

www.siemens.ru/plm

Книга представляет собой пособие для вузов и дает студентам представление о современных тенденциях в области САПР машино- и приборостроения, обучает основам проектирования изделий в среде трехмерного проектирования Solid Edge от Siemens PLM Software.

В пособии приводится подробное описание техники создания деталей, сборочных единиц и выполнения конструкторской документации. Затронуты вопросы анализа собираемости изделий, проектирования сборки сверху-вниз и работы с большими сборками, а также работы с данными, полученными из других САПР. Отдельно освещены вопросы автоматизации проектирования электрических соединений в составе сборки и организации совместной работы конструкторов над электронной и механической частями проектируемого изделия в Solid Edge.

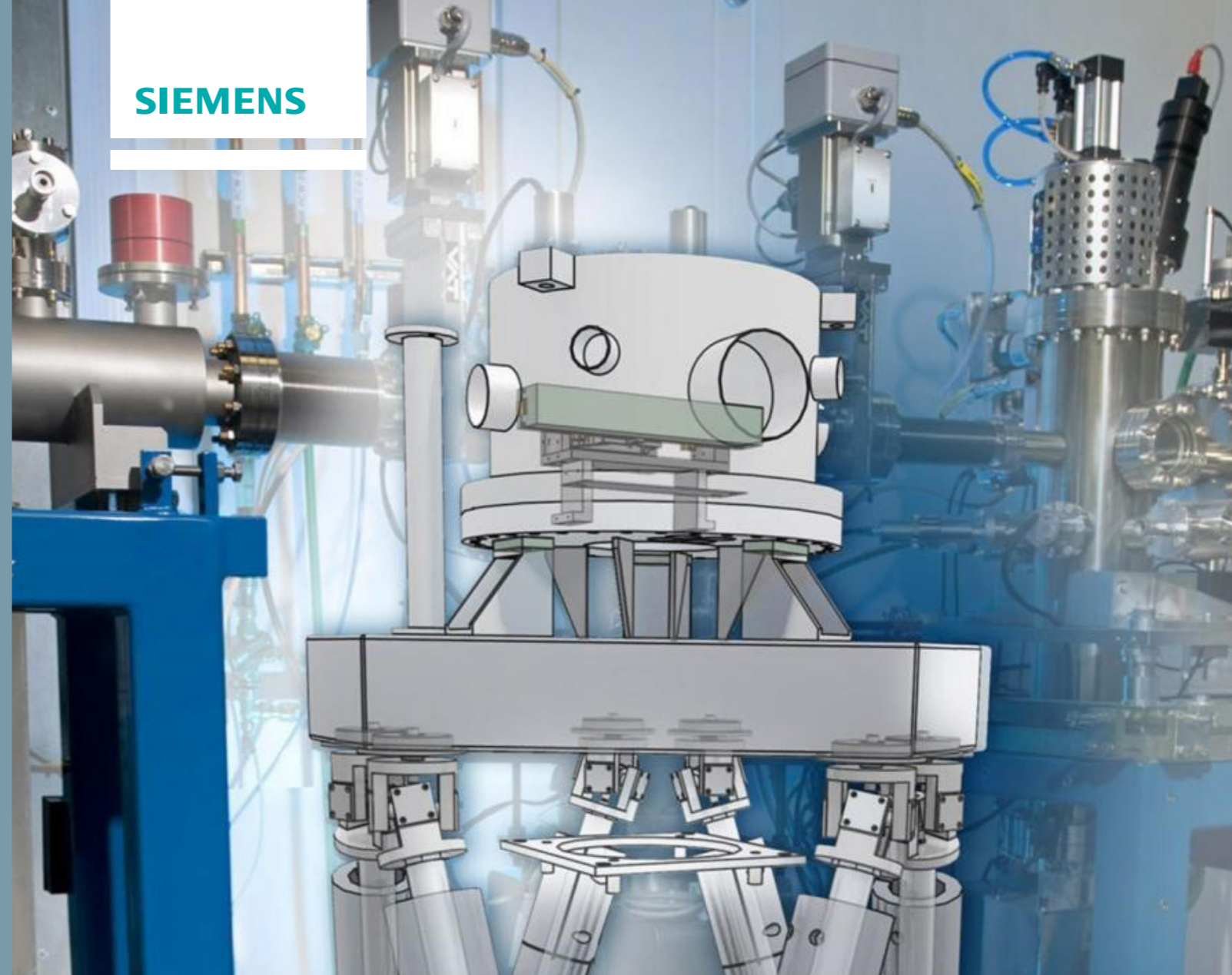
Книга насыщена большим количеством практического материала и нацелена на освоение методологии проектирования изделий в рамках аудиторной и самостоятельной работы. Примеры для закрепления навыков проектирования в Solid Edge и освоения информации доступны для скачивания на веб-сайте www.siemens.com/plm/ru/solid-edge-book.

Бесплатная пробная лицензия Solid Edge доступна для скачивания на <http://www.siemens.com/plm/ru/free-solidedge>

Рекомендовано учебно-методическим объединением вузов по университетскому политехническому образованию

SIEMENS

Основы конструирования в Solid Edge



Шахнов В.А., Зинченко Л.А., Соловьев В.А., Курносенко А.Е.

Основы конструирования в Solid Edge

Пособие по проектированию изделий
в приборостроении

ISBN 978-5-94074-934-9



9 785940 749349 >

SIEMENS

Шахнов В.А., Зинченко Л.А., Соловьев В.А., Курносенко А.Е.

Основы конструирования в Solid Edge

Пособие по проектированию изделий в приборостроении

*Рекомендовано учебно-методическим объединением вузов
по университетскому политехническому образованию*



УДК 621.98.044:004.9NX
ББК 34.623c515
ШЗ1

Шахнов В.А., Зинченко Л.А., Соловьев В.А., Курносенко А.Е.

ШЗ1 Основы конструирования в Solid Edge. Пособие по проектированию изделий в приборостроении. – М.: ДМК Пресс, 2014. – 272 с.: ил.

ISBN 978-5-94074-***

Книга представляет собой пособие для вузов и дает студентам представление о современных тенденциях в области САПР машино- и приборостроения, обучает основам проектирования изделий в среде трехмерного проектирования Solid Edge or Siemens PLM Software.

В пособии приводится подробное описание техники создания деталей, сборочных единиц и выполнения конструкторской документации. Затронуты вопросы анализа собираемости изделий, проектирования сборки сверху-вниз и работы с большими сборками, а также работы с данными, полученными из других САПР. Отдельно освещены вопросы автоматизации проектирования электрических соединений в составе сборки и организации совместной работы конструкторов над электронной и механической частями проектируемого изделия в Solid Edge.

Книга насыщена большим количеством практического материала и нацелена на освоение методологии проектирования изделий в рамках аудиторной и самостоятельной работы. Примеры для закрепления навыков проектирования в Solid Edge и освоения информации доступны для скачивания на веб-сайте www.siemens.com/plm/ru/solid-edge-book.

Пособие рекомендовано учебно-методическим объединением вузов по университетскому политехническому образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений.

УДК 621.98.044:004.9NX
ББК 34.623c515

Все права защищены. Siemens и логотип Siemens являются зарегистрированными торговыми знаками Siemens AG. D-Cubed, Femap, Geolus, GO PLM, I-deas, Insight, JT, NX, Parasolid, Solid Edge, Teamcenter, Tecnomatix and Velocity Series и знаки инноваций являются торговыми знаками или зарегистрированными торговыми знаками компании Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. либо ее дочерних компаний в США и других странах. Права на все прочие логотипы, торговые знаки, зарегистрированные торговые знаки и знаки услуг принадлежат их владельцам.

Издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

- © Общество с ограниченной ответственностью «Сименс Индастри Софтвер», 2014
- © Оформление, Общество с ограниченной ответственностью «Сименс Индастри Софтвер», 2014
- © Издание, ДМК Пресс, 2014

ISBN 978-5-94074-858-8

Содержание

Предисловие	4
1. Введение в системы трехмерного проектирования	5
1.1. Современные концепции проектирования изделий.....	5
1.2. Этапы проектирования изделий и работа с данными в 3D-САПР	11
1.3. Подходы к проектированию. Обзор САПР Solid Edge	15
Глава 2. Практическая работа в САПР Solid Edge	27
2.1. Начало работы с САПР Solid Edge. Интерфейс, основные команды управления.....	27
2.2. 2D-эскизы в синхронной среде	34
2.3. Построение и редактирование геометрических 3D-элементов.....	57
2.4. Создание процедурных элементов	88
2.5. Размножение элементов.....	96
2.6. Библиотеки конструктивных элементов	104
2.7. Создание сборочных единиц	105
2.8. Работа с большими сборками.....	149
2.9. Разработка конструкторской документации	165
2.10. Работа с внешними данными.....	201
2.11. Организация совместной работы над механической и электронной частями изделия.....	216
2.12. Создание проводных, кабельных и жгутовых соединений	235
2.13. Установка, настройка и администрирование САПР Solid Edge	261
Заключение	269
Литература	270

Предисловие

Проектирование современных изделий приборостроения трудно представить без участия САПР, реализующих 3D-моделирование создаваемых объектов. В рамках передовых концепций поддержки жизненного цикла изделия 3D-моделирование остается центральной составляющей всего процесса работы с изделием, с помощью которой инженер-конструктор создает 3D-модели деталей и сборочных единиц, а также комплект конструкторской документации. В условиях активного внедрения в конструкторскую практику современных САПР, перехода предприятий на электронный документооборот, появления государственного стандарта на электронную модель изделия становится очевидной важность подготовки молодых специалистов в области САПР в учебных заведениях высшего образования РФ. Решению этой задачи посвящено данное учебное пособие, нацеленное на получение студентом необходимых теоретических сведений и практических навыков 3D-проектирования с рассмотрением задач, характерных для предприятий приборостроительной отрасли.

Пособие состоит из двух частей. В первой части, теоретической, представлен обзор современных концепций проектирования изделий с применением САПР, описана концепция поддержки жизненного цикла изделия (PLM), принципы функционирования и входящие в ее состав подсистемы, организация электронного документооборота. Здесь приведена краткая история развития САПР, описана классификация систем автоматизированного проектирования по различным критериям.

Во второй части пособия, посвященной практическим аспектам, создание изделий рассматривается на основе одной из самых популярных в производстве и динамично развивающихся, в том числе и в России, САПР среднего уровня – Solid Edge®, разрабатываемой и поддерживаемой компанией Siemens PLM Software. В книге приводится сравнение современных подходов к моделированию – параметрического (с деревом построения) и прямого (работающего непосредственно с геометрией модели). Практический материал в учебном пособии ориентирован на использование реализованной в САПР Solid Edge и NX передовой синхронной технологии, объединяющей в себе достоинства параметрического и прямого подхода.

Студенты, применяющие в рамках своего обучения данное пособие, получают не только традиционные навыки создания деталей, сборочных единиц и выполнения конструкторской документации, но также овладеют механизмами решения следующих важных конструкторских задач:

- анализа собираемости изделия;
- проектирования сборки сверху вниз (концепция нисходящего проектирования) с использованием виртуальной структуры создаваемой сборки;
- работа с большими сборками, содержащими тысячи и десятки тысяч деталей и подборок;
- работы с данными, полученными из других САПР, импорта/экспорта данных, восстановления импортированной геометрии модели, создания 3D-модели по 2D-чертежам.

Отдельно следует отметить рассмотрение вопросов, особенно важных для конструктора электронной аппаратуры и приборных устройств, среди которых:

- автоматизация проектирования электрических соединений в составе сборки (проводов, кабелей, жгутов), с возможностью обмена данными с электротехническими САПР;
- организация совместной работы конструкторов над электронной и механической частью проектируемого изделия с рассмотрением вопроса обмена данными между ECAD- и MCAD-системами.

Книга состоит из 16 разделов и снабжена более чем 350 иллюстрациями, подробно освещающими процесс проектирования. Примеры для закрепления навыков и самостоятельной проработки материала пособия доступны для скачивания на веб-сайте www.siemens.com/plm/ru/solid-edge-book.

Коллектив авторов пособия – преподаватели кафедры ИУ-4 «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры» МГТУ им. Н. Э. Баумана, обладающие большим опытом преподавания профильных дисциплин проектирования изделий электроники, в том числе и отраслевых САПР. Данное учебное пособие ориентировано на применение в новом курсе «Конструкторско-технологическая информатика» в рамках подготовки магистров.

Авторы выражают свою благодарность всем специалистам российского офиса компании Siemens PLM Software за техническое консультирование и неоценимую помощь в организации работы над проектом и подготовке пособия к изданию.

1. Введение в системы трехмерного проектирования

1.1. Современные концепции проектирования изделий

История и тенденции развития современных САПР. Поддержка жизненного цикла изделия (PLM). Управление проектными данными (PDM). Классификация современных САПР по областям применения, функциональным возможностям, решаемым задачам. Объединение функций CAD/CAM/CAE в современных САПР

Краткая история развития САПР

Автоматизированное проектирование изделий машино- и приборостроения насчитывает длительную историю. Первые системы автоматизации проектно-конструкторских работ появились в 70-е гг. XX в., а их основное развитие началось примерно со второй половины 80–90-х гг., когда произошла миграция САПР с громоздких и дорогих компьютерных платформ с разделением ресурсов на обычные персональные компьютеры. Исторически первыми появились чертежно-ориентированные системы автоматизации конструкторского проектирования, затем их дополнили отдельные программные пакеты инженерных расчетов и технологической подготовки производства. Здесь же произошло размежевание САПР по отраслевому применению, в частности из группы САПР общего назначения выделилось и стало развиваться самостоятельно большое семейство САПР электронных изделий (ECAD).

Следующим этапом развития стала разработка систем, ориентированных на трехмерную электронную модель в рамках концепции полного электронного описания объекта (EPD, ElectronicProductDefinition). Такое описание стало предпосылкой для интеграции автономных до этого момента конструкторских, технологических САПР и систем инженерного анализа в комплексные системы, автоматизирующие весь цикл проектирования и производства изделия и переносящие тяжесть выбора вариантов, доводки и испытаний с реальных прототипов на цифровые модели изделия.

Следствием интеграции функций различных подразделений разработчика и производителя в единую САПР стала необходимость упорядочивания, согласования и единого представления данных на всех этапах работы с изделием. В результате появились системы, создающие единое информационное пространство изделия, управляющие инженерными данными и осуществляющие электронный документооборот, – системы PDM.

Дальнейшее развитие САПР шло одновременно по нескольким направлениям – расширялись функциональные возможности систем, происходило деление по уровню сложности решаемых задач, обеспечивалась интеграция систем PDM с автоматизированными системами управления ресурсами предприятия (ERP). В направлении конструкторских САПР выделялись направления параметрического (с деревом построения) и прямого моделирования, а также развивались концепции их интеграции.

Рост автоматизации всех подразделений, связанных с проектированием, производством, эксплуатацией и обслуживанием изделия, рассредоточение подразделений и компаний-подрядчиков по всему миру, а также использование в них различных САПР и форматов данных привели к тому, что управление работой над достаточно сложными проектами более не отвечало требованиям рынка в части быстрого запуска в производство и вывода на рынок новых изделий, сокращения затрат и повышения качества выпускаемой продукции.

Концепция поддержки жизненного цикла изделия (PLM)

В ответ на эти и другие требования рынка сформировалась концепция PLM (Product Lifecycle Management – Управление жизненным циклом изделия) – единая информационная стратегия, управляющая всем комплексом требований, данных и процессов цикла разработки, производства и эксплуатации изделия, начиная от выявления потребностей общества в создании изделия до его утилизации после окончания срока службы.

Концепция PLM прошла длительный путь развития. Изначально под этим термином подразумевали простую автоматизацию проектных, конструкторских работ, инженерных расчетов и подготовки производства. Впоследствии круг решаемых задач был расширен, включив в себя обеспечение электронного документооборота. Предтечей PLM в ее

современном понимании явилась разработанная в 80-е гг. XX в. военно-промышленным комплексом США концепция CALS-технологий (Continuous Acquisition and Life-cycle Support – непрерывный сбор данных и поддержка в течение всего жизненного цикла [изделия]). В то время перед оборонно-промышленным комплексом США встала задача унификации и стандартизации проектной, технологической, производственной, деловой, логистической и прочей информации у различных промышленных предприятий, а также методов разработки, управления, обмена и использования такой информации. Развитие этой концепции привело к оформлению в первое десятилетие XXI в. информационной среды, описывающей жизненный цикл изделия в рамках триады «Изделие – Процессы – Ресурсы» и взаимосвязи между компонентами этой среды. С точки зрения достигаемых преимуществ, применение подобной концепции позволяет:

- существенно сократить сроки разработки и вывода изделия на рынок;
- значительно облегчить процедуру принятия, согласования и утверждения проектных решений;
- обеспечить согласованную работу над проектом большого коллектива специалистов из различных компаний, работающих с разнообразными САПР;
- сократить количество ошибок проектирования, внедрив единую ассоциативную модель изделия в цифровом формате и обеспечив целостность проектных данных;
- уменьшить затраты на доводку, отладку и испытания опытных образцов, проводя ряд процедур над цифровыми макетами изделия вместо реальных физических прототипов;
- гибко управлять вариантами исполнения, конфигурациями аппаратной и программной частей изделия, документацией;
- быстро модифицировать изделие, интегрировать накопленные конструктивные и технологические решения в новые разработки.

Современный подход предусматривает следующие основные этапы жизненного цикла изделия:

- маркетинг и изучение рынка;
- составление технического задания на проектирование;
- проектирование изделия;
- разработка техпроцессов;
- закупки;
- планирование;
- производство, контроль;
- упаковка и хранение;
- реализация, поставка;
- инсталляция и ввод в эксплуатацию;
- эксплуатация и послепродажная деятельность;
- техническая поддержка, обслуживание, ремонт;
- вывод из эксплуатации, утилизация и переработка по окончании срока службы.

Каждому этапу цикла соответствует одна или несколько систем автоматизации деятельности на данном этапе. Ниже приведено краткое описание основных из этих систем, а на рис. 1.1.1 – схема их взаимодействия:

- CAD (ComputerAidedDesign)/CAE (ComputerAidedEngineering)/CAM (ComputerAidedManufacturing) – соответственно системы автоматизированного конструкторского проектирования, инженерного анализа и подготовки производства – на этапе проектирования и производства изделия;
- PDM (ProductDataManagement) – система управления проектными данными, обеспечивающая отслеживание, учет, организацию доступа, совместную работу, контроль изменений и преобразование данных в рамках единой информационной среды на всех этапах жизненного цикла изделия. В информационном плане система связывает между собой проектные, производственные и бизнес-подразделения. Ядро системы PDM – нормативно-справочная база, наполнение которой отражает структуру и специфику работы конкретного предприятия;
- ERP (EnterpriseResourcePlanning) – система автоматизированного планирования производства и управления материально-техническими, временными, финансовыми и людскими ресурсами предприятия-изготовителя изделия;
- MES (ManufacturingExecutionSystem) – система управления производственными процессами на уровне цеха, участка. Система в режиме реального времени инициирует, отслеживает, оптимизирует и документирует производственные процессы от начала выполнения заказа до выпуска готовой продукции, являясь связующим звеном между ERP-системой и оперативно-производственной деятельностью на уровне цеха или участка;
- SCM (SupplyChainManagement) – система управления цепочками поставок, управляющая снабжением предприятия на этапах закупки, производства и реализации готовой продукции;

- CRM (CustomerRelationshipManagement) – система управления взаимоотношениями с заказчиками, обеспечивающая поддержку продаж. Система собирает из различных источников и анализирует информацию о заказчиках с целью улучшения эффективности маркетинга и повышения продаж изделий/услуг. На основании обобщенной информации о рыночных предпочтениях и поведении заказчиков строится обоснованная производственная и маркетинговая стратегия.

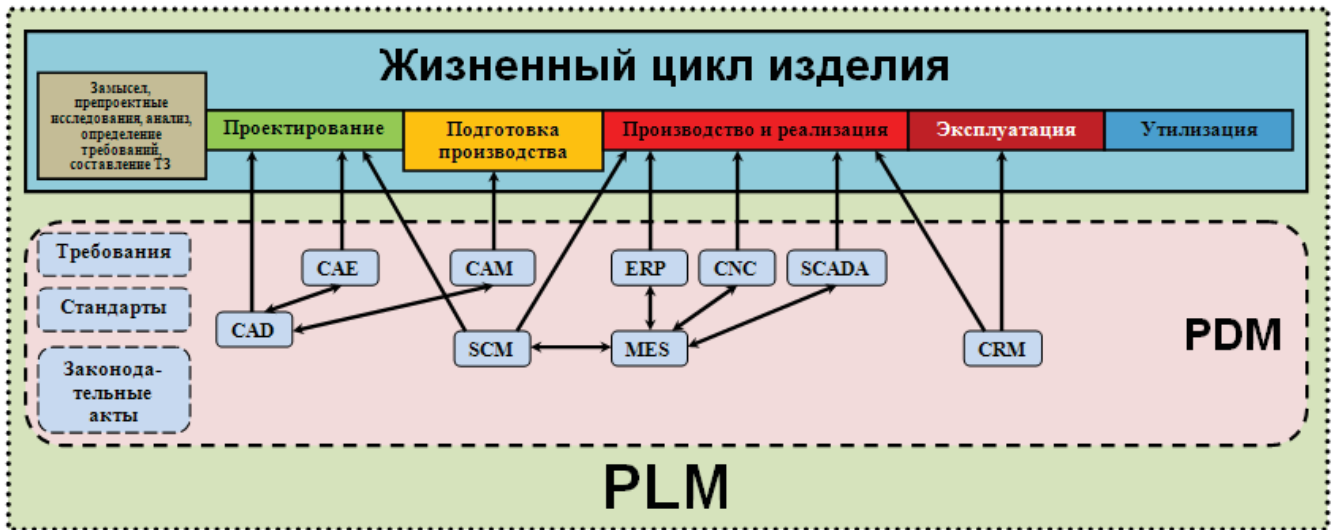


Рис. 1.1.1. Взаимодействие систем автоматизации на различных этапах жизненного цикла изделия

В ходе эволюции PLM сложилась ситуация, когда крупнейшие разработчики САПР CAD/CAM/CAE предлагают свои комплексные решения, реализующие концепцию PLM. Например, компания Siemens в качестве такого решения предлагает продукт Teamcenter, который одновременно объединяет в себе функции PDM на более высоком уровне PLM-системы. Основные функции системы Teamcenter схематично представлены на рис. 1.1.2, а основные решаемые ею задачи кратко рассмотрены ниже.



Рис. 1.1.2. Основные функции PLM-системы Teamcenter

1. Системное проектирование и управление требованиями:

- определяет требования к разрабатываемому изделию со стороны стандартов, заказчика и рынка и формализует их в виде бизнес-объектов со своим набором атрибутов;
- анализирует взаимосвязи между требованиями;
- структурирует требования и связывает их с элементами конструкции изделия и последующими этапами его жизненного цикла;
- отслеживает требования в части их уточнения, пересмотра и расширения;
- обеспечивает интеграцию в PLM-среду приложений анализа, моделирования и оптимизации.

2. Управление процессом разработки изделия:

- создает и поддерживает единую базу проектных данных;
- управляет проектными данными, полученными от различных САПР, включая другие CAD-системы, а также специализированные CAE/CAM/ECAD-системы;
- обеспечивает обмен данными и совместную работу над проектом специалистов из различных регионов и с различным оснащением рабочих мест;
- управляет инженерными изменениями в проект, проводит верификацию и утверждение изменений;
- облегчает проверку правильности проектных решений.

3. Управление составом изделия:

- управляет комплектацией изделия и ее представлением в различных форматах;
- управляет вариантами исполнения изделия, версиями и конфигурациями и отслеживает изменения.

4. Управление соответствием нормативным требованиям:

- документирует и фиксирует нормативные требования к изделию на ранних стадиях проектирования;
- обеспечивает для изделия соблюдение требований международных законодательных актов, включая Директиву RoHS (ограничение содержания вредных веществ), Регламент REACH (регистрация, оценка, санкционирование и ограничение химических веществ), WEEE (утилизация электрического и электронного оборудования) и прочее.

5. Управление контентом и документами:

- автоматизирует разработку различной документации по изделию, включая руководства, инструкции, описания, каталоги и прочее.

6. Управление электромеханическими данными:

- обеспечивает совместную работу специалистов различных направлений над созданием мехатронного изделия, состоящего из механических, электронных, электрических и программных компонентов;
- объединяет все данные о разнородных составляющих изделия в интегрированную среду;
- анализирует связи, взаимодействия и зависимости между отдельными компонентами изделия;
- управляет процессами внесения изменений и утверждения.

7. Управление производственным процессом (совместно с системами NX и Tecnomatix):

- устанавливает связи между составом изделия и структурой техпроцесса;
- интегрирует в PLM-среду данные из систем предприятия: CAM, ERP, MES, обеспечивает двунаправленный обмен данными с ERP-системами;
- подготавливает производство изделий, агрегатную и окончательную сборку;
- обеспечивает виртуализацию, моделирование, анализ и оптимизацию планировок производственных подразделений и потоков материалов.

8. Управление данными инженерных расчетов:

- управляет расчетными данными, моделями и изменениями;
- связывает конструкторские и расчетные данные между собой;
- обеспечивает работу со встроенными модулями CAE (NXAdvancedSimulation, Femap) и сторонними САПР инженерного анализа.

9. Отчетность и аналитика:

- преобразует данные из систем предприятия в аналитические отчеты для принятия бизнес-решений;
- группирует данные из различных приложений в информационную систему предприятия.

Классификация САПР

Прежде чем переходить к изучению САПР на практике, необходимо провести их классификацию и ранжирование. САПР классифицируются по множеству различных критериев, основными из которых являются функциональные задачи, отраслевое применение и уровень сложности решаемых задач.

Классификация САПР по функциональным задачам

Для автоматизации выполнения каждого из этапов проектирования изделия существует свой класс САПР. Традиционно САПР по критерию функциональности делят на системы CAD, CAE и CAM – соответственно системы автоматизированного конструкторского проектирования, инженерного анализа и подготовки производства (рис. 1.1.3). CAD-системы решают задачи разработки моделей деталей и сборок и оформления конструкторской документации – чертежей, спецификаций, ведомостей и прочего. В задачи CAE-систем входят проведение инженерных расчетов конструкций, например на механические и тепловые воздействия, моделирование протекающих в изделиях физических процессов, анализ и оптимизация конструкций. Сюда же следует отнести программы моделирования на базе математических пакетов. На системы CAM (Автоматизированные системы технологической подготовки производства, АСТПП) возложены задачи автоматизации составления маршрутных и операционных техпроцессов, выбора оборудования и выбора/разработки технологического оснащения, составления управляющих программ для оборудования с ЧПУ, расчета норм времени, планировки технологических линий, участков и цехов.

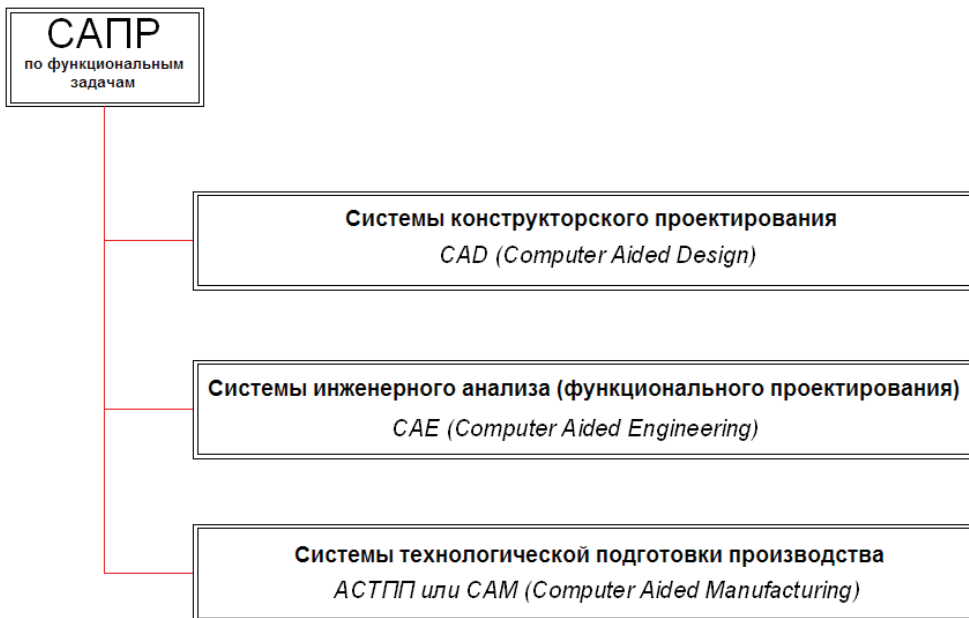


Рис. 1.1.3. Классификация САПР по функциональным возможностям

Одна из основных тенденций в развитии современных САПР – интеграция функций CAD/CAE/CAM в рамках единой системы проектирования, анализа/оптимизации конструкции и подготовки производства. Подобный подход реализуется уже не только в САПР верхнего уровня сложности, но и находит свое применение в САПР «среднего» уровня. Основное преимущество заключается в работе на различных этапах проектирования с одной и той же моделью, без необходимости ее дополнительного преобразования, а также в отсутствии необходимости приобретения дополнительных специализированных решений, например по инженерному анализу конструкций и т. д. В результате в рамках единой САПР и одной модели изделия можно реализовать весь цикл проектирования и подготовки производства.

Классификация САПР по отраслевому применению

Прежде всего в данной классификации (рис. 1.1.4) выделяют системы, которые чаще всего понимаются под общим термином САПР – системы MCAD (MechanicalCAD), или САПР конструкторского проектирования. В эту группу входят универсальные САПР машино-, авиа-, судо-, приборо-, автомобилестроения и т. д., ориентированные на широкий класс выпускаемых изделий. С их помощью разрабатываются трехмерные модели деталей и сборочных единиц механи-

ческих конструкций, проводится моделирование поверхностей, оформляется конструкторская документация и т. д. С помощью встроенных либо подключаемых модулей можно реализовать специфику конкретного класса изделий – например, дополнить механическую конструкцию блока электропроводкой.

