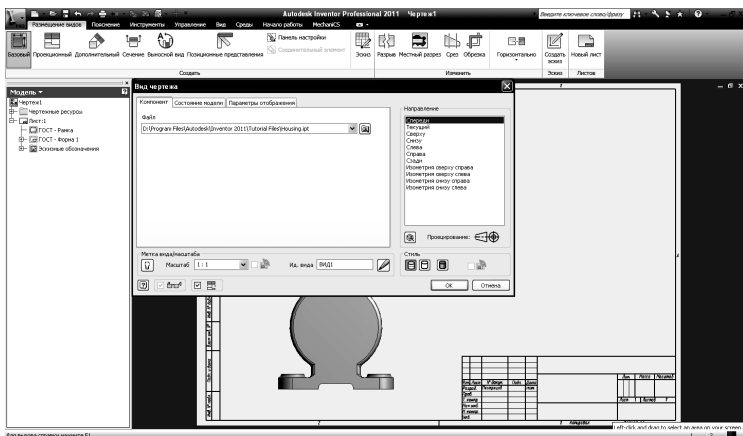


Рис. 3.21. Создание проекционных видов изделия


В поле формата листа появится изображение узла, которое можно перемещать указателем мыши и зафиксировать в нужном положении щелчком левой клавиши мыши. Для получения видов сверху или слева выберем команду «Проекционный», выделим базовый вид (при наведении на него указателя мыши выделяется красной рамкой). При этом появится изображение изделия, соответствующее движению мыши: если вниз – вид сверху, вправо – вид слева. Таким же образом происходит выполнение всех остальных команд, присутствующих в инструментальной палитре.

Для нанесения размеров на виды откроем в основном меню панель: «Пояснение». В панели пояснительных элементов выберем пиктограмму «Извлечь». Откроется диалоговое окно «Извлечение размеров», в котором последовательно, наводя курсором и щелчком левой клавиши мыши, выбираем объект и необходимые для простановки размеры.

Для простановки размеров можно пользоваться также пиктограммой «Размеры», нажав на которую левой клавишей мыши, последовательно выбирать на чертеже вида конечные точки, соответствующие размеру, который необходимо проставить.

3.3.3. Создание твёрдотельной модели

Рассмотрим пример построения твёрдотельной модели резца.

Для создания новой детали во вкладке основного меню «Начало работы» выберем пиктограмму «Создать», при этом откроется диалоговое окно «Новый файл», в котором предлагается выбрать один из шести стандартных шаблонов, выделим значок «Обычный.ipt»  и нажмём «OK». Откроется рабочее окно Autodesk Inventor.

При создании новой детали в браузере отображаются имя детали, автоматически присваиваемое по умолчанию, папка «Начало», «Эскиз1», «Конец детали», рабочие плоскости и оси в папке «Начало». Программа автоматически переходит в режим создания эскизов, а в инструментальной палитре появляется набор инструментов для эскизирования (рис. 3.22). После завершения построения эскиза он заменяется на набор инструментов для превращения плоских эскизов в объёмные модели деталей. В графической области для удобства построений отображается координатная сетка. Начало координат помещается в центр графической области.

Поменяем имя детали «Деталь1» на «Резец проходной прямой», развернём щелчком по знаку + папку «Начало» (рис. 3.22). Сделаем видимыми плоскости YZ , XZ , XY , наведя в рабочей области курсор на каждую из них и щёлкнув правой клавишей мыши. В раскрывшемся диалоговом окне ставим флажок на опции «Видимость» (при необходимости отключить видимость убираем флажок). Нажав клавишу «F6», переходим к изометрическому виду. При наведении указателя мыши на имя плоскости в браузере или на изображение плоскости в рабочей области она будет также подсвечиваться соответственно в рабочей области или браузере.

Переименуем «Эскиз1» в «верх резца», подсветив его и, нажав правую клавишу мыши. В раскрывшемся диалоговом окне выбираем «Редактировать эскиз», нажимаем клавишу «Page Up» и, указав мышью на «верх резца», получаем вид на эскиз. Используя пиктограмму «Отрезок» в инструментальной палитре, вычерчиваем контуры верха резца с учётом принятой геометрии инструмента. Чтобы полученный эскиз был полностью определён, нанесём размеры, нажав пиктограмму «Размеры (D)». Указателем мыши подсвечиваем требуемые линии эскиза, на которых необходимо проставить размеры. После щелчка левой клавишей мыши для каждой линии появляется её размер. Если необходимо, например, проставить параллельный размер, то дополнительно нужно щёлкнуть правой клавишей мыши и из раскрывающегося списка выбрать «Параллельный». Двойным щелчком левой клавишей мыши по размеру его можно отредактировать, исправив число в раскрывшейся панели «Редактирование размера».

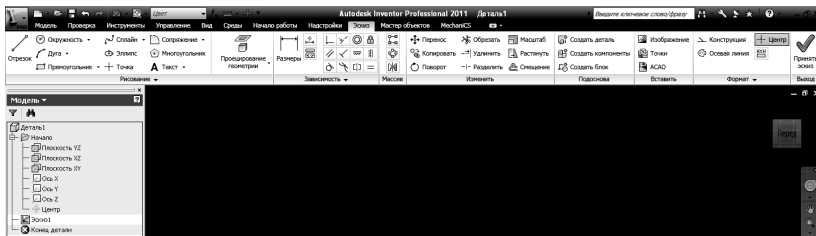


Рис. 3.22. Инструментальная палитра создания эскизов

Линия автоматически изменит свою длину, и весь эскиз перестроится в соответствии с принятым размером. Весь эскиз можно просмотреть, выбрав во вкладке «Вид» пиктограмму «Показать всё (Home)» или нажав на клавиатуре клавишу «Home». Нажав правую клавишу мыши в рабочем окне и выбрав «Принять эскиз», завершаем построения в эскизе, нажав клавишу «F6», получим изометрический вид эскиза «верх резца», показанный на рис. 3.23, а.

Создадим новую плоскость для нижней части резца, выбрав во вкладке «Модель» пиктограмму «Рабочая плоскость» или нажав клавишу «J».левой клавишей мыши выделим плоскость «верх резца» и переместим указатель вниз, при этом появится окно с текущим перемещением плоскости «верх резца», в этом окне с клавиатуры наберём «-25». В браузере появится «РабПлоскость1». Переименуем её в «низ резца». Используя ранее перечисленные команды, строим эскиз нижней части резца (рис. 3.23, б).

Выбрав во вкладке «Модель» пиктограмму «Лофт» или нажав «Ctrl+Shift+L», переходим к построению резца. В открывшемся диалоговом окне «Построение по сечениям» (рис. 3.24) в разделе «Кривые» указываем «верх резца», «низ резца». В рабочей области на предварительном просмотре можно увидеть полученный по сечениям резец. Для принятия резца нажимаем «OK». Переименуем в браузере указанную операцию по сечениям в «профиль резца».

Создадим угол заострения резца или передний угол, имеющий величину 10° . Для этого построим новую плоскость, параллельную плоскости YZ, отстоящую от неё на 16 мм вправо. В браузере появится новая плоскость, назовём её «плоскость правая». На плоскости YZ создадим эскиз с именем «вырез большой» с длиной сегмента 20 мм, углом между горизонтальной и наклонной линией 10° и радиусом сопряжения между ними 1 мм. На «правой плоскости» создадим новый эскиз с именем «вырез малый» с длиной сегмента 14,012 мм, углом между горизонтальной и наклонной линией 10° и радиусом сопряжения между ними 1 мм. Применим операцию «Лофт» к этим двум эскизам и получим передний угол резца, равный 10° . Эту операцию назовём «вырез».

На торце резца выполним фаску величиной 1,5 мм. Для этого применим команду «Фаска (Ctrl+Shift+K)». В диалоговом окне укажем размер фаски, торцевые ребра резца и нажмём «OK».

Изобразим цилиндрическую поверхность, имитирующую резцедержатель. На торцевой поверхности резца создадим новый эскиз. Начертим окружность диаметром 40 мм. Применим операцию «Выдавливание (E)» с ограничением на расстояние 90,5 мм к этому эскизу.

В завершение построений нажмём клавишу «F6» и тем самым получим твёрдотельную модель резца (рис. 3.25). Сохраним эту модель в файл «резец проходной прямой.ipt».

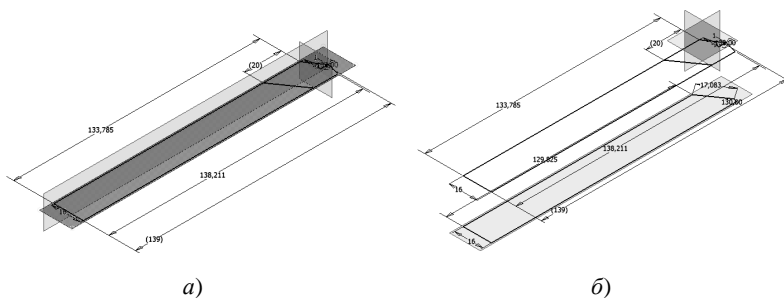


Рис. 3.23. Эскизы резца:
а – верх резца; *б* – низ резца



Рис. 3.24. Построение объекта по сечениям

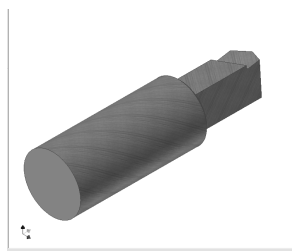


Рис. 3.25. Твёрдотельная модель резца

Для передачи данного файла в пакеты Solid Works®, T-Flex CAD® сохраним его с расширениями igs (igs) и step (stp), предварительно развернув изображение резца на переднюю кромку и отключив видимость всех компонентов модели.

3.3.4. Создание сборки

Рассмотрим этапы создания сборки на примере пневмоцилиндра, сборочный чертёж которого представлен на рис. 3.26. Чертёж выполнен в Компас-3D V10. Позиции на чертеже указывают на детали: 1 – корпус; 2 – крышка с проушиной; 3 – поршень; 4 – манжета; 5 – манжета; 6 – шток; 7 – крышка; 8 – уплотнение; 9 – уплотнение; 10 – шпилька; 11 – винт; 12, 13 – гайка.

Можно пойти двумя путями:

1) снимая размеры с чертежа (рис. 3.26), последовательно вычерчивать каждую деталь в Autodesk Inventor;

2) сохранить чертёж в Компасе-3D V10 с расширением *dwg* и импортировать его в Autodesk Inventor. Первый вариант представляется более трудоёмким, поэтому рассмотрим второй вариант.

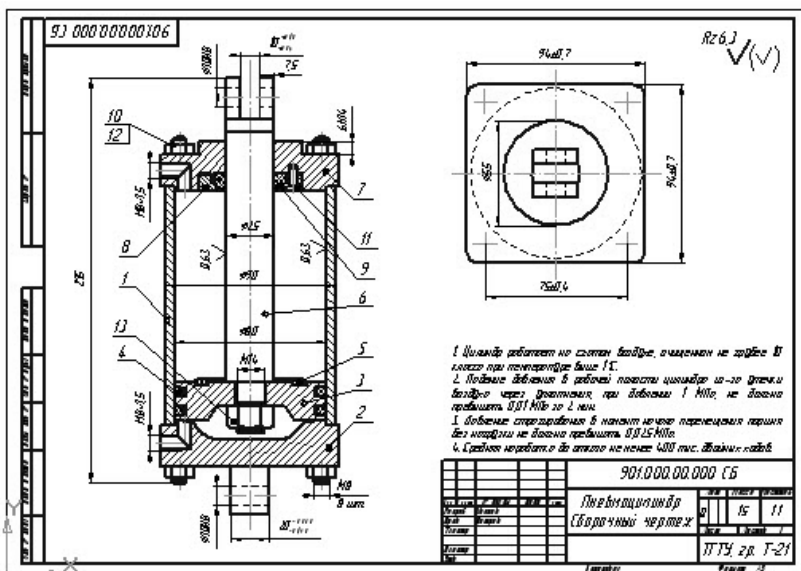


Рис. 3.26. Сборочный чертёж пневмоцилиндра

Создадим новый файл Autodesk Inventor с расширением ipt. Откроемся рабочее окно Autodesk Inventor. На инструментальной палитре во вкладке «Эскиз» выберем пиктограмму «Вставить файл AutoCAD» и укажем на файл «пневмоцилиндр.dwg». Произведётся импорт выбранного файла в Autodesk Inventor, при этом автоматически будет создан отчёт о преобразованиях Autodesk Inventor, который можно просмотреть любым браузером.

Переходим к построению корпуса поз. 1 (рис. 3.26). Пользуясь инструментами построения эскиза, создаём контур корпуса и осевую линию, принимаем эскиз, а затем, используя команду «Вращение (R)» на инструментальной палитре, создаём корпус (рис. 3.27). Сохраним данный файл как «корпус.ipt», предварительно убрав элементы импортированного файла «пневмоцилиндр.dwg».

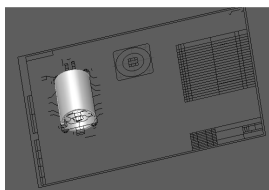


Рис. 3.27. Создание корпуса пневмоцилиндра

Таким же образом создадим твёрдые модели всех остальных деталей пневмоцилиндра.

Сборочная среда позволяет сформировать из деталей и узлов сборку, которую можно рассматривать как отдельный компонент. Детали и узлы связываются между собой сборочными зависимостями. Сбо-

рочная среда позволяет редактировать как отдельные детали, так и всю сборку в целом. Можно также определить группу конструктивных элементов сборки, которые взаимодействуют с несколькими деталями.

Каждая новая сборка создаётся на основе шаблона. Стандартный шаблон, используемый при создании сборок, определяется выбором стандартных единиц измерения в процессе установки Autodesk Inventor. Кроме заданного по умолчанию шаблона, можно использовать и другие предопределённые шаблоны. Допускается редактирование имеющихся и создание новых шаблонов пользователем.