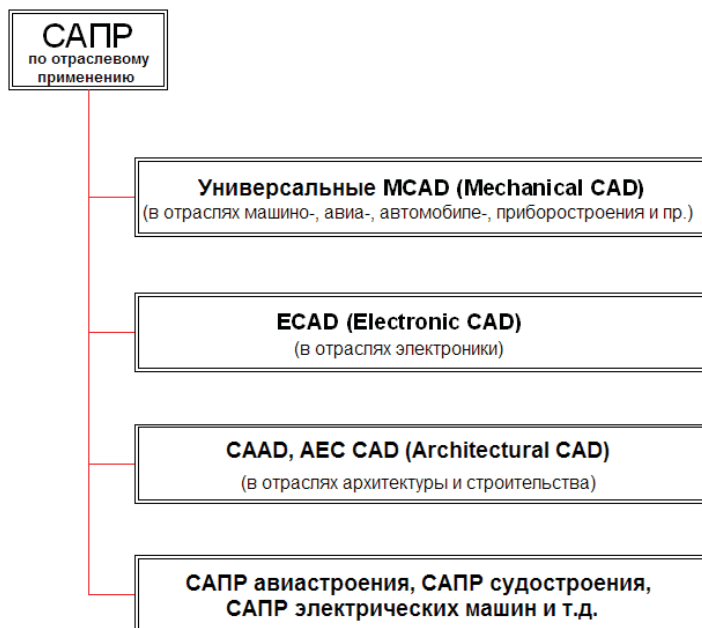


Рис. 1.1.4. Классификация САПР по отраслевому применению

Большая группа САПР, обозначаемых ECAD, относится к электронной промышленности и решает задачи проектирования полупроводниковых кристаллов, микросхем в корпусах, печатных плат, электронных модулей. Такие САПР обладают функциями составления электрических схем, компоновки изделия, трассировки проводящего рисунка, создания переходных отверстий в многослойных структурах, разработки контактных площадок, размещения электронных компонентов и т. п.

Еще одна большая группа САПР относится к области архитектуры и строительства различных зданий и сооружений – это системы AEC CAD (Architecture, Engineering and Construction CAD) или CAAD (Computer – Aided Architectural Design).

Среди отраслевых САПР можно также провести деление на универсальные и специализированные. Универсальные САПР решают задачи проектирования без привязки к конкретным узлам, механизмам и элементам, в то время как специализированные САПР ориентированы на более узкий класс изделий или их составных частей – например, САПР электротехнических кабельных систем, САПР трубопроводов для промышленных объектов, САПР зубчатых передач и т. д.

Классификация САПР по уровню сложности решаемых задач

По уровню сложности решаемых задач и проектируемых изделий САПР традиционно принято делить на три группы – так называемых «легких», «средних» и «тяжелых» САПР.

САПР первой группы решают задачи двумерного или простого трехмерного проектирования, черчения и оформления документации. Конструкторские 2D-САПР такого типа представляют из себя фактически электронный кульман. Исторически это первые разработанные САПР общего применения, и их распространение достаточно широко и по сей день, в особенности в нашей стране. Причин для этого несколько: это и накопленный архив документации в виде 2D-чертежей и бумажных оригиналов, и кооперация со смежными организациями, зачастую также не оснащенными средствами 3D-проектирования, и, конечно, относительно высокая стоимость решения по переходу на 3D. Очень важно и то, что переход от 2D- к 3D-проектированию предусматривает обязательное изменение традиционного подхода к работе конструкторско-технологических подразделений предприятия, смену идеологии работы с данными, организацию эффективной совместной работы над проектом и управления электронным документооборотом. Поэтому зачастую, к сожалению, сдерживающим фактором оказываются инерционность мышления ответственных за принятие решений, недоверие и боязнь серьезных перемен в работе предприятия.

Системы «среднего» класса появились позже представителей остальных двух категорий, заняв промежуточное положение между 2D-САПР и сложными параметрическими САПР. Большую роль в их широком распространении и доступности на ПК типовых конфигураций стала разработка в начале 90-х гг. ядер моделирования ACIS и Parasolid, ставших основой многих САПР, в том числе активно использующихся и в настоящее время.

Обладая сходными с «тяжелыми» САПР возможностями по проектированию деталей и сборок, САПР этой группы не обладают таким же развитым инструментарием в области инженерного анализа и технологической подготовки производства, а также уступают старшим САПР в плане организации эффективной работы с очень большими по составу изделиями. Тем не менее многие из таких САПР в той или иной степени объединяют в себе функции CAD/CAM/CAE.

«Тяжелые» САПР являются мощными системами, практически не имеющими ограничений по уровню сложности разрабатываемых объектов. Их отличают:

- реализация полного цикла создания изделия – от замысла до производства;
- тесная интеграция с PLM- и ERP-системами, создание ассоциативной среды проектирования и производства для всех вовлеченных в проект специалистов, средства эффективного анализа изменений и управления ассоциативными связями в сборках;
- большой набор инструментов для организации эффективной работы с большими и сверхбольшими сборками (содержащими сотни тысяч компонентов);
- развитые возможности инженерного анализа (в частности, динамические анализы на механические воздействия, расчет тепловых полей с учетом всех механизмов теплообмена) и оптимизации конструкций на основе собственных решений и множества подключаемых специализированных модулей, наличие препроцессоров для передачи данных в специализированные решатели;
- множество инструментов обмена данными с другими САПР, в ряде случаев – двунаправленного, развитые механизмы работы с импортированной геометрией;
- трансляторы для подготовки управляющих программ практически для любого оборудования с ЧПУ.

В практической части данного учебного пособия будут рассмотрены возможности конструкторского проектирования в Solid Edge. Эта САПР проста в освоении и одновременно позволяет решить большинство задач, возникающих в конструкторских отделах приборостроительного предприятия.

1.2. Этапы проектирования изделий и работа с данными в 3D-САПР

Этапы разработки изделий с применением средств трехмерного проектирования. Конструкторско-технологическая информация об изделии, ее состав и структура. Концепция мастер-модели. Форматы данных в САПР. Организация обмена данными, протоколы и стандарты обмена информацией между различными САПР

Этапы разработки изделий с применением средств трехмерного проектирования

Как упоминалось в предыдущем разделе (см. рис. 1.1.1), основной части работ, связанных с 3D-проектированием, предшествуют составление технического задания на проектирование изделия и стадия технического предложения, на которой, в частности, выполняются следующие работы:

- разработка предварительных вариантов конструкции изделия;
- проведение предварительных расчетов вариантов конструкции и сравнительная оценка вариантов по показателям качества, надежности, технологичности и т. д.;
- анализ конкурирующих решений, оценка конкурентоспособности вариантов;
- проверка на патентную чистоту;
- технико-экономическое обоснование целесообразности разработки.

Хотя в перечисленных работах собственно 3D-проектирование носит ограниченный характер или не применяется совсем, ряд функций систем CAD и CAE может и должен задействоваться и на этих этапах. В качестве характерных примеров можно привести задачи составления схем (структурных, функциональных и прочих), построения моделей компоновки изделия, проведения предварительных прочностных, тепловых и прочих видов анализов на электронной модели. Для этих целей с помощью 3D-моделирования могут быть построены электронные макеты, на которых отрабатывается концепция изделия и сравниваются различные предварительные варианты конструкции.

Эти же макеты в электронном виде могут быть переданы для оценки заказчику или потенциальным потребителям. Несмотря на раннюю стадию проектирования, функции САПР, используемые на данном этапе, могут быть достаточно сложны и включать в себя, например, работу со сложными поверхностями, конечно-элементный анализ конструкций.

На основе результатов этих работ в PLM-системе в рамках электронной модели изделия будет формироваться набор требований к изделию и его составным частям, служащий основой для проектирования, оптимизации и производства на последующих стадиях.

Далее выполняются этапы эскизного, технического и рабочего конструкторского проектирования с требуемым уровнем проработки на каждом из этапов. Здесь с помощью средств 3D-проектирования (CAD) и инженерного анализа (CAE) выполняются следующие задачи:

- определяются состав и структура изделия;
- разрабатываются 3D-модели деталей и сборочных единиц;
- проводятся расчеты конструкций на механические, тепловые и прочие воздействия;
- выполняется оптимизация конструкции по различным критериям (например, минимизация массы, напряжений, деформаций и т. д.);
- оформляется конструкторская документация в виде схем, чертежей деталей, общего вида, сборочных, электромонтажных, габаритных и прочих спецификаций, ведомостей и т. д.

На этапе технологического проектирования САМ-система совместно с системой PLM и дополнительными модулями решает следующие основные задачи технологической подготовки производства:

- разрабатываются технологические процессы изготовления деталей и сборки;
- выбирается/разрабатывается/изготавливается оборудование и технологическое оснащение;
- выпускаются управляющие программы для оборудования с ЧПУ;
- анализируются размерные цепи, качество собираемости изделия, выпускаются управляющие программы для контрольно-измерительного оборудования;
- проводятся имитационное моделирование, анализ и оптимизация процессов обработки и сборки с учетом выбранного оборудования, оснащения, материалов и инструмента;
- анализируются компоновка производственного участка, производительность, использование ресурсов, транспортные операции.

Конструкторско-технологическая информация об изделии, ее состав и структура

В изучаемой в данном учебном пособии САПР Solid Edge вся информация об изделии построена на основе принципа мастер-модели. Этот принцип предусматривает принятие исходной модели, разработанной конструктором, в качестве базового источника всех данных об изделии. Вся дальнейшая конструкторская и технологическая работа над проектом изделия проводится на основе этой мастер-модели, вносить изменения в которую может только непосредственно автор-конструктор модели. Остальные разработчики, технологи, производственники используют не саму мастер-модель, а ее ассоциативные копии, внося в них необходимые изменения. Такой же подход на основе мастер-модели применяется и в PLM-системе Teamcenter. Благодаря этому становится возможным:

- устранить необходимость повторного моделирования, например одной и той же детали, в целях проведения инженерного анализа и подготовки производства;
- осуществлять параллельную работу САЕ- и САМ-систем над одним проектом и двусторонний обмен данными с САД-системой, поддерживая ассоциативные связи и управляя изменениями;
- обеспечивать управляемую работу над проектом группы специалистов различного профиля и местоположения;
- поддерживать целостность и непротиворечивость данных, управлять доступом к информации, осуществлять поиск среди больших объемов данных в рамках единой информационной среды предприятия.

ГОСТ 2.053–2006 «Электронная структура изделия. Общие положения» определяет электронную структуру изделия как конструкторский документ, содержащий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта, иерархические отношения (связи) между его составными частями и другие данные в зависимости от его назначения. При этом информационная модель изделия представляет собой совокупность данных и отношений между ними, которая описывает различные свойства реального изделия, интересующие разработчика модели и потенциального или реального пользователя.

Стандарт выделяет несколько разновидностей электронной структуры изделия: функциональную, конструктивную, производственно-технологическую, физическую, эксплуатационную и совмещенную (комплексную).

Конструкторская модель изделия в изучаемой САПР Solid Edge состоит из ассоциативно связанных между собой моделей деталей, сборочных единиц, конструкторской документации, инженерных анализов, технологических данных.

В состав детали входят следующие основные элементы:

- геометрические конструктивные элементы – 2D (эскизы) и 3D (тела, грани, поверхности), системы координат, включая базовые плоскости, оси и точки начала;
- геометрические связи – 2D (в эскизах) и 3D;
- атрибуты модели (материал, размеры, допуски, обозначения), в том числе технологические требования к изделию (Product Manufacturing Information, PMI) – шероховатости, допуски формы и расположения и т. д.;
- атрибуты документа (система единиц измерения, данные о предприятии, авторе, кто разработал, проверил, утвердил документ, статус документа и т. д.);
- физические параметры (масса, объем, площадь поверхности, центр массы, моменты инерции и т. д.);
- математические зависимости между параметрами модели.

Для модели сборочной единицы дополнительно определяются:

- структура сборки – иерархическое дерево компонентов сборочной единицы (деталей и подборок), в том числе виртуальные компоненты (при проектировании сверху вниз);
- сборочные связи между компонентами сборки;
- параметры отображения сборки (конфигурация отображения, разнесенные виды, закрашка, анимация механизмов);
- исходные данные и результаты анализа собираемости, кинематики, динамики сборки;
- дополнительные параметры – например, параметры кабельных и трубопроводных соединений в сборке.

Для элемента конструкторской документации в зависимости от типа документа определяются:

- виды, разрезы, сечения;
- дополнительные 2D-построения;
- размеры, обозначения;
- спецификации, ведомости, таблицы и т. д.;
- дополнительная информация – например, параметры монтажного стола, виды разъемов, таблицы проводников, контактов (в случае развертки электропроводки).

В модели для инженерного анализа (CAE) содержатся:

- данные по идеализации модели для подготовки ее к анализу;
- данные подготовленной расчетной модели (например, конечно-элементной);
- данные пре- и постпроцессинга (исходные данные анализов, результаты расчетов, параметры визуализации);
- переменные, критерии, ограничения и результаты оптимизации модели.

В САМ-системе с участием системы PLM формируется следующая основная технологическая информация:

- технологический состав и структура изделия;
- маршрутный и операционный техпроцесс изготовления деталей/сборки;
- технологические схемы сборки;
- оборудование и технологическое оснащение;
- управляющие программы для оборудования с ЧПУ.

Вся конструкторско-технологическая информация об изделии хранится в PLM-системе Teamcenter в виде структурированного набора объектов, ассоциативно связанных между собой, а управление этими данными также построено на концепции мастер-модели. Реализуется объектно-ориентированная модель данных об изделии, включающая в себя следующие объекты:

- «Изделие» со своим уникальным идентификатором;
- «Мастер-форма» для хранения атрибутов изделия;

- «Модификация изделия» для описания модификации изделия;
- «Мастер-форма модификации изделия» для хранения атрибутов модификации изделия.

Вся описывающая изделие информация, в частности 3D-модели, выполненные в различных CAD-системах, вспомогательные документы, выполненные в офисных приложениях, и т. п., хранится в модификации изделия в виде наборов данных. В рамках такого подхода легко реализуется вариантное проектирование, описывающее семейства деталей и сборок, а также различные исполнения одного и того же изделия.

Форматы, организация и стандарты обмена данными

Эффективная работа в рамках системы PLM невозможна без достижения соглашения о формате представления проектных данных и обмена ими между всеми участниками жизненного цикла изделия. В настоящее время в САПР машиностроения используется несколько десятков стандартов представления данных, некоторые из них являются собственными форматами разработчиков САПР, прочие же представляют собой кросс-платформенные форматы, служащие для обмена информацией между различными САПР. Данные в формате конкретной САПР могут быть использованы в другой системе после преобразования с помощью специализированного конвертора или системы трансляции данных (если такие конверторы и алгоритмы преобразования существуют и поддерживаются), кросс-платформенные же форматы не имеют привязки к конкретной САПР и предусматривают универсальную поддержку экспорта/импорта информации в данном формате в различных системах.

Международная ассоциация ProSTEPiViP, ведущая многолетние работы в области стандартизации управления данными и создания виртуальной модели изделия, выделяет несколько основных критериев оценки форматов:

1. **Визуализация проектных данных и переносимость документов.** Важно для эффективного представления информации об изделии, прежде всего в 3D-виде, за пределами специализированных подразделений разработчика и производителя – например, в рамках презентации, на ПК заказчика, субподрядчика и т. д. без установленных САПР- и PLM-систем, применяемых для разработки изделия. В этом отношении от формата требуется независимость от исходной модели в САПР и развитые возможности по настройке отображения (скрытие, показ, фильтрация).
2. **Обмен данными.** Формат должен быть универсальным средством обмена данными в ситуациях, когда разработка изделия проводится в мультиплатформенной среде САПР, а также в случае, когда собственные форматы САПР заказчика и поставщика различаются. Необходима безошибочная передача геометрии и структуры изделия, атрибутов, технологических требований к изделию в различные САПР.
3. **Поддержка электронной модели изделия.** Информация в данном формате должна пониматься PLM-системами и легко интегрироваться в электронную модель изделия.
4. **Документирование и архивирование.** Здесь важны актуальность и длительное время жизни формата с точки зрения обеспечения долгосрочного хранения данных об изделии и обеспечения доступа к ним при вероятном развитии и изменении инфраструктуры обмена данными в будущем.

Среди распространенных кросс-платформенных форматов, согласно приведенным выше критериям, можно выделить следующие:

- STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data – стандарт обмена данными модели изделия) – широко распространенный в системах CAD/CAM/CAE стандарт обмена данными, ведущий свою историю с начала 80-х гг. XX в. и документированный в настоящее время в виде группы стандартов ISO 10303 (в РФ – ГОСТ Р ИСО 10303 «Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными»). На основе этой группы стандартов описывается электронная модель изделия в ГОСТ 2.052–2006, структура изделия в ГОСТ 2.053–2006). Поддерживается Международной ассоциацией ProSTEPiViP. Цель стандарта – обеспечить единое описание и интерпретацию данных об изделии на различных этапах жизненного цикла. Основан на языке моделирования Express.
- Облегченные форматы, основанные на языке XML и обеспечивающие мобильность передачи информации о жизненном цикле изделия между удаленными территориально группами пользователей. Такие форматы реализуют гибкие механизмы передачи больших объемов данных через Интернет в компактном и удобном для представления в других приложениях виде. В качестве примеров можно привести развивающийся в настоящее время формат PLMXML (Siemens PLM Software) на базе стандартных схем W3C XML, а также формат 3D XML на основе спецификаций P-XVL.
- 3D PDF – формат описания 3D-моделей документирован в стандарте по техническим документам PDF для проектирования PDF/E (ISO 24517). Формат обеспечивает реалистичную 3D-визуализацию модели с возможностью настройки отображения, поддерживает структуру, атрибуты и технологические требования к изделию.

- DWF, 3DDWF (DesignWebFormat) – формат обмена проектными 2D- и 3D-данными в территориально распределенном коллективе, независимо от используемой САПР. Отличается большим числом типов используемых данных.
- eDrawings – формат обмена данными по электронной почте в виде компактных исполняемых файлов. Работает с 2D- и 3D-моделями и чертежами, созданными в различных САПР.
- JT – открытый формат описания 2D- и 3D-данных, разработка компании Siemens PLM Software. Формат ориентирован на использование в PLM-системе Teamcenter. Хранит в сжатом и компактном виде геометрию, атрибуты, технологическую информацию об изделии, данные инженерного анализа и обеспечивает доступ к этой информации на всех этапах жизненного цикла. Содержит развитые механизмы интерактивного отображения больших сборок. Файл JT создается на основе данных, экспортированных из различных САПР, а также информации об изделии, которая создается в самой PLM-системе. Благодаря этому формату в PLM-системе облегчается представление данных электронной модели изделия, разрабатываемой с использованием различных САПР в различных подразделениях.

Кросс-платформенный формат IDF, служащий для обмена данными между САПР электронной и механической частей изделия, будет подробно рассмотрен в разделе 2.11.

1.3. Подходы к проектированию. Обзор САПР Solid Edge

Подходы к 3D-проектированию: параметрическое (с деревом модели) и прямое (работа с геометрией). Проектирование с использованием синхронной технологии и ее реализация в САПР Solid Edge. Место Solid Edge в ряду современных САПР, возможности, решаемые задачи, состав и структура модулей. Особенности применения САПР Solid Edge для решения задач проектирования электронной аппаратуры

Современные подходы к 3D-проектированию

С переходом от простых конструкторских 2D-САПР, представлявших собой аналог «электронного кульмана», к разработке трехмерных твердотельных моделей изделий первым реализованным принципом стало проектирование моделей на основе конструктивных элементов (features), смоделированных на основе граничных представлений (B-rep). Этот подход возник в результате стремления совместить конструирование изделия и технологическую подготовку его производства – каждый тип конструктивных элементов (элементы выдавливания, отверстия, фаски и т. д.) в этом случае представлялся образом технологической операции формообразования (точения, фрезерования, сверления и т. д.) и снабжался набором методов для создания, удаления и редактирования. При этом геометрия конструктивного элемента, его связи и взаимоотношения с другими элементами модели описывались системой параметров, задаваемых непосредственно в виде численных значений, геометрических связей, ограничений и математических зависимостей (уравнений и их систем). Такой подход, пионером которого на рубеже 80-х – 90-х гг. XX в. выступила компания Parametric Technology Corporation (PTC) со своей САПР Pro/Engineer, получил название параметрического (parametric) проектирования и на долгие годы стал де-факто стандартом для САПР изделий машиностроения. Среди примеров подобных САПР можно отметить такие продукты, как Solid Works, CATIA, Inventor, T-FLEXCAD и прочие.

В ходе развития параметрических САПР преобладающим подходом к параметрическому проектированию стало проектирование на основе истории модели (history-based), называемое также проектирование с *деревом построения* (tree). Когда говорят о параметрическом проектировании, как правило, речь идет именно о проектировании с деревом построения.

В рамках проектирования на основе истории реализуется прямая и однозначная зависимость между параметрами, задающими новые геометрические элементы, и построенными ранее элементами модели. Модель иерархически организуется в виде линейного дерева (рис. 1.3.1), отражающего последовательность ее построения и связи вида «родитель–потомок». Изменение параметров или расположения какого-либо конструктивного элемента внутри дерева вызывает рекурсивный пересчет всех элементов-потомков изменяемого элемента и адаптацию их к внесенным изменениям.

Среди несомненных достоинств такого подхода можно выделить:

- четкую и однозначную реализацию замысла, заложенного конструктором изделия, в конструктивных элементах и их иерархии;
- эффективное и предсказуемое обновление (регенерацию) параметрической модели при внесении изменений;
- высокую степень автоматизации проектирования;
- точный контроль размеров.

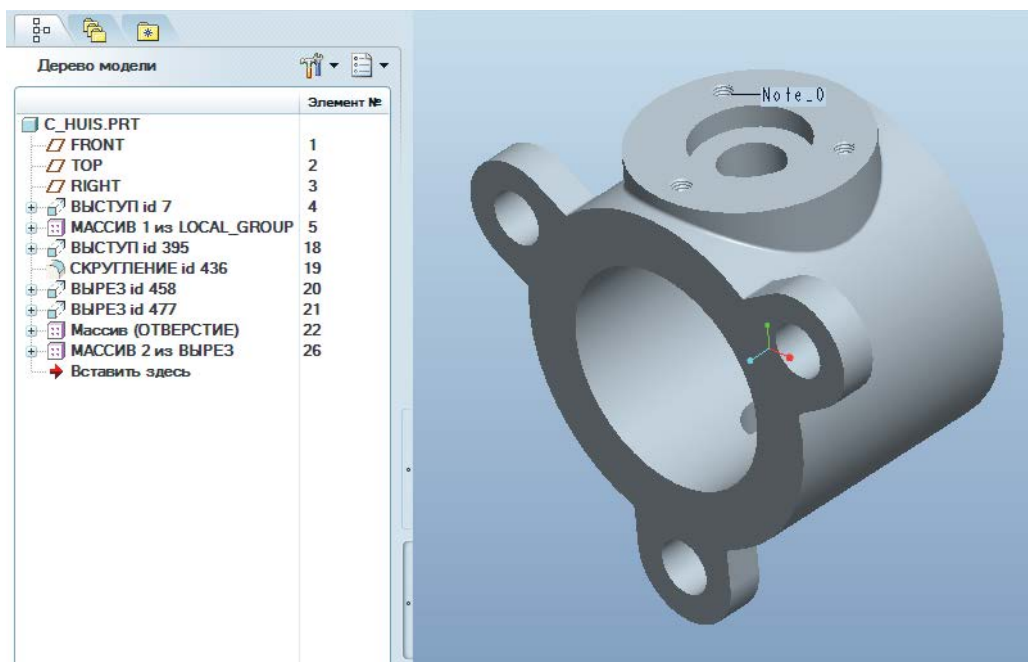


Рис. 1.3.1. Пример создания модели с деревом построения

Тем не менее в современных условиях роста сложности создаваемых изделий, при возникновении ряда специфических задач проектирования, появлении необходимости эффективного обмена данными между САПР различных производителей и редактирования «чужой» геометрии, выявился и ряд недостатков параметрического проектирования, среди которых можно выделить следующие:

- понимание поведения модели требует детального изучения дерева ее построения, зачастую полным знанием о модели обладает только ее непосредственный разработчик;
- изменение конструкторского замысла в процессе проектирования сопряжено со значительными изменениями дерева модели, а в ряде случаев оказывается принципиально невозможным и ведет к необходимости полного перепроектирования модели;
- значительное время затрачивается на поиск и локализацию необходимого конструктивного элемента в дереве построения;
- желание изменить геометрию конструктивного элемента, как правило, влечет за собой необходимость проводить изменения на уровне эскиза;
- даже незначительные изменения геометрии сложных сборок могут приводить к непредсказуемым последствиям для геометрии и возникновению ряда трудно поддающихся исследованию и разрешению ошибок (коллизий);
- большие затраты времени на цикл обновления модели после внесения изменений;
- возможная несовместимость внесенных изменений с параметрами элементов-потомков вызывает необходимость зачастую сложного и затратного по времени исследования и исправления модели, что особенно вероятно для больших сборок с развитым деревом построения и сложными параметрическими зависимостями;
- невозможность организации циклических зависимостей между параметрами;
- потеря истории построения при переносе файла модели между различными САПР; причем полностью восстановить ее автоматизированными методами, как правило, невозможно.

Параллельно с параметрическим проектированием развивался и второй подход – без дерева построения, или *прямое* моделирование. Такие системы не используют конструктивных элементов и практически не поддерживают управления моделью при помощи размеров и геометрических взаимосвязей. Редактирование в них выполняется за счет непосредственно перемещения граничных элементов (граней модели).

Несмотря на очевидные достоинства систем прямого моделирования, заключающиеся прежде всего в высокой гибкости проектирования и быстром внесении изменений в геометрию, широкое распространение данного подхода сдерживалось рядом не менее очевидных недостатков, среди которых можно отметить:

- трудности с построением сложной геометрии;

- трудность обеспечения контроля размеров;
- значительность изменения модели в результате операции редактирования, зачастую приводящую к искажению конструкторского замысла;
- невозможность ограничить внесение изменений, нарушающих структурную целостность модели.

В связи с указанными недостатками обоих подходов наметилась необходимость поиска альтернативных решений, способных объединить достоинства описанных выше подходов и по возможности исключить недостатки. Одним из кандидатов на такое решение стало так называемое *вариационное* моделирование, в рамках которого конструктивный элемент задается пространственными отношениями между граничными элементами, определяющими его конструктивную форму, то есть геометрическими ограничениями (касательность, параллельность, перпендикулярность, концентричность и т. д.). Эту систему ограничений необходимо динамически поддерживать в процессе изменения геометрии модели. До определенного времени подобные решения применялись исключительно для двумерного эскизирования и построения связей «сверху вниз» для сборок, не охватывая трехмерного моделирования. Ситуация изменилась с появлением синхронной технологии, которая смогла распространить вариационный подход к моделированию на всю цепочку проектирования изделия.

Синхронная технология

Термин «синхронная технология» был введен в обращение в 2008 г. разработчиком – компанией Siemens PLM Software – в качестве наименования предлагаемого решения, позволяющего совместить строгое управление процессом проектирования с деревом моделей и его воспроизводимость с той свободой и гибкостью для проектировщика, которую предоставляют системы свободного моделирования. То есть фактически синхронная технология позволяет применять функционал прямого моделирования в параметрической среде (рис. 1.3.2). Для ее реализации система Solid Edge® от Siemens PLM Software использует возможности геометрического ядра Parasolid® с надстройкой в виде 2D/3D-решателя геометрических связей D-CUBED™.



Рис. 1.3.2. Синхронная технология как принцип, объединяющий подход к проектированию на основе истории и системы прямого моделирования

Рассмотрим основные принципы, лежащие в основе синхронной технологии.

1. Управляющие 3D-размеры

При традиционном подходе создание/редактирование простого 3D-элемента выполняется при помощи поэтапного задания/изменения геометрии его 2D-эскиза и параметров построения. Синхронная технология реализует принципиально иной подход – построение 2D-эскиза происходит непосредственно в среде 3D-моделирования, то есть эскиз строится в 3D-пространстве модели, и здесь же накладываются геометрические ограничения. Построенная на базе такого эскиза 3D-геометрия как бы «поглощает» эскиз, а заданные в нем размеры мигрируют в 3D-модель и становятся так называемыми *управляющими 3D-размерами*, с помощью которых можно непосредственно и динамически управлять геометрией 3D-модели, не обращаясь к более не нужному 2D-эскизу (рис. 1.3.3). Данный эскиз помещается в специальную коллекцию «Использованные эскизы», откуда может быть удален или взят для повторного использования. Эскиз, таким образом, больше не управляет построенным конструктивным элементом. Управляющие 3D-размеры подразделяются на фиксированные (выделены красным цветом) и свободные (выделены синим цветом). Обе эти группы размеров допускают редактирование пользователем, но первые не

могут изменяться в результате внешнего управления, например вследствие перемещения граней. Сочетание применения размеров этих двух видов позволяет гибко управлять геометрией и вместе с тем поддерживать конструкторский замысел, оставляя фиксированными контролируемые размеры (рис. 1.3.4). При этом не имеют значения история построения модели и место создаваемого/изменяемого конструктивного элемента в ней, то есть порядок добавления размеров и связей остается исключительно на усмотрение конструктора. Значения размеров могут задаваться непосредственно на модели, а также браться из уравнений и внешних таблиц.

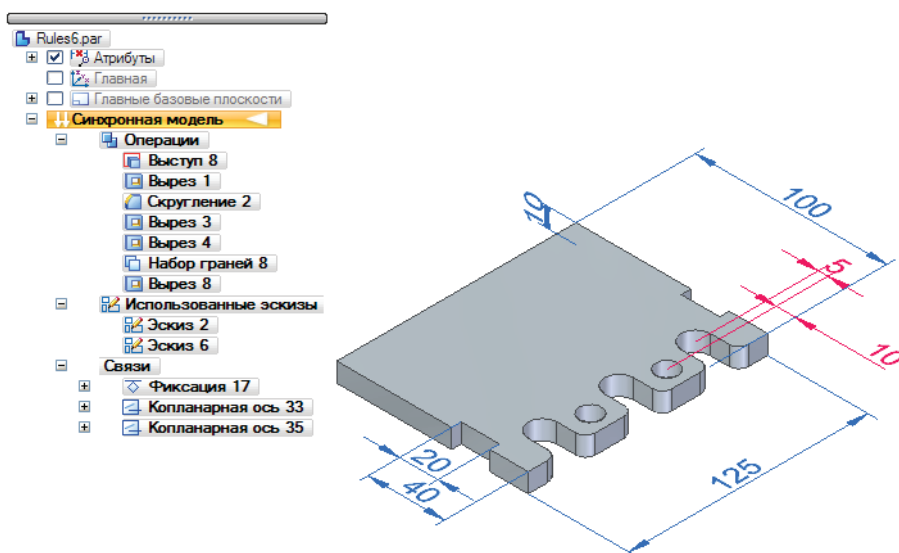


Рис. 1.3.3. Пример создания конструктивного элемента в среде синхронной технологии

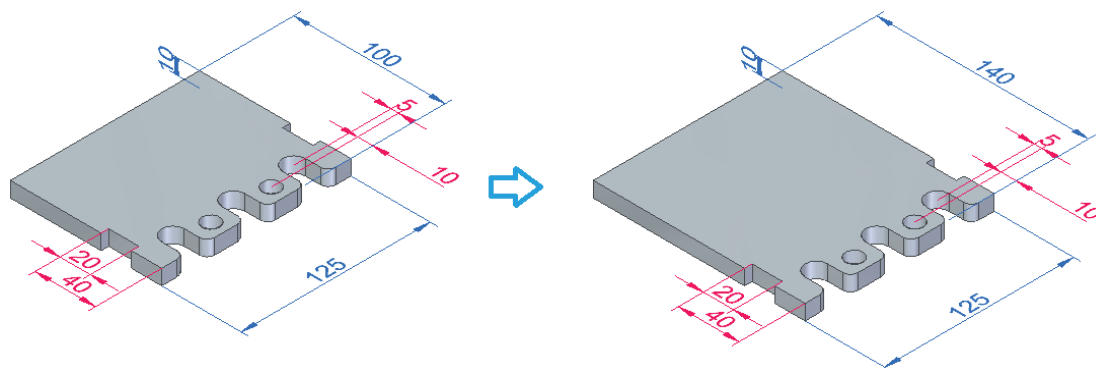


Рис. 1.3.4. Пример редактирования управляющих 3D-размеров

2. 3D-связи

На конструкцию модели, в том числе и на импортированную геометрию, можно накладывать 3D-связи, полностью аналогичные 2D (симметрия, копланарность и т. д.). Группа этих связей помещается в специальную коллекцию «Связи» синхронной модели. Благодаря таким связям осуществляется параметризация любой геометрии в необходимом объеме, без накладывания лишних ограничений (рис. 1.3.5).

3. Развитые механизмы работы с импортированной геометрией

Разнообразие решаемых задач и направлений проектирования изделий, а также существующих на рынке и применяемых на различных предприятиях САПР и, соответственно, форматов данных часто ставит перед проектировщиками задачу, подразумевающую импорт в свою САПР модели изделия в стороннем формате – то есть в формате заказчика или, например, аутсорсинговой компании. Работа с данными такого стороннего формата в САПР разработчика, как правило, невозможна – требуется процедура конвертации данных в «родной» формат, при котором неизбежно полностью или частично теряется информация о конструктивных элементах и дереве построения.

Синхронная технология позволяет импортировать стороннюю геометрию из различных форматов и работать с ней, адаптируя под необходимые требования, так же легко, как и с геометрией, созданной в «родной» системе.

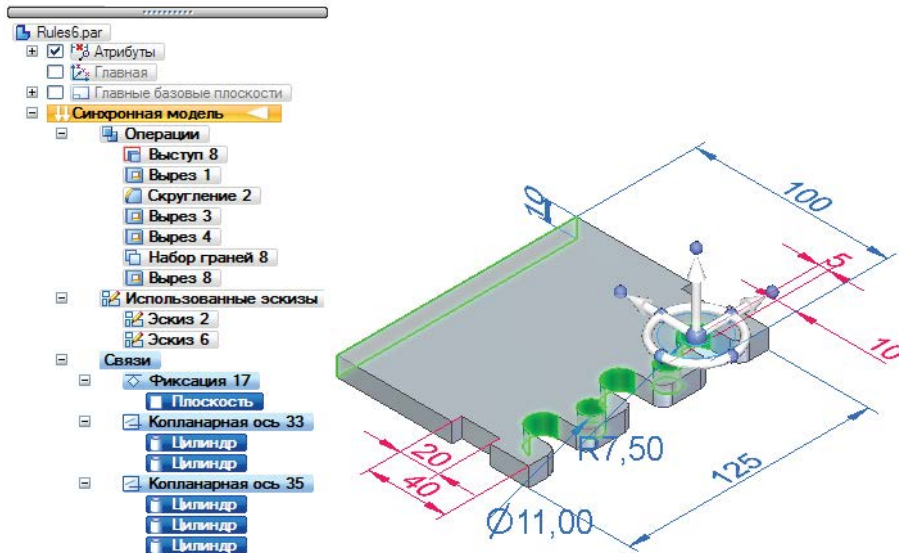


Рис. 1.3.5. Пример наложения необходимого и достаточного для реализации конструкторского замысла числа 3D-связей на геометрию модели

Поскольку отсутствуют жесткие ограничения на поддержание дерева модели и иерархии конструктивных элементов, импортируемая геометрия рассматривается системой как собственная, с небольшими ограничениями.

4. *Технология автоматического нахождения и поддержания связей в 3D-модели – «Текущие правила»*

Данная технология является одной из основ синхронного моделирования. Пользователю не нужно задавать геометрические связи вручную – система сама выполнит их поиск и будет отслеживать при изменении 3D-геометрии модели. Это позволяет автоматически поддерживать конструкторский замысел, повышает гибкость редактирования и избавляет пользователя от необходимости самому накладывать очевидные геометрические ограничения на модель (например, копланарность граней при перемещении одной из них на рис. 1.3.6). По умолчанию поддерживаются поиск и отслеживание таких связей, как горизонтальность/вертикальность, копланарность, касательность, концентричность, симметрия. При необходимости набор связей может быть расширен (добавлены параллельность, перпендикулярность, равенство радиусов и прочее). Важно, что этот принцип работает и с импортированными данными (рис. 1.3.7). Автоматическое распознавание связей значительно облегчает, в частности, редактирование геометрии групп элементов – выполнение действия над одним из элементов группы автоматически применяет его и к остальным.

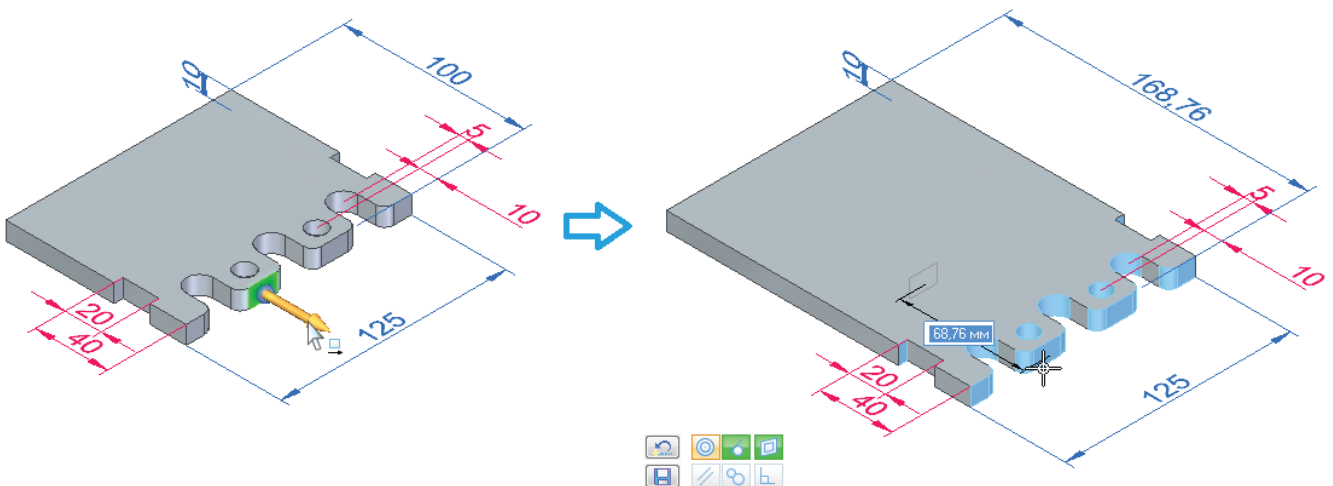


Рис. 1.3.6. Пример автоматического поддержания конструкторского замысла при изменении геометрии моделей за счет отслеживания 3D-связей

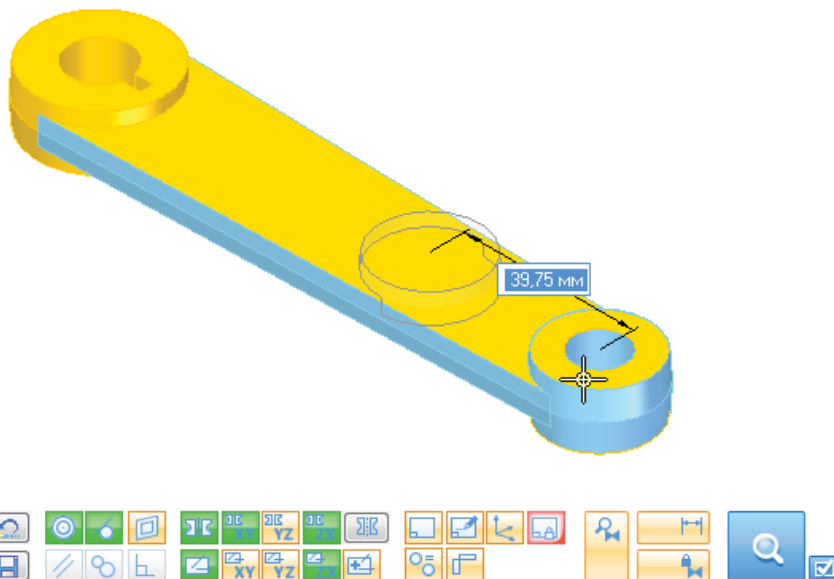


Рис. 1.3.7. Пример распознавания «чужой» геометрии и автоматического наложения 3D-связей

5. *Хранение конструктивных элементов в коллекции*

Синхронная технология предусматривает хранение конструктивных элементов, представляющих собой набор граней, не в дереве модели, а в коллекции (рис. 1.3.8). Отсюда следует еще одна важная особенность синхронной технологии – возможность локальной перестройки модели (изменения порядка, перетаскивания граней, изменения значения 3D-размера) только там, где это необходимо, без полного пересчета модели. Это дает проектировщику возможность сосредоточиться на конструкторском замысле, а не на поиске наиболее эффективного способа модификации модели. То, что при пересчете модели во внимание принимаются не все присутствующие в ней ограничения и связи, а только те из них, которые непосредственно задействованы в изменяемых конструктивных элементах, существенно сокращает время обновления модели.

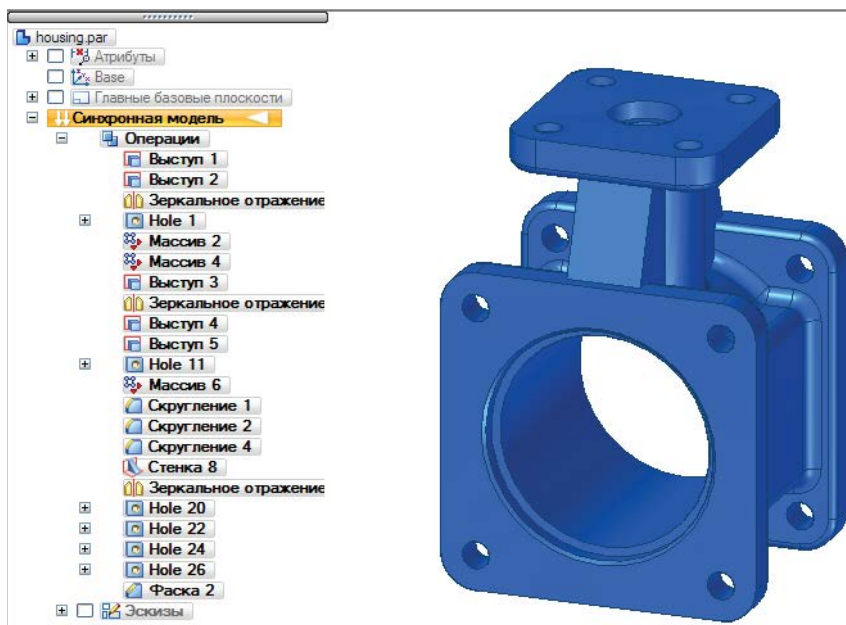


Рис. 1.3.8. Коллекция конструктивных элементов

6. Процедурные конструктивные элементы

Для построения сложных конструктивных элементов, требующих определенного уровня параметризации, в рамках синхронной технологии присутствует механизм процедурных элементов. К таким элементам относятся, в частности, отверстия, тонкостенные оболочки, массивы, фаски/скругления и прочее. Построение подобных элементов ведется с помощью диалогового процесса задания параметров, а не прямого моделирования (рис. 1.3.9). Например, для отверстия задаются его тип, размер и расположение, для оболочки – толщина, для скругления – радиус и т. д. Полученные элементы, однако, не связываются друг с другом отношениями «родитель–потомок», поэтому их редактирование не ведет к перестройке всей модели, и она может обновляться локально.

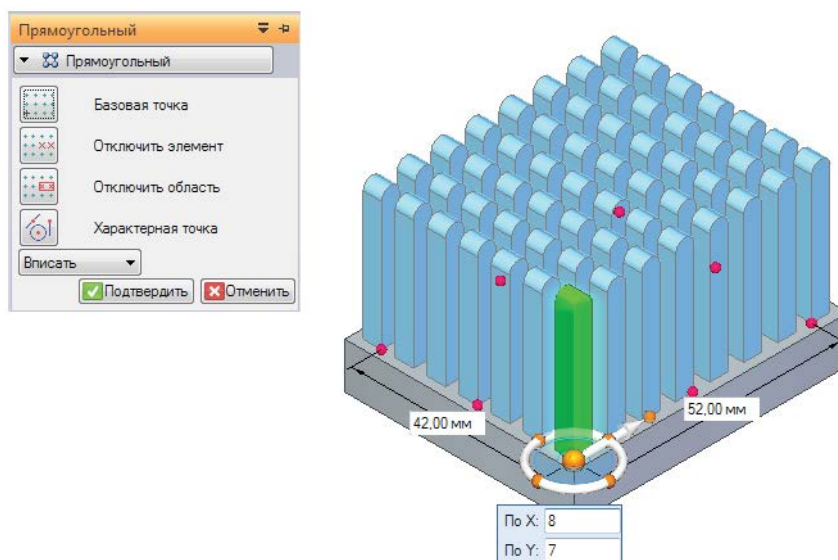


Рис. 1.3.9. Пример построения сложного процедурного элемента – массива

Подводя итог, можно заключить, что синхронная технология позволяет реализовать более естественный подход к проектированию, чем традиционное параметрическое проектирование. Она дает возможность вносить в конструкцию ограничения и накладывать геометрические и размерные связи по мере построения модели, оставляя не нужные на данном этапе связи и размеры неопределенными. Проектировщику нет необходимости обладать законченным конструкторским замыслом на начальном этапе проектирования – этот замысел может реализовываться постепенно, подвергаться изменениям и гибко трансформироваться в широких пределах непосредственно во время проектирования.

Свое воплощение синхронная технология нашла в широком спектре решений компании Siemens PLM Software, одним из которых является рассматриваемая в данном учебном пособии САПР Solid Edge. При этом важно отметить, что данная система объединяет синхронным и параметрическим подходом в рамках одной модели. Пользователь может строить относительно простые конструктивные элементы в синхронном режиме, а для реализации сложной геометрии переключаться в параметрический режим, используя геометрию синхронной части модели для добавления параметрических конструктивных элементов. Возможно перемещение элементов из обычной части модели в синхронную с конвертацией их «на лету». Также возможна и работа с полностью параметрической моделью, если в ней отсутствует синхронная часть. Таким образом, гарантируется совместимость синхронной технологии с проектами, разработанными ранее в полностью параметрической среде (рис. 1.3.10).

Место Solid Edge в ряду современных САПР. Возможности, решаемые задачи, состав и структура модулей

Solid Edge – система автоматизированного проектирования от Siemens PLM Software, предназначенная для проектирования изделий в таких областях, как машиностроение, приборостроение, энергетика, электроника, проектирование технологических линий, производство технологической оснастки, потребительских товаров и др.

Solid Edge состоит из нескольких модулей – так называемых *сред*, каждая из которых отвечает за один из аспектов или этапов автоматизированного проектирования изделий. Кратко рассмотрим состав сред системы Solid Edge.

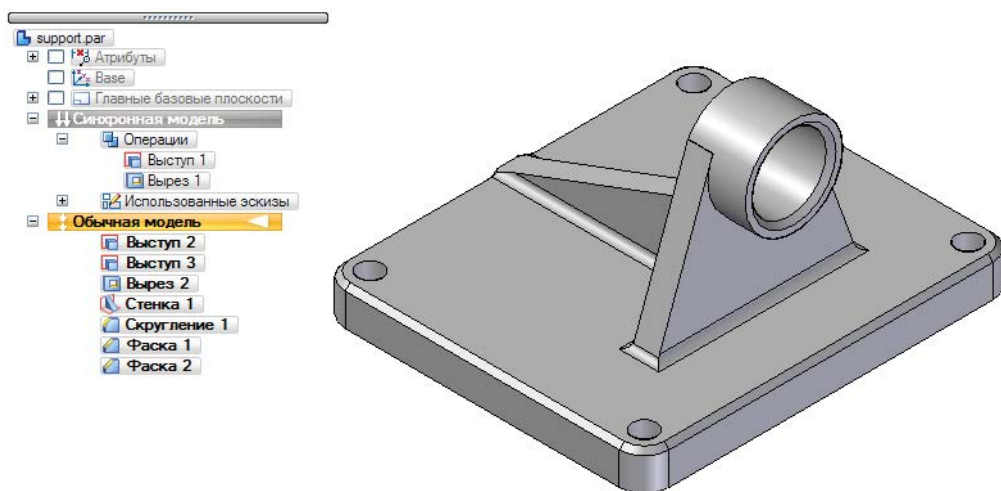


Рис. 1.3.10. Пример модели, содержащей синхронные и обычные конструктивные элементы

1. Основная среда проектирования в Solid Edge носит наименование **Деталь** и, как следует из названия, предназначена для проектирования моделей различных деталей с учетом технологии ее изготовления. В процессе проектирования конструктор создает модель из конструктивно-технологических элементов, последовательно воплощая замысел.
2. Для решения задачи автоматизации проектирования деталей из листовых материалов предназначена специальная среда **Листовая деталь**. Среда позволяет проектировать детали непосредственно в контексте сборки, а также автоматически получать развертки на такие детали.
3. Среда **Сборка** позволяет конструктору собирать и компоновать сборочные узлы из деталей и подборок методами «снизу вверх» и «сверху вниз». В этой среде возможна отработка вариантного проектирования с анализом различных конструктивных решений, а также быстрая замена деталей согласно запомненному методу размещения. Поддерживается работа с семействами сборок, что дает возможность вести параллельную работу над конструктивными вариантами одного и того же изделия, отличающимися как набором, так и взаимным расположением компонентов сборки. В контексте сборки есть возможность проектирования детали, адаптирующейся к окружающей геометрии сборки.
4. В среде **Чертеж** инженер создает конструкторскую документацию на свою деталь или сборку с обеспечением ассоциативной связи чертежей и моделей. Помимо основного набора средств выполнения видов, разрезов, сечений, простановки размеров и поясняющих надписей, среда отслеживает изменения в моделях и оповещает о них, а также обладает механизмом восстановления моделей по имеющимся чертежам в электронном виде. Система Solid Edge обладает полной поддержкой ЕСКД в части построения видов, разрезов, сечений, выполнения различных обозначений, системы допусков и посадок и прочего, а также содержит предварительно настроенные шаблоны и форматы документов, шрифты и спецсимволы, выполненные в соответствии с ЕСКД.
5. За выполнение инженерных расчетов и анализ конструкций отвечает среда **Solid Edge Simulation** совместно с решателем NX™ NASTRAN и системой построения конечно-элементных моделей Femap™. Среда позволяет анализировать статическую прочность конструкций, формы собственных колебаний, устойчивость, теплообмен в стационарном режиме.
6. Для создания разнесенных видов, отражающих последовательность сборки, ее состав и взаимосвязи сборочных компонентов, существует специальная среда **Разнесение – Закраска – Анимация**. Созданные с ее помощью трехмерные виды и чертежи используются при составлении руководств по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту изделий, а фотореалистичные изображения изделий с наложенными текстурами при различных моделях освещения – в рекламных брошюрах, каталогах и презентациях. Среда полностью ассоциативна – все изменения сборки отражаются на ее разнесенном виде. Она поддерживает возможности анимации работы механизмов и последовательности сборки-разборки, что повышает наглядность пособий, создаваемых для инженеров по эксплуатации и обслуживанию изделий.
7. Проектирование кабельной и жгутовой разводки в составе конструкции изделия производится в Solid Edge в рамках среды **Электропроводка**. Основой для проектирования служит электрическая схема, созданная в специализированных электротехнических САПР, из которой вычленяются список компонентов и таблица соединений. Далее автоматически прокладываются трассы проводов и кабелей, которые пользователь затем объединяет в жгуты.
8. Среда **Рамные и ферменные конструкции** автоматизирует процесс проектирования сварных металлоконструкций из стандартных профилей (уголков, двутавровых балок, швеллеров, труб и т. д.).
9. Среда **Пресс-формы** дает возможность создавать законченные комплекты технологического оснащения для литья деталей из пластмасс.

Особенности применения САПР Solid Edge для решения задач проектирования электронной аппаратуры

Тенденции современного машино- и приборостроения предусматривают расширение присутствия электроники в разрабатываемых и выпускаемых изделиях. Редкое современное изделие обладает исключительно механической составляющей – необходимость обеспечения контроля, мониторинга, управления требует внедрения в продукцию электронной составляющей в виде модулей и блоков электропитания, управления, датчиков, преобразователей, кабельной разводки, элементов индикации, коммутации и управления. Ярким примером такого подхода служат современные мехатронные устройства, построенные на принципах тесной интеграции электромеханических компонентов с силовой электроникой и блоками управления. В классе миниатюрных приборов можно отметить активное развитие такого класса устройств, как MEMS (микроэлектромеханические системы, МЭМС), где в одном миниатюрном модуле функционально и структурно объединены электронные и механические компоненты. Еще одним примером является набирающая популярность технология изготовления электронных модулей на базе литых монтажных оснований – технология 3D-MID.

Проектирование подобных устройств невозможно реализовать исключительно при помощи САПР одного из типов по функциональному назначению – САПР изделий электроники (ECAD) или механических узлов (MCAD). Как правило, все механические компоненты мехатронных систем проектируются в машиностроительных САПР, так как САПР электроники не обладают необходимым функционалом. В свою очередь, MCAD-системы не обладают специфическими для изделий на печатных платах возможностями по трассировке печатных плат, размещению компонентов и т. д., поэтому разработка электронных модулей проводится в специализированных ECAD-системах. Следует отметить, что вследствие высокой сложности проектов разработки мехатронных изделий, а также привлечения к работе коллективов специалистов-проектировщиков устройств различного технического характера необходимо обеспечить двунаправленную связь и обмен данными между такими коллективами для реализации параллельной работы над проектом (сквозного проектирования) и ускорения сроков вывода нового изделия на рынок.

Помимо класса мехатронных устройств, обширную номенклатуру современных выпускаемых изделий составляют классические изделия электронной техники различного бытового, промышленного и военного назначения – модули первого уровня на печатных платах, второго уровня – электронные блоки, третьего – шкафы, пульта и стойки электронной аппаратуры.

Для реализации проектирования перечисленных устройств САПР должна обладать следующими основными возможностями:

1. Разрабатывать модели деталей и сборочных единиц, проводить компоновку аппаратуры.
2. Реализовывать двунаправленный обмен данными между САПР разработки электронной и механической частей изделия.
3. Проводить инженерные расчеты на механические, электромагнитные и тепловые воздействия, осуществлять оптимизацию конструкции с обеспечением заданного допустимого уровня механических нагрузок и электромагнитных помех, а также тепловых режимов эксплуатации оборудования.
4. Проводить проектирование электрических межсоединений – кабельной и жгутовой разводки.
5. Проводить проектирование корпусных изделий.
6. Проводить проектирование оптических и оптомеханических систем.
7. Обеспечивать выпуск конструкторской документации в соответствии с требованиями ЕСКД и внутренними стандартами предприятия.
8. Уметь работать с широкой номенклатурой стандартных и покупных изделий: электронных компонентов, печатных плат, электродвигателей и электромеханических приводов, разъемов и прочим.
9. Обеспечивать вариантное проектирование – выпуск новых изделий с измененными характеристиками на базе имеющихся моделей – и управлять частым внесением изменений в конструкцию в связи с заменой компонентов.

При проектировании электронных и электромеханических устройств конструктор, как правило, сталкивается с рядом специфичных для своей отрасли требований и ограничений:

1. Проектирование изделий при жестких ограничениях ТЗ на компоновку узлов, максимальную массу и/или занимаемый аппаратурой объем.
2. Необходимость обеспечения заданных тепловых режимов и противодействия механическим воздействиям в заданных условиях эксплуатации (климатические воздействия: минимальные/максимальные температуры, тепловые удары, влажность и т. д.; механические: вибрации, удары, линейные ускорения, акустические шумы).

3. Модификация/модернизация конструкции под изменившуюся номенклатуру комплектующих (например, при переходе на новую элементную базу с компонентов, монтируемых в отверстия, на технологию поверхностного монтажа либо при смене поставщика компонентов), а также под изменение требований ТЗ.
4. Обеспечение стандартизации и унификации габаритных, установочных и присоединительных размеров устройств и их корпусов.
5. Управление проектом с большой номенклатурой комплектующих.
6. Проектирование в условиях большого количества модификаций и комплектаций изделия.

Для решения ряда представленных задач САПР Solid Edge реализует полный функционал, для некоторых – предоставляет базовые решения, расширить которые можно, подключив дополнительные модули либо перейдя на более высокий уровень иерархии САПР по функциональной полноте и уровню решаемых задач – применив САПР NX от Siemens PLM Software. Тем не менее во многих случаях на базе системы Solid Edge возможно построение всей цепочки проектирования изделия.

Так, задачи разработки моделей деталей и сборочных единиц, компоновки аппаратуры и выпуска конструкторской документации, соответствующей стандартам ЕСКД, в полном объеме решаются в САПР Solid Edge, в том числе и для сложных сборок, состоящих из большого количества деталей. Эти вопросы будут рассмотрены подробно в последующих разделах данного учебного пособия, посвященных практическому освоению системы Solid Edge.

Система Solid Edge, в частности, содержит развитый функционал для моделирования листовых деталей, активно применяющихся в проектировании корпусов электронных устройств. На основании полученных моделей можно проектировать технологическую оснастку и готовить управляющие программы для станков с ЧПУ различных типов.

Также с помощью системы Solid Edge можно организовать ведение библиотеки стандартных изделий предприятия на базе СУБД.

Организация совместной работы конструкторов над электронной и механической частями изделия

В рамках совместного проектирования очень важно обеспечить параллельность работ над электронной и механической частями изделия. Обмен данными между ECAD- и MCAD-системами средствами Solid Edge возможен с помощью специального модуля двустороннего обмена данными с САПР электронных сборок на печатных платах. При импорте файлов моделей из ECAD-систем с помощью этого модуля в Solid Edge автоматически строится трехмерная MCAD-сборка с учетом информации о плате/панели (контуре, вырезах, технологических, монтажных и переходных отверстиях, контактных площадках и т. д.) и компонентах (наименовании, схемном обозначении, геометрических размерах, позиции, электрических характеристиках и т. д.) (рис. 1.3.11). Обмен данными производится при помощи формата IDF – стандартного формата обмена данными между ECAD- и MCAD-системами. Аналогично построенную сборку можно передать обратно в САПР электронной части изделия для последующего внесения изменений в конструкцию.

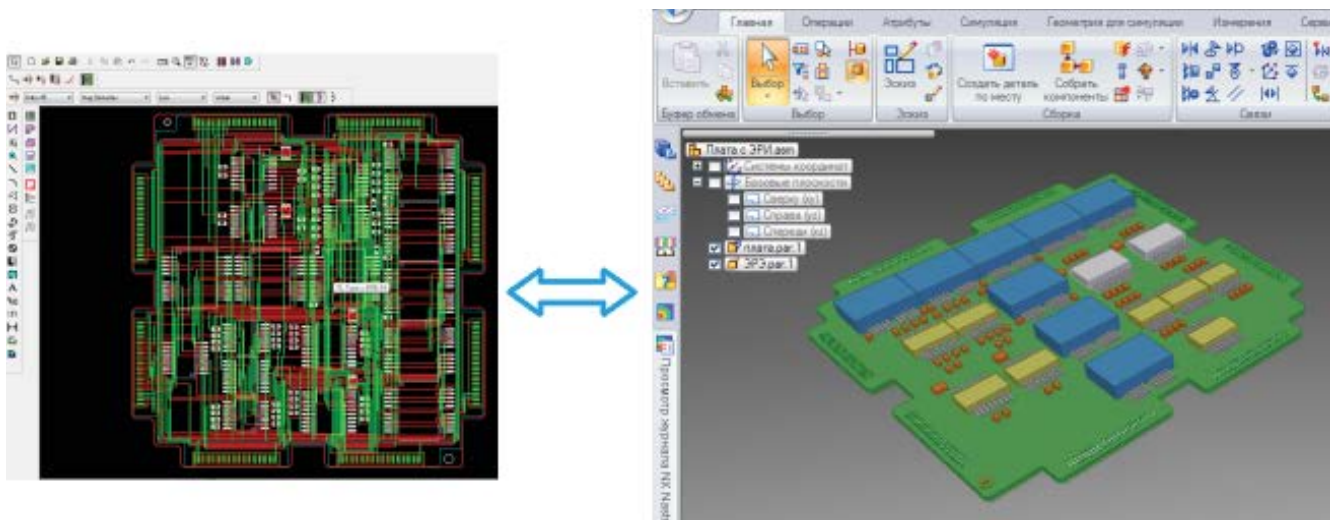


Рис. 1.3.11. Построение 3D-сборки на печатной плате при трансляции файла из ECAD-системы в Solid Edge

Подробно процесс совместной работы над электронной и механической частями изделия будет рассмотрен в разделе 2.11.