Файл сборки может использоваться в качестве шаблона при сохранении файла в папке «*Templates*». Например, если заданные в файле сборки настройки предполагается использовать в других сборках, этот файл следует сохранить в папке «*Autodesk/Inventor [версия]/Templates*». При создании нового файла сборки в следующий раз новый шаблон станет доступным.

Компонентами сборки могут быть как отдельные детали, так и узлы, рассматриваемые в качестве единого объекта. Например, несущая плита, выполненная в виде одной детали, и состоящий из нескольких деталей пневматический цилиндр, при вставке в файл сборки становятся компонентами этой сборки. Чтобы при открытии файла сборки они всегда были доступны, необходимо добавить пути ко всем компонентам в проекте сборки. Поведение и характеристики компонента зависят от его происхождения.

Первая вставленная в сборку деталь является базовой. Её местоположение закреплено таким образом, что система координат этой детали совпадает с системой координат сборки. При вставке следующей детали и наложении зависимости между этой деталью и базовой деталью новая деталь позиционируется в соответствии с заданной зависимостью относительно базовой детали. При вставке следующих компонентов также накладываются зависимости, которые позиционируют новые детали относительно уже имеющихся в сборке компонентов. После наложения статических зависимостей можно добавить динамические зависимости, которые позволяют моделировать вращение и поступательное движение компонентов в оставшихся степенях свободы. При моделировании движения двух компонентов относительно друг друга можно задавать передаточное число.

Анализ сборочного чертежа пневмоцилиндра (рис. 3.26) показывает, что предварительно можно создать сборку, содержащую поршень 3 с набором манжет 4 и 5, штоком 6 и гайкой 13.

Создадим новый файл сборки с расширением *iam*, т.е. выполним команду «*Начало работы/Создать/Обычный.iam*». Откроется рабочее окно Autodesk Inventor.

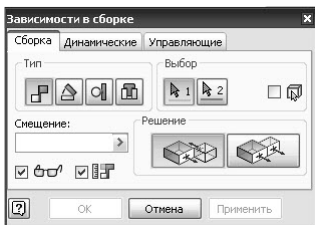


Рис. 3.28. Диалоговое окно назначения зависимостей в сборке

В инструментальной палитре выберем команду «*Вставить компонент (P)*» и укажем на файл «*поршень.ipt*». Произведётся импорт выбранного файла в Autodesk Inventor, при этом поршень будет базовым компонентом сборки. Вновь выполним команду «*Вставить компонент (P)*» для вставки манжеты 4. Для поршня и манжеты наложим зависимость совмещения, выбрав в инструментальной палитре команду «*Зависимость (C)*». В раскрывшемся диалоговом окне (рис. 3.28) выберем «*Совмещение*» и последовательно укажем оси симметрии поршня и манжеты. Нажмём «*Применить*». Манжета разместится в проточке поршня.

Таким же образом вставим в сборку манжеты 4 и 5, штوك 6.

Для вставки гайки 13 и пружинной шайбы под неё воспользуемся приложением Mechanics. Из инструментальной палитры выберем «*Mechanics/Вставка объекта*». Из раскрывшегося диалогового окна выберем «*Детали крепления/Шайбы/Пружинные/Шайба 10 ГОСТ 6402–70*» и «*Детали крепления/Гайки/Гайка М10 ГОСТ 5927–70*». Как и на все остальные детали поршня на шайбу и гайку наложим зависимость совмещения.

В результате описанных операций имеем сборку поршня (рис. 3.29). Сохраним этот файл под именем «*поршень со штоком.iam*».

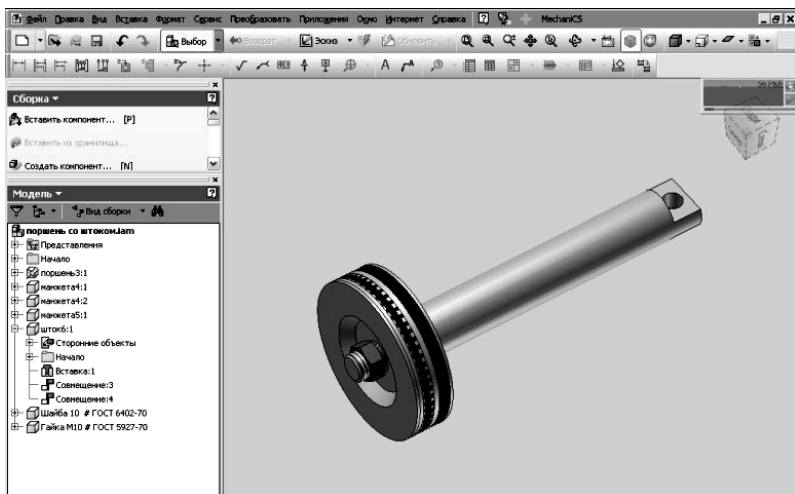


Рис. 3.29. Вид сборки поршня со штоком

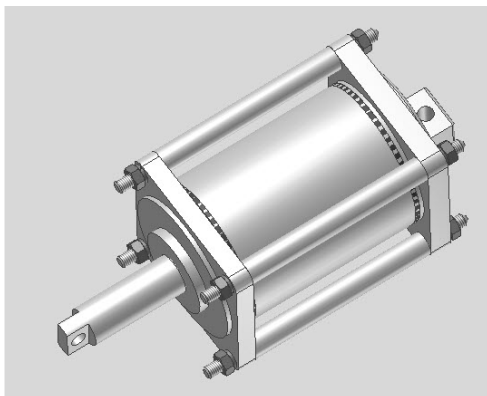


Рис. 3.30. Вид сборки пневмоцилиндра

Перейдём к созданию сборки всего пневмоцилиндра.

Создадим новый файл сборки с расширением *iam*. Первым компонентом, который вставим в сборку, будет корпус *1*. Он будет базовым для всех деталей новой сборки. Затем последовательно начнём вставлять в сборку остальные детали и сборочную единицу поршень со штоком, входящие в конструкцию пневмоцилиндра. В результате описанных операций имеем сборку пневмоцилиндра (рис. 3.30), конструкция которого несколько отличается от исходного сборочного чертежа (рис. 3.26). Сохраним этот файл под именем «*пневмоцилиндр. iam*».

3.3.5. Создание сборочного чертежа

Для создания сборочного чертежа пневмоцилиндра выполним команду «*Начало работы/Создать/Обычный.idw*».

Простановка размеров осуществляется командой «*Размеры [D]*» из инструментальной палитры «*Пояснение (ESKD)*». Необходимо лишь будет выбрать соответствующий тип размера и указать на элемент чертежа. Простановка размеров осуществляется аналогично приёму, описанному в п. 3.3.2.

Для нанесения осевых линий на чертеже используется команда «*Осевая линия*», вызываемая из инструментальной палитры «*Пояснение (ESKD)*».

Проставим позиции деталей на сборочном чертеже, вызвав команду из инструментальной палитры «*Пояснение (ESKD)/Номера позиций*».

Для создания спецификации используем команду из инструментальной палитры «*MechaniCS/Спецификация*». В открывшемся окне появится перечень сборочных единиц, деталей и стандартных изделий, входящих в пневмоцилиндр.

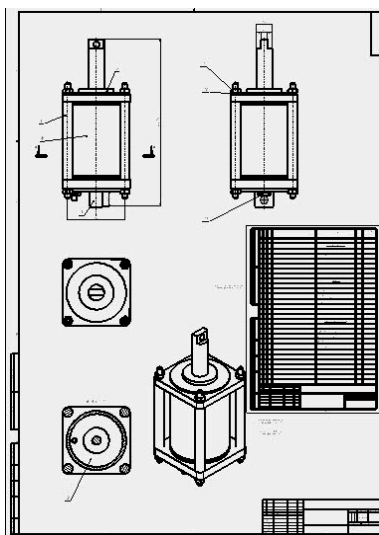


Рис. 3.31. Сборочный чертёж пневмоцилиндра

Дальнейшие операции по созданию технической характеристики, технических требований и размещению спецификации в поле чертежа аналогичны описанным ранее в пп. 3.1.11 и 3.1.12.

В результате имеем сборочный чертёж пневмоцилиндра (рис. 3.31).

3.3.6. Создание схемы разборки

Выполним команду «Начало работы/Создать/Обычный.idw». Откроется рабочее окно Autodesk Inventor. Выберем команду «Представление/Создать вид» и в диалоговом окне укажем на файл «пневмоцилиндр.iam». Вызовем команду «Сдвинуть компоненты». В диалоговом окне «Сдвиг компонента» нажмём кнопку «Направление». Переместим курсор, дождёмся появления указателя осей, а затем щёлкнем левой кнопкой мыши, чтобы принять направление.

Далее создадим презентационный ролик сдвига компонентов. Вызовем команду «Анимация». Введём «5» в редактируемое поле «Интервал». Нажмём кнопки «Применить» и «Воспроизведение с автореверсом». Детали сборки начинают движение.

3.3.7. Тонирование и анимация изображения

В инструментальной палитре выберем «Инструменты/Inventor Studio». Вместо панели сборки отобразится панель Inventor Studio. В этой панели выберем «Визуализация изображения» и в открывшемся

диалоговом окне выберем разрешение 1024×768, нажмём на кнопку «Визуализация». В программе будет выполнено тонирование модели в соответствии с выбранными стилями и размером изображения (рис. 3.32).

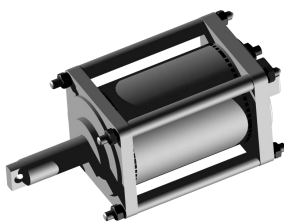


Рис. 3.32. Тонированное изображение пневмоцилиндра

Переходим к созданию анимации движения поршня с одновременным выполнением прозрачности корпуса пневмоцилиндра. В панели Inventor Studio выберем «Компоненты» и отметим в браузере «поршень со штоком:1» (изображение поршня со штоком подсветится красными линиями), укажем время завершения анимации 30 s (рис. 3.33). Если необходимо редактирование конечных точек перемещения поршня со штоком, то в этом же окне нажмём на кнопку «Позиция», в результате чего откроется диалоговое окно (рис. 3.34). В этом диалоговом окне нажмём на кнопку «Переопределение ориентации или положения», при этом станут активными сегменты тройки осей. На оси Y можно изменить начальную точку движения поршня, при этом поршень в рабочем окне также изменит своё начальное положение. Нажав «OK», закрываем это окно и вновь возвращаемся к окну (рис. 3.34). В нижней части рабочего окна появляется временная шкала анимации (рис. 3.35).

Затем в браузере выделим «корпус:1», щёлкнем правой клавишей мыши и из контекстного меню выберем «Анимация прозрачности компонента». В открывшемся диалоговом окне отметим «Завершение 0%» и укажем время завершения анимации 5 s (рис. 3.36). Шкала анимации будет такой же, как и на рис. 3.35.

Запустим на воспроизведение созданную анимацию. Поршень со штоком будет перемещаться в корпусе, а корпус будет становиться прозрачным.

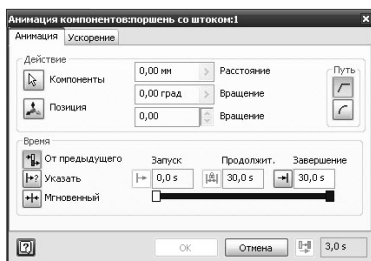


Рис. 3.33. Задание параметров анимации поршня со штоком

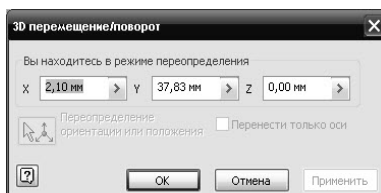


Рис. 3.34. Задание начальной точки движения поршня



Рис. 3.35. Вид временной шкалы анимации

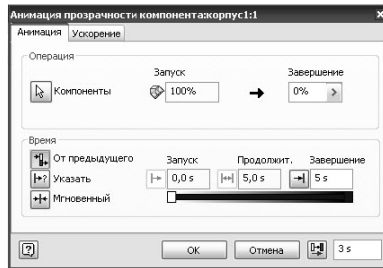


Рис. 3.36. Задание параметров анимации прозрачности корпуса

3.3.8. Проектирование валов

Создадим новый файл сборки. Выберем вкладку «Проектирование» и в ней пиктограмму «Вал».

При первом запуске генератора валов в нём содержится несколько сечений по умолчанию. Проектирование вала осуществляется путём изменения, удаления и добавления его сечений. Сечения вала можно выбирать в области 2D просмотра диалогового окна, в графическом окне или дереве.

Выберем параметр «Сечения» в диалоговом окне «Генератор компонентов вала» (рис. 3.37).

Отредактировать сечение вала можно двойным щелчком мыши на данном участке вала или, нажав пиктограмму «...» на конкретном участке вала, находящимся в списке. Слева от наименования каждого участка вала находятся пиктограммы, позволяющие создавать на выбранном участке фаски, отверстия, шпоночные пазы и т.д.

Произвольным образом спроектируем вал, твёрдотельная модель которого показано на рис. 3.38.

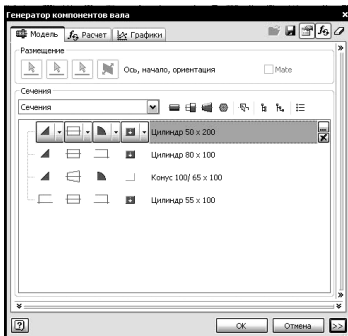


Рис. 3.37. Окно генератора компонентов вала



Рис. 3.38. Изометрическое изображение вала

3.4. РАБОТА В СРЕДЕ SOLIDWORKS PREMIUM 2011

3.4.1. Начало работы

Программа SolidWorks 2011 представляет собой интегрированную среду трёхмерного моделирования, которая использует графический интерфейс Microsoft Windows. Она предоставляет полный цикл моделирования: проектирование трёхмерных деталей, сборок из отдельных деталей, сборочных чертежей и детализовок, а также представление моделей в реалистичном (визуализация) и динамичном (анимация) виде. Для проектируемых трёхмерных деталей и сборок можно создавать двухмерные чертежи. Детали, сборки и чертежи являются связанными документами; при внесении любых изменений в детали или сборки документ чертежа изменяется.