Проектирование системы электрических кабельных соединений

Встроенная в систему Solid Edge среда проектирования электрических соединений обладает следующими основными возможностями:

- специальный мастер электропроводки привязывает взятые из XML-файлов данные по компонентам и соединениям (перечень компонентов и таблица соединений из электротехнических САПР) к их 3D-моделям в сборке, при этом существует возможность создания собственных электрических компонентов;
- автоматически выполняется трассировка проводов и кабелей, трассы создаются в виде 3D-сплайнов;
- присутствуют инструменты раскладки проводов и кабелей с учетом геометрии сборки (редактирование характерных точек сплайна, ассоциативная привязка точек сплайна к ключевым точкам в сборке, объединение проводов в жгуты, встроенная проверка ошибок конструкции, автоматический анализ радиуса сгиба и диаметра жгута с немедленным информированием конструктора в случае выхода за допустимые пределы, оценка реализуемости прокладки жгута по месту и т. д.);
- обеспечивается ассоциативность трасс проводов и жгутов, геометрии компонентов сборки и элементов фиксации жгута;
- автоматически формируются отчеты по длинам и характеристикам проводов и кабелей (таблиц соединений);
- существует возможность создания реалистичного 3D-представления проложенных кабелей;
- выполняется обратная передача информации в электротехнические САПР для оформления документации;
- существует режим ручной трассировки.

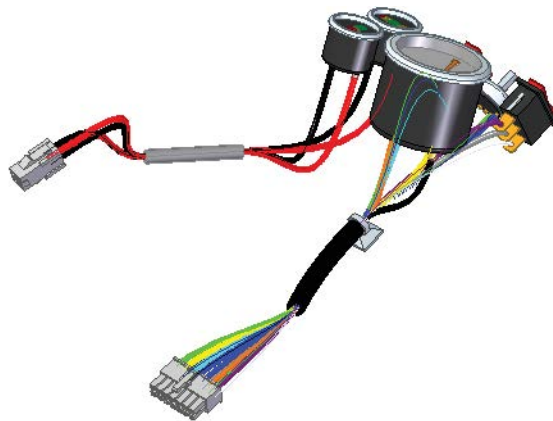


Рис. 1.3.13. Пример прокладки кабельных соединений в сборке средствами Solid Edge

Дополнительная возможность среды электропроводки – наличие специальных инструментов для построения схем и диаграмм в модуле 2D-черчения со встроенной библиотекой стандартных символов. Пользуясь ими, можно построить электрическую, пневматическую, гидравлическую или другую схему, необходимую для конкретного проекта.

Инженерный анализ

Важная часть процесса проектирования – проведение инженерных расчетов, с помощью которых конструктор проверяет соответствие модели изделия требованиям ТЗ в части стойкости к различным воздействиям, которым подвергается аппаратура в процессе эксплуатации, реализации заданных тепловых режимов, обеспечения электромагнитной совместимости и прочего. Для проектирования электронной и электромеханической аппаратуры в общем случае необходимо проведение перечисленных ниже расчетов.

В части механических воздействий:

1. Расчет статической прочности конструкций, определение возникающих напряжений и деформаций.
2. Определение собственных частот конструкции.

3. Динамические расчеты – определение поведения конструкции (ее отклика) в частотной и временной областях (например, вибрационных/ударных перемещений и ускорений, параметров переходных процессов) с учетом возможного применения демпфирующих и амортизирующих устройств.
4. Оптимизация конструкции по механическим критериям (минимизация массы, объема, напряжений, деформаций, вибрационных и ударных перемещений, ускорений и т. д. с учетом ограничений).

В части тепловых воздействий:

1. Определение установившегося теплового режима устройства с нахождением температур всех критичных к тепловым воздействиям компонентов и получением теплового поля модели с учетом различных применяющихся механизмов теплопередачи (конвекция при ламинарном и турбулентном характере потока, кондуктивный теплообмен, излучение), характера соединений элементов (паяное, сварное, клеевое, разъемное и прочее), типа корпуса (открытый, закрытый, герметичный), характеристик охлаждающего газа/жидкости.
2. Задача оптимального размещения критичных к тепловому воздействию компонентов.
3. Моделирование пассивных и активных систем охлаждения (радиаторов, тепловых труб, элементов термоэлектрического охлаждения и прочего).
4. Расчет потоков и массового расхода охлаждающего газа.
5. Распознавание зон повышенного нагрева.
6. Оптимизация конструкции по тепловым критериям (минимизация температур критичных компонентов, недопущение тепловых деформаций и т. д.).

В рамках системы Solid Edge за проведение инженерных расчетов отвечает набор приложений: базовый пакет Solid Edge Simulation Express, Solid Edge Simulation и расширенное приложение для профессионального инженерного анализа Femap с набором дополнительных модулей. Все эти системы реализуют конечно-элементный подход к решению задач инженерного анализа и являются масштабируемыми, то есть реализуют последовательное усложнение и расширение функционала выполняемых расчетов при переходе от одного пакета к другому и при подключении дополнительных модулей.

Система Solid Edge Simulation предназначена для использования инженерами-конструкторами и не требует глубокого понимания теории конечно-элементного анализа. С ее помощью можно выполнять ряд базовых статических анализов твердотельных и листовых деталей и сборок: рассчитывать напряжения и деформации от статической нагрузки, собственные частоты, проводить анализ потери устойчивости с помощью базового решателя NX Nastran. Ограничение системы Solid Edge Simulation Express заключается в возможности проводить такие исследования исключительно для деталей. Solid Edge Simulation позволяет строить конечно-элементные сетки из твердотельных (тетраэдрических), двумерных оболочечных и одномерных балочных элементов, а также обладает полными возможностями по заданию различных видов механических нагрузок и закреплению моделей различными способами.

Дальнейшее развитие возможностей в части инженерных расчетов возможно с применением среды Femap, которая может вызываться из системы Solid Edge. Для инженера, хорошо разбирающегося в вопросах конечно-элементного анализа, система Femap предоставляет гораздо более широкие возможности по формированию и управлению созданием сетки конечных элементов. Среда отличается гибкой настройкой – в базовом ее составе, помимо перечисленных для Solid Edge Simulation анализов, она позволяет также рассчитывать стационарную и нестационарную теплопроводность и определять чувствительность конструкции, а с помощью дополнительных модулей дает возможность рассчитывать динамические характеристики и проводить оптимизацию.

Для решения задач проектирования электронной аппаратуры в части обеспечения тепловых режимов наиболее интересны встроенные решатели Femap Thermal и Femap Advanced Thermal. Первый из них рассчитывает тепловые режимы сборок с учетом передачи тепла конвекцией, кондукцией и излучением, а второй добавляет множество расширенных возможностей тепловых и газогидродинамических расчетов, в частности позволяя проводить углубленный расчет воздействия излучения на космические аппараты. Дополнительные возможности предоставляет модуль Femap Flow. При расчете охлаждения электронных сборок этот пакет моделирует работу радиаторов охлаждения, входные и выходные условия, а также конвекцию от тонкостенных деталей.

Глава 2. Практическая работа в САПР Solid Edge

2.1. Начало работы с САПР Solid Edge. Интерфейс, основные команды управления

Запуск SolidEdge. Стартовый экран

Запуск системы Solid Edge осуществляется стандартными средствами Windows – двойным щелчком левой кнопки мыши по иконке (рис. 2.1.1) на рабочем столе или через меню **Пуск**.



Рис. 2.1.1. Иконка запуска системы Solid Edge

Отобразится стартовый экран системы (рис. 2.1.2), где пользователю предлагается открыть существующий документ (в том числе из списка последних, с которыми производилась работа), создать деталь, сборку или чертеж с настройками согласно ЕСКД, а также обратиться к развитым ресурсам обучения работе с Solid Edge. Список избранных ссылок пользователь может редактировать самостоятельно.

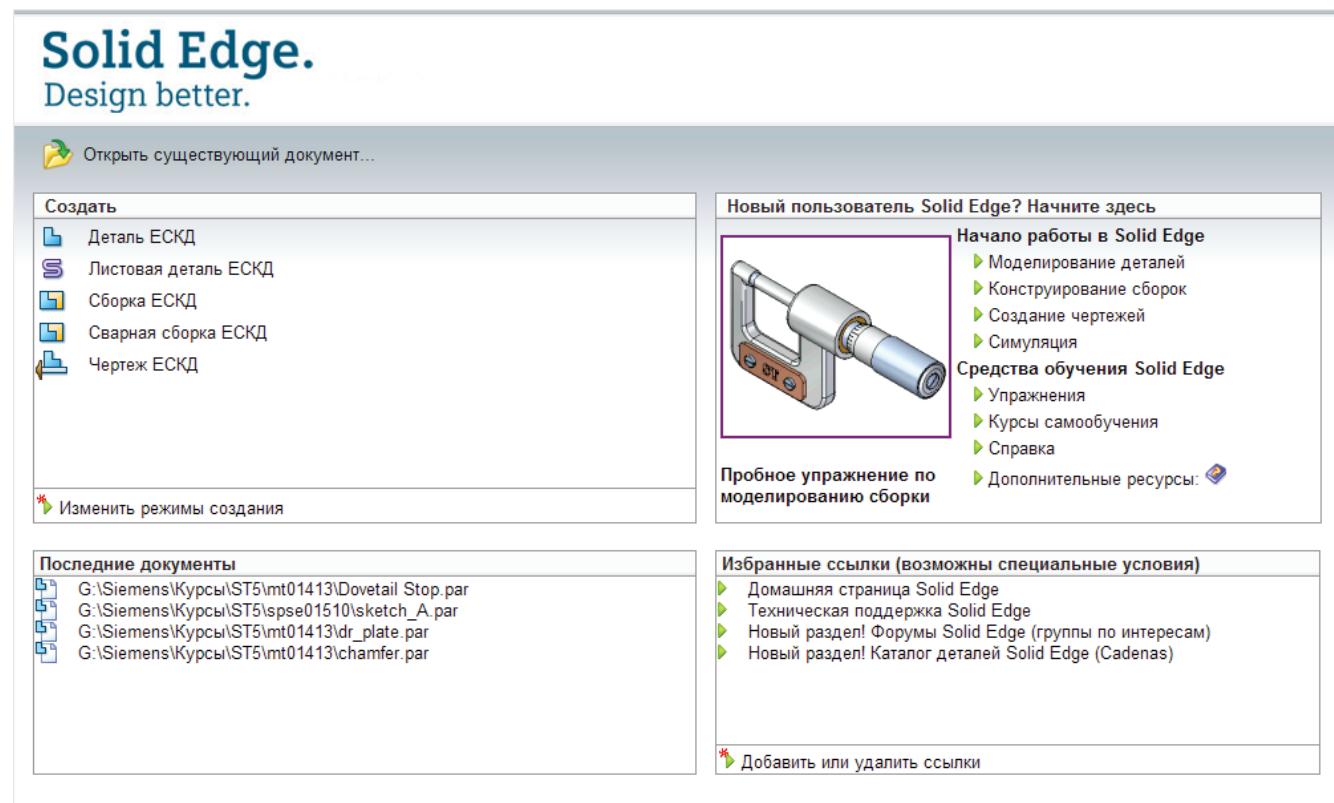



Рис. 2.1.2. Стартовый экран системы Solid Edge ST5

Необходимо отметить, что интерфейс системы выполнен в соответствии с современной концепцией построения программ под ОС Microsoft Windows, отличительной особенностью которой является наличие таких элементов управления, как кнопка приложения, панель быстрого запуска и лента команд.

Кнопка приложения. Работа с файлами моделей

Управление файлами моделей производится с помощью кнопки приложения .

Раскрывающийся список команды **Создать** повторяет функционал стартового окна и позволяет создать деталь, сборку или чертеж в соответствии с требованиями ЕСКД на основе стандартного шаблона. Если какая-либо деталь уже открыта в системе, будет дополнительно предложено создать сборку или чертеж на базе данной детали.

Простой щелчок мышью по команде **Создать** открывает диалоговое окно, в котором в соответствующих закладках размещены шаблоны создания деталей, сборок и чертежей. При выборе одного из шаблонов в поле справа открывается его предварительный просмотр. Нажатие кнопки **ОК** создает новый документ на базе выбранного шаблона.

Команда **Открыть** (рис. 2.1.3) открывает диалоговое окно открытия ранее созданного файла модели. Основные типы файлов Solid Edge следующие:

- деталь (*.par);
- сборка (*.asm);
- чертеж (*.dft).

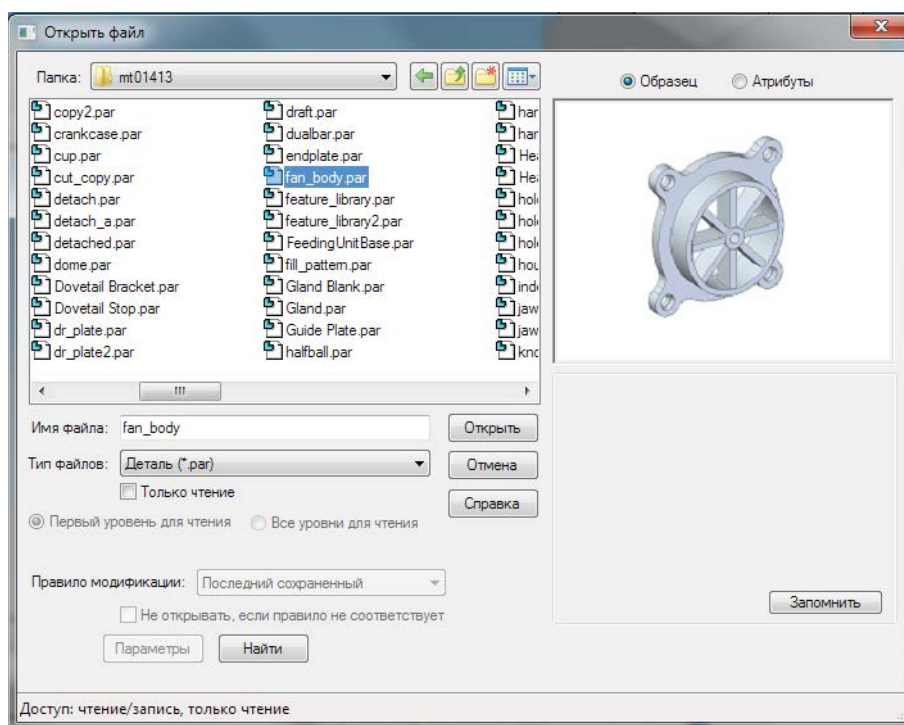


Рис. 2.1.3. Диалоговое окно открытия файла модели

Помимо этих стандартных типов, существует возможность работать с листовыми (*.psm) и сварными (*.pwd) деталями Solid Edge, моделями NX (*.prt), импортировать геометрию деталей и сборок, созданных в других САПР (в частности, AutoCAD, Inventor, SolidWorks, CATIA, Pro/Engineer и прочих), а также в нейтральных форматах обмена данными САПР – STEP (*.stp), STL (*.stl), IGES (*.igs) и др. При выделении модели в списке ее внешний вид отобразится справа в поле предварительного просмотра, где также выводятся основные атрибуты файла (автор, шаблон, программа-создатель, дата создания и изменения). Инструмент поиска (кнопка **Найти**) позволяет осуществить поиск файлов в папке по заданному критерию.

Сохранение документов производится командой **Сохранить** (раскрыв список команды, можно одновременно сохранить все открытые в данный момент документы). Команда **Сохранить как** дает возможность сохранения модели под другим именем, экспорта в форматы STEP, STL, IGES и др., форматы некоторых других САПР, формат pdf или 3DPDF, а с помощью отдельной команды раскрывающегося списка **Сохранить как картинку** можно сохранить внешний вид модели в виде изображения в форматах TIFF, BMP, JPEG. При выборе формата экспорта в диалоговом окне становится активной кнопка **Параметры**, с помощью которой настраиваются параметры экспорта в выбранный формат.

Кнопка **Закреть** закрывает текущий документ, ее раскрывающаяся опция **Закреть все** – все открытые в данный момент документы. Перед закрытием документа система Solid Edge спрашивает о необходимости его сохранения, если в документ были внесены изменения.

Доступ к обширному набору параметров системы Solid Edge открывается при нажатии кнопки **Параметры Solid Edge** в нижней части меню команд управления документами. Некоторые из этих параметров будут рассмотрены по ходу изучения системы, некоторые – в разделе 2.13 «Администрирование САПР Solid Edge».

Панель быстрого доступа

Панель быстрого доступа располагается справа от кнопки приложения и, как следует из ее названия, обеспечивает быстрый доступ к часто используемым командам, в частности к стандартным командам **Отменить** и **Восстановить** (рис. 2.1.4).

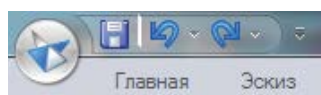


Рис. 2.1.4. Команды **Отменить** и **Восстановить** в панели быстрого доступа

Настроить содержимое панели можно несколькими способами, например нажав стрелку **Настройка** и выбрав в открывшемся окне закладку **Быстрый доступ**. Любую команду можно поместить на панель, щелкнув по команде правой кнопкой мыши и выбрав в контекстном меню команду **Добавить на панель быстрого доступа**.

Основные части окна Solid Edge

На рис. 2.1.5 представлено окно САПР Solid Edge, области которого перечислены ниже:

A – кнопка приложения, открывает доступ к командам управления документами и параметрам Solid Edge.

B – настраиваемая панель быстрого доступа, содержит наиболее часто используемые команды. По умолчанию содержит команды управления документами и команду настройки сочетаний клавиш, ленты команд и радиального меню.

C – лента команд. Команды функционально разбиты на вкладки согласно пунктам расположенного выше меню (**Главная**, **Эскиз**, **Поверхности** и т. д.). Внутри каждой вкладки команды организованы по группам (например, вкладка **Главная** – группы **Построения**, **Связи**, **Размеры** и т. д.). В группах располагаются сами кнопки команд, организованные как в виде обычных кнопок, так и раскрывающихся списков и кнопок-флажков.

D – расположенная слева панель с набором закладок (запаркованных окон), реализующих ряд функций по работе с открытым в данный момент документом – навигатор, список слоев, семейство деталей, воспроизведение модели (показ последовательности создания модели в режиме анимации) и прочее.

E – меню команды (ленточное меню), содержит поля для ввода данных и настройки параметров исполняемой команды. Может быть вертикальным запаркованным окном (показано на рис. 2.1.5) либо горизонтальной плавающей панелью инструментов (в настройках по умолчанию, см. рис. 2.1.6).

Настройка вида окна производится на закладке **Помощь** в окне **Параметры Solid Edge** (раздел **Интерфейс команд**).

Меню команды – одна из отличительных особенностей системы Solid Edge. Она последовательно проводит пользователя по всему процессу выполнения команды, реализуя естественный порядок построения конструктивного

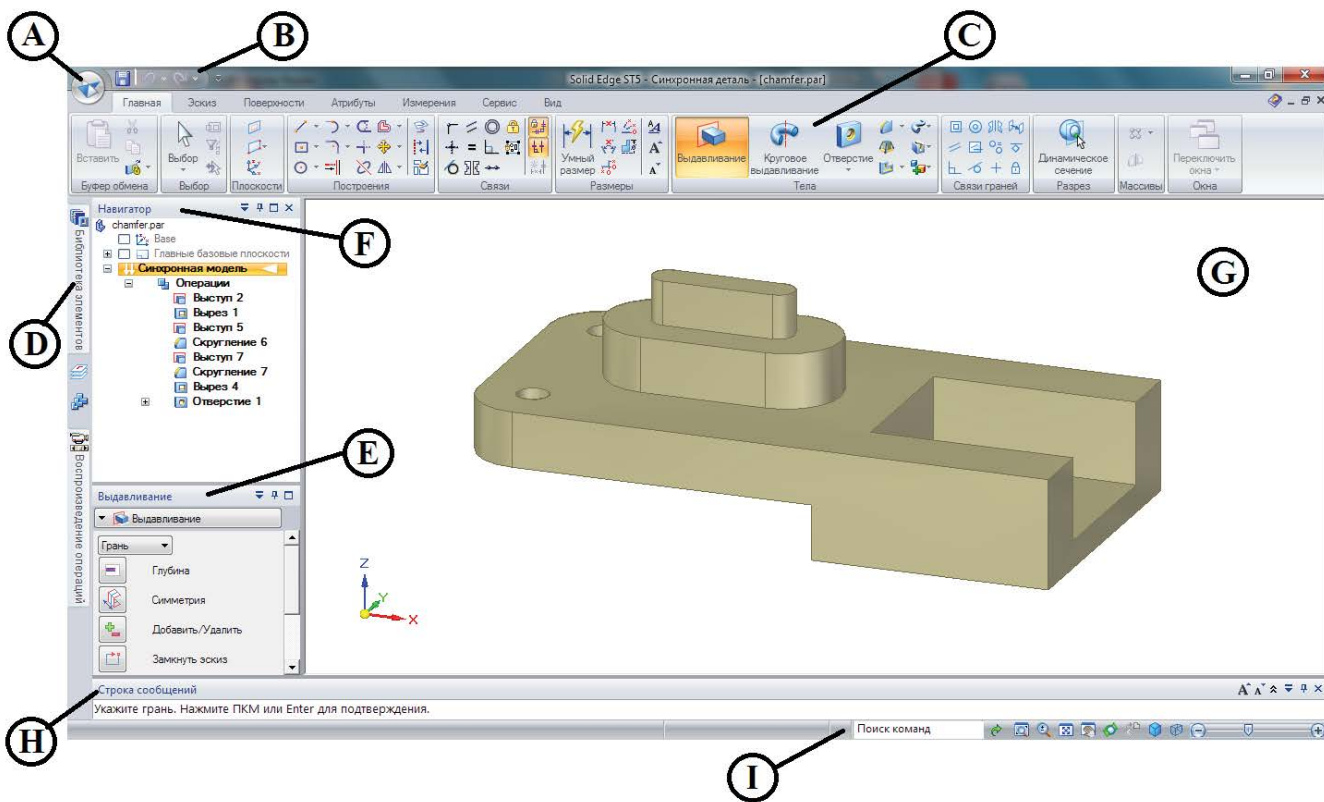


Рис. 2.1.5. Основные части окна Solid Edge



Рис. 2.1.6. Меню команды в виде плавающего окна

элемента и избавляя от коллизий, связанных с неправильной последовательностью задания параметров команды. При этом всегда можно вернуться к ранее выполненному шагу и откорректировать построение. При вертикальном расположении окна меню процесс задания параметров команды выполняется сверху вниз, при горизонтальном – слева направо.

F – навигатор, в модели детали содержит принадлежащие модели конструктивные элементы, эскизы, базовые плоскости, размеры и системы координат, атрибуты, организованные в виде дерева, которое отражает последовательность создания модели. В дереве есть разделы синхронной и обычной модели. Навигатор модели детали используется для выбора элементов, изменения порядка их создания, а также для отображения или скрытия элементов. В режиме сборки в верхней панели навигатора отображается дерево компонентов активной сборки, среди которых могут быть детали, под сборки, базовые плоскости сборки и эскизы сборки, а в нижней – связи, наложенные на выбранную в верхней панели деталь или под сборку.

Навигатор может быть либо запаркованной закладкой панели D (см. рис. 2.1.5), либо плавающим окном и располагаться в пределах графического окна (в настройках по умолчанию, см. рис. 2.1.7), для чего на закладке **Помощь** в окне **Параметры Solid Edge** необходимо в разделе **Общие** установить флажок **Показать навигатор в виде документа**.

G – графическое окно, где отображается модель детали, сборки или чертеж, с которым в настоящий момент производится работа.

H – строка сообщений, отображающая системные сообщения, подсказки (в том числе сочетания горячих клавиш) и запросы по текущей выбранной команде. Возможна прокрутка сообщений в окне.

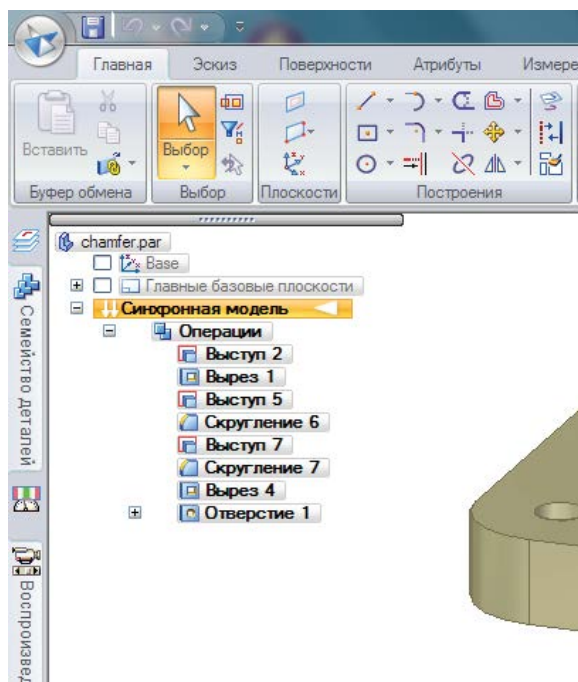




Рис. 2.1.7. Навигатор в виде плавающего окна

I – строка состояния. Содержит функционал управления отображением модели, включая управление видами, поворот, сдвиг, линейку изменения масштаба и прочее. Здесь же расположен инструмент **Поиск команд**. Состав строки состояния настраивается по щелчку правой кнопкой мыши в пустом поле строки.

Окна панели D, строку сообщений и меню команды можно запарковать, то есть прикрепить к выбранным краям экрана. Для этого необходимо перетаскивать заголовок окна, удерживая нажатой левую кнопку мыши, подвести курсор к соответствующему знаку парковки  и отпустить кнопку мыши. Каждое такое окно в правой части своего заголовка снабжено кнопками управления отображением окна, одна из которых позволяет автоматически скрывать окно при убиении с него курсора ().

Манипулирование отображением модели на экране. Применение мыши

Часть команд и приемов управления моделями рассмотрена в этом разделе, остальные – по мере изложения материала в последующих разделах по созданию моделей.

Применение мыши в системе Solid Edge стандартно для приложений ОС Windows. Левая кнопка мыши (ЛКМ) используется для выбора команд и объектов, перетаскивания элементов, рисования графических объектов. Двойной щелчок ЛКМ активирует ссылку. В дальнейшем, если не указано иное, применение мыши означает однократный щелчок ЛКМ.

Правая кнопка мыши (ПКМ) служит для вызова контекстных меню (с удерживанием ПКМ нажатой – для вызова радиального меню), подтверждения ввода параметров и перехода на следующий шаг выполнения команды.

Средняя кнопка мыши (СКМ) задействована при описанном ниже манипулировании моделью.

Здесь и далее рассматривается управление стандартной мышью, оснащенной двумя кнопками (ЛКМ и ПКМ) и колесом прокрутки с функцией СКМ, реализуемой при нажатии на колесо.


Базовые функции манипулирования отображением модели на экране реализуются с помощью мыши:



- вращение модели вокруг центра базовой системы координат (БСК) – перемещать мышь, удерживая СКМ нажатой;
- перемещение модели в плоскости экрана – перемещать мышь, удерживая нажатой СКМ и клавишу **Shift**;
- масштабирование модели вокруг центра БСК – перемещать мышь, удерживая нажатой СКМ и клавишу **Ctrl**.


Дополнительные возможности манипулирования моделью реализуются с помощью групп команд вкладки **Вид** (рис. 2.1.8) – **Виды** и **Ориентация**.




Рис. 2.1.8. Группы команд вкладки Вид



С помощью группы **Виды** можно сориентировать модель согласно одному из главных видов (спереди, сверху, слева, в изометрии и т. д.), а также, раскрыв список этих видов, сохранить текущий вид под своим именем для дальнейшего использования. Каждому из главных видов соответствует свое сочетание горячих клавиш (например, вид спереди – **Ctrl+F** и т. д.). Функционал группы продублирован кнопкой **Ориентация вида**  в строке состояния.

Группа **Ориентация** содержит дополнительный набор команд для ориентации модели в пространстве. Можно быстро ориентировать модель по одному из главных ортогональных или изометрических видов, щелкнув кнопку **Главные виды** . Появившийся интерактивный кубик позволяет выбирать грани для ориентации модели соответствующей стороной к пользователю и осуществлять поворот модели на 90, 120 или 180 градусов согласно показанной стрелке. Кнопка  восстанавливает предыдущий вид.

Расположить модель так, чтобы ее выбранная плоская грань располагалась параллельно экрану и перпендикулярно плоскости вида (была направлена вперед, к пользователю), можно с помощью кнопки .

Дополнительные функции масштабирования реализуются с помощью кнопки **Масштаб** . Простое нажатие на эту кнопку отдаляет объект, перемещение мыши с нажатой и удерживаемой ЛКМ либо вращение колеса мыши позволяет динамически увеличивать и уменьшать модель.

Участок модели можно рассмотреть детально, щелкнув кнопку **Фрагмент** и выделив участок прямоугольной рамкой, два раза щелкнув ЛКМ в противоположных углах рамки. В случае выхода модели за пределы рабочей области вписать ее обратно в границы экрана можно с помощью кнопки **Показать все**.

Поворот модели на произвольный угол можно выполнить вокруг осей X, Y, Z, центра вида (кнопкой ) или выбранной грани (кнопкой ). В первом случае нужно выбрать нужную ось или центр вида на появившейся схеме, а затем ввести значение угла поворота в меню команды либо динамически повернуть модель вокруг оси, перемещая мышью с нажатой ЛКМ. Во втором случае в точке выбора грани нажатием ЛКМ появляется *колесо управления*, выбор оси которого определяет ось поворота модели. По умолчанию выбрана главная ось, перпендикулярная плоскости грани. Удерживая нажатой ЛКМ и перемещая мышью, выполняется динамический поворот модели. Точное значение угла поворота вводится в меню команды.

Колесо управления – важный инструмент системы Solid Edge, позволяющий переместить или повернуть выбранную пользователем плоскую или пространственную геометрию. Он широко используется при создании и изменении конструктивных элементов модели и будет подробно рассмотрен в соответствующих разделах.

Зачастую бывает удобно отобразить модель не в твердотельном, а в каркасном виде, показать только видимые ребра модели либо дополнительно отобразить скрытые ребра. Можно также скомбинировать твердотельное и каркасное представление, показав модель в реальном отображении с прорисованными видимыми ребрами. За это отвечают кнопки группы **Стили**.

Группа **Окна** позволяет создавать новые окна и управлять их расположением (размещать горизонтально, вертикально или каскадом в пределах экрана, сворачивать и разворачивать). В окнах могут отображаться разные виды одного и того же документа либо разные документы. Команда **Переключить окна** выводит на экран панель предварительного просмотра всех открытых окон, выбор одного из которых с помощью ЛКМ перемещает это окно поверх всех остальных окон.

Радиальное меню

Еще один способ быстрого доступа к командам – использование так называемого радиального меню. Это меню круглой формы с командами, расположенными в секторах вокруг курсора (рис. 2.1.9).



Рис. 2.1.9. Радиальное меню


Вызов радиального меню осуществляется нажатием и удерживанием ПКМ в свободной области графического окна. Не отпуская мышь и перемещая курсор, можно выбрать нужную команду. Чтобы выполнить ее, нужно отпустить кнопку мыши.

Помощь для пользователя

Для содействия освоению Solid Edge и работе в ней система предлагает развитые возможности помощи и подсказок.

Прежде всего это традиционная справочная система, вызываемая по клавише **F1**. Система отображает контекстную справку по выбранной в данный момент команде с обычными возможностями навигации по содержимому справки (закладки **Содержание**, **Указатель**, **Поиск**).

При наведении курсора на кнопку команды система отображает всплывающую подсказку с ее названием и кратким описанием, которое дублируется в строке сообщений (в настройке системы эту функцию можно отключить).

В строке состояния, как уже упоминалось выше, располагается инструмент поиска, где можно ввести наименование команды или его часть, нажать клавишу **Enter** или кнопку , и в открывшемся окне будет отображен список найденных команд (рис. 2.1.10). Наведя курсор мыши на наименование команды в списке, можно увидеть, как будет выделен соответствующий ей элемент интерфейса. Выбрав команду в списке, можно сразу запустить ее на исполнение.

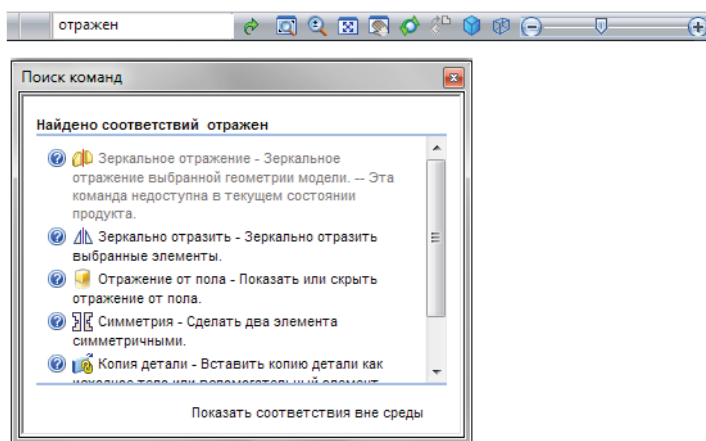



Рис. 2.1.10. Инструмент поиска команд в строке состояния и окно результата поиска

В правом верхнем углу главного окна системы Solid Edge расположена кнопка вызова справочной службы , которая открывает доступ к таким дополнительным разделам, как, например, *Справка и упражнения по Solid Edge Simulation FEA*, *Программирование в Solid Edge*, а также к различным средствам обучения, среди которых – набор интерактивных *Упражнений по Solid Edge* и набор курсов для новых пользователей *Самообучение Solid Edge*, полезных для получения практических навыков работы в системе. Здесь же расположены инструменты технической поддержки зарегистрированных пользователей.

Выбор объектов

Выполнение каких-либо действий с конструктивными элементами модели предусматривает выбор этих элементов. Некоторые команды требуют предварительного выбора элементов, некоторые позволяют выбирать объекты непосредственно в процессе исполнения команды. Для этих целей система Solid Edge предлагает специальный инструмент **Выбор** (на вкладке **Главное**). Нажатие стрелки выбора предоставляет возможность выбора объектов различными способами, основные из которых рассмотрены ниже:

- *Непосредственно с помощью мыши.* Необходимо поместить курсор мыши в виде стрелки на выбираемый объект. Объект подсветится, после чего нажатием ЛКМ осуществляется выбор объекта.
- *С помощью инструмента быстрого выбора.* При задержке курсора мыши над выбираемым объектом рядом с курсором появляется значок быстрого выбора (рис. 2.1.11).

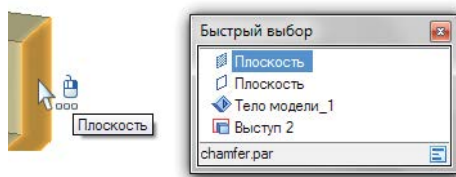








Рис. 2.1.11. Инструмент быстрого выбора

Нажатие ПКМ открывает окно быстрого выбора с перечислением множества перекрывающихся объектов, находящихся под курсором мыши. При перемещении курсора по списку соответствующий объект подсвечивается в модели. Выбор объекта в списке осуществляется нажатием ЛКМ.


- *С помощью ограничивающей рамки.* Ограничив выбираемую область прямоугольной рамкой, нажав и удерживая нажатой ЛКМ, можно выбрать все объекты, полностью попадающие в границы рамки. Нажав кнопку  в группе **Выбор**, можно дополнительно включить в набор объекты, лежащие на пересечении с границей рамки.
- *С помощью диспетчера выбора.* Выбрав команду **Режим диспетчер выбора**  из списка команды выбора, пользователь получает доступ к развитым функциям выбора – объемному выбору параллелепипедом, а также выбору геометрии, находящейся в определенной зависимости с элементом в фокусе.

Чтобы дополнить сделанный набор или исключить из него объекты, следует выбирать объекты с помощью ЛКМ, удерживая нажатой клавишу **Shift** или **Ctrl**.

Нажатие клавиши **Пробел** после выбора одного или нескольких объектов переключает режимы выбора, которые индицируются значком рядом с курсором: знак  позволяет как добавлять, так и исключать элементы из набора,  – только добавлять,  – только исключать. Режим можно также выбрать, раскрыв список команды выбора в группе **Выбор**.

Иногда бывает удобно ограничить возможность выбора элементов отдельных типов, применив фильтры выбора. Нажав кнопку  в группе **Выбор**, можно запретить или, наоборот, разрешить выбор, например геометрии модели, геометрии эскиза, размеров, связей и т. д.

Отменить выбор объектов можно несколькими способами:

- нажав клавишу **Esc**;
- дважды щелкнув мышью в пустом поле графического окна;
- нажав кнопку  в группе **Выбор**.

В среде чертежа и среде сборки существуют дополнительные возможности выбора объектов, которые будут рассмотрены в соответствующих разделах.

2.2. 2D-эскизы в синхронной среде

2D-проектирование. Эскизирование в синхронной среде. Команды построения и редактирования элементов эскиза. Работа с геометрическими связями. Области. Управление эскизами, их образмеривание

Эскизы в среде синхронного проектирования

Создание большинства конструктивных элементов (например, тел выдавливания) требует предварительного создания эскиза, определяющего форму сечения этого элемента. Традиционный параметрический подход к проектированию предусматривает в общем случае следующую процедуру построения конструктивного 3D-элемента с использованием эскиза:

1. Выбор/построение поверхности (базовой плоскости, готовой поверхности детали) для формирования эскиза.
2. Переход в 2D-режим, создание геометрии эскиза.
3. Наложение связей (геометрических ограничений).
4. Образмеривание эскиза.
5. Построение 3D-элемента с помощью соответствующей команды и задания дополнительных параметров.

При этом созданный эскиз связывается с созданным на его основе элементом отношением родитель–потомок и жестко управляет его геометрией. Чтобы изменить геометрию конструктивного элемента, необходимо обращаться к операции изменения эскиза.

Синхронное моделирование предусматривает ряд существенных отличий от традиционного подхода:

1. Отсутствует отдельная команда создания эскиза и, соответственно, работа в 2D-режиме – вся геометрия эскиза создается непосредственно в трехмерной среде на готовых плоских гранях или на базовых плоскостях, которые фиксируются автоматически или вручную.
2. Эскизы **не** управляют геометрией конструктивных элементов, при этом при создании такого элемента:
 - большинство из наложенных на эскиз геометрических связей не мигрирует в него, но система автоматически распознает в нем ряд связей (касательность, параллельность, копланарность и т. д.) на основе заданных текущих правил;
 - наложенные на эскиз размерные связи однократно мигрируют из эскиза на ребра создаваемого элемента, становясь тем самым управляющими размерами – их последующее изменение влечет за собой изменение конструктивного элемента.
3. Та геометрия эскиза, которая была задействована при создании конструктивного элемента, становится так называемой «расходуемой» геометрией и перемещается в специальную коллекцию навигатора **Использованные эскизы**. Оставшаяся незадействованной геометрия сохраняется в коллекции **Эскизы**.


Следует отметить, что по-прежнему сохраняется возможность редактирования связей и размеров самого эскиза, без влияния на созданный на его основе конструктивный элемент.

По умолчанию в один эскиз объединяется вся геометрия, построенная на копланарных гранях, однако можно размещать на них и несколько отдельных эскизов, отключив параметр **Объединить с копланарными эскизами**.

Конструктивные элементы строятся на основе замкнутых областей, которые могут быть образованы как самими линиями эскиза, так и кромками уже существующих граней модели. Синхронная технология обладает специальным механизмом распознавания замкнутых областей, и при выборе такой области автоматически запускается команда построения выступа. Этот механизм при необходимости можно отключить и создавать конструктивные элементы с помощью выбора соответствующих команд построения.

Эскиз строится на так называемой *плоскости эскиза* – плоскости декартовой системы координат, базовой плоскости или существующей плоской грани модели.

Таким образом, процедура создания эскиза в синхронной среде будет выглядеть следующим образом (см. пример на рис. 2.2.1):

1. Выбор на вкладке **Эскиз** в группе **Построения** одной из команд построения графических 2D-примитивов (линия, окружность, прямоугольник и т. д.).
2. Начало построения или фиксация плоскости эскиза. С помощью команды **Вид на профиль**  (вкладка **Вид**, группа **Виды**) можно развернуть вид на эскиз параллельно плоскости экрана.
3. Построение и редактирование геометрии эскиза.
4. Наложение геометрических связей (ограничений) на эскиз.
5. Образмеривание эскиза.

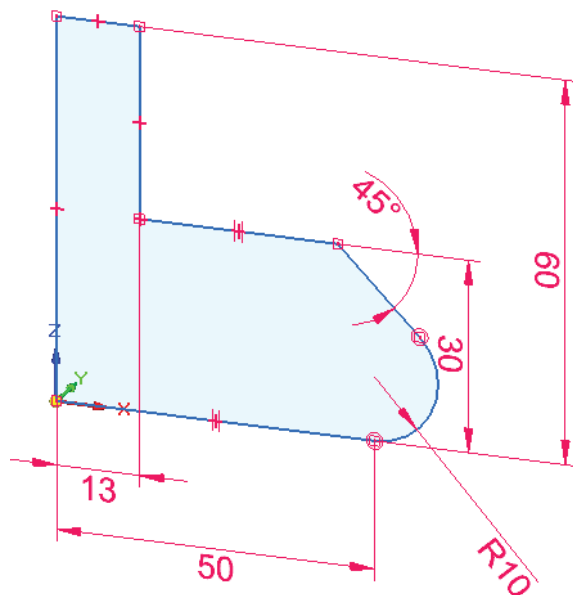


Рис. 2.2.1. Пример построения эскиза в синхронной среде

6. Завершение построения или переход к построению другого эскиза. Если плоскость эскиза была предварительно зафиксирована и для нового построения требуется другая плоскость эскиза, то отменить фиксацию плоскости можно, повторно нажав клавишу **F3**.
7. Для нового построения следует повторить шаги 2–5.

Фиксация плоскости эскиза

При создании эскиза необходимо зафиксировать его плоскость. Это может производиться двумя способами: автоматически либо вручную.


Автоматическая фиксация задается текущей командой построения; при выполнении другой команды или перезапуске текущей фиксации отменяется. Фиксация вручную дает пользователю возможность самому назначить плоскость эскиза.

Автоматическая фиксация

При запуске команды построения геометрии, использующей плоскость эскиза, и установке курсора на базовую плоскость или плоскую грань (рис. 2.2.2) подсвечиваются данная плоскость (A) и ее ребро (B), определяющее ось X системы координат этой плоскости. Линии выравнивания (C и D), отходящие от курсора, ориентируются параллельно осям X и Y этой системы координат. Также появляется значок замка (E), необходимый для ручной фиксации плоскости эскиза. Подсвеченная плоскость автоматически фиксируется в качестве плоскости эскиза при указании начальной точки геометрии эскиза щелчком мыши. При этом плоскость эскиза остается гарантированно зафиксированной до перезапуска команды щелчком правой кнопки мыши или до выбора другой команды. Вся выстраиваемая геометрия эскиза будет лежать в одной плоскости.

Ручная фиксация

В случаях сложной геометрии эскиза, а также при выходе эскиза за физические границы плоской грани или базовой плоскости можно зафиксировать плоскость эскиза вручную.

Если разместить курсор поверх плоскости, рядом с ним появится значок замка (см. рис. 2.2.2, E). Нажатие на этот значок фиксирует подсвеченную в данный момент плоскость в качестве плоскости эскиза; при этом в правом верхнем углу графического окна будет отображен значок индикатора фиксации . Эта плоскость останется зафиксированной при любых перемещениях курсора до момента явной отмены фиксации вручную.

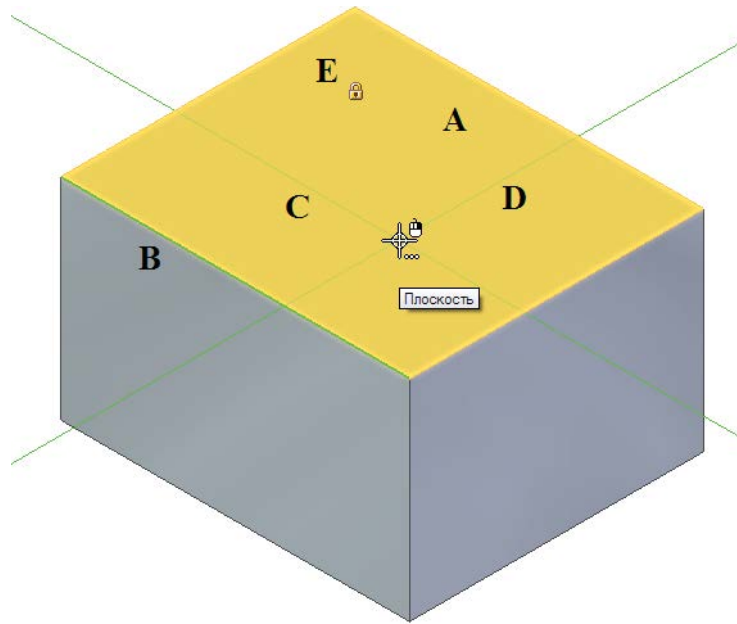



Рис. 2.2.2. Автоматическая фиксация плоскости эскиза

Клавиша **F3** активирует/отменяет фиксацию плоскости эскиза в командах, поддерживающих фиксацию плоскости. Также это можно сделать, пользуясь командами контекстного меню эскиза в навигаторе: **Зафиксировать плоскость эскиза** и **Отменить фиксацию плоскости**. Зафиксированная любым из способов плоскость эскиза обозначается значком  в навигаторе рядом с эскизом.

Создание эскизов

Построение первого эскиза

Первый эскиз новой модели, как правило, строится на одной из плоскостей главной системы координат. Эта плоскость фиксируется абсолютно аналогично общему случаю фиксации плоскости эскиза (рис. 2.2.3).

Если под курсором нет плоскости системы координат, грани модели или базовой плоскости, элемент автоматически размещается в одной из трех главных плоскостей документа, которая расположена ближе всего к плоскости вида.

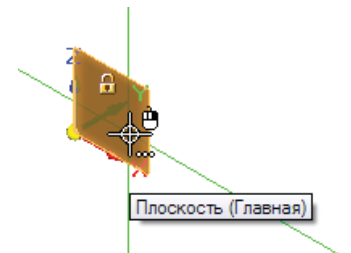


Рис. 2.2.3. Фиксация плоскости первого эскиза

Ориентация оси X

При подсвечивании плоскости эскиза выбранное направление оси X также автоматически подсвечивается (рис. 2.2.2, B). Это направление можно изменить, выбрав в качестве него одно из линейных ребер выбранной грани или осей выбранной плоскости системы координат (рис. 2.2.4). Циклический перебор ребер и осей осуществляется с помощью горячих клавиш – **N** (в прямом направлении) или **B** (в обратном). В строке сообщений выводится соответствующая подсказка.

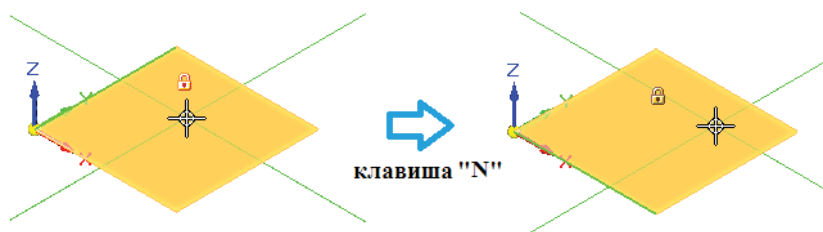


Рис. 2.2.4. Изменение направления оси X системы координат эскиза с помощью горячих клавиш

Вдоль направления оси X ориентируются текст размеров эскиза и направление вертикальных/горизонтальных осей для связей **Вертикаль** и **Горизонталь**.

Построение геометрии эскиза

Построение плоских графических элементов

Команды построения плоских графических элементов в системе Solid Edge располагаются во вкладке **Эскиз**, группа **Построения** (рис. 2.2.5). Список основных доступных построений приведен в табл. 2.2.1.

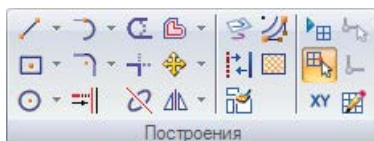


Рис. 2.2.5. Команды группы Построения

Таблица 2.2.1. Основные команды построения плоских графических элементов

Группа построений	Команды группы построений	Описание
 Линии и точки	 Отрезок  Кривая  Точка	<ul style="list-style-type: none"> • Построить отрезок по двум точкам • Построить B-сплайновую кривую по нескольким точкам • Построить точку
 Прямоугольники, многоугольники	 Прямоугольник по центру  Прямоугольник по 2 точкам  Прямоугольник по 3 точкам  Многоугольник по центру	<ul style="list-style-type: none"> • Построить прямоугольник по центральной точке и расстоянию до угла • Построить прямоугольник по двум точкам, определяющим его диагональ • Построить прямоугольник по трем точкам, определяющим его стороны • Построить многоугольник по центральной точке и радиусу описанной окружности либо перпендикуляру к его стороне
 Окружности и эллипсы	 Окружность по центру  Окружность по 3 точкам  Касательная окружность  Эллипс по центру  Эллипс по 3 точкам	<ul style="list-style-type: none"> • Построить окружность по точке центра и точке, определяющей ее радиус • Построить окружность по трем принадлежащим ей точкам • Построить окружность по точке касания элемента и точке, определяющей центр окружности
 Дуги	 Касательная дуга  Дуга по 3 точкам  Дуга по центру	<ul style="list-style-type: none"> • Построить касательную дугу • Построить дугу по трем принадлежащим ей точкам • Построить дугу по центру и двум принадлежащим ей точкам
 Скругления и фаски	 Скругление  Фаска	<ul style="list-style-type: none"> • Построить скругление между двумя элементами • Построить фаску между двумя прямолинейными элементами

Ввод данных при выполнении построений

Процесс построения элементов эскиза в системе Solid Edge сочетает интерактивный ввод данных с помощью мыши в графическом окне с вводом числовых значений и изменением параметров в полях меню команды. Ряд построений можно проделать полностью в графическом окне, не прибегая к вводу значений, однако сочетание указанных спо-

сборов ввода представляет собой наиболее эффективный метод создания элементов. Ввод числовых данных в поля меню команды существенно ограничивает степени свободы создаваемого элемента, тем самым существенно сокращая и упрощая ввод данных в графическом окне.

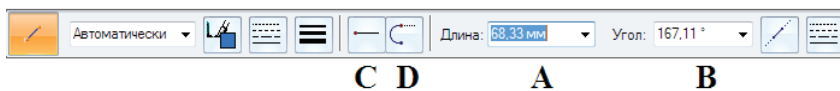
Так, например, можно заранее указать длину и угол расположения отрезка в меню команды, а затем ЛКМ указать начальную точку отрезка, после чего он сразу же отобразится в графическом окне. Или можно сначала построить отрезок приблизительно, указав в графическом окне его начальную и конечную точки, а затем в меню команды либо с помощью геометрических и размерных связей задать его точное положение и размер.

В процессе построения создаваемый элемент отображается динамически, в соответствии с изменением положения курсора мыши. Одновременно изменяются и значения в полях меню команды.

Вводить данные в графическом окне и в полях меню команды допускается в произвольном порядке. Фиксация введенных значений в поле меню команды производится с помощью нажатия клавиш **Enter** или **Tab** (с последующим переходом к следующему полю), после чего в графическом окне уже нельзя будет с помощью мыши динамически изменить значение зафиксированного параметра (длины отрезка, угла наклона и т. д.). Чтобы отменить фиксацию параметра, нужно установить курсор в его поле, выделив значение, и нажать клавишу **Del** или **Backspace**. В раскрывающихся списках полей меню команды приведены уже использовавшиеся значения данного параметра, ускоряющие выбор нужных значений. Координаты и угловые значения могут принимать отрицательные значения, значения длины, ширины, высоты и т. д. воспринимаются положительными независимо от знака при вводе.

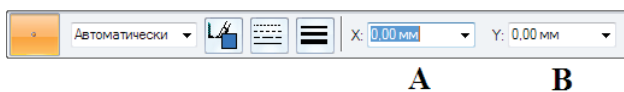
Особенности построения отдельных графических элементов с использованием меню команды

Отрезок



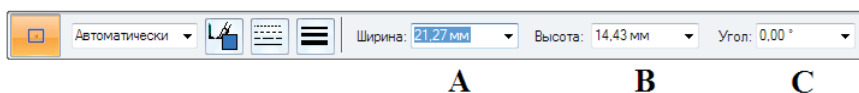
Отрезок можно построить, указав в графическом окне начальную точку, а в полях меню команды – длину отрезка (А) и угол его наклона¹ (В). Также команду создания отрезка можно переключить из режима **Отрезок – Отрезок** (С) в режим **Отрезок – Дуга** (D), что удобно для быстрого перехода к построению дуги из конечной точки отрезка.

Точка



При построении точки можно указать ее непосредственные координаты в полях А и В.

Прямоугольник



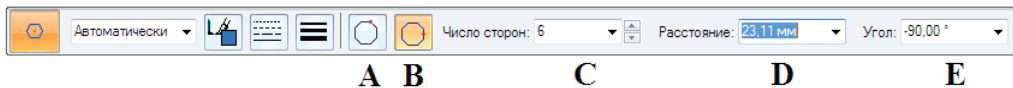
Прямоугольник можно построить тремя различными командами, отличающимися способами указания точек в графическом окне:

- *по центру*: первая точка – центр, вторая – один из углов;
- *по двум точкам*: первая точка – один из углов, вторая – диагональный угол;
- *по трем точкам*: первая точка – один из углов, вторая – соседний угол, третья – диагональный угол относительно первой точки.

В полях меню команды можно указать ширину (А), высоту (В) прямоугольника и угол наклона его стороны (С).

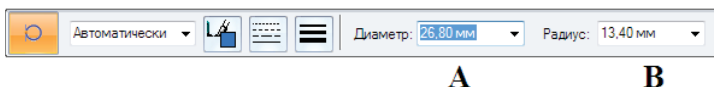
¹ Здесь и далее положительный угол наклона при построениях отсчитывается от оси Х системы координат эскиза в направлении против часовой стрелки.

Многоугольник



Команда создания многоугольника имеет два режима – с созданием его по вершине (радиусу описанной окружности, A) и по перпендикуляру из центра к стороне (B). Задаются число сторон (C, больше 3), длина радиуса окружности или нормали в зависимости от выбранного режима (D) и угол наклона этого отрезка (E).

Окружность



Построение окружности осуществляется тремя различными командами. В графическом окне указывается:

- *по центру*: первая точка – центр, вторая – конечная точка радиуса;
- *по трем точкам*: три принадлежащие окружности точки в произвольном порядке;
- *касательная*: первая точка – точка касания, принадлежащая уже существующему элементу, вторая – точка центра окружности.

В полях меню команды можно указать диаметр (A) или радиус (B) окружности.

Дуга



Существуют три режима построения дуги. В графическом окне выбирается:

- *касательная*: первая точка – точка касания, принадлежащая уже существующему элементу, вторая – конечная точка дуги;
- *по трем точкам*: три принадлежащие дуге точки в произвольном порядке;
- *по центру*: первая точка – центр дуги, вторая – конечная точка дуги, определяющая ее радиус, третья – еще одна конечная точка дуги.

В полях меню команды для касательной дуги и дуги по центру можно указать радиус (A) и угловой размер (B) дуги, для дуги по трем точкам – только радиус (A). Касательная дуга предоставляет также возможности построения дуги, ортогональной элементу в начальной точке или расположенной под произвольным углом (см. далее описание зон *перехода*).

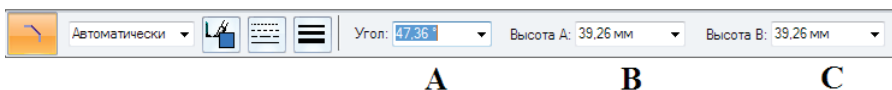
Скругление



Команда создает скругление между двумя элементами.

В меню команды задается радиус скругления (B). Параметр **Не отсекай** (A) позволяет сохранить геометрию элементов, предшествующую выполнению скругления.

Фаска



Команда создает фаску между двумя прямолинейными элементами. Элементы могут иметь точку пересечения на своем продолжении. При создании фаски они будут автоматически продлены до фаски, а оставшиеся концы отрезков – автоматически отсекаются.

Стороны фаски в графическом окне обозначены зелеными буквами А и В. Им соответствуют поля команды **Высота А** (В) и **Высота В** (С), определяющие размер фаски. Есть возможность задать угол фаски (А).

Инструмент Intelli Sketch

Intelli Sketch – интеллектуальный инструмент, обеспечивающий точность построений, создание размеров и накладывание связей непосредственно в самом процессе выполнения построений. Например, создаваемый отрезок может сразу строиться вертикальным или горизонтальным, окружность – концентрично уже имеющейся, дуга – начинаться в конечной точке отрезка и быть касательной к нему и т. д. С применением этого инструмента ряд построений и изменений элементов значительно упрощается.

При выполнении построения Intelli Sketch динамически прорисовывает создаваемый элемент согласно текущей позиции курсора, а также показывает связи между текущим положением элемента и другими элементами эскиза, горизонтальным и вертикальным направлениями, а также началом создаваемого элемента.

Если Intelli Sketch распознает связь, то значок этой связи появляется рядом с курсором (рис. 2.2.6, А – значок связи **Горизонталь**). Одновременно может распознаваться одна или две связи, во втором случае рядом с курсором появятся два значка. Если в момент появления значка нажать ЛКМ, то соответствующая связь будет наложена на элемент. Например, при построении отрезка, касательного к окружности, Intelli Sketch распознает две связи – точку на элементе и касание (В). Intelli Sketch также показывает, что текущее положение курсора горизонтально (вертикально) относительно некоторой характерной точки (С – относительно конечной точки отрезка). Связь **Точка на элементе** распознается для отрезков или дуг и в том случае, когда курсор располагается не на самом элементе, а на линии его продолжения (D). Также Intelli Sketch отображает значок связи в точках центра дуг и окружностей, облегчая выбор характерных точек (Е).

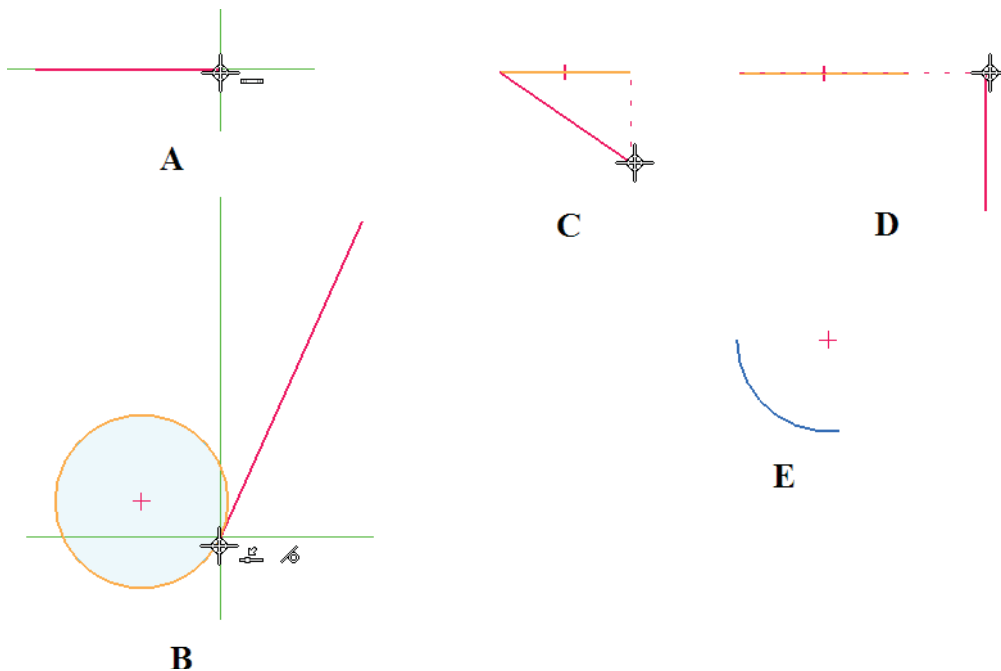


Рис. 2.2.6. Пример работы инструмента Intelli Sketch

Инструмент Intelli Sketch распознает различные связи, причем набор этих связей может задаваться пользователем. Включить/отключить распознавание наиболее распространенных связей можно в группе **Intelli Sketch** на вкладке **Эскиз** (рис. 2.2.7), поставив/сняв соответствующую галочку.