Основные элементы интерфейса SolidWorks 2011 (рис. 3.39): строка меню, расположенная в верхней части окна программы; пиктограммы команд, дерево конструирования (аналог браузера в Autodesk Inventor) и графическая область, в которой происходит построение изображения.

Строка меню содержит практически все команды SolidWorks. Меню и элементы меню отображаются в зависимости от типа активного документа и настройки рабочего процесса.

Пиктограммы команд – это контекстная панель инструментов, которая обновляется автоматически в зависимости от панели инструментов, к которой требуется доступ. Например, при выборе вкладки «Эскизы» отображается панель инструментов «Эскизы».

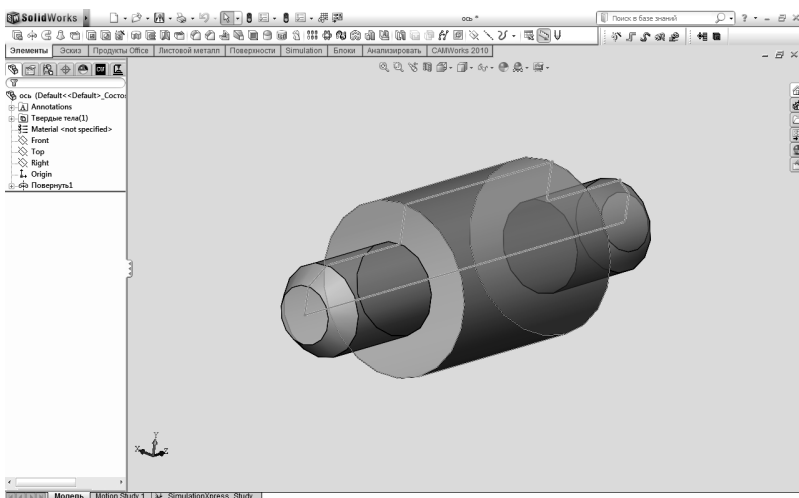


Рис. 3.39. Интерфейс SolidWorks 2011

В дерево конструирования FeatureManager в левой части окна SolidWorks и графическая область динамически связаны. Можно выбирать элементы, эскизы, чертёжные виды и вспомогательную геометрию в любой из областей окна.

3.4.2. Создание 2D-чертежа

В строке меню выберем команду «*Файл/Новый...*», в открывшемся диалоговом окне «*Стандарт единиц измерений и размеров*» выберем единицы измерений СИ и стандарт нанесения размеров по ГОСТ. Затем появляется диалоговое окно создания файла, в котором выберем «*Двухмерный технический чертёж, обычно детали или сборки*». Откроется следующее диалоговое окно, в котором предлагается выбор формата листа. После выбора пользователем формата листа откроется чертёж с выбранным форматом, например, А1 ГОСТ (рис. 3.40). При необходимости редактирования формата листа выделим левой клавишей в «*Дереве конструирования*» пункт «*Формат листа1*» и щёлкнем правой клавишей мыши по этому выделенному пункту, выберем в контекстном меню «*Свойства*» – появится диалоговое окно «*Свойства листа*», в котором можно выбрать другой формат.

Используем вкладку «*Эскиз*» для построения проекции детали или узла. Приёмы нанесения размеров аналогичны Autodesk Inventor: при наведении курсора на элемент эскиза появляется текущий размер элемента, а его редактирование осуществляется двойным щелчком по размеру.

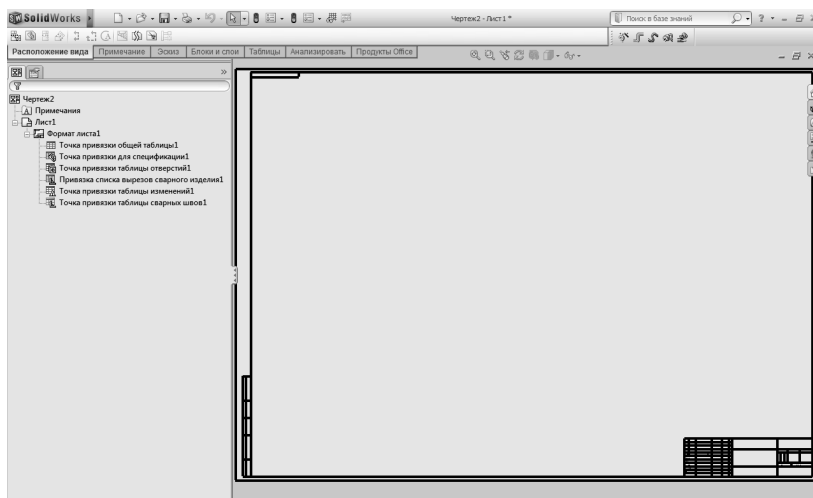


Рис. 3.40. Окно создания 2D-чертежа

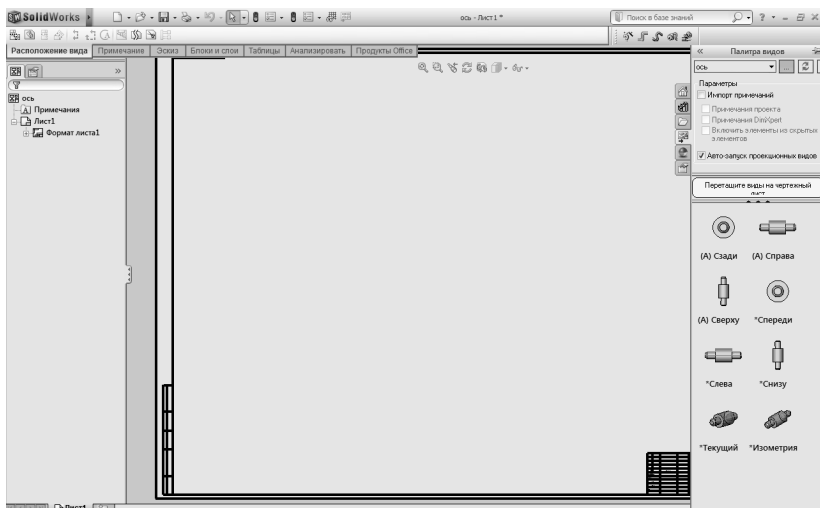


Рис. 3.41. Окно создания 2D-чертежа из твёрдотельной модели

Теперь рассмотрим приём создания чертежа из твёрдотельной модели детали.

При открытой твёрдотельной модели выполним команду «*Файл/Создать чертёж из детали*». В открывшемся диалоговом окне «*Формат листа/Размер*» выберем формат листа, например, А1 по ГОСТ. Откроется чертёж с выбранным форматом (рис. 3.41).

Справа от графической области появится окно «*Палитра видов*». Перетащим необходимые виды на чертёжный лист. При этом появится изображение изделия, соответствующее движению мыши: если вниз – вид сверху, вправо – вид слева. Нанесение и редактирование размеров осуществляется командой «*Автоматическое нанесение размеров*».

3.4.3. Создание твёрдотельной модели

Рассмотрим этапы создания детали типа ось, изображённой на рис. 3.39.

Выполним команду «*Файл/Новый*», в открывшемся диалоговом окне «*Новый документ SolidWorks*» выберем «*Трёхмерное представление одного компонента*». Откроется рабочее пространство нового чертежа. В «*Дереве конструирования*» предлагается использовать какую-либо плоскость, на которой будет создан эскиз. Выберем плоскость «*Right*» (вид справа). Используя команды построения эскиза, определим конфигурацию изделия, нанесём размеры, как показано на рис. 3.42. Выйдем из эскиза и откроем вкладку «*Элементы*», в которой отображаются команды создания твёрдотельной модели. В этой вкладке выберем пиктограмму «*Повёрнутая бобышка/основание*».

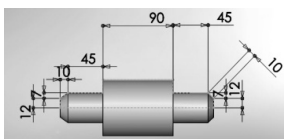


Рис. 3.42. Эскиз оси

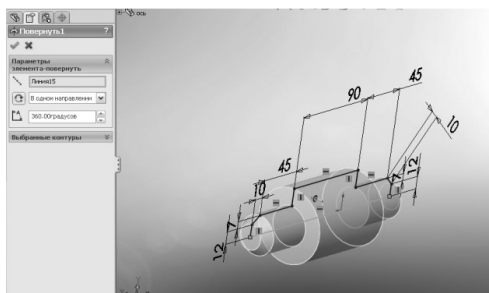


Рис. 3.43. Применение команды «Повёрнутая бобышка/основание»

В «Дереве конструирования» отобразится окно (рис. 3.43), в котором указаны эскиз оси, направление поворота и угол поворота. Подтвердим эти данные, нажав кнопку «OK» и получим твёрдотельную модель оси.

3.4.4. Создание сборки

Рассмотрим этапы создания сборки пневмоцилиндра (см. рис. 3.26). В качестве заготовок (деталей) используем чертежи, созданные в Autodesk Inventor и импортированные в SolidWorks.

Для импорта детали в SolidWorks откроем эту деталь в Autodesk Inventor. Вызовем команду «Файл/Сохранить копию как...», в открывшемся диалоговом окне укажем папку сохранения, а в строке «Тип файла»: «Файлы IGES». Затем в SolidWorks вызовем команду «Файл/Открыть...», выберем сохранённый с расширением iges, файл детали. Произойдёт импорт этого файла. Если необходимо проанализировать импортированную поверхность, то в открывшемся сообщении укажем «Да», после чего в «Дереве конструирования» будет сообщение о том, что в геометрии детали не осталось неправильных граней и зазоров. Нажмём «OK». В «Дереве конструирования» выберем требуемый материал детали путём нажатия правой клавишей мыши на строку «Материал детали не указан» и из раскрывшегося списка материалов (диалоговое окно «Материал» открывается выбором строки «Редактировать материал» из выпадающего меню) выберем необходимый. На этом импорт детали закончен.

Сборку создадим путём вызова команды «Файл/Новый/Трёхмерное расположение деталей и других сборок». Откроется новый файл. Этот же файл можно создать непосредственно из трёхмерного изображения какой-либо детали, входящей в сборку, вызвав команду «Файл/Создать сборку из детали». В том и другом случае становится активной вкладка «Сборка», а в «Дереве конструирования» откроется меню «Вста-

вить компонент», в котором с помощью кнопки «Обзор» можно вставить компоненты сборки. В дальнейшем в «Дереве конструирования» будут отображаться детали, входящие в сборку.

Первым компонентом, который вставим в сборку, будет корпус 1. Он будет базовым для всех деталей новой сборки.

Выберем пиктограмму «Вставить компоненты». В «Дереве конструирования» откроется вкладка «Вставить компонент», нажмём кнопку «Обзор» и из папки сохранения выберем файл «корпус1.sldrpt». В графическую область будет вставлен корпус. Таким же образом вставим «крышку с проушиной2». Зададим условия сопряжения этих деталей путём пиктограммы «Условия сопряжения». В «Дереве конструирования» откроется вкладка «Сопряжение». Выберем поверхность корпуса и окружность крышки, а во вкладке «Стандартные сопряжения» отметим «Концентричность» (рис. 3.44) и нажмём «ОК». Если будет необходимо перенести «крышку с проушиной2», то воспользуемся командой «Переместить компонент». В этом случае с помощью мыши перенесём деталь вдоль оси «корпуса1» до соприкосновения торцевых поверхностей.

Затем последовательно начнём вставлять в сборку остальные детали и сборочную единицу поршень со штоком, задавая соответствующие условия сопряжения между ними. В результате описанных операций имеем сборку пневмоцилиндра (рис. 3.45). Сохраним этот файл под именем *пневмоцилиндр.sldasm*.

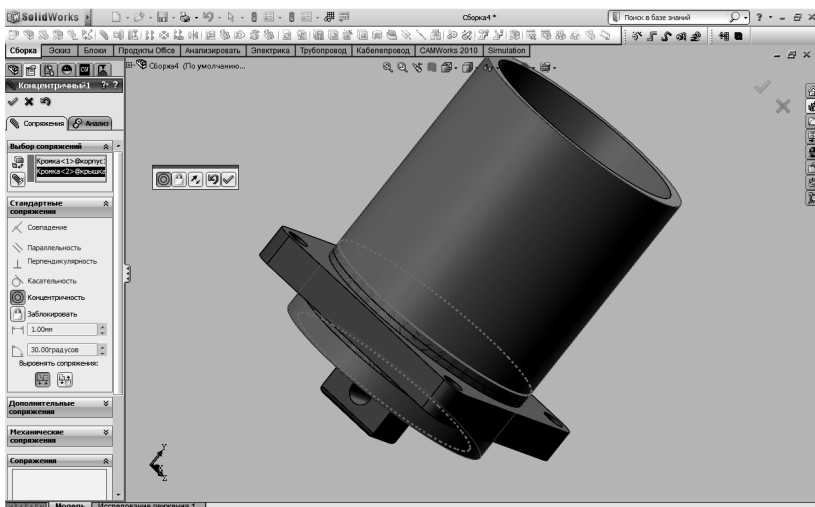


Рис. 3.44. Применение команды «Условия сопряжения»

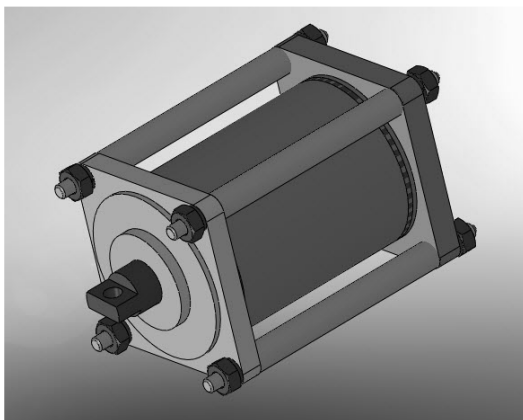


Рис. 3.45. Твёрдотельная модель пневмоцилиндра

3.4.5. Создание сборочного чертежа

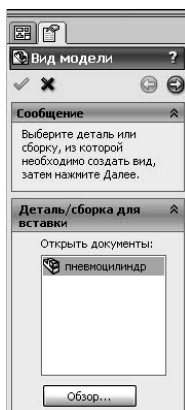


Рис. 3.46. Окно «Вид модели»

В стандартной панели инструментов выполним команду «Файл/Новый...» и в открывшемся диалоговом окне выберем «Двухмерный технический чертёж, обычно детали или сборки», нажмём на кнопку «ОК». В графической области появится новый чертёж и отобразится окно «Вид модели». Если создаётся сборочный чертёж из твёрдотельной модели пневмоцилиндра, то она уже присутствует в элементах для создания чертежа. Нажмём на синюю стрелку, означающую команду «Далее» (рис. 3.46). В следующем окне указываем сколько видом необходимо и нажимаем на зелёный флажок.