Доступ к настройкам распознавания всех связей, а также к остальным настройкам работы инструмента **Intelli Sketch** производится при нажатии кнопки **Параметры Intelli Sketch**  в этой же группе (рис. 2.2.8). Открывается окно, в котором на за-



Рис. 2.2.7. Группа настроек включения/отключения отдельных связей Intelli Sketch

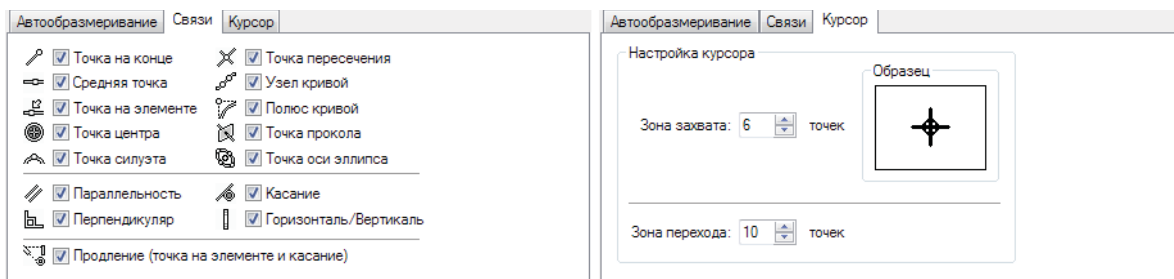


Рис. 2.2.8. Группа настроек включения/отключения всех доступных связей (закладка Связи) и размера зоны захвата (закладка Курсор) в окне Параметры Intelli Sketch

На закладке **Связи** можно включить/отключить распознавание всех типов связей. На закладке **Курсор** настраивается размер зоны захвата, в которой Intelli Sketch производит поиск и распознавание связей с любыми элементами.

Здесь же настраивается размер так называемой «зоны перехода» – еще одного инструмента, облегчающего построение геометрических элементов, касательных или перпендикулярных к другим элементам. При создании ряда элементов, начинающихся на уже существующей геометрии, система делит область вокруг точки начала построения на четыре зоны перехода – сектора круга.

Рассмотрим работу с инструментом на примере. При построении дуги, начинающейся в конечной точке отрезка, вокруг точки начала построения отображаются четыре зоны перехода (рис. 2.2.9), две из которых позволяют построить дугу, касательную к отрезку (А), а две остальные – перпендикулярную к нему (В). Чтобы сменить ориентацию дуги, необходимо провести курсор мыши через соответствующую зону перехода. После завершения построения нажатием ЛКМ во второй точке дуги можно будет увидеть автоматически наложенную связь (касательность (С) или перпендикуляр) в точке начала дуги.

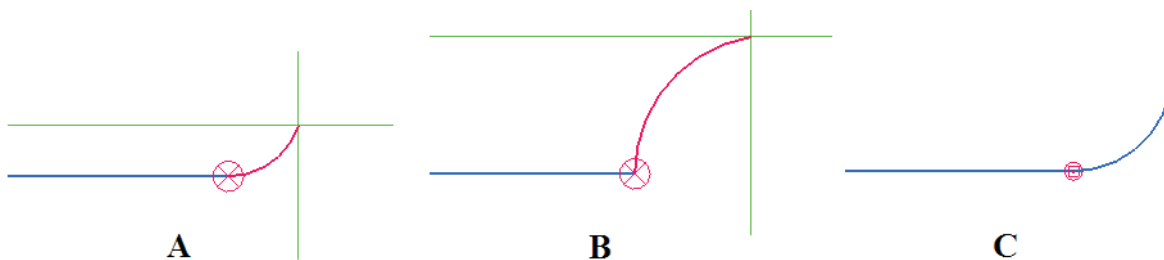


Рис. 2.2.9. Иллюстрация работы с зонами перехода

Аналогично обстоит дело и с другими подобными построениями, например с построением отрезка, начинающегося на окружности.

Элементы вспомогательной геометрии

Для построения некоторых элементов эскиза необходимы вспомогательные геометрические построения. Примерами таких построений служат, в частности, описанная вокруг многоугольника окружность (рис. 2.2.10), оси для управления угловым расстоянием между элементами и т. д. Эти построения игнорируются на последующей операции создания трехмерного конструктивного элемента. В системе Solid Edge вспомогательные элементы обозначаются штрихпунктирной линией. Переключить любой геометрический элемент во вспомогательный и обратно можно с помощью кнопки **Вспомогательный элемент/Профиль** в группе **Построения**.

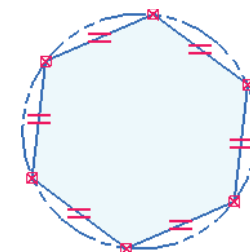


Рис. 2.2.10. Пример вспомогательного построения

Редактирование геометрии эскиза

Система Solid Edge обладает обширным набором инструментов по модификации эскизных построений. Во многом они сходны с инструментами создания элементов, поэтому часть приемов редактирования аналогична таковым при их построении.

Следует помнить, что при изменении эскиза его элементы автоматически изменяются в соответствии с ранее наложенными связями, при этом происходят автоматическое добавление и удаление связей.

Модификация элементов с помощью маркеров

При выборе элементов с помощью инструмента **Выбор** в характерных точках элемента появляются маркеры (рис. 2.2.11).

Захватив один из маркеров ЛКМ и удерживая ЛКМ нажатой, можно переместить маркер мышью, изменив тем самым геометрию выбранного элемента – растянуть/сжать отрезок, изменить радиус или угловую длину дуги и т. д.



Рис. 2.2.11. Маркеры в характерных точках элементов

Перемещение и копирование элементов с помощью мыши

Чтобы **переместить** элемент в другое место, не изменяя его формы, нужно поместить курсор на элемент таким образом, чтобы он был не на маркере, нажать ЛКМ, перетащить захваченный элемент в нужное место и отпустить ЛКМ.

Чтобы **создать и переместить копию** элемента, следует удерживать нажатой клавишу **Ctrl** при перетаскивании элемента мышью.

Удаление элементов

Чтобы удалить элементы эскиза, необходимо выбрать их с помощью инструмента **Выбор** и нажать клавишу **Del**.

Модификация элементов с помощью команд редактирования

Команды редактирования элементов располагаются в группе **Построения** на вкладках **Главная** и **Эскиз** (рис. 2.2.5). Их описание представлено в табл. 2.2.2.

Таблица 2.2.2. Команды редактирования элементов

Группа команд редактирования	Элементы группы команд редактирования	Описание
Продлить до пересечения	—	<ul style="list-style-type: none"> Продлить элементы до ближайшего пересечения
Отсечь	—	<ul style="list-style-type: none"> Отсечь части элементов
Отсечь до угла	—	<ul style="list-style-type: none"> Отсечь или продлить элементы до образования угла
Разбить	—	<ul style="list-style-type: none"> Разбить элемент в указанной точке
Эквидистанта	Эквидистанта Эквидистантный контур	<ul style="list-style-type: none"> Создать элемент, эквидистантный существующему Создать эквидистантный контур по выбранной геометрии
Переместить	Переместить Повернуть	<ul style="list-style-type: none"> Переместить элементы на точно заданное расстояние Повернуть выбранные элементы
Зеркально отразить	Зеркально отразить Масштабировать Растянуть	<ul style="list-style-type: none"> Зеркально отразить выбранные элементы Масштабировать выбранные элементы относительно базовой точки Растянуть элементы, пересекающие ограничивающий контур

Отсечь

Команда **Отсечь** удаляет часть элемента до точки пересечения с другим элементом, при этом указывается та часть элемента, которую нужно отсечь. Если протащить курсор мыши через отсекаемые части элементов, удерживая нажатой ЛКМ, можно одновременно отсечь все пересекаемые части (рис. 2.2.12).

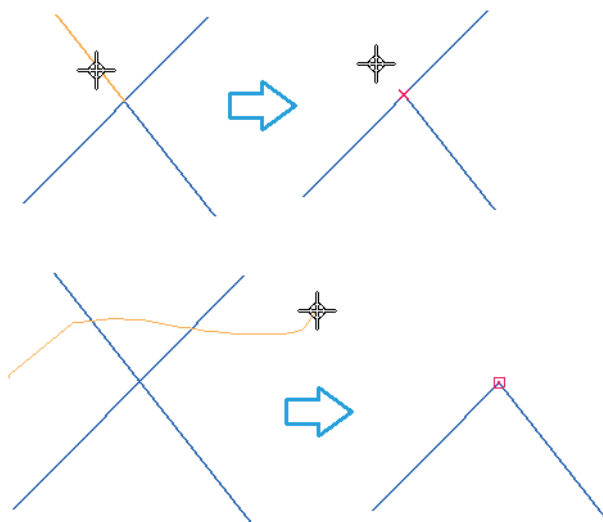


Рис. 2.2.12. Иллюстрация выполнения команды Отсечь

По умолчанию отсечение производится до ближайшего пересечения (рис. 2.2.13, А), однако команда предусматривает принудительный выбор граничного элемента (одного или нескольких), до которого выполняется отсечение (рис. 2.2.13, В). Выбор граничных элементов (1) производится с нажатой клавишей **Ctrl** до выбора отсекаемой части элемента (2).

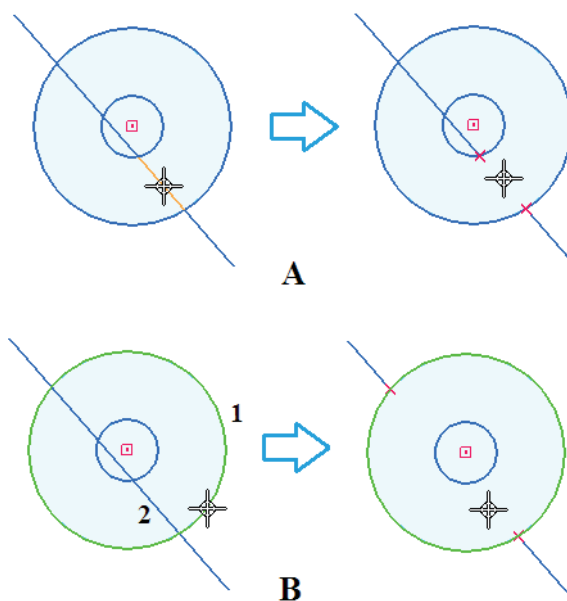


Рис. 2.2.13. Иллюстрация выполнения команды Отсечь с выбором граничных элементов

Отсечь до угла

Команда **Отсечь до угла** отсекает или продлевает открытые элементы до образования угла, причем выбирать нужно части элементов, которые необходимо сохранить (рис. 2.2.14).

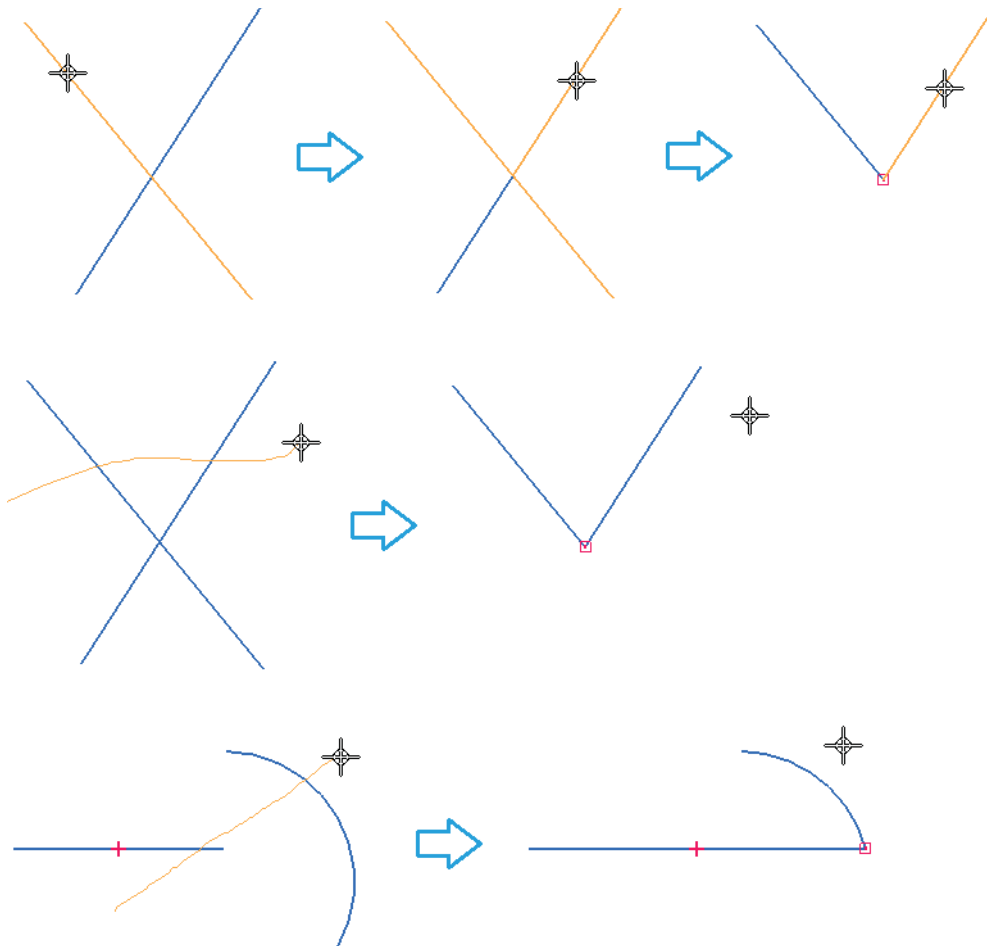


Рис. 2.2.14. Иллюстрация выполнения команды Отсечь до угла

Продлить до пересечения

Команда **Продлить до пересечения** продлевает открытый элемент до следующего элемента. Необходимо указать элемент, после чего переместить мышь в области конечной точки его продления и нажать ЛКМ (рис. 2.2.15, А).

Продлить элемент, аналогично команде **Отсечь**, можно не только до ближайшего, но и до произвольно выбранного элемента (В). Элемент отсечения (1) необходимо выбрать первым с нажатой клавишей **Ctrl**, а затем, отпустив клавишу, следует выбрать элемент для продления (2).

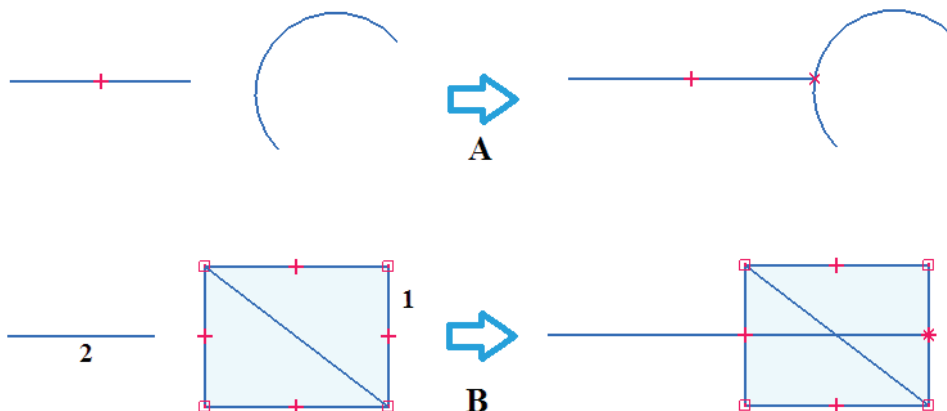


Рис. 2.2.15. Иллюстрация выполнения команды Продлить до пересечения

Разбить

С помощью команды **Разбить** открытый или закрытый контур разбивается на части соответственно вводной или двум указанным точкам (рис. 2.2.16). При этом на полученные части разбиваемого элемента автоматически накладываются соответствующие геометрические связи (например, при разбиении окружности/дуги на обе ее части будет наложена связь концентричности, в точке разбиения будет наложена связь соединения и т. д.).

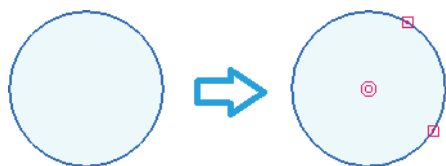
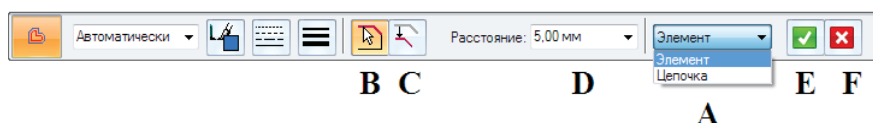


Рис. 2.2.16. Иллюстрация выполнения команды Разбить

Эквидистанта

Команда **Эквидистанта** строит эквидистантную копию выбранного элемента или цепочки элементов (А).



С помощью кнопки В производится выбор элементов для копирования. Параметр С позволяет задать щелчком мыши направление смещения эквидистантной копии. В поле D задается расстояние смещения. Кнопка Е подтверждает выбор элементов, кнопка F отменяет выбор.

После завершения построения появляется размерная связь, соответствующая величине смещения (рис. 2.2.17).

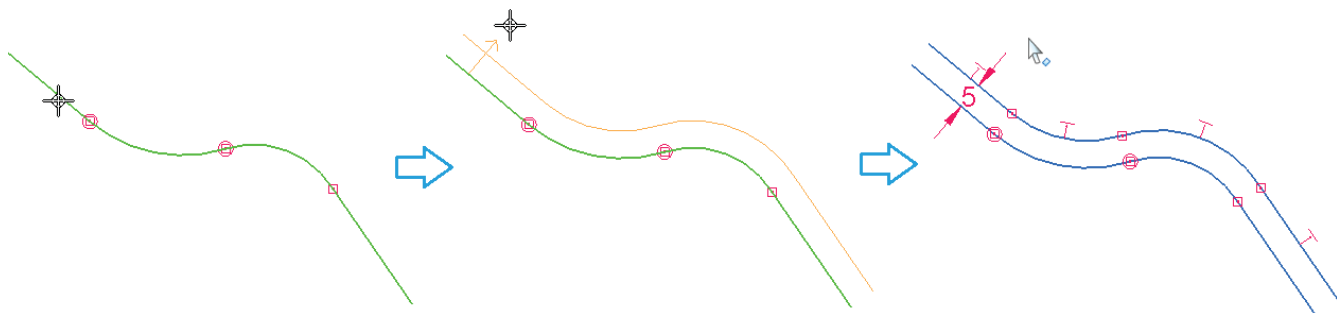
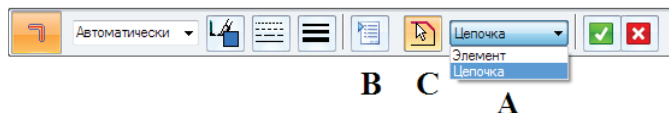


Рис. 2.2.17. Иллюстрация выполнения команды Эквидистанта

Эквидистантный контур

Команда **Эквидистантный контур** строит симметричные эквидистантные копии выбранного элемента или цепочки элементов (А), при этом исходный элемент или цепочка преобразуется во вспомогательную осевую линию, а углы между элементами цепочки скругляются (рис. 2.2.18).



Параметры выстраиваемого контура (тип основания – линия или дуга, ширина, контуры, радиусы скруглений контура и его основания и прочее) задаются в окне, вызываемом в начале построения либо по кнопке В.

Ассоциативность эквидистантной копии и контура относительно своих родителей не поддерживается, то есть удаление элементов исходной цепочки не повлияет на геометрию соответствующей копии и контура.

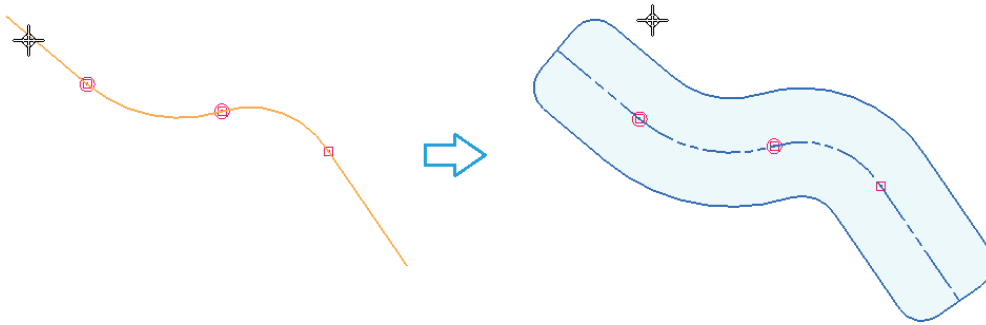
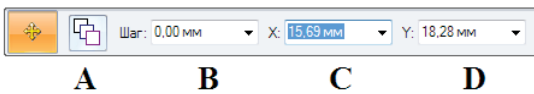


Рис. 2.2.18. Иллюстрация выполнения команды Эквидистантный контур

Переместить

С помощью команды **Переместить** можно переместить или скопировать элемент или набор элементов на новое место. У всех команд, описанных далее в этом разделе, переключатель А управляет режимами команды (модификация оригинала или создание копии).

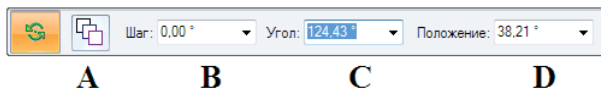


Порядок действий при выполнении команды следующий:

- выбрать с помощью ЛКМ элемент или набор элементов (с нажатой клавишей **Ctrl**);
- указать с помощью ЛКМ начальную точку вектора перемещения, используя при необходимости характерные точки;
- задать (при необходимости) с помощью параметра В в меню команды шаг (дискретность) перемещения элементов;
- указать с помощью ЛКМ или параметров С и D в меню команды конечную точку вектора перемещения, используя при необходимости характерные точки;
- выбранный набор остается активным, поэтому в режиме копирования для создания нескольких копий элементов достаточно повторять щелчки ЛКМ в новых точках;
- завершить выполнение команды щелчком ПКМ; выбранный набор продолжает оставаться активным;
- нажать клавишу **Esc** для отмены выбора набора.

Повернуть

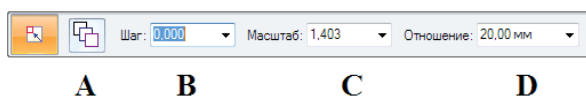
Работа с командой **Повернуть** во многом аналогична команде **Переместить**. С ее помощью элемент или набор элементов поворачивается на заданный угол вокруг заданной точки.



Отличие заключается в том, что вместо начальной и конечной точек вектора перемещения задается центр поворота, а также начальная (D) и конечная (C) точки поворота в угловом выражении.

Масштабировать

Команда **Масштабировать** применяется для масштабирования или копирования элементов с масштабированием (A).



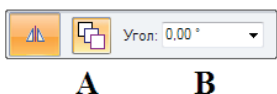
Порядок действий при выполнении команды следующий:

- выбрать с помощью ЛКМ элемент или набор элементов (с нажатой клавишей **Ctrl**);
- указать точку центра масштабирования. После указания он будет обозначен перекрестьем, а между ним и курсором будет динамически отображаться линия;
- задать (при необходимости) с помощью параметра В в меню команды шаг (дискретность) масштабирования;
- перемещать курсор, пока элемент не примет требуемого размера, и щелкнуть ЛКМ, либо указать коэффициент масштабирования с помощью параметра С и нажать клавишу **Enter**.

Параметр **Отношение (D)** служит для настройки чувствительности изменения масштаба к перемещениям курсора мыши.

Зеркально отразить

Команда **Зеркально отразить** служит для зеркального отражения или зеркального копирования (А) элементов.



Порядок действий при выполнении команды следующий:

- выбрать с помощью ЛКМ элемент или набор элементов (с нажатой клавишей **Ctrl**);
- указать с помощью ЛКМ ось зеркального отражения в виде существующей линии, двух точек либо одной точки и угла наклона линии В.

Растянуть

Команда **Растянуть** перемещает и растягивает элементы, попадающие внутрь ограничивающего контура (рис. 2.2.19).

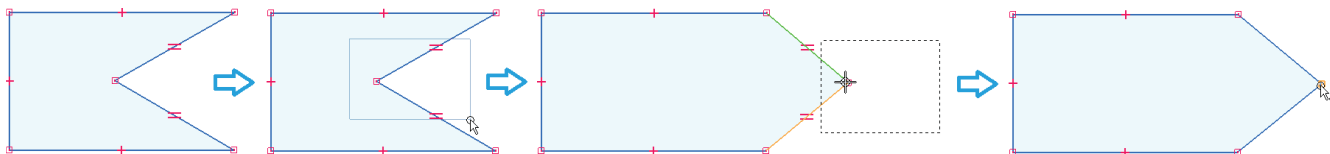


Рис. 2.2.19. Иллюстрация выполнения команды Растянуть

Для выполнения команды необходимо:

- с помощью ЛКМ выбрать прямоугольный ограничивающий контур, внутрь которого частично или целиком попадают растягиваемые элементы;
- выбрать точку перемещения;
- растянуть элементы, перемещая мышью, и зафиксировать их новое растянутое положение, щелкнув ЛКМ.

Копирование, вырезание и вставка элементов эскиза

Элементами эскиза можно манипулировать с помощью стандартных команд буфера обмена: **Ctrl+C** (копировать), **Ctrl+X** (вырезать), **Ctrl+V** (вставить). Их кнопки расположены также на вкладке **Главная** в группе команд **Буфер обмена** (рис. 2.2.20).

Предварительно необходимо выбрать элементы. Базовой точкой вставки служит центр воображаемого прямоугольника, охватывающего все вставляемые элементы. Элементы помещаются на текущую зафиксированную плоскость или на плоскость, подсвеченную курсором.

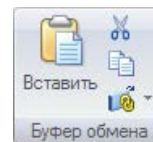


Рис. 2.2.20. Группа команд работы с буфером обмена

Связи

Связи – инструмент 2D- и 3D-проектирования, позволяющий задавать ориентацию геометрических элементов относительно других элементов или базовых плоскостей, а также автоматически поддерживать эту ориентацию неизменной

при модификации геометрии модели. Команды работы с геометрическими связями эскиза находятся на вкладках **Главная** и **Эскиз** в группе **Связи** (рис. 2.2.21).

В данном разделе будут рассмотрены связи для применения их в 2D-эскизе. Следует помнить, что выполненные в эскизе связи не мигрируют в конструктивный элемент, созданный на его основе (за исключением связи **Горизонталь/Вертикаль** для характерных точек 2D-объектов).



Рис. 2.2.21. Команды работы с геометрическими связями

Наложение и удаление связей

Связи могут накладываться двумя способами: непосредственно в момент построения геометрических элементов с помощью инструмента IntelliSketch, а также уже после построения, с помощью команд дополнительного наложения отдельных связей. Чтобы наложить связь на существующий элемент, необходимо выбрать команду связи и затем выбрать элемент для добавления связи, после чего геометрия элемента изменится в соответствии с правилами наложенной связи. Чтобы удалить связь, следует выбрать ее значок с помощью инструмента **Быстрый выбор** и нажать клавишу **Del**.

Пример геометрии эскиза с наложенными связями соединения, касания, горизонтали/вертикали, concentricity, параллельности и перпендикулярности представлен на рис. 2.2.22. Подробно наложение конкретных связей на элементы описано ниже.

Чтобы получить возможность накладывать связи, необходимо нажать кнопку параметра **Наложение связей** в группе **Связи**. Если этот параметр включен, то система автоматически накладывает на элементы связи, которые инструмент Intelli Sketch распознает в процессе построения, а также связи, накладываемые в результате выполнения соответствующих команд наложения связей.

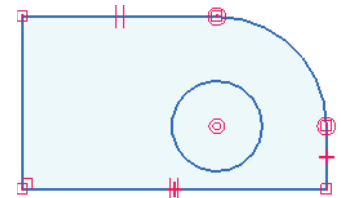


Рис. 2.2.22. Пример геометрии эскиза с наложенными связями

Обозначение связей

Наложённые на элементы связи отображаются в графическом окне с помощью специальных значков, отображаемых на самом элементе. Появление значка связи на элементе говорит о том, что наложенная связь будет отслеживаться. Если на один и тот же элемент наложено несколько связей, то одновременно будет отображаться несколько значков.

Отображение значков связей можно включать и выключать с помощью кнопки **Обозначения связей** в группе **Связи**.

Выбор связи

Выбор связи производится щелчком ЛКМ по значку связи, при этом подсвечиваются элементы, на которые она наложена (рис. 2.2.23, А). Если несколько значков связей расположены в одном месте и требуется выбрать одну из связей, следует использовать инструмент **Быстрый выбор** и выбрать нужную связь в открывшемся списке. Элементы, на которые наложена выбранная связь, будут выделены пунктиром (В).

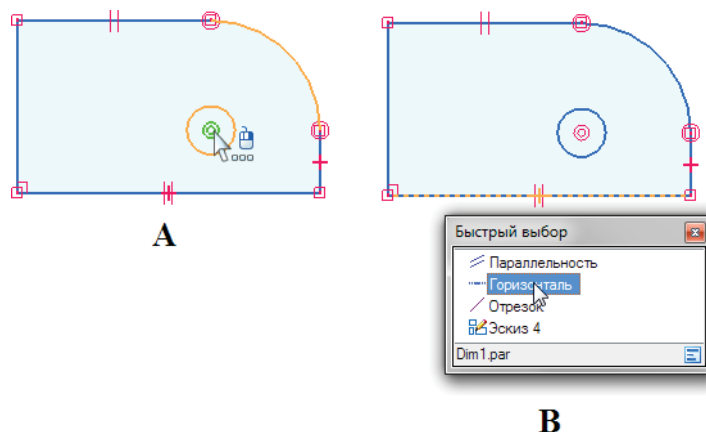







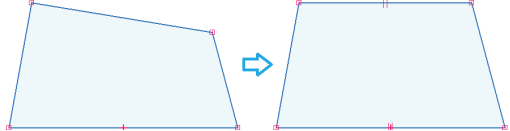

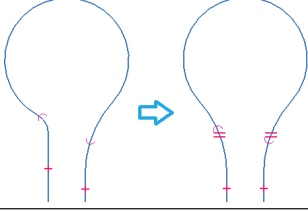

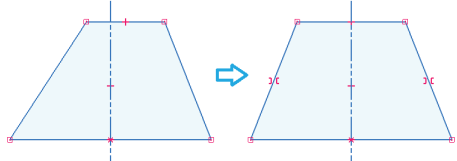

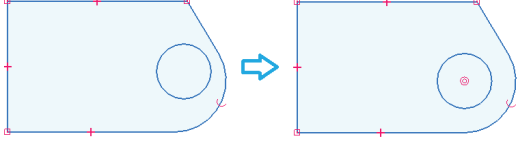

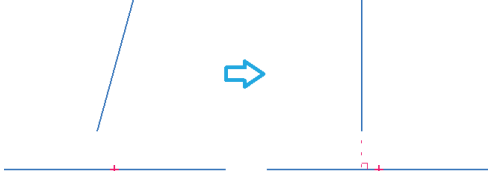

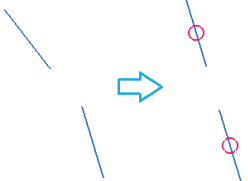


Рис. 2.2.23. Пример простого выбора связи (А) и выбора одной связи из одновременно наложенных (В)

Состав связей

Ниже приведен краткий обзор команд наложения связей. Состав основных связей, которые возможно наложить на геометрические элементы эскиза, а также их обозначение на графических элементах приведены в табл. 2.2.3. Краткое описание процесса наложения связей каждого типа приводится ниже. Следует отметить, что при наложении связи на два элемента изменяется положение того из них, который указан первым, так что при изменении порядка указания элементов результат наложения связи также будет изменяться.

Таблица 2.2.3. Состав основных геометрических связей

Связи	Описание	Обозначение на графических элементах
 Соединить	Присоединить один элемент к другому в характерной точке	
 Горизонталь/ Вертикаль	Выровнять отрезок или две точки по вертикали или горизонтали	
 Касание	Сделать два элемента касательными	
 Параллельность	Сделать два элемента параллельными	
 Равенство	Сделать два элемента или размера равными	
 Симметрия	Сделать два элемента симметричными	
 Концентричность	Совместить центры двух дуг или окружностей	
 Перпендикуляр	Сделать отрезок или дугу перпендикулярными другому элементу	
 Коллинеарность	Сделать два элемента коллинеарными	

Соединить

Команда **Соединить** создает неразрывное соединение конечной точки одного элемента с конечной точкой другого элемента или с характерной точкой. Наложение связей такого типа помогает получить корректно замкнутую область на эскизе. Соединение в конечных точках обозначается точкой в центре квадрата.

Менее жесткий, с точки зрения накладываемых ограничений, вариант этой команды носит название **Точка на элементе**. В этом случае конечная точка одного элемента соединяется с любой точкой другого элемента, не обязательно концевой или характерной. Такая связь обозначается в виде крестика в месте соединения элементов.

Касание

Команда **Касание** создает касательное соединение двух элементов или их групп. Простая команда **Касание** оперирует такими парами элементов, как **Отрезок – Дуга** и **Дуга – Дуга**. Раскрывающиеся опции этой команды, кроме первой, обеспечивают гладкое сопряжение сплайнов.

Перпендикуляр

Команда **Перпендикуляр** выстраивает два отрезка под углом 90° друг к другу.

Горизонталь/Вертикаль

У команды **Горизонталь/Вертикаль** есть два режима работы:

- выбрав любую точку на отрезке, кроме точек конца и середины, можно зафиксировать горизонтальное или вертикальное положение отрезка;
- выбрав одну из точек конца или середины каждого из двух отрезков, можно зафиксировать их выровненное положение по горизонтали или вертикали.

Равенство

Команда **Равенство** обеспечивает равенство длин (у отрезков) или радиусов (у дуг) двух однотипных геометрических элементов.

Параллельность

Команда **Параллельность** обеспечивает параллельность двух отрезков.

Концентричность

Команда **Концентричность** совмещает центры дуг или окружностей.

Симметрия

Команда **Симметрия** выстраивает два элемента симметрично относительно отрезка или базовой плоскости. Эта команда влияет как на взаиморасположение, так и на размеры элементов. Нужно выбрать ось симметрии, а затем последовательно указать два выравниваемых элемента.

Коллинеарность

Команда **Коллинеарность** размещает два отрезка на одной прямой и поддерживает это состояние при изменении угла наклона одного из них. Необходимо последовательно выбрать два отрезка. Изменяется ориентация отрезка, выбранного первым.

Набор

Команда определяет связь **Набор** для выбранных элементов, чтобы в дальнейшем манипулировать всеми этими элементами как одним элементом.

Области

Если построенный эскиз образует сам по себе (рис. 2.2.24, А) либо с участием ребер модели (В) замкнутый контур, лежащий в одной плоскости, то такой замкнутый контур носит название *области эскиза* и автоматически отображается затененным светло-синим цветом (если области эскиза разрешены). Примеры областей приведены на рис. 2.2.25.

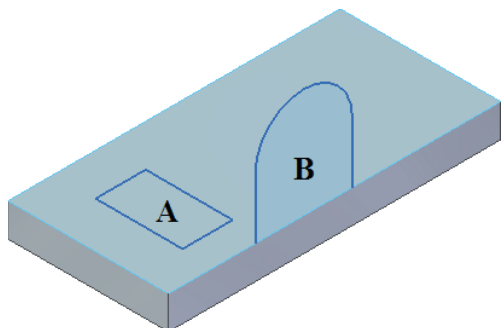


Рис. 2.2.24. Формирование областей эскиза

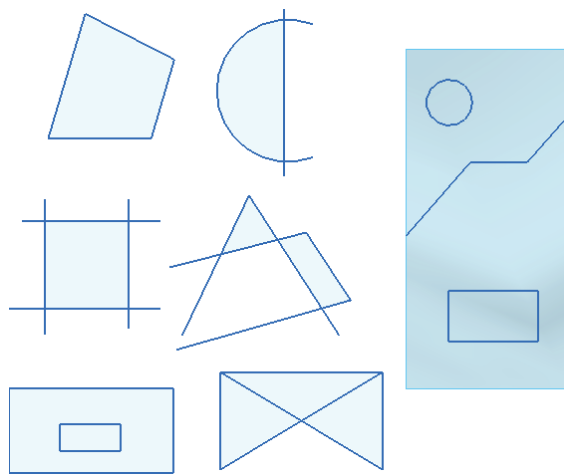


Рис. 2.2.25. Примеры областей

Формирование областей эскизов разрешается и запрещается в контекстном меню выбранного эскиза в навигаторе с помощью соответствующих команд **Разрешить области** / **Запретить области**.

Следует подчеркнуть, что эскиз создает область только в том случае, если он соединяется с ребром копланарной грани или полностью пересекает его (рис. 2.2.26, А). Такой эскиз называется закрытым. В противном случае, если эскиз некопланарен с гранью тела или копланарен с гранью тела, но не касается ребра грани либо пересекает ребро грани лишь частично, эскиз будет считаться открытым, и область создана не будет (В).

Тем не менее система Solid Edge позволяет при создании твердого тела работать и с открытым эскизом. Так, в команде **Выдавливание** после определения стороны открытого эскиза для добавления материала эскиз будет автоматически продлен до следующей грани.

В дальнейшем области используются для построения объемных конструктивных элементов с плоскими или неплоскими гранями. При помещении курсора на область она отображается желто-коричневым цветом (рис. 2.2.27, А).

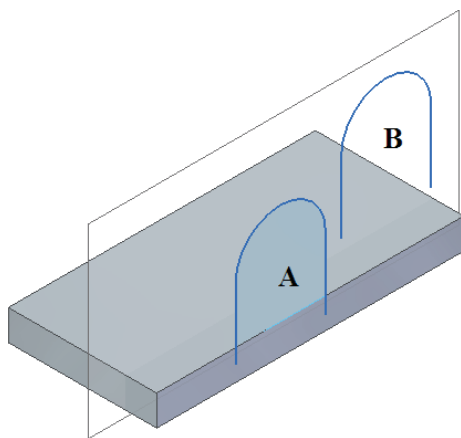


Рис. 2.2.26. Поведение Solid Edge при создании областей с различными эскизами

Когда область выбрана с помощью инструмента **Выбор**, она отображается затененным зеленым цветом (В). С помощью различных режимов инструмента **Выбор** можно одновременно выбирать несколько областей. Области можно выбрать по методу «объект–действие» или «действие–объект». В первом случае

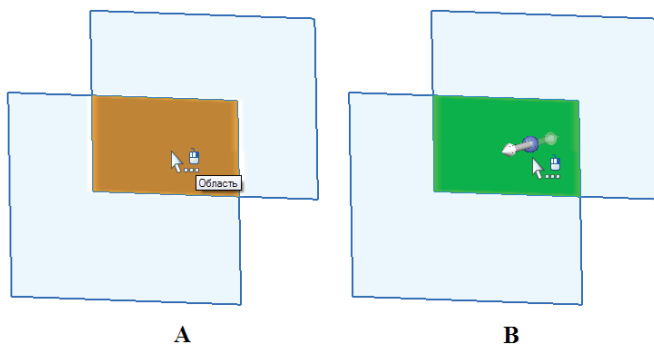



Рис. 2.2.27. Отображение области с наведенным курсором (А) и выбранной области (В)

сначала выбирается объект, а затем команда по работе с ним, во втором – сначала активируется команда, а затем выбирается геометрия для ее выполнения.

После выбора области можно продолжить создание конструктивного элемента с помощью появившегося специального инструмента – манипулятора (В). Подробнее этот процесс будет рассмотрен в разделе создания конструктивных элементов.

Управление эскизами

Эскизы в навигаторе

Все созданные эскизы отображаются в навигаторе в двух коллекциях – **Эскизы** и **Использованные эскизы**. Идентификатор эскиза – значок . Слева от значка может располагаться изображение карандаша – это означает, что плоскость данного эскиза зафиксирована. Ставя и снимая галочку в соответствующем поле слева от значка эскиза, можно показывать и скрывать эскиз в графическом окне модели. Галочка слева от обозначения группы **Эскизы** дает возможность показывать и скрывать все эскизы группы.

После выбора эскиза из коллекции **Эскизы** в навигаторе по правой кнопке мыши становится доступным контекстное меню, в котором возможны следующие основные действия с данным эскизом (рис. 2.2.28):

- удаление;
- копирование, вырезание и вставка;
- переименование;
- работа с пользовательскими наборами;
- фиксация/отмена фиксации плоскости;
- разрешение/запрет областей;
- разрешение/запрет миграции геометрии и размеров.

Контекстное меню коллекции **Использованные эскизы** состоит всего из двух команд, с помощью которых можно удалить или восстановить данный эскиз обратно в коллекцию **Эскизы** (см. «Восстановление эскизов»).

Эскизы и ассоциативность

Геометрия эскиза не ассоциативна напрямую с плоскостью или гранью, в которой построен эскиз. При перемещении такой плоскости или грани геометрия эскиза не переместится, если только она не входит в выбранный набор. Если между элементами эскиза и ребрами модели наложены плоские геометрические связи, то при перемещении ребер геометрические связи будут обновляться.

Перемещение эскизов

Если требуется переместить или повернуть весь эскиз в пространстве, то это можно сделать с помощью *колеса управления*, предварительно выбрав эскиз в навигаторе либо в графическом окне с помощью инструмента **Быстрый выбор**. Инструмент **Выбор** позволяет выбрать только области эскиза или элементы выбранного эскиза.

Если в результате своего перемещения эскиз становится копланарным с другим эскизом, то эти два эскиза комбинируются в один эскиз, при условии что для одного из эскизов включен параметр **Разрешить объединение копланарных эскизов**.

Эскизом можно манипулировать и в трехмерной среде; подробно этот функционал будет рассмотрен в разделе о редактировании 3D-геометрии.

Восстановление эскизов

Любой эскиз после своего однократного использования перемещается в коллекцию **Использованные эскизы**. Тем не менее эскиз в синхронной среде можно многократно использовать для построения других конструктивных элементов

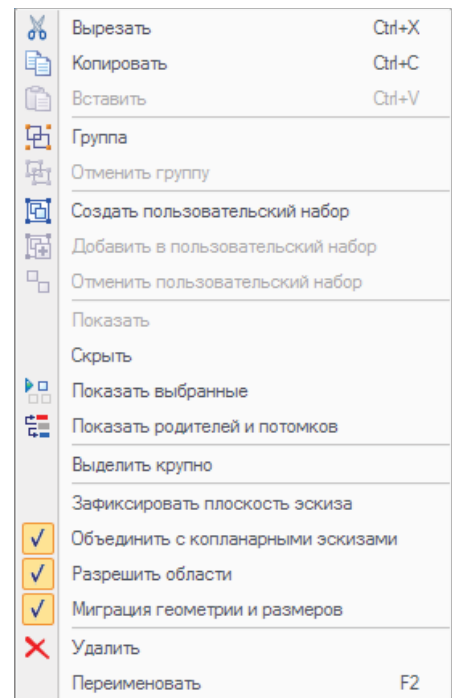


Рис. 2.2.28. Контекстное меню эскиза

модели, восстанавливая его исходное положение с помощью команды **Восстановить** из контекстного меню данного эскиза в группе **Использованные эскизы** (рис. 2.2.29).

Образмеривание эскизов

Работу с эскизом завершает этап образмеривания, то есть создания размерных связей между элементами эскиза. Команды простановки размеров располагаются в группе **Размеры** на вкладках **Главная**, **Эскиз** и **Атрибуты** (рис. 2.2.30 и табл. 2.2.4).

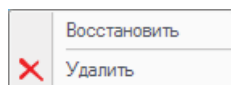


Рис. 2.2.29. Контекстное меню эскиза в группе **Использованные эскизы**

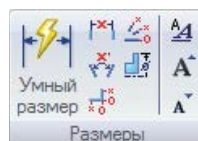








Рис. 2.2.30. Команды простановки размеров

Таблица 2.2.4. Команды простановки размеров

Команды	Описание
 Умный размер Умный размер	Строит линейные и угловые размеры для элементов разных типов в зависимости от контекста выбора. <i>Для одного элемента:</i> <ul style="list-style-type: none"> • длина или угол линии; • радиус или диаметр окружности; • длина, угол, радиус и диаметр дуги; • радиус эллипса или кривой. <i>Для двух элементов:</i> <ul style="list-style-type: none"> • между двумя линейными элементами; • между двумя круговыми элементами
 Расстояние между	Строит размеры, которые обозначают расстояние между элементами или характерными точками
 Угол между	Строит размеры, которые обозначают значение угла между элементами или характерными точками
 Смещение от базы	Строит размеры, которые обозначают расстояние от базовой точки до одной или нескольких характерных точек или элементов
 Угол от базы	Помещает угловой размер между точкой центра, осью и измеряемой точкой
 Симметричный диаметр	Используется для построения размера, обозначающего расстояние от осевой линии до элемента или характерной точки, которое умножается на два и отображается как значение диаметра

Размер в общем случае создается выбором одного или двух элементов с помощью ЛКМ, после чего за курсором динамически отображается размерная линия. Поместив ее в нужное место, следует снова нажать ЛКМ, и размер будет построен. Для переключения типа размера можно использовать ряд горячих клавиш (см. строку сообщений).

Типы размеров

В среде синхронного проектирования могут присутствовать два типа размеров – управляющие (зафиксированные) и зависимые (управляемые, или свободные). По умолчанию размеры в синхронном эскизе создаются как управляющие.

Цвета размеров задаются на закладке **Цвет элементов** в окне **Параметры Solid Edge**, вызываемом при помощи кнопки приложения. Зафиксированные размеры имеют тот же цвет, что и значки связей (по умолчанию – красный). Управляемые размеры отображаются тем же цветом, что и геометрия эскизов (по умолчанию – синий).

Управляющий размер не меняет своего значения при какой-либо перестройке остальной геометрии эскиза. Изменить его можно только непосредственным редактированием размера пользователем. Зависимый размер, напротив, адаптируется к изменяющейся геометрии, но не подлежит прямому редактированию. Чтобы отредактировать его значение, необходимо предварительно сделать размер управляющим.

Так, на рис. 2.2.31 размеры R10, R20 и 130 – управляющие и доступны для непосредственного редактирования. Для этого необходимо щелкнуть ЛКМ по размеру, ввести новое значение в появившемся окне быстрого ввода и подтвердить нажатием ЛКМ.

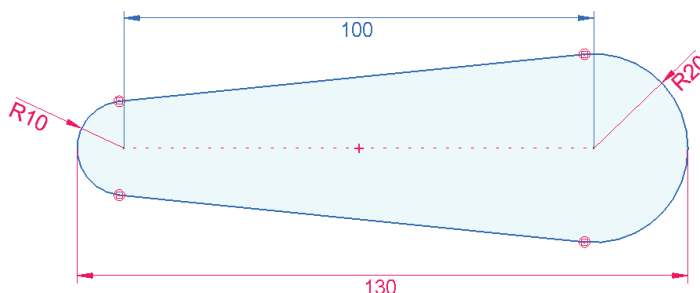


Рис. 2.2.31. Пример управляющих и зависимых размеров




Чтобы отредактировать значение зависимого размера 100, необходимо сначала сделать его управляющим. Обратим внимание, что система Solid Edge поддерживает непротиворечивость наложенных на модель размеров и предотвращает изменения, нарушающие целостность размерной цепи. Вследствие этого, чтобы сделать управляющим размер 100, необходимо сначала перевести в разряд зависимых размер 130. За это действие отвечает кнопка с изображением замка, расположенная рядом со значением размера (рис. 2.2.32). Закрытый замок  означает управляющий размер, открытый  – зависимый. Переключение типов размеров осуществляется простым щелчком ЛКМ по этой кнопке.




Рис. 2.2.32. Окно быстрого ввода для редактирования значения и переключения типа размера

Ориентация размеров

Ориентация размера на поле эскиза зависит от направления оси X системы координат плоскости эскиза. Чтобы изменить ориентацию размера, необходимо изменить направление осей и/или положение начала координат. Это особенно полезно, когда на эскизе присутствуют несколько по-разному ориентированных областей. Редактирование положения начала координат выполняется следующим образом:

1. Фиксируется плоскость эскиза.
2. В группе **Построения** (вкладка **Эскиз**) выбирается команда **Определить начало координат** . В текущем начале координат плоскости эскиза отобразится инструмент  редактирования начала координат.
3. Инструмент перетаскивается мышью за свой центр в новую характерную точку, которая становится новым началом координат.
4. Щелчок ЛКМ по тору запускает процедуру поворота оси X. Можно выбрать характерную точку или повернуть ось на заданный угол, указав числовое значение в поле быстрого ввода.

Команда **Вид на профиль** ориентирует вид так, что текст размеров отображается горизонтально.

Команда **Стандартное начало координат**  автоматически восстанавливает стандартное начало координат в точке (0,0,0) в центре текущей зафиксированной плоскости эскиза.

Расходование эскизов и миграция размеров

Автоматическая миграция эскизов и размеров

В среде синхронного проектирования при построении конструктивного элемента на основе эскиза происходят *расходование* и *миграция* размеров эскиза там, где это возможно. *Миграция* означает, что управляющие геометрией эскиза размеры в момент построения 3D-элемента автоматически переносятся, или «мигрируют», на соответствующие ребра и грани этого элемента и становятся управляющими 3D-размерами.

Все мигрировавшие из эскиза размеры являются *размерами-атрибутами* модели и отображаются в навигаторе в узле **Атрибуты** в подразделе **Размеры** (рис. 2.2.33). Рядом с наименованием размера в навигаторе отображается кнопка с изображением замка, с помощью которой также можно переключать тип размера.

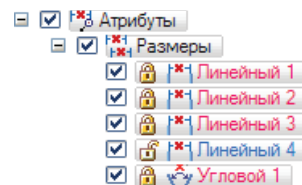


Рис. 2.2.33. Размеры-атрибуты модели в навигаторе

При построении конструктивного элемента использованная плоская геометрия эскиза *расходуется* и перемещается в узел **Использованные эскизы** навигатора.

Автоматическое расходование элементов эскиза и миграцию плоских размеров можно запретить, сняв галочку **Миграция геометрии и размеров** в контекстном меню эскиза в навигаторе (рис. 2.2.28).

Частичная миграция эскизов и размеров

Мигрируют только те из размеров эскиза, которые непосредственно задействованы в построении тела. Оставшиеся размеры продолжают управлять элементами эскиза. Возможна ситуация, когда размеры и связи будут управлять геометрией и эскиза, и созданного тела. Размеры из цепочки могут мигрировать по отдельности, а, например, размеры от базы не мигрируют до тех пор, пока вся определяемая ими геометрия не будет использована для построения конструктивного элемента.

На рис. 2.2.34 приведен пример частичной и полной миграции размеров. Если при создании тела на эскизе выбирается одна область (A), не включающая в себя отверстие, то относящиеся к этому отверстию размеры не будут участвовать в построении геометрии тела (B) и не мигрируют, а окружность на эскизе останется неизрасходованной (C). Если же выбрать обе области (D), то все размеры мигрируют на ребра созданного тела (E), оставив после себя только полностью использованный эскиз без размеров (F) в узле **Использованные эскизы**.

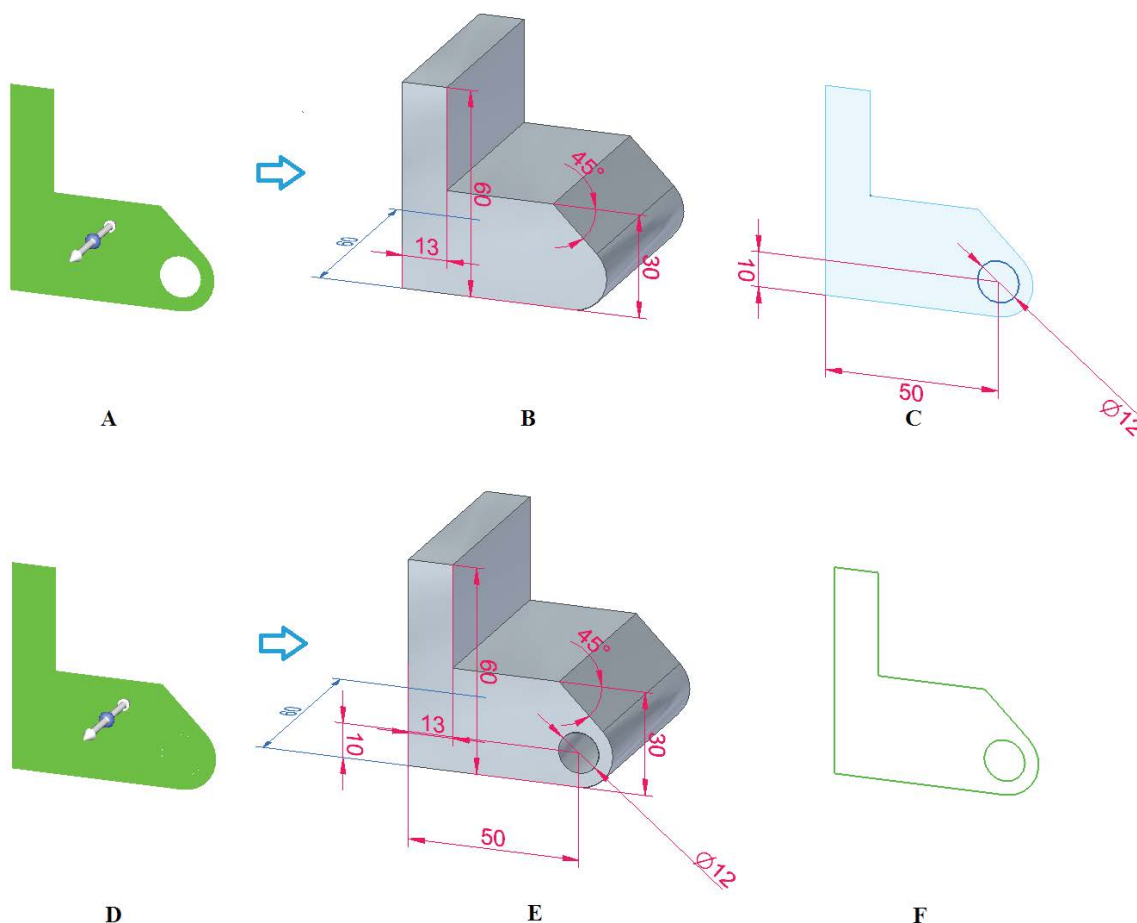


Рис. 2.2.34. Пример частичной (A, B, C) и полной (D, E, F) миграции размеров в зависимости от использования элементов эскиза

Следует отметить, что при миграции управляющих размеров в 3D-модель они остаются управляющими.

2.3. Построение и редактирование геометрических 3D-элементов

Создание простых трехмерных объектов. Добавление и удаление материала выдавливанием и круговым выдавливанием. Построение сложных тел: добавление и удаление материала по направляющим, сечениям, спирали. Работа с гранями. Связи и текущие правила. Диспетчер решений

План построения модели

Как и при традиционном параметрическом подходе, в проектировании с применением синхронной технологии необходимо проанализировать конструкцию создаваемой детали, вычленив ее основную форму и требуемые дополнительные конструктивные элементы и разработать план построения модели (рис. 2.3.1).

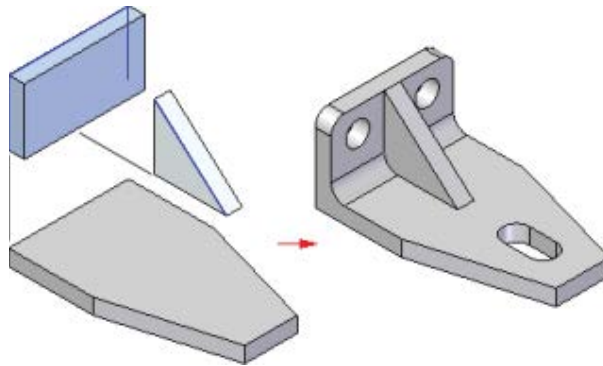


Рис. 2.3.1. Пример плана построения модели

В первую очередь следует:

- разработать оптимальный эскиз первого конструктивного элемента, определяющего основную форму детали;
- выбрать базовую плоскость для построения;
- определиться с наличием симметрии и повторяющихся элементов модели.

Первый создаваемый конструктивный элемент в терминологии Solid Edge называется *исходным телом*. Наиболее простой и часто встречающийся способ его построения – создание области с последующим применением команды **Выдавливание** или **Круговое выдавливание**. После этого с помощью различных команд Solid Edge можно добавлять и удалять материал, определяя последующие конструктивные элементы в составе модели.

При любом способе построения исходное тело создается на основе эскиза в одной из *главных базовых плоскостей*.

Главная система координат и базовые плоскости

Главная система координат модели – декартова система координат, образованная тремя *главными базовыми плоскостями* и служащая для задания координат размещения конструктивных элементов в пространстве. Ею автоматически снабжается каждая модель детали и сборки при своем создании. Представление главной системы координат и главных плоскостей в навигаторе дано на рис. 2.3.2. Их отображение можно временно отключить, сняв соответствующую галочку.

Отображением этих и других элементов модели можно также управлять через диалог **Отображение вспомогательных элементов** в группе **Показать** (вкладки **Главное** и **Вид**, рис. 2.3.3).

В графическом окне главные базовые плоскости для удобства восприятия отображаются как плоские поверхности определенного размера (рис. 2.3.4), хотя в реальности их размер не ограничен. Главная система координат отображается в начале координат модели.

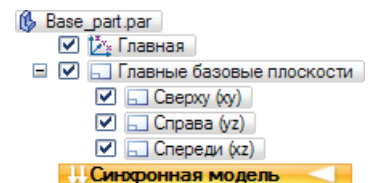


Рис. 2.3.2. Представление главной системы координат и главных плоскостей в навигаторе

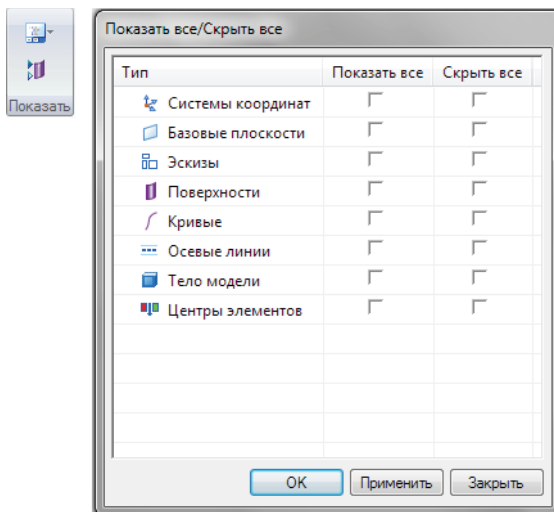


Рис. 2.3.3. Управление отображением систем координат и базовых плоскостей

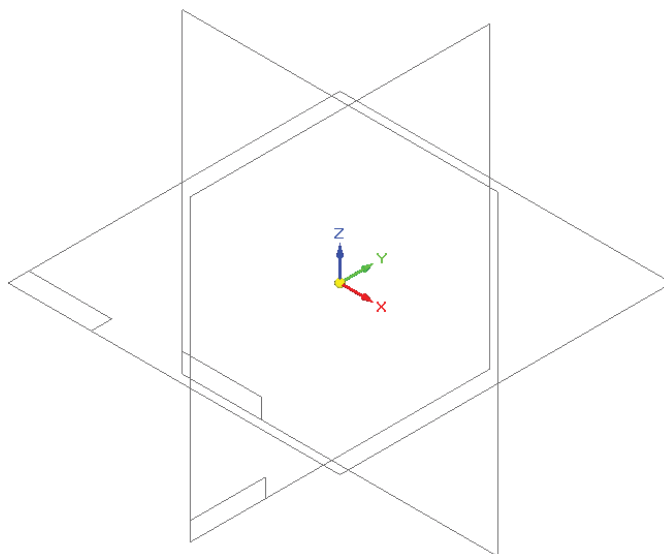


Рис. 2.3.4. Представление главной системы координат и главных плоскостей в графическом окне


Так как стандартный вид модели в графическом окне – изометрический, то выбор базовой плоскости для построения эскиза исходного тела следует производить с тем расчетом, чтобы готовая деталь хорошо смотрелась в изометрии.