Нанесение размеров осуществляется командой «Автоматическое нанесение размеров». При наведении курсора на элемент эскиза появляется текущий размер элемента.

3.4.6. Создание схемы разборки

Выберем пиктограмму «Вид с разнесёнными частями». В «Дереве конструирования» откроется вкладка «Разнести», в которой осуществляем последовательный выбор деталей пневмоцилиндра в порядке его разборки. Деталь подсвечивается синим цветом и имеет возможность перемещения по трём осям. Перемещаем детали вдоль оси корпуса пневмоцилиндра. Во вкладке «Разнести» будут отображаться шаги разнесения деталей (рис. 3.47). После завершения разнесения нажмём «ОК».

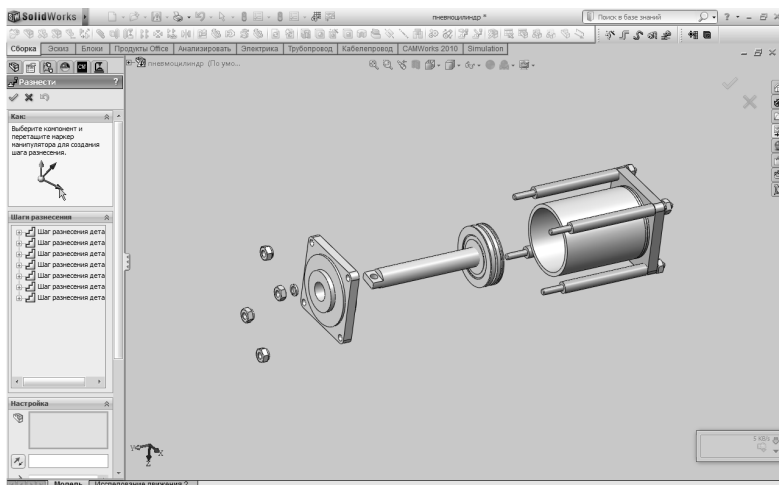


Рис. 3.47. Применение команды «Вид с разнесёнными частями»

Для создания анимации движения разборки используем пиктограмму «Исследование движения2», размещённую в нижней части рабочего пространства (см. рис. 3.47). Откроется диалоговое окно «Выбор типа анимации», в котором укажем «Разнести». Нажмём на кнопку «Далее». В окне «Параметры управления анимацией» укажем длительность 10 с и нажмём кнопку «Готово». Нижняя часть рабочего пространства станет активной и нажмём на воспроизведение. Составные части пневмоцилиндра начнут перемещаться в соответствии с заданными ранее условиями.

3.5. РАБОТА В СРЕДЕ T-FLEX CAD 11

3.5.1. Начало работы

T-FLEX CAD – полнофункциональная система автоматизированного проектирования, обладающая всеми современными средствами разработки проектов любой сложности. Система объединяет мощные параметрические возможности трёхмерного моделирования со средствами создания и оформления конструкторской документации. Технические новшества и хорошая производительность в сочетании с хорошим и понятным интерфейсом делают T-FLEX CAD универсальным и эффективным средством проектирования изделий основного производства и комплекса необходимой оснастки.

T-FLEX CAD имеет контекстно – зависимый Help. Это подразумевает, что в каждый текущий момент на экране отображается спра-

вочная информация, относящаяся к конкретной выполняемой команде или её отдельной функции. Если в текущем разделе «*Help*» встречается текст, выделенный зелёным цветом с подчёркиванием, то, указав курсором мыши на этот текст и нажав левую кнопку, можно перейти к разделу, в котором более подробно описано данное понятие.

Разделы «*Help*» описывают назначение команд, а также функции, доступные при работе с данной командой, пиктограммы и клавиши клавиатуры, соответствующие каждой функции.

Окно «*Help*» снабжено вертикальной полосой прокрутки, при помощи которой можно перемещать справочную информацию по экрану. Вызов «*Help*» осуществляется нажатием клавиши «*F1*».

При запуске системы на экране появляется окно диалога, включающее несколько возможностей открытия документов T-FLEX CAD (рис. 3.48).

В верхней части рабочего окна T-FLEX CAD 11, например, при выборе создания новой 3D-модели располагается основное меню и пиктограммы команд, слева «*Дерево конструирования*» (аналог браузера в Autodesk Inventor и SolidWorks), а справа от дерева конструирования рабочая область, в которой происходит построение детали (рис. 3.49).

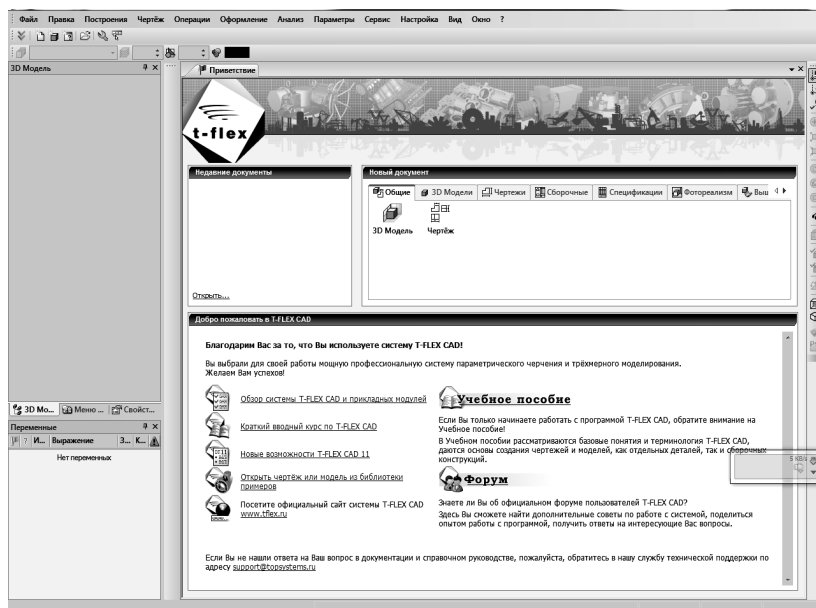


Рис. 3.48. Стартовое окно при запуске T-FLEX CAD 11

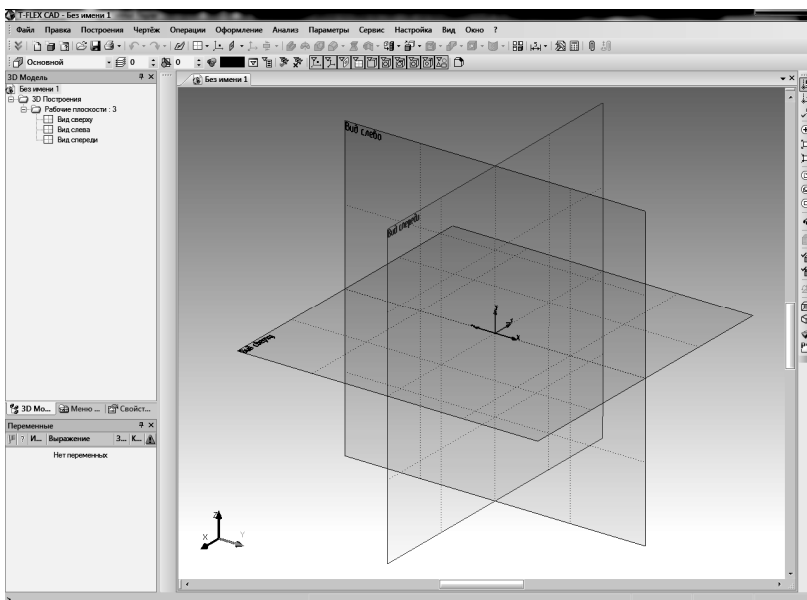


Рис. 3.49. Интерфейс T-FLEX CAD 11

В системе T-FLEX CAD 11 чертёж может быть построен одним из следующих способов:

- *параметрический чертёж*. Это основной режим работы системы T-FLEX CAD 11. Используя преимущества параметрического проектирования T-FLEX CAD 11, можно создать чертёж, который будет при необходимости легко изменяться. Этот чертёж можно использовать в качестве элемента параметрической библиотеки для использования его в других, более сложных, чертежах;

- *непараметрический чертёж*. Чертёж строится аналогично большинству известных систем, т.е. сразу наносятся линии изображения (используется команда «Чертёж/Эскиз»). В этом случае задание параметрических связей между линиями чертежа не возможно;

- *быстрое построение параметрического чертежа. Автоматическая параметризация*. Этот способ позволяет автоматически создавать параметрические чертежи, используя для черчения только средства эскиза (т.е. непараметрического чертежа). Пользователь строит только линии изображения, пользуясь объектными привязками. При этом система автоматически «подкладывает» под эти линии изображения необходимые линии построения, связанные параметрическими зависимостями. Тип параметрических зависимостей система определяет по использованным пользователем объектным привязкам. Напри-

мер, если отрезок строится как параллельный другому отрезку, то система автоматически создаст линию построения – прямую, параллельную прямой, на которой лежит исходный отрезок. Этот отрезок будет лежать на линии построения – прямой, т.е. будет в параметрической зависимости от другого отрезка.

Принципы работы с 2D и 3D изображениями аналогичны описанным ранее, т.е. подходы такие же, как и для Autodesk Inventor 2011 и SolidWorks 2011. Поэтому далее рассмотрим особенности импорта в T-FLEX CAD 11 твёрдотельных моделей, созданных в других CAD-программах.

3.5.2. Импорт файлов в T-FLEX CAD 11

Импорт в T-FLEX CAD 11 возможен для следующих форматов:

Файлы AutoCAD (*.dwg), Файлы AutoCAD DXF (*.dxf), Файлы AutoCAD DXB (*.dxb),	Для 2D чертежей
Parasolid (*.xmt_txt, *.x_t, *.x_b, *.xmt_bin), IGES 3D (*.igs, *.iges), STEP AP214/203 3D (*.stp, *.step), SolidWorks (*.sldprt, *.prt, *.sldasm, *.asm), Solid Edge (*.asm, *.par, *.psm)	Для 3D моделей

При переносе моделей из T-FLEX CAD 11 в другие системы и из других систем в T-FLEX CAD 11 настоятельно рекомендуется, при наличии выбора между форматами IGES и STEP, использовать формат STEP как более развитый.

Кроме вышеперечисленных форматов, 3D версия системы позволяет импортировать файлы форматов VRML 2.0 (*.wrl) и Open Inventor (*.iv) с помощью команды «Вставить 3D изображение».

Кроме того, возможен импорт файлов формата IDF (P-CAD) (*.brd, *.emn) с помощью отдельно устанавливаемого внешнего приложения.

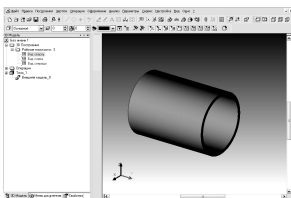


Рис. 3.50. Твёрдотельная модель корпуса в T-FLEX CAD 11

После вызова команды на экране появится стандартное окно открытия файла. В данном окне необходимо указать имя импортируемого файла, его формат и дополнительные параметры.

Импортируем деталь «корпус1.iges», вызвав команду «Файл/Импортировать», следуя указаниям диалогового окна. В результате импорта в рабочей области появится твёрдотельная модель корпуса (рис. 3.50).

4. РАБОТА С САЕ-СИСТЕМАМИ (МОДУЛЯМИ)

4.1. РАСЧЁТЫ В СРЕДЕ MECHANICS 8.1 ДЛЯ AUTOCAD MECHANICAL 2011

В MechaniCS 8.1 существует возможность проводить различного рода расчёты разрабатываемой конструкции. Для этого используется «*Менеджер расчётов*», который может быть открыт следующими способами:

- из командной строки (Command: mcCalc);
- из панели инструментов – щелчком по пиктограмме «*Менеджер расчётов*»;
- применением команды основного меню «*MechaniCS/Проектирование/Расчёты/Менеджер расчётов*».

«*Менеджер расчётов*» позволяет редактировать все расчёты, имеющиеся в файле, независимо от графической платформы.

Результаты расчётов могут отображаться непосредственно в менеджере расчётов.

Тип и количество выводимых в диалоге параметров могут быть отредактированы пользователем по его усмотрению. Для этого необходимо двойным щелчком мыши в правой части диалога вызвать окно просмотра на редактирование.

По умолчанию диалоговое окно принимает следующий вид (рис. 4.1).

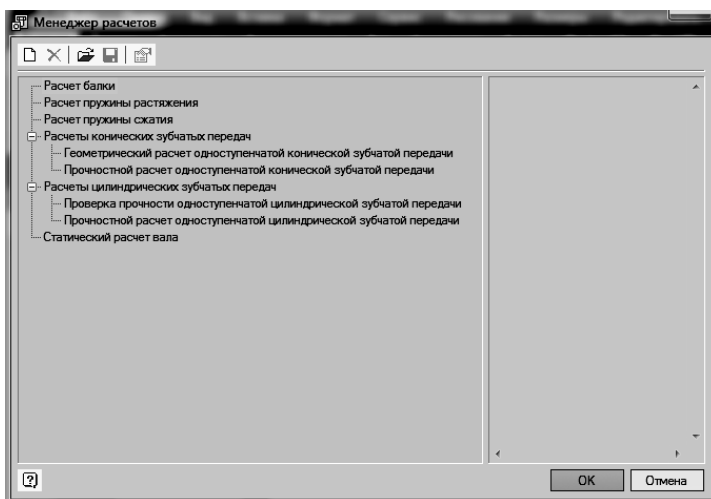


Рис. 4.1. Диалоговое окно «Менеджер расчётов»

При установке курсора мыши на имени необходимого расчёта становятся доступны дополнительные опции.

Рассмотрим приёмы проведения расчётов с помощью Mechanics 8.1 для Autocad Mechanical 2011.

4.1.1. Статический расчёт балки

С помощью команды основного меню *«MechaniCS/Проектирование/Расчёты/Менеджер расчётов»* открываем диалоговое окно (рис. 4.1), в котором выберем пункт *«Расчёт балки»*. Команда предназначена для расчёта на прочность прямой балки постоянного сечения.

Двойным щелчком левой клавишей мыши запустим статический расчёт балки. В графической области появляется условное изображение балки, привязанное к курсору. Зафиксируем положение балки и укажем её направление, после чего открывается диалоговое окно *«Расчёт балки»*. В левой части диалогового окна выберем сечение балки, например, прямоугольник. Справа зададим размеры сечения и длину балки L (рис. 4.2).

Для визуального выбора длины балки нажмите кнопку *«Выбор параметров динамически»* в нижней части диалогового окна. Затем введём физические характеристики материала и угол поворота сечения, зададим вид опор (левая жёсткая, правая качающаяся) и точку вставки нагрузки и её величину (15 000 Н) (рис. 4.3).

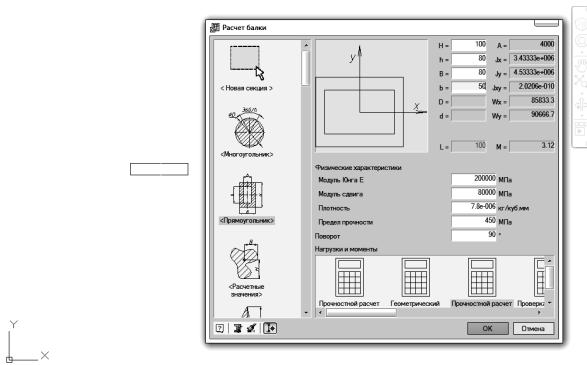


Рис. 4.2. Диалоговое окно «Расчёт балки»

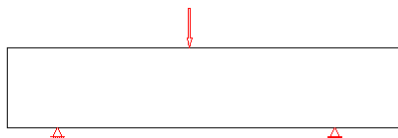


Рис. 4.3. Задание вида опор, точки вставки нагрузки и её величины

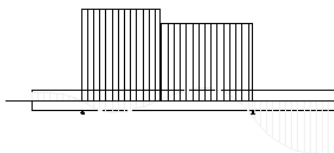
В момент выбора точки вставки необходимо подвести курсор к балке, чтобы установилась зависимость. Нажмём кнопку «*Расчитать балку*» в нижней части диалогового окна для выполнения расчёта. Таблица результатов (рис. 4.4) расчёта содержит вычисленные максимальные значения прогибов и нагрузок, а также расстояние от начальной точки балки до точки, в которой достигается максимум каждого параметра.

Неудовлетворительные параметры расчёта сопровождаются символом «!». Двойной щелчок левой клавишей мыши по пункту с восклицательным знаком вызывает соответствующее окно редактирования компонента.

Для вставки в чертёж графиков деформаций и сил выберите нужный тип графика для каждой характеристики (рис. 4.5).

Кнопка «*Сохранить отчёт*» сохраняет результаты расчёта балки во внешний файл. Кнопка «*Вычислить значение*» открывает окно «*Значение*», в котором вычисляются параметры в произвольной точке балки. Кнопка «*Экспортировать эюры*» экспортирует результаты расчёта в таблицу MechaniCS 8.1 (рис. 4.6). После вызова команды укажем точку вставки таблицы на чертеже.

Аналогичным образом проводится статический расчёт вала. При этом вызывается команда основного меню «*MechaniCS/Проектирование/Расчёты/Менеджер расчётов*», открывается диалоговое окно (рис. 4.1), в котором выберем пункт «*Статический расчёт вала*».



Параметр	Длина	Значение	Предел	Запас
Максимальный прогиб, мм	127.462	2.61995	—	—
Максимальный угол поворота, °	300	3.40997e...	—	—
Максимальный момент, кНм	218.753	0.000302...	—	—
Максимальная нагрузка, кН	127.462	15000	—	—
Масса, кг	—	2.808	—	—
Длина, мм	—	300	—	—
Реакция в опоре, кН	49.9514	8112.24	—	—
Нагрузка, кН	127.462	15000	—	—
Максимальное напряжение, МПа	127.462	6760.21	450	-15.0227
Реакция в опоре, кН	218.753	6887.76	—	—

Графики

- Прогиб
- Поворот
- Момент
- Нагрузка
- Напряжение

OK Отмена

Рис. 4.4. Таблица результатов расчёта

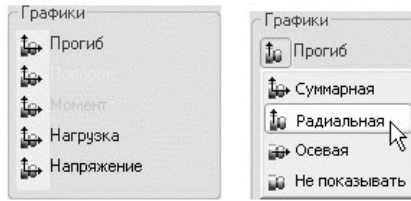


Рис. 4.5. Окно вывода графиков

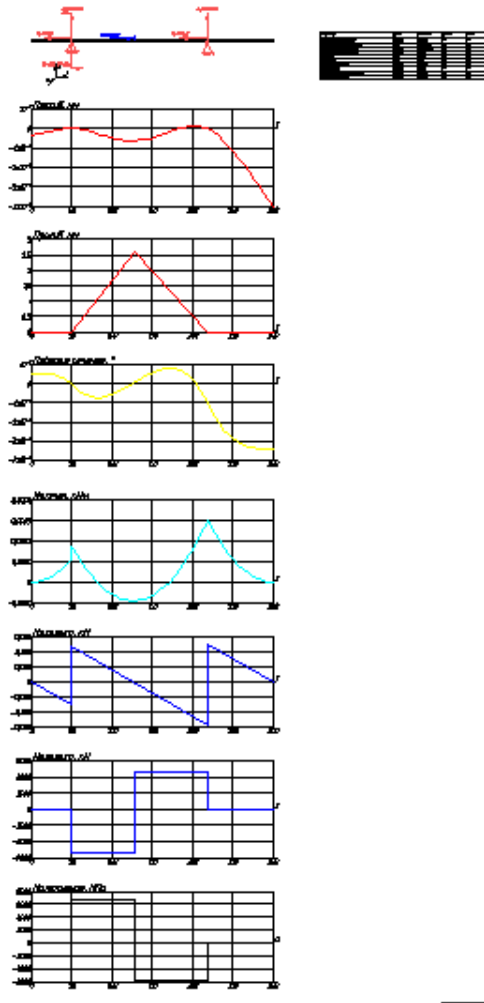


Рис. 4.6. Результаты расчёта

4.1.2. Расчёт пружины растяжения

Методическую основу расчётов пружин составили российские стандарты: ГОСТ 13764–86, ГОСТ 13765–86 и ГОСТ 2.401–86. Поддерживается расчёт и выбор стандартных пружин сжатия и растяжения из проволоки круглого сечения.

Для задания параметров расчёта используются пять схем:

- по силам предварительной (F_1) и рабочей (F_2) деформации и рабочему ходу (h) пружины;
- по силе рабочей деформации (F_2) и рабочей деформации (S_2);
- по силам предварительной (F_1) и рабочей (F_2) деформации и соответствующим длинам пружины (L_1 и L_2);
- по силе рабочей деформации (F_2) и длине пружины при рабочей деформации (L_2);
- по произвольной комбинации параметров пружины.

При подборе пружины конструктор может задать любые конструктивные или силовые ограничения – для этого достаточно снять блокировку (замочек) конкретной характеристики пружины и ввести пользовательское значение. В этом случае расчёт осуществляется с одним или несколькими фиксированными параметрами. Если пользовательский параметр не соответствует стандартным значениям, слева от поля появится подсказка, содержащая ближайшие стандартные значения (рис. 4.7).

Для задания характеристик материала используется стандартный справочник материалов или информация о прочностных и усталостных характеристиках, вводимая вручную. Для заполнения графы «*Масса чертежа*» используется параметр «*Плотность*»; марка материала, выбранная из справочника, используется для заполнения графы «*Материал*»; параметры «*Модуль сдвига*» и «*Напряжение*» используются для расчёта пружины на прочность.

По результатам работы конструктор получает модель стандартной пружины (AutoCAD и Autodesk Inventor) и её детализовочный чертёж.

Рассмотрим расчёт пружины растяжения на следующем примере.

Выполним команду основного меню «*MechaniCS/Проектирование/Расчёты/Пружина растяжения*». Откроется диалоговое окно «*Пружина растяжения*» (рис. 4.8), в котором выберем класс и разряд пружины, материал, направление навивки, схему ввода и конструктивные параметры пружины.

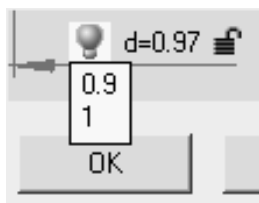


Рис. 4.7. Подсказка о ближайшем стандартном значении диаметра пружины

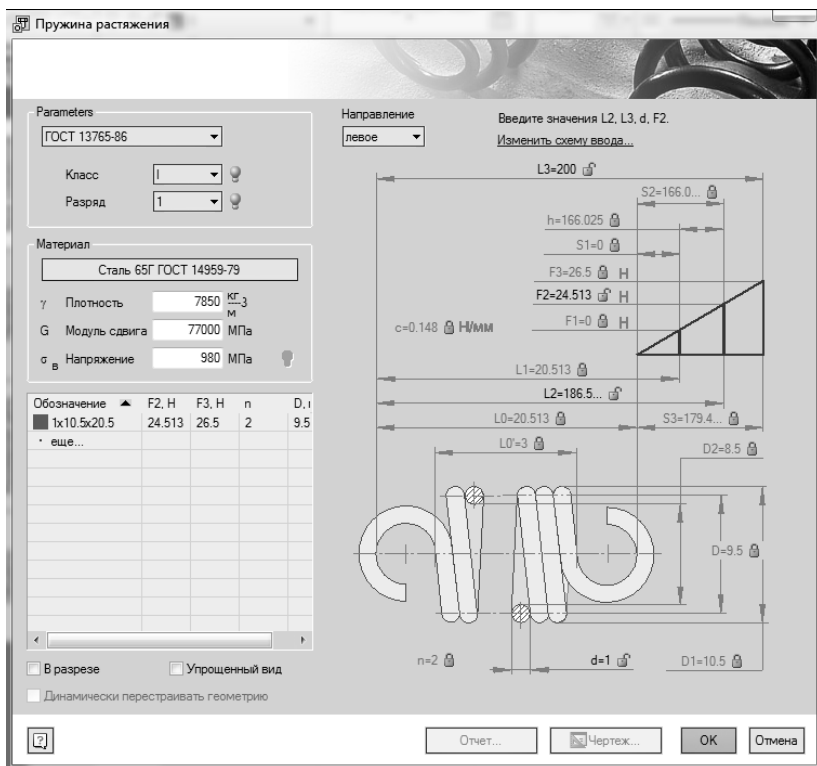


Рис. 4.8 Ввод исходных данных в диалоговое окно «Пружина растяжения»

В нижней левой части окна отображается перечень пружин, подходящих по результатам расчёта. Перечень можно сортировать в порядке убывания или возрастания элементов в любом столбце. Первый столбец сортирует строки в порядке совпадения результатов расчёта с характеристиками пружины. Чем крупнее квадрат слева от варианта, тем ближе этот вариант к введённым характеристикам. Щелчок правой кнопкой на заголовке перечня вызывает контекстное меню, позволяющее изменить набор отображаемых в перечне параметров (установкой флажков) и их порядок (перетаскиванием).

При выборе пружины из списка значения параметров в правой части диалога обновляются в соответствии с выбранным вариантом.

Теперь можно использовать пружину, выбрав один из следующих вариантов:

– кнопка «*OK*» – автоматически формируется модель пружины для сборки (сборочный чертёж в AutoCAD или трёхмерный компонент в Autodesk Inventor);

– кнопка «*Чертёж*» – автоматически формируется детализированный чертёж пружины в AutoCAD. Кнопка доступна только при редактировании модели, уже вставленной в чертёж. При этом открывается диалог настройки чертежа, где определяются класс точности сил и деформаций, класс точности размеров, набор отображаемых на чертеже размеров, текст технических требований, наличие формата. Вся эта группа настроек представляет собой профиль чертежа. Диалог позволяет создавать, изменять и удалять профили. В технических требованиях можно использовать выражения, которые будут вычислены по основанию параметров выбранной пружины. Чтобы увидеть результат вычислений, следует убрать фокус ввода с технических требований (например, щёлкнуть по списку размеров). Силовая характеристика строится на чертеже, если включено образмеривание усилий;

– кнопка «*Отчёт*» – автоматически формируется отчёт, содержащий конструктивные параметры пружины. При этом будет предложено выбрать шаблон отчёта и задать имя файла, в котором будет сохранён отчёт. Шаблон отчёта строится по тем же правилам, что и в случае расчётов зубчатых колес. Имена переменных – те же ключевые слова технических требований.

Расчёт пружины сжатия проводится аналогично.

4.1.3. Расчёт зубчатых передач

Зубчатая передача рассматривается как самостоятельный объект, для которого заданы силовые и кинематические характеристики на входе или выходе.

Зубчатая передача является элементом проектируемого редуктора. Предварительно проводится выбор двигателя, определяется общее передаточное отношение редуктора, проводится разбивка передаточного отношения по ступеням редуктора, определяются силовые и кинематические характеристики зубчатых передач отдельных ступеней.

В предлагаемом алгоритме требования ГОСТ выдержаны полностью.

По результатам расчёта можно получить:

– геометрические характеристики спроектированной зубчатой передачи;

- данные для контроля точности зубчатых колес;
- данные для оценки прочности зубчатой передачи (допускаемые и фактические напряжения как при расчёте контактной и изгибной выносливости зубьев, так и при расчёте зубьев на действие максимальной нагрузки);
- степень загрузки зубчатых колес по указанным видам напряжений.

Программа расчёта зубчатой передачи позволяет выполнить два вида расчётов:

- проектирование новой зубчатой передачи по заданной нагрузке, сроку службы, требуемому передаточному числу и другим параметрам (проектировочный расчёт);
- проверку прочности заданной зубчатой передачи (поверочный расчёт).

В первом случае расчётчик сначала проектирует передачу (в нашем варианте – исходя из условий обеспечения контактной прочности), т.е. определяет все её геометрические характеристики, включая модуль и межосевое расстояние, а уже затем проверяет на прочность по всем видам напряжённого состояния.

При работе по второму варианту расчётчик используется не для проектирования, а только для проверки прочности передачи, геометрические характеристики которой уже известны или предварительно заданы.

Расчёт цилиндрических зубчатых передач. Для двух видов расчётов в диалоговом окне «Расчёты зубчатых цилиндрических передач» предусмотрены два варианта ввода исходных данных:


- во вкладке «Расчёт одноступенчатой цилиндрической зубчатой передачи» – для первого вида расчёта;
- во вкладке «Проверка прочности зубчатой передачи» – для второго вида расчёта.

Каждому виду расчётов соответствует своя форма отчёта со своими исходными данными и своими особенностями представления результатов расчёта, а также свои шаблоны отчётов.

Выполним прочностной расчёт одноступенчатой цилиндрической зубчатой передачи.

Выберем в «Менеджере расчётов» (рис. 4.1) пункт «Прочностной расчёт одноступенчатой цилиндрической зубчатой передачи». Откроется диалоговое окно (рис. 4.9), в котором оставим исходные данные по умолчанию.

Прочностной расчёт одноступенчатой цилиндрической зубчатой передачи

Тип зубчатых колес: **Прямозубые** Кинематическая схема: 

Угол наклона зубьев (град): **0**

Передаточное число зубчатой передачи: **2**

Частота вращения вала колеса (об/мин): **200** Режим нагружения: **Средний равновероятный**

Крутящий момент на валу колеса (Нм): **600** С модификацией головки зуба

Требуемый ресурс (час): **10000** Реверсивная передача

Кратность макс. момента двигателя: **1**

Коэффициенты смещения ИПК при нарезании зубчатых колес: Шестерня: **0** Колесо: **0**

Число зацеплений зубьев за один оборот зубчатого колеса: Шестерня: **1** Колесо: **1**

Материалы:

Шестерня	Колесо
Марка стали: 12X2H4A	Марка стали: 12X2H4A
Метод термообработки: Цементация	Метод термообработки: Цементация
Твердость поверхности: 62 HRC	Твердость поверхности: 62 HRC
Твердость сердцевины: 340 HB	Твердость сердцевины: 340 HB

Меньше... **Расчет** Отмена

Реверсивная передача:

Шестерня	Колесо
Частота вращения вала колеса: 200	Частота вращения вала колеса: 200
Крутящий момент на валу колеса (Нм): 600	Крутящий момент на валу колеса (Нм): 600
Требуемый ресурс (час): 10000	Требуемый ресурс (час): 10000
Режим шлифования переходной поверхности: Без шлифования	Режим шлифования переходной поверхности: Без шлифования

Переходная поверхность полирована Переходная поверхность полирована
 С охватом основания зуба С охватом основания зуба
 Термообработка: С охватом основания зуба

Рис. 4.9. Диалоговое окно «Прочностной расчёт одноступенчатой цилиндрической зубчатой передачи» с введёнными исходными данными

При нажатии на кнопку «*Расчёт*» откроется диалоговое окно с результатами. Нажав на кнопку «*Отчёт*», система предложит выбрать форму отчёта и папку сохранения.

Таким же образом осуществляется расчёт конической зубчатой передачи.

4.1.4. Расчёт размерных цепей

Предлагается два метода проведения расчёта: методом минимума-максимума и вероятностным методом.

Размеры, участвующие в расчёте, можно указывать как на одном, так и на нескольких отдельных чертежах. В проекте динамически отслеживается связь с размерами на чертежах. Если размер отличается от чертёжного или отсутствует в чертеже, он будет выделен жирным шрифтом.

Рассчитанное замыкающее звено содержит вычисленные значения номинала, верхнего ES и нижнего EI отклонений. Все размеры отображаются в масштабе 1:1.

В режиме редактирования можно создавать новые замыкающие звенья, удалять целиком ветви графа, редактировать размеры, совмещать поверхности разных ветвей (перемещением за узловые точки «ручки»).

По завершении расчёта выводится таблица рассчитанных отклонений замыкающих звеньев. Поддерживаются только линейные размерные цепи.

Команды расчёта размерных цепей расположены в менеджере объектов MechaniCS 8.1. Для обращения к ним необходимо переключиться на вкладку «*Размерная цепь*» панели менеджера объектов MechaniCS 8.1.

Последовательность расчёта следующая.

1. Щелчком по пиктограмме «*Создать отчёт*» в браузере создаётся папка размеров. По умолчанию ей присваивается имя «*Новый расчёт*» (рис. 4.10).

2. После щелчка по пиктограмме «*Добавить размеры*» на чертеже нужно указать размеры, участвующие в расчёте (рис. 4.11). Информация о выбранных размерах появится в браузере.

3. Нажать кнопку «*Начать/закончить редактирование*».

4. Становится доступной команда «*Замыкающее звено*». Укажите на чертеже замыкающее звено (можно указать несколько замыкающих звеньев).

5. По завершении выбора замыкающих звеньев отожмите кнопку «*Начать/закончить редактирование*». Информация в браузере изменится (рис. 4.12).

6. Нажмите кнопку «*Рассчитать цепь*». В браузере отобразятся результаты расчёта (рис. 4.13).

Результаты расчёта выводятся в виде таблицы на чертеже по нажатию на пиктограмму *Результаты расчёта*.



Рис. 4.10. Начало расчёта размерной цепи

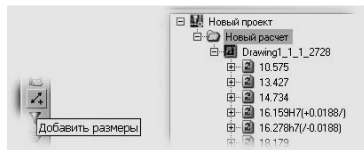


Рис. 4.11. Назначение размеров, участвующих в расчёте

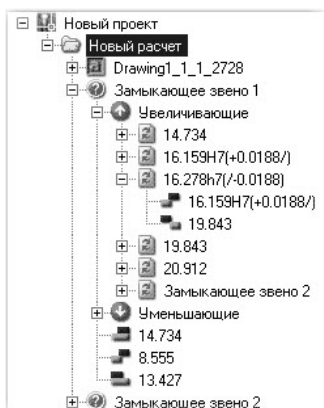


Рис. 4.12. Информация в браузере

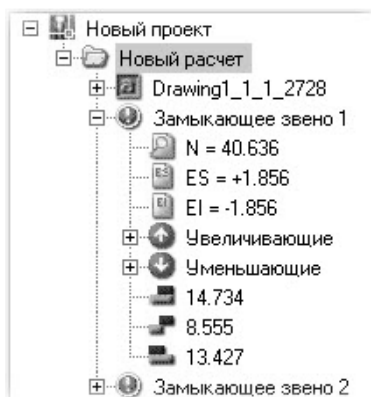


Рис. 4.13. Результаты расчёта

4.1.5. Предварительные расчёты при вставке в чертёж элементов конструкции

Для стержневых деталей крепления предусмотрен предварительный расчёт во время вставки. Результатом расчёта является рекомендуемый диаметр резьбы при заданных условиях нагружения и классе прочности детали. Чтобы произвести расчёт, например, болта в соединении, необходимо дважды щёлкнуть левой клавишей мыши по болту и в открывшемся диалоговом окне выбрать вкладку расчёт (рис. 4.14). Далее необходимо указать класс прочности и величину действующей на болт нагрузки.

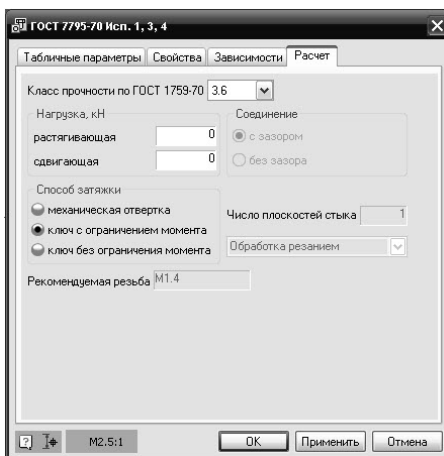


Рис. 4.14. Диалоговое окно редактирования болта

Для некоторых типов подшипников качения также предусмотрен предварительный расчёт. Результатом расчёта является ресурс работы подшипника при заданных условиях нагружения.

Все описанные выше приёмы работы с MechaniCS 8.1 в среде AutoCAD Mechanical 2011, распространяются и на работу этого приложения в среде Autodesk Inventor Professional Suite 2011.

4.2. РАСЧЁТЫ В СРЕДЕ AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL SUITE 2011

4.2.1. Исследование напряжённо-деформированного состояния деталей и узлов разрабатываемой конструкции

Откроем файл корпуса пневмоцилиндра (рис. 3.27).

Во вкладке «Среды» выберем пиктограмму «Анализ напряжений». Откроется панель проведения анализа напряжений.

Нажмём на пиктограмму «Создать моделирование», откроется диалоговое окно «Создать новое моделирование» (рис. 4.15). Выберем в нём пункт «Статический анализ» и нажмём кнопку «ОК». После этого станут активными другие пиктограммы панели проведения анализа напряжений.

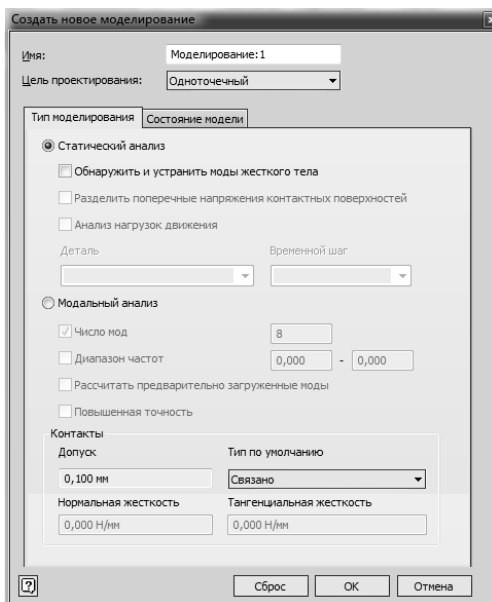


Рис. 4.15. Диалоговое окно «Создать новое моделирование»

Выберем пиктограмму «Назначить материал» и в открывшемся диалоговом окне «Назначить материалы» в столбце «Переопределить материал» из выпадающего списка материалов выберем «Сталь высокопрочная низколегированная». Нажмём кнопку «ОК».

На торцевые поверхности корпуса наложим зависимости фиксации. Для этого воспользуемся пиктограммой «Зависимость фиксации» и при раскрывшемся диалоговом окне «Зависимость фиксации» указателем мыши выделим торцы корпуса, нажмём кнопки «Применить» и «ОК».

К внутренней поверхности корпуса приложим давление 0,4 МПа путём выполнения команды «Нагрузки/Давление». В раскрывшемся диалоговом окне «Давление» в поле «Величина» напишем «0,4», указателем мыши выделим внутреннюю поверхность корпуса, нажмём кнопки «Применить» и «ОК».

Зададим вид сетки конечных элементов путём выбора пиктограммы «Вид сетки».

Нажмём пиктограмму «Моделировать» для проведения расчёта.

После проведения процедуры расчёта в браузере отображаются результаты расчёта, для просмотра которых необходимо двойным щелчком выбрать желаемый результат. При этом в рабочей области отобразиться твёрдотельная модель корпуса с распределением результата расчёта по телу объекта. Для оценки отображаемой величины имеется шкала. Например, необходимо просмотреть величину деформации корпуса от действия рабочего давления. В браузере выберем «Эквивалентная деформация» и в рабочей области отобразиться распределение деформации корпуса (рис. 4.16).

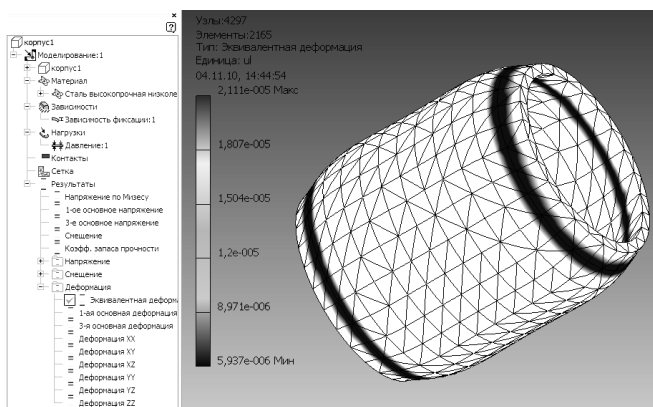


Рис. 4.16. Иллюстрация величины перемещения

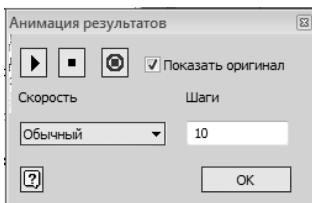


Рис. 4.17. Диалоговое окно «Анимация результатов»

Результаты расчёта можно анимировать, щёлкнув на пиктограмму «Анимация результатов». В открывшемся диалоговом окне «Анимация результатов» (рис. 4.17) выбрать кнопку «Пуск» для воспроизведения и кнопку «Запись» для сохранения в видеофайл.

Выбором пиктограммы «Создать отчёт» можно создать полный отчёт по моделированию.

4.3. РАСЧЁТЫ В СРЕДЕ SOLIDWORKS PREMIUM 2011

4.3.1. Исследование напряжённо-деформированного состояния деталей и узлов разрабатываемой конструкции

Проанализируем действие давления сжатого воздуха при рабочем давлении в пневмосистеме равным 0,4 МПа на корпус пневмоцилиндра.

Откроем файл «корпус1.sldprt».

Для анализа напряжённо-деформированного состояния корпуса пневмоцилиндра используем модуль «Simulation». Переход к данному модулю можно осуществить путём выбора команды «Simulation/Исследование...» в основном меню SolidWorks 2011 или активизации вкладки «Simulation» и выбора пиктограммы «Консультант исследования» с последующим выбором из выпадающего меню пиктограммы «Новое исследование». В «Дереве конструирования» открывается вкладка «Исследование», в которой выберем «Статическое» и нажмём кнопку «ОК». После выполнения данной операции становятся активными пиктограммы, расположенные справа от пиктограммы «Консультант исследования».

Выберем пиктограмму «Применить материал». В открывшемся диалоговом окне «Материал» выберем «Сталь нормализованная».

Для определения поверхностей, которые подлежат фиксации (корпус закрыт двумя торцевыми крышками), нажмём на пиктограмму «Консультант по креплениям» с последующим выбором из выпадающего меню пиктограммы «Фиксированная геометрия».

Для определения поверхностей, на которые действуют нагрузки (внутренняя поверхность корпуса), нажмём на пиктограмму «Консультант по внешним нагрузкам» с последующим выбором из выпадающего меню пиктограммы «Сила». В «Дереве конструирования» открывается вкладка «Давление», в которой укажем величину давления 40 Н/м², выберем внутреннюю поверхность корпуса и нажмём кнопку «ОК».

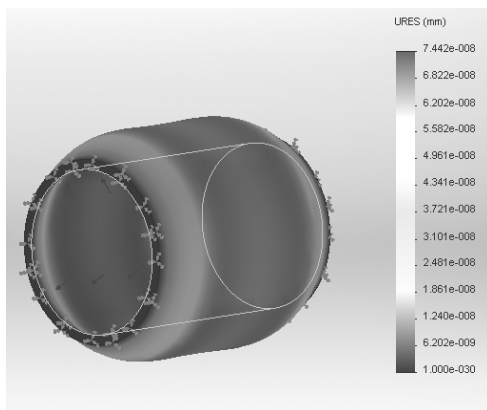


Рис. 4.18. Иллюстрация величины перемещения

Для создания конечно-элементной сетки нажмём на пиктограмму «Запуск» с последующим выбором из выпадающего меню пиктограммы «Создание сетки». В «Дереве конструирования» открывается вкладка «Сетка», в которой сдвинем ползунок в сторону «Грубее» и нажмём кнопку «OK».

Нажмём на пиктограмму «Запуск» для запуска расчёта. В «Дереве конструирования» отобразятся результаты расчёта. Выберем «Перемещение» и в рабочей области будет показана деформированная модель корпуса с распределением перемещений по телу корпуса (рис. 4.18).

Для генерации отчёта в Word выберем пиктограмму «Отчёт».

4.3.2. Использование COSMOSFloXpress

для анализа течения жидкости или газа в деталях и сборках

Создадим деталь – диффузор прямоугольного сечения (рис. 4.19).

COSMOSFloXpress может анализировать поток жидкости только в условиях закрытой системы с как минимум одним входным и одним выходным отверстиями. Перед проведением анализа потока необходимо закрыть все отверстия крышками. С этой целью создадим новую сборку, в которой в качестве базового компонента будет диффузор прямоугольного сечения.

Крышку, закрывающую входное отверстие диффузора, создадим, используя команду «Вставка/Компонент/Новая деталь...». Новый компонент отображается в «Дереве конструирования», назовём его «Крышка малая». Удерживая клавишу «Shift», выберем грани входного отверстия,

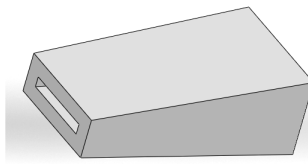


Рис. 4.19. Твёрдотельная модель диффузора

при этом откроется окно построения эскиза. Выберем «Преобразовать объекты» (панель инструментов «Эскиз»). В окне «Дерево конструирования» в разделе «Направление 1:» выберем «Реверс направления», чтобы стрелки указывали на центр сборки и установим значение параметра «Глубина» на «10 мм». Нажмём «OK». В разделе «Собрать» нажмём «Редактировать компонент», чтобы завершить редактирование компонента. Таким же образом создадим крышку, закрывающую выходное отверстие диффузора и назовём этот компонент «Крышка большая».

Из основного меню SolidWorks выберем «PhotoView360/Редактировать внешний вид» и в панели «Внешние виды» выберем материал «углеродистая сталь» и установим «Прозрачность» равную «0,8». Нажмём «OK».

В «Дерево конструирования» развернём раздел «крышка малая», нажав правой кнопкой мыши на «Исходную точку» выберем «Скрыть». Повторим эти действия для «Крышка большая».

Выберем «Инструменты/COSMOSFloXpress», прочитав текст приветствия, нажмём «Далее». В «Дерево конструирования» «Проверка геометрии:» сообщение подтверждает, что крышки были правильно созданы. Если существует проблемы геометрии, необходимо заново создать крышки. В разделе «Объём жидкости» выберем «Просмотр объёма жидкости», чтобы убедиться, что объём жидкости был правильно задан. Если отверстия были закрыты крышками, но в модели существуют небольшие внутренние полости, COSMOSFloXpress всё равно утверждает геометрию как приемлемую. Нажмём «Далее».

В разделе «Жидкости» укажем параметр «Воздух». Нажмём «Далее».

В разделе «Впускное отверстие» выберем грани крышки малой, которые находятся ближе к центру сборки. Нажмём «Далее».

В разделе «Впускное отверстие» выберем грани крышки большой, которые находятся ближе к центру сборки, укажем «Мощность потока», равную $0,5 \text{ м}^3/\text{с}$. Нажмём «Далее».

В разделе «Решить» нажмём «Решить», запустится процесс решения задачи. Время, необходимое для проведения расчёта, и качество решения зависит от настроек общего разрешения, глобальных и местных сеток.

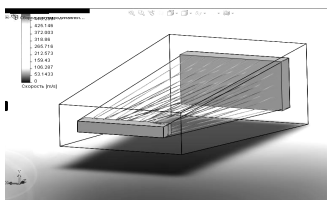


Рис. 4.20. Результаты расчёта в COSMOSFloXpress

COSMOSFloXpress использует траектории для отображения результатов в качестве направлений течения. Цвета представляют собой изменения скорости по траекториям. В зависимости от впускного отверстия, цвет траекторий отображает изменение параметра по траектории (рис. 4.20).

Если на Вашем компьютере установлена программа Microsoft Word 2000, 2002 (XP) или 2003, при нажатии на кнопку «Создание отчёта», программа COSMOSFloXpress запускает программу и создаёт отчёт, включающий: информацию о файле проекта; значение наименьшего проточного канала (если указан вручную); всю информацию о граничных условия впускного и выпускного отверстий; значение максимальной скорости; сделанные снимки (если есть).

COSMOSFloWorks может предоставить числовые данные о любом параметре, не только скорости.

Если на Вашем компьютере не установлены поддерживаемые версии программы Microsoft Word, создаётся файл отчёта в формате txt, которые содержит только текстовую информацию о проекте.

Нажав на «ОК», закроем программу COSMOSFloXpress.

4.4. РАСЧЁТЫ В СРЕДЕ T-FLEX CAD 11

4.4.1. Исследование напряжённо-деформированного состояния деталей и узлов разрабатываемой конструкции

Статический анализ деталей и узлов. Основная цель статического прочностного анализа конструкций заключается в оценке напряжённого состояния конструкции, находящейся под действием не изменяющихся во времени (статических) силовых воздействий. Эта оценка напряжённого состояния выполняется обычно с целью проверки принятых конструкторских решений на условие прочности.

В основном меню вызовем команду «Файл/Новая 3D модель». Затем вызовем команду «Файл/Импортировать» и вставим в рабочую область файл «корпус1.igs».

В основном меню вызовем команду «Анализ/Новая задача/Конечно-элементный анализ». В рабочей области подсветится твёрдотельная модель корпуса пневмоцилиндра, а в «Дереве конструирования» нажмём кнопку «Закончить ввод <Enter>». После этого действия в «Дереве конструирования» откроется окно «Параметры сетки», в котором выберем «Элементы: тетраэдры (10 узлов)» и нажмём на «Закончить ввод <Enter>». Произойдёт генерация конечно-элементной сетки, которая будет нанесена на корпус.

Назначим материал корпуса, вызвав команду «Анализ/Материал...», и в открывшемся диалоговом окне «Материал задачи» выберем материал корпуса – «Сталь AISI 1020».

Для моделирования нагрузок, действующих на корпус, вызовем команду «Анализ/Нагружение/Давление». В открывшемся диалоговом окне «Параметры давления» укажем внутреннюю поверхность корпуса и величину давления 40 Н/м^2 .

Определим закрепление корпуса, вызвав команду «Анализ/Ограничение/Полное закрепление». В открывшемся окне «Параметры закрепления» укажем торцевые грани корпуса.

Командой «Анализ/Расчёт» (при этом откроется окно «Параметры задачи (статический анализ)»), в котором оставим все параметры по умолчанию) запустим процедуру расчёта нагрузок. В окне «Дерева конструирования» появится пункт «Задачи/Результаты». Развернём его и последовательно выбираем подпункты. Например, при выборе пункта «Перемещения, модуль» в рабочей области будет прорисована геометрия корпуса с учётом эквивалентных деформаций корпуса (рис. 4.21).

В T-FLEX Анализ существует возможность построения сечений конечно-элементной сетки некоторой заданной пользователем плоскостью. Сечение конечно-элементной сетки плоскостью можно построить только в том случае, если успешно выполнен расчёт задачи конечно-элементного анализа.

Для того чтобы построить сечение, необходимо из контекстного меню, вызываемого нажатием правой кнопки мыши в окне просмотра результатов расчёта, выбрать команду «Плоскость обрезки/Активна» (рис. 4.22).

Для создания отчёта выполним команду «Анализ/Отчёт...».

Частотный анализ деталей и узлов. Модуль частотного анализа предназначен для расчёта собственных (резонансных) частот колебаний конструкций и соответствующих им форм колебаний. Задача расчёта собственных частот и соответствующих им форм колебаний возникает во многих практических случаях анализа динамического поведения конструкции под действием переменных нагрузок. Наиболее распространена ситуация, когда при проектировании возникает необходимость убедиться в малой вероятности возникновения в условиях эксплуатации такого механического явления, как резонанс.

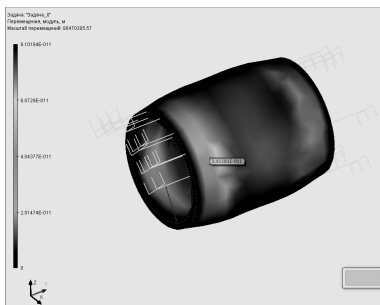


Рис. 4.21. Деформация корпуса

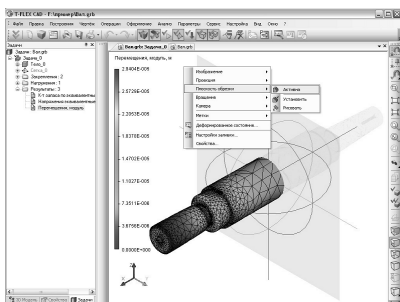


Рис. 4.22. Задание плоскости обрезки

В большинстве случаев возникновение резонанса является нежелательным явлением с точки зрения обеспечения надёжности изделия. Проверка спектральных свойств конструкции на возможность резонансов в рабочем диапазоне частот внешних воздействий на стадии проектирования позволяет внести в конструкцию изменения, способные изменить спектр собственных частот. Это позволит избежать или значительно уменьшить вероятность появления резонансов в процессе эксплуатации.

Для увеличения собственных частот необходимо придать конструкции больше жёсткости и (или) уменьшить её массу. Например, для протяжённого объекта можно повысить жёсткость, уменьшив длину или увеличив толщину объекта. Для уменьшения собственной частоты изделия необходимо, напротив, прибавить массу или уменьшить жёсткость объекта.

Частотный анализ осуществляется в несколько этапов. Последовательность действий при решении задачи частотного анализа во многом схожа с алгоритмом проведения статического анализа. Но имеют следующие особенности.

1. В задаче частотного анализа роль граничных условий выполняют только закрепления. Суммарно наложенные на перемещение тела ограничения должны удовлетворять следующему условию: для обеспечения частотного анализа модель должна иметь закрепление, исключаящее её свободное перемещение в пространстве, как твёрдого тела.

2. Перед выполнением расчёта необходимо указать количество собственных частот и, если необходимо, уточнить алгоритмы расчёта.

3. Результатами частотного анализа являются: частота собственных колебаний (Гц) – соответствует ожидаемой резонансной частоте конструкции. Теоретически количество собственных частот для любого тела бесконечно. В результатах отображаются только частоты для выбранных форм собственных колебаний.

Форма колебаний показывает, какие относительные деформации (перемещения) будет испытывать конструкция, в случае возникновения резонанса на соответствующей собственной частоте. Зная ожидаемую форму колебаний на некоторой собственной частоте, можно, например, задать дополнительное закрепление или опору в области конструкции, соответствующей максимуму данной формы колебаний, что приведёт к эффективному изменению спектральных свойств изделия.

4. В настройках постпроцессора в группе *«Метод конечных элементов»* пользователь может установить режим *«Производить расчёт линейным элементом»*, если нужно получить качественные результаты.

Однако расчёт линейных элементов обеспечивает недостаточную точность определения значений собственных частот. Значения частот при расчёте линейным конечным элементом могут быть значительно больше значений, получаемых при расчёте более точными методами. Рекомендуется для количественной оценки собственных частот использовать расчёт только квадратичным элементом (режим по умолчанию).

Анализ устойчивости деталей и узлов. Модуль анализа устойчивости предназначен для решения задачи, так называемой начальной устойчивости конструкции. Результатом расчёта является коэффициент критической нагрузки, при действии которой конструкция может скачкообразно перейти в новое равновесное состояние, и соответствующая этой нагрузке форма нового равновесного состояния. В этом случае возможна ситуация, когда критическая нагрузка, при которой произойдёт потеря устойчивости, может быть значительно меньше нагрузки, при которой произойдёт потеря прочности конструкции по критериям линейного статически-напряжённого состояния. То есть напряжения в материале конструкции могут не достигнуть предельных значений, но деформации из-за потери устойчивости могут привести к разрушению конструкции.

Например, для протяжённого объекта можно повысить устойчивость путём уменьшения длины или увеличения толщины объекта, либо можно создать дополнительные рёбра жёсткости.

Анализ устойчивости также осуществляется в несколько этапов. Последовательность действий во многом схожа с алгоритмом проведения статического или частотного анализа. Но имеются следующие особенности.

1. В анализе устойчивости, как и в статическом анализе, роль граничных условий выполняют закрепления и нагрузки. При анализе на устойчивость могут использоваться все типы закреплений и все виды силовых нагрузок. Температурные воздействия задаются также как и в статическом анализе.

2. Перед выполнением расчёта необходимо указать в свойствах задачи алгоритмы расчёта и количество форм потери устойчивости, которые хотелось бы проанализировать.

3. Результатами анализа устойчивости являются:

– коэффициент критической нагрузки – расчётное значение коэффициента, произведение которого на приложенные к системе нагрузки, даёт фактическое значение критической нагрузки, приводящей систему в новое равновесное состояние. Например, для модели приложена распределённая сила 1000 Н. Коэффициент критической нагрузки

по результатам расчёта составил 109,18. Это означает, что первая форма устойчивого равновесного состояния для данной модели имеет критическую нагрузку 109 180 Н.

Коэффициент критической нагрузки должен быть положительным. Если в результате решения коэффициент критической нагрузки получился отрицательным, это означает, что при приложенных к конструкции нагрузках состояние потери устойчивого равновесия не может быть достигнуто.

Если коэффициент критической нагрузки получился положительным и меньше 1, это означает, что при заданных нагружениях система потеряет устойчивость, и конструкция нуждается в доработке. Если коэффициент критической нагрузки положителен и больше 1, значит, при заданных условиях нагружения потеря устойчивости конструкции не угрожает;

– относительные перемещения, соответствующие данной критической нагрузке. Этот тип результата отражает форму равновесного устойчивого состояния конструкции, соответствующую определённой критической нагрузке. Формы равновесных состояний, отображаемые в окне постпроцессора после завершения расчёта, представляют собой относительные перемещения.

В качестве дополнительного (справочного) результата можно вывести также перемещения конструкции под действием приложенных статических нагрузок, расчёт которых предшествует расчёту коэффициентов критических нагрузок.

Отметим также, что расчёт линейным элементом, как и в случае частотного анализа, менее точен, чем расчёт квадратичным.

4.4.2. Тепловой анализ деталей и узлов разрабатываемой конструкции

Модуль теплового анализа предназначен для решения задач теплопроводности и теплопередачи. Целью осуществления тепловых расчётов обычно является определение температурных полей, а также тепловых потоков в объёме изделия. В модуле T-FLEX тепловой анализ можно проводить для установившегося режима (расчёт распределения температурных полей и тепловых потоков в предположении бесконечно-длительного периода времени, прошедшего после приложения тепловых нагрузок, при условии, что температура тела с течением времени не изменяется, и в каждую единицу времени элементар-

ный объём тела отдаёт в окружающую среду столько же энергии, сколько получает извне или от внутренних источников тепла) и для нестационарного процесса (расчёт температурных полей осуществляется в функции времени).

Отметим следующие особенности методики проведения теплового анализа.

1. В тепловом анализе роль граничных условий выполняют прикладываемые к модели граничные и начальные температуры, источники тепловой мощности, тепловые потоки, а также условия теплообмена модели с окружающей средой – конвекция и излучение.

2. При задании температурных нагрузжений необходимо отличать и правильно использовать два варианта задания нагрузки «Температура» (см. «Настройка процессора»): «Начальная температура» и «Температура».

Начальная температура используется для задания температурных нагрузок в начальный (нулевой) момент времени только для нестационарного теплового расчёта. Все температурные нагрузки, заданные без флага «начальная» считаются константными (неизменными) как в установившемся режиме, так и в нестационарном тепловом расчёте.

3. Результатами теплового анализа являются:

- температурные поля – распределение температуры по объёму модели;

- градиенты температуры по осям X , Y , Z , а также модуль градиента температуры (отображают степень изменения температуры по соответствующим осям системы координат);

- результирующие тепловые потоки по осям X , Y , Z , а также модуль результирующего теплового потока (показывают интенсивность передачи тепловой энергии, определённую по результатам решения задачи теплового анализа).

Кроме указанных результатов, в качестве справочных данных в окне постпроцессора можно отобразить: приложенный тепловой поток (соответствует заданным исходным параметрам тепловых нагрузжений); известные температуры (приложенные к модели неизменные температурные нагрузки); начальные температуры (приложенные к модели начальные температуры для нестационарного теплового анализа).

С целью наиболее оптимального проведения теплового анализа и форм представления результатов анализа следует обратить внимание на настройки процессора теплового анализа.

На закладке «*Общие*» можно определить или изменить описательные свойства текущей задачи: имя, тип задачи, комментарий.

Закладка «*Расчёт*» содержит настройки для решения систем алгебраических уравнений, аналогичные по смыслу настройкам задачи «*Статический анализ*».

В большинстве случаев при осуществлении тепловых расчётов можно использовать режим «*Производить расчёт линейным элементом*», что позволяет осуществить расчёт значительно быстрее. В отличие от задач статики, частотного анализа и анализа устойчивости, результаты расчётов в предположении линейной интерполяции полей температур по объёму модели обычно не сильно отличаются от соответствующих результатов, полученных при использовании квадратичной интерполяции.

На закладке «*Параметры*» перед выполнением расчёта можно указать тип решаемой задачи теплового анализа: стационарная (установившийся режим) или нестационарная теплопроводность (нестационарный процесс). Для нестационарной теплопроводности необходимо также установить временной интервал («*Конечное время моделирования*»), временной шаг и начальную температуру.

Элемент управления «*Использовать заданные начальные температуры*» в тепловом расчёте позволяет определить в качестве начальной температуры: заданную при помощи команды «*Анализ/Тепловые нагрузки/Температура*» начальную температуру; температуру, заданную по умолчанию в тех узлах конечно-элементной сетки, где начальная температура не определена пользователем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебном пособии описаны основы работы в ряде программ твёрдотельного моделирования, которые могут использоваться при проектировании режущего инструмента, технологической оснастки и элементов конструкции станков различного назначения.

Столь широкий набор программ, представленный в настоящем пособии, обусловлен желанием автора дать читателю такой объём информации, который позволил бы ему уверенно ориентироваться в современных методах проектирования и оптимизации процессов резания и технологического оборудования, применяемых при этом программных средствах. Освоив на практике методы работы с описанными выше CAD/CAE-системами, читатель сможет оценить преимущества и недостатки каждой из них, подобрать для условий своей профессиональной деятельности наиболее приемлемую.

Данное учебное пособие открывает цикл учебных пособий, в которых будут отражены аспекты применения CALS-технологий в машиностроении, а именно описаны приёмы работы с CAM, CAPP и PDM-системами, использующимися для моделирования обработки материалов, создания управляющих программ для станков с ЧПУ, проектирования технологических процессов изготовления и сборки изделий машиностроительных производств, управления проектом и документооборотом на предприятии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хрусталёв, Д. Об особенностях применения импортных компонентов в военной и специальной технике / Д. Хрусталёв // Компоненты и технологии. – 2001. – № 7. – С. 4–5.
2. Якубайтис, Э.А. Информационные сети и системы / Э.А. Якубайтис. – М. : Финансы и статистика, 1996. – 234 с.
3. Ли, К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE) / К. Ли. – СПб. : Питер, 2004. – 560 с.
4. Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования : учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 336 с.
5. FEA.RU|CompMechLab – О системе Unigraphics. <http://www.fea.ru/education/cad/unigraphics/>.
6. FEA.RU|CompMechLab – О системе CATIA. <http://www.fea.ru/education/cad/catia/>.
7. Autodesk Inventor: Autodesk Inventor. <http://www.inventor.ru/>.
8. FEA.RU|CompMechLab – О системе SolidWorks. <http://www.fea.ru/education/cad/solidworks/>.
9. SolidWorks:: <http://www.solidworks.com/sw/products/details.htm?productid=514>.
10. АСКОН – комплексные решения для автоматизации инженерной деятельности и управления производством. CAD/AEC/PLM. <http://ascon.ru/>.
11. Топ Системы – разработчик программного PLM-комплекса T-FLEX CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM. <http://www.tflex.ru/>.
12. Nei Nastran в России и СНГ – Система конечно-элементного анализа CAD/FEA/CAE. <http://www.nenastran.ru/>.
13. Welcom to ANSYS, Inc. – Corporate Homepage. <http://www.ansys.com>.
14. ANSYS, Inc. Products. <http://www.ansys.com/products/default.asp>.
15. LS-DYNA.RU – результаты расчётов, учебные курсы, новости. <http://www.ls-dyna.ru/>.
16. TechnologiCS 6|TechnologiCS. <http://www.technologics.ru/>.
17. Consistent Software. <http://www.consistent.ru/soft/>.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. CALS-ТЕХНОЛОГИИ	4
1.1. ВОЗНИКНОВЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ CALS И ЕЁ ЭВОЛЮЦИЯ	4
1.2. СТАНДАРТЫ CALS-ТЕХНОЛОГИЙ	4
1.3. СТРУКТУРА ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОН- НОЙ СРЕДЫ	5
1.4. КОНЦЕПЦИЯ ВНЕДРЕНИЯ CALS-ТЕХНОЛОГИЙ	6
1.5. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ – ОСНОВА CALS-ТЕХНОЛОГИЙ	9
1.5.1. Классификация и структура АИС	9
1.6. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРО- ВАНИЯ И ИХ МЕСТО СРЕДИ ДРУГИХ АВТОМАТИ- ЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ	12
1.6.1. Структура САПР	15
1.6.2. Классификация САПР	16
1.6.3. Функции и проектные процедуры, реализуемые в САПР	18
1.6.4. Примеры программ	21
2. ПОНЯТИЕ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	25
2.1. СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	25
3. РАБОТА С САД-СИСТЕМАМИ (МОДУЛЯМИ)	27
3.1. MECHANICS 8.1 ДЛЯ AUTOCAD MECHANICAL 2011	27
3.1.1. Интерфейс и настройки	28
3.1.2. Вставка формата чертежа	33
3.1.3. Вставка стандартных деталей из базы данных MechaniCS 8.1	35
3.1.4. Вставка обозначения неразъёмного соединения ...	37
3.1.5. Простановка обозначения видов, разрезов и сечений	38

3.1.6.	Простановка размеров на чертеже	38
3.1.7.	Простановка допусков формы и расположения ...	39
3.1.8.	Простановка шероховатости поверхности	40
3.1.9.	Простановка знаков маркирования и клеймения ...	41
3.1.10.	Простановка позиций на чертеже	41
3.1.11.	Создание спецификации	43
3.1.12.	Размещение на чертеже технических требований	44
3.2.	MECHANICS 8.1 ДЛЯ AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL SUITE 2011	46
3.2.1.	Интерфейс и настройки	46
3.2.2.	Проектирование деталей вращения	50
3.2.3.	Проектирование крепёжных соединений	51
3.3.	AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL SUITE 2011	52
3.3.1.	Начало работы	52
3.3.2.	Создание 2D-чертежа	53
3.3.3.	Создание твёрдотельной модели	56
3.3.4.	Создание сборки	59
3.3.5.	Создание сборочного чертежа	63
3.3.6.	Создание схемы разборки	64
3.3.7.	Тонирование и анимация изображения	64
3.3.8.	Проектирование валов	66
3.4.	РАБОТА В СРЕДЕ SOLIDWORKS PREMIUM 2011	67
3.4.1.	Начало работы	67
3.4.2.	Создание 2D-чертежа	68
3.4.3.	Создание твёрдотельной модели	69
3.4.4.	Создание сборки	70
3.4.5.	Создание сборочного чертежа	72
3.4.6.	Создание схемы разборки	72
3.5.	РАБОТА В СРЕДЕ T-FLEX CAD 11	73
3.5.1.	Начало работы	73

3.5.2. Импорт файлов в T-FLEX CAD 11	76
4. РАБОТА С САЕ-СИСТЕМАМИ (МОДУЛЯМИ)	77
4.1. РАСЧЁТЫ В СРЕДЕ MECHANICS 8.1 ДЛЯ AUTOCAD MECHANICAL 2011	77
4.1.1. Статический расчёт балки	78
4.1.2. Расчёт пружины растяжения	81
4.1.3. Расчёт зубчатых передач	83
4.1.4. Расчёт размерных цепей	85
4.1.5. Предварительные расчёты при вставке в чертёж элементов конструкции	87
4.2. РАСЧЁТЫ В СРЕДЕ AUTODESK INVENTOR PROFES- SIONAL SUITE 2011	88
4.2.1. Исследование напряжённо-деформированного состояния деталей и узлов разрабатываемой конструкции	88
4.3. РАСЧЁТЫ В СРЕДЕ SOLIDWORKS PREMIUM 2011	90
4.3.1. Исследование напряжённо-деформированного состояния деталей и узлов разрабатываемой конструкции	90
4.3.2. Использование COSMOSFloXpress для анализа течения жидкости или газа в деталях и сборках ...	91
4.4. РАСЧЁТЫ В СРЕДЕ T-FLEX CAD 11	93
4.4.1. Исследование напряжённо-деформированного состояния деталей и узлов разрабатываемой конструкции	93
4.4.2. Тепловой анализ деталей и узлов разрабатывае- мой конструкции	97
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	100
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	101