У пользователя есть возможность строить собственные (пользовательские) системы координат и базовые плоскости с помощью соответствующих команд из группы **Плоскости**, доступной на вкладках **Главная**, **Эскиз** и **Поверхности** (рис. 2.3.5).




Рис. 2.3.5. Группа команд Плоскости

При создании базовой плоскости она может размещаться относительно уже существующей геометрии или в пустом пространстве. Если система координат размещается на грани модели, ее ось X позиционируется относительно линейных ребер грани. С помощью клавиш клавиатуры (N, B, T и прочие, см. строку подсказки) можно определенным образом ориентировать систему координат.

Построение базовых плоскостей можно производить тремя основными командами, раскрыв список кнопки **Плоскости** :

- нормальная  (указать ребро или кривую, нормальные к создаваемой плоскости, и задать расстояние от начала ребра/кривой до начала плоскости в относительных или абсолютных единицах либо с помощью мыши);
- по трем точкам  (указать последовательно три точки, определяющие плоскость);
- касательная  (указать криволинейную поверхность, касательной к которой должна быть создаваемая плоскость, и задать угол ее расположения в численном виде или с помощью мыши).

Четвертая команда – совпадающая плоскость , создает базовую плоскость, совпадающую с указанной плоскостью или гранью.

После создания базовой плоскости на ней появляется инструмент **Рулевое колесо**, с помощью которого можно перемещать и поворачивать плоскость как обычную грань модели (подробнее см. ниже в разделе «Манипулирование гранями»).

Построение исходного тела

Команды построения исходного тела

Команды построения тел в Solid Edge располагаются на вкладке **Главная** в группе **Тела** (рис. 2.3.6). Некоторые команды, такие как уже упоминавшиеся **Выдавливание** и **Круговое выдавливание**, представлены отдельными кнопками, прочие же представляют собой раскрывающиеся группы команд, например **Отверстие**, **Скругление**, **Добавить материал**, **Удалить материал** и прочие.

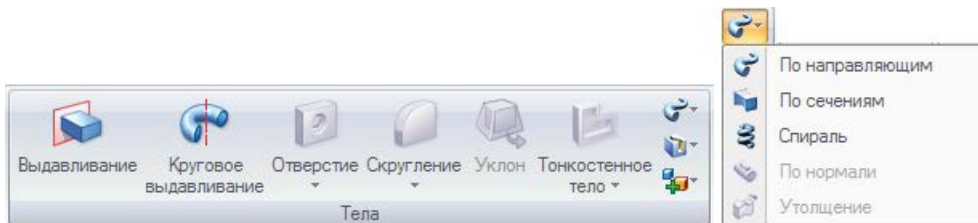


Рис. 2.3.6. Некоторые команды построения тел

Часть этих команд в случае создания исходного тела не активна и не может применяться, так как в модели еще нет твердотельной геометрии. Для построения исходного тела доступны следующие команды:

- **Выдавливание** (выступ);
- **Круговое выдавливание** (выступ);
- **Добавление материала по направляющим;**
- **Добавление материала по сечениям;**
- **Добавление материала по спирали;**
- **Сеть ребер.**

В самом простом случае применяется одна из двух первых команд в списке. Именно такой случай будет рассмотрен в данном разделе.

Для построения исходного тела необходимо предварительно построить эскиз таким образом, чтобы его контур образовал хотя бы одну область. Команды выдавливания могут применяться для создания как выступов, так и вырезов. В обоих случаях эти команды работают абсолютно одинаково, отличие заключается лишь в направлении действия команды относительно уже существующей геометрии, которое и определит характер операции – добавление (выступ) или удаление (вырез) материала.

Еще раз отметим, что исходное тело всегда создается в виде выступа, так как команду создания выреза нельзя применить из-за изначального отсутствия материала.

Способы построения исходного тела

Если эскиз построен и в нем существует область, то далее для создания исходного тела можно использовать два способа построения – с помощью инструмента **Выбор** или соответствующей команды.

Первый способ: сначала выбирается область, после чего появляется специальный инструмент – «манипулятор». Щелчком по его оси запускается процедура создания тела из области эскиза.

Второй способ: сначала выбирается команда **Выдавливание** (закладка **Главная**, группа **Тела**), затем – область эскиза.

Общая процедура построения исходного тела

Процедура построения исходного тела содержит одни и те же основные этапы, независимо от применяемого способа: задание эскиза, стороны (направления) и глубины выдавливания. Тем не менее два указанных выше способа отличаются рядом нюансов, поэтому мы рассмотрим их отдельно.

Исходное тело выдавливания

Построение с помощью инструмента Выбор (рис. 2.3.7)

1. Выберите область с помощью инструмента **Выбор**.
2. Задайте сторону (направление) выдавливания: щелкните ЛКМ по одной из осей появившегося манипулятора.
3. Задайте глубину выдавливания: перемещая курсор, добейтесь приблизительного значения глубины (А) либо введите точное значение в динамическом поле ввода (В).
4. Нажмите ЛКМ или клавишу **Enter** для завершения создания тела.

Примечание к пп. 3, 4. Можно сначала ввести в динамическом поле ввода значение глубины, а потом, нажав клавишу **Tab**, выбрать перемещением курсора одно из двух направлений выдавливания. Чтобы отказаться от введенного значения и снова динамически изменять глубину, нужно выделить введенное в динамическом поле ввода значение и нажать клавишу **Backspace** или **Delete**.

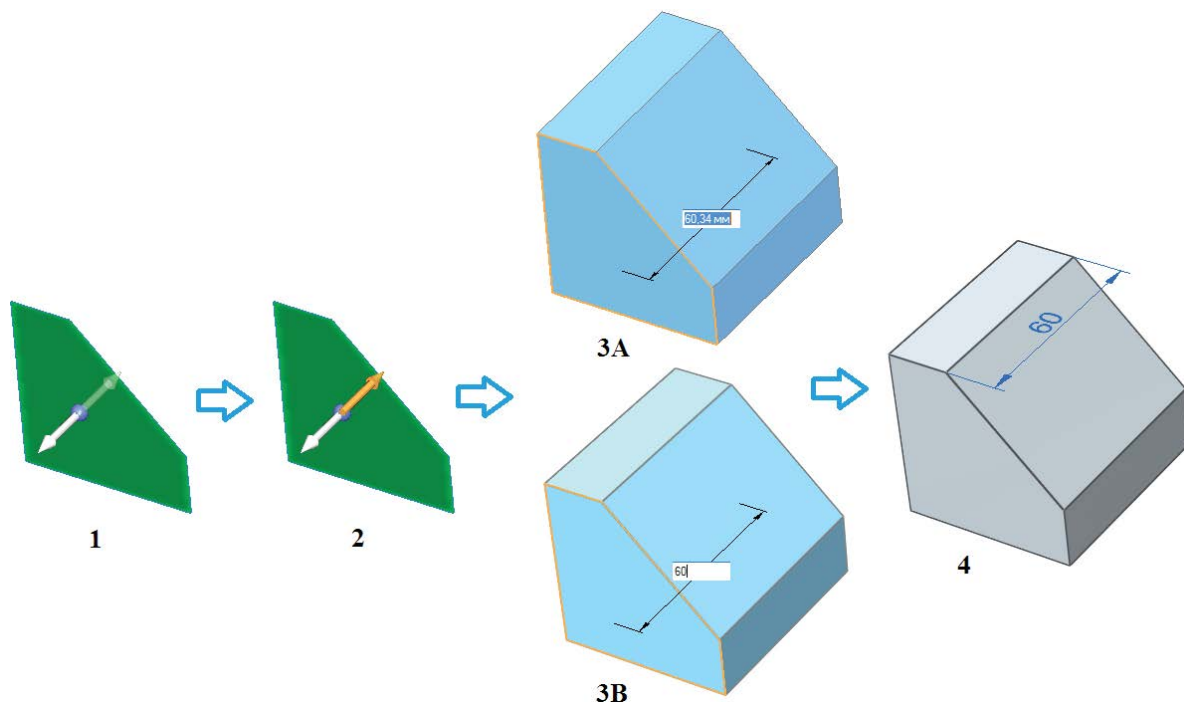


Рис. 2.3.7. Построение исходного тела выдавливания с помощью инструмента **Выбор**

Построение с помощью команды Выдавливание (рис. 2.3.8)

1. Запустите команду **Выдавливание**.
2. Выберите область щелчком ЛКМ по ней, затем щелкните ПКМ или нажмите клавишу **Enter** для подтверждения выбора.
3. Дальнейшие построения аналогичны пп. 3, 4 при использовании инструмента **Выбор**. Редактирование значения глубины осуществляется аналогично.

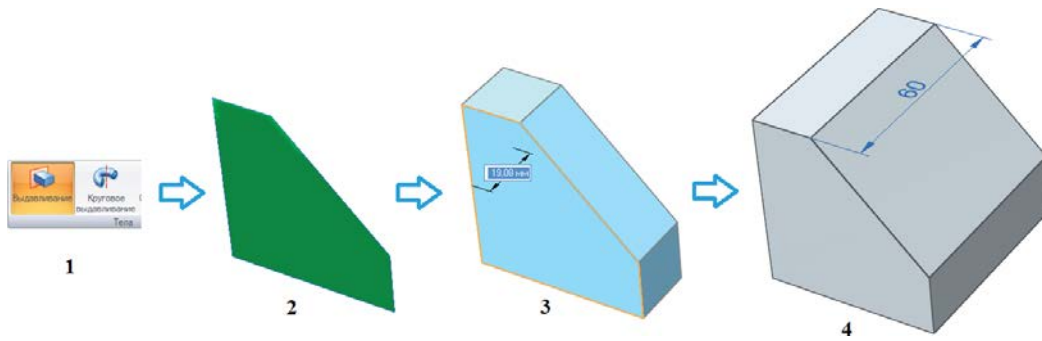


Рис. 2.3.8. Построение исходного тела выдавливания с помощью команды Выдавливание

Исходное тело кругового выдавливания

Построение с помощью инструмента Выбор (рис. 2.3.9)

1. Выберите область с помощью инструмента **Выбор**. Появится одноосевой манипулятор.
2. Выберите **Круговое выдавливание** в раскрывающемся списке меню команды.

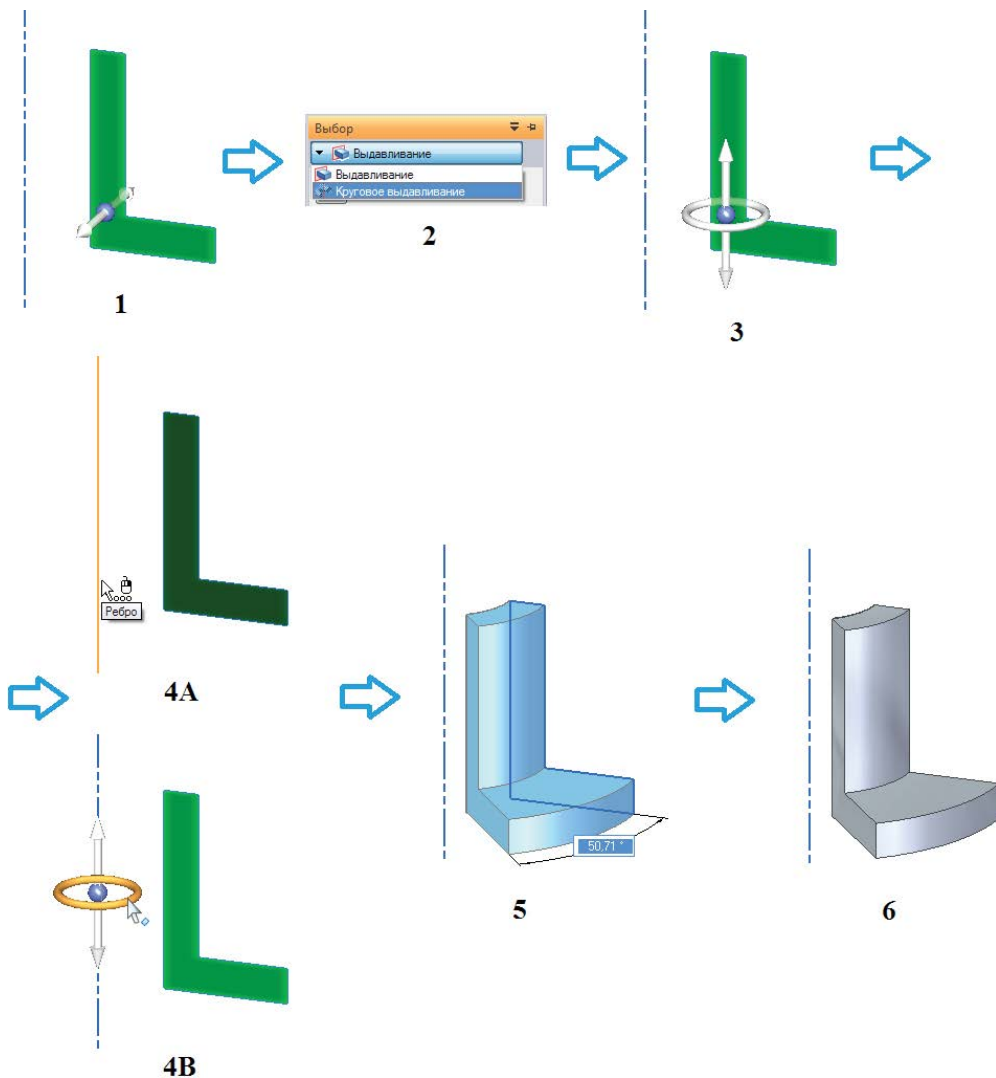


Рис. 2.3.9. Построение исходного тела кругового выдавливания с помощью инструмента Выбор

3. Манипулятор изменит свою форму – в нем выделяется центральная ось и тор.
4. Задайте ось вращения: щелкните по любому элементу манипулятора, выберите ось и щелкните ЛКМ для подтверждения (А) либо перетащите центральную точку манипулятора на выбранную ось и выберите тор на манипуляторе (В). Начнется динамическое построение тела.
5. Задание стороны и угла поворота при круговом выдавливании аналогично построению тела линейного выдавливания с помощью инструмента **Выбор** (см. пп. 3, 4 и примечание к ним выше).

Выбрав в раскрывающемся списке опций глубины **360 градусов**, можно сразу построить замкнутое тело вращения (рис. 2.3.10).

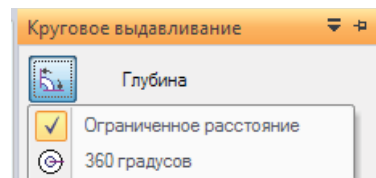


Рис. 2.3.10. Опция построения замкнутого тела вращения

Построение с помощью команды **Круговое выдавливание** (рис. 2.3.11)

1. Запустите команду **Круговое выдавливание**.
2. Выберите область и щелкните ПКМ или клавишу **Enter** для подтверждения.
3. Задайте ось вращения – выберите ребро.
4. Дальнейшие построения аналогичны процедуре построения тела линейного выдавливания с применением инструмента **Выбор** (см. пп. 3, 4 и примечание к ним выше).

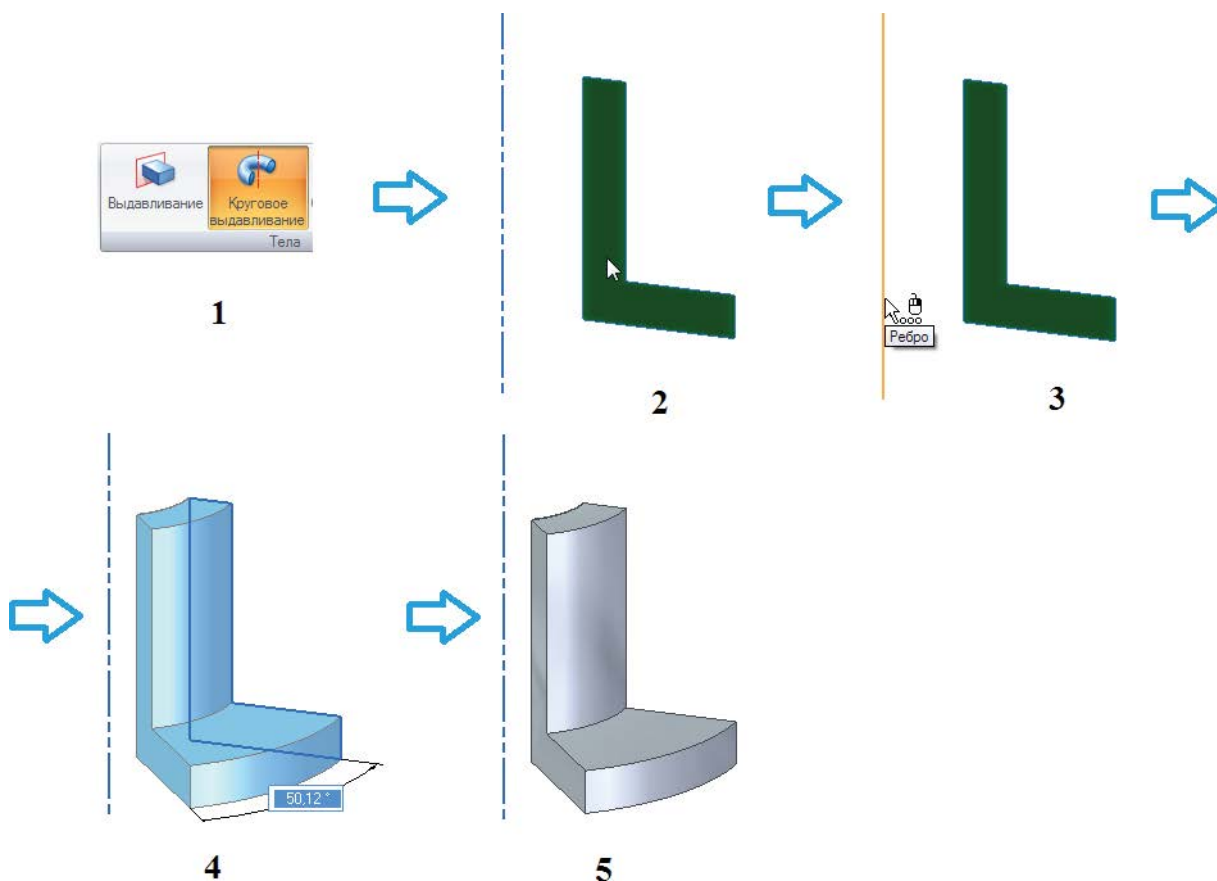


Рис. 2.3.11. Построение исходного тела кругового выдавливания с помощью команды **Круговое выдавливание**

Параметры команд **выдавливания**

Выше была рассмотрена типовая процедура создания самых простых тел выдавливания. Часто бывает необходимо задать дополнительные параметры построения, что в системе Solid Edge выполняется при обращении к меню команды. Как уже упоминалось при описании интерфейса системы Solid Edge, меню команды может быть представлено в виде вертикального запаркованного окна либо горизонтального ленточного меню (рис. 2.3.12). В данном окне, или меню,

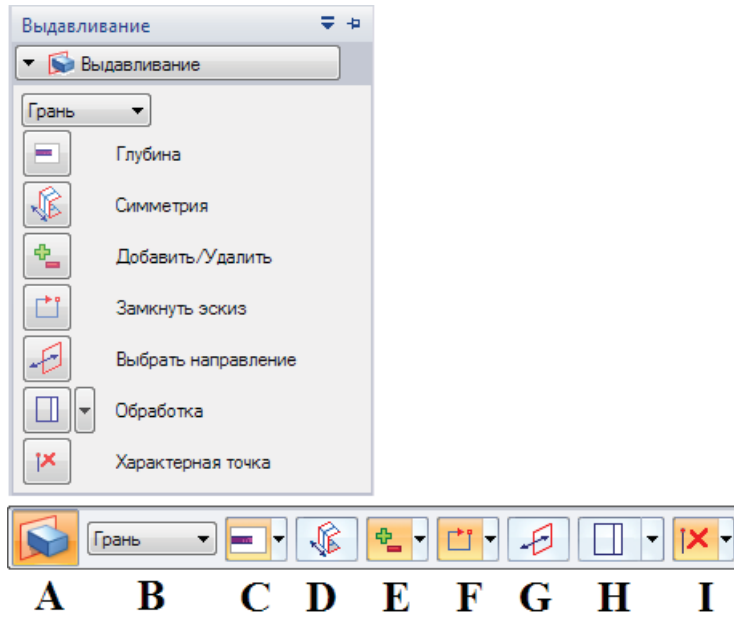


Рис. 2.3.12. Представление меню команды в виде вертикального запаркованного окна (вверху) либо горизонтального ленточного меню (внизу)

в графическом виде представлены различные опции и параметры, необходимые для построения тел. Рассмотрим основные параметры, относящиеся к построению тел выдавливания.

А. Отображает выбранную для исполнения в настоящий момент **команду** или группу сходных команд, из которых можно сделать выбор на начальном этапе построения. После выбора области с помощью инструмента **Выбор** в раскрывающемся списке доступны две команды: **Выдавливание** и **Круговое выдавливание**. Здесь и далее в списках параметров выбранная опция помечена галочкой, прочие – соответствующими иконками (рис. 2.3.13).

В. Позволяет непосредственно выбрать **грань** (область) для выдавливания либо определить контур, выделяя последовательно отдельные **элементы** или сразу выделив **цепочку** элементов (рис. 2.3.14).

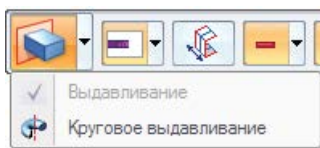


Рис. 2.3.13. Раскрывающийся список выбора двух команд: Выдавливание и Круговое выдавливание

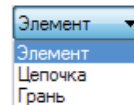







Рис. 2.3.14. Раскрывающийся список выбора элементов, определяющих область выдавливания

С. Определяет **глубину** выдавливания, отсчитываемую с выбранной стороны от плоскости эскиза. Возможные значения:

- **Ограниченное расстояние** – выдавливание на расстояние, задаваемое в динамическом поле ввода или щелчком мыши;
- **Насквозь** – выдавливание насквозь через все поверхности, которые пересекает тело при построении;
- **До границы** – выдавливание до ближайшей поверхности;
- **От/До** – выдавливание от одной поверхности или базовой плоскости до другой, явно указываемых с помощью мыши. Одной из ограничивающих поверхностей может быть плоскость эскиза.

Д. Позволяет выдавливать/удалять материал **симметрично** в обе стороны от плоскости эскиза.

Е. Определяет режим операции – **добавление** либо **удаление** материала. По умолчанию включена опция **Автоматически** , при которой система сама распознает направление перемещения курсора – от тела модели или к телу; опции **Добавить** /**Удалить**  принудительно включают режим добавления/удаления материала соответственно.

Ф. Указывает, надо ли **закрывать** эскиз в том случае, если он не замкнут. Этот параметр позволяет в некоторых случаях управлять усечением соседних граней при построении выреза. Пример приведен на рис. 2.3.15. При построении детали **А** эскиз – **замкнутый**  и соседние грани модели включаются в эскиз. Деталь **В** строится с **открытым** эскизом , соседние грани модели игнорируются, и усечению подвергаются дополнительные грани.

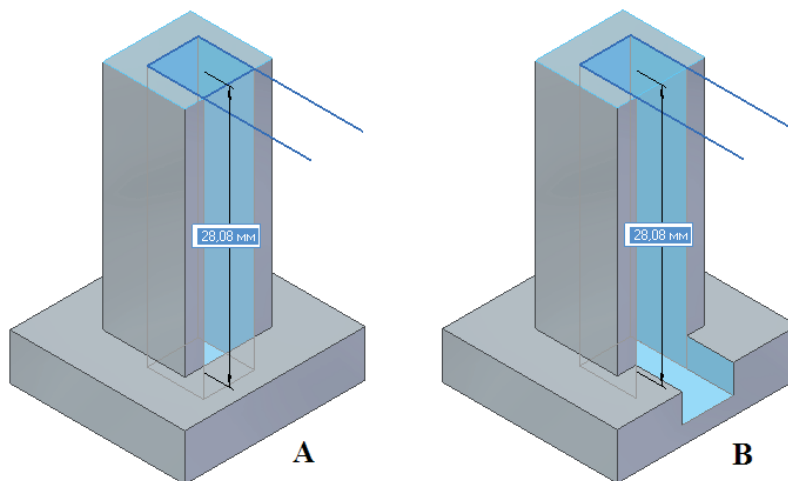





Рис. 2.3.15. Поведение детали при построении с замкнутым (А) и открытым (В) эскизами

Г. Позволяет переключать **направление** добавления или удаления материала – внутрь области или за ее границы.

Н. Дает возможность провести дополнительную обработку создаваемого тела – дополнить его **уклоном**  или **уклоном с радиусом** . По умолчанию тело создается **без обработки** .

І. Протяженность конструктивного элемента можно ограничить с помощью **характерной точки**, принадлежащей уже существующей геометрии. Данный параметр позволяет указать распознаваемый тип характерной точки (рис. 2.3.16). Для различных команд набор доступных характерных точек может отличаться.










	Центр и точка на конце
	Все
	Точка на конце
	Точка центра
	Средняя точка
	Точка касания
	Точка силуэта
	Точка правки
	Нет

Рис. 2.3.16. Типы характерных точек

Построение последующих элементов выдавливания

Построив исходное тело, можно продолжать создание геометрии модели. Выступы и вырезы, в том числе круговые, можно создавать, применяя как инструмент **Выбор** с манипулятором, так и команды выдавливания. Для выполнения остальных операций построения конструктивных элементов необходимо применять соответствующие формообразующие команды, наиболее распространенные из которых будут рассмотрены в двух последующих разделах.

Создание выступов и вырезов с помощью инструмента **Выбор**

Предположим, создано исходное тело (рис. 2.3.17, А) и выполнен эскиз (В) для построения последующего конструктивного элемента.

Для построения выступа или выреза с помощью инструмента **Выбор** необходимо (рис. 2.3.18):

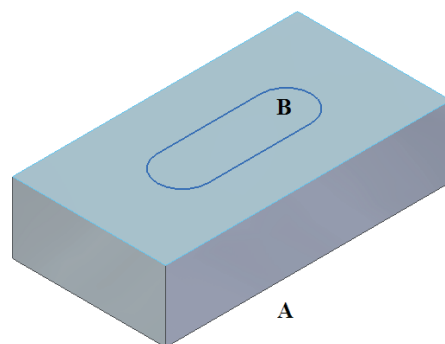




Рис. 2.3.17. Заготовка для построения последующей геометрии

1. Выбрать область, щелкнув по ней ЛКМ; появится манипулятор.
2. Щелкнуть по одной из осей манипулятора.
3. Задать размеры создаваемого тела, перемещая курсор мыши либо введя значение в поле ввода. Если опция параметра **Добавить/Удалить** установлена в **Автоматически** , то удаление курсора от тела модели добавляет материал (создает выступ), погружение его в тело модели, напротив, удаляет материал – создает вырез (рис. 2.3.19, А). Принудительная установка этого параметра в значение, например, **Добавить**  приведет к тому, что любое направление движения курсора будет добавлять материал (В).
4. Завершить построение, щелкнув ЛКМ либо нажав клавишу **Enter**.

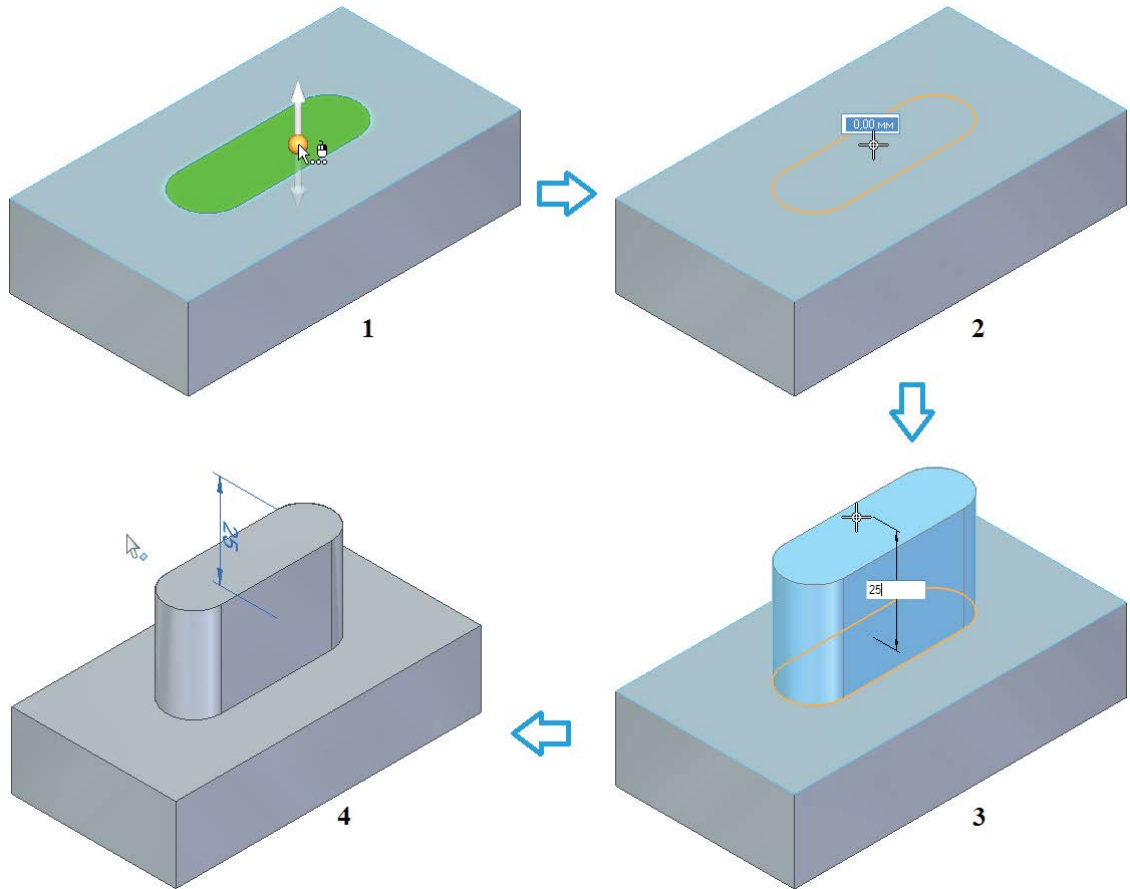


Рис. 2.3.18. Процедура построения выступа или выреза с помощью инструмента Выбор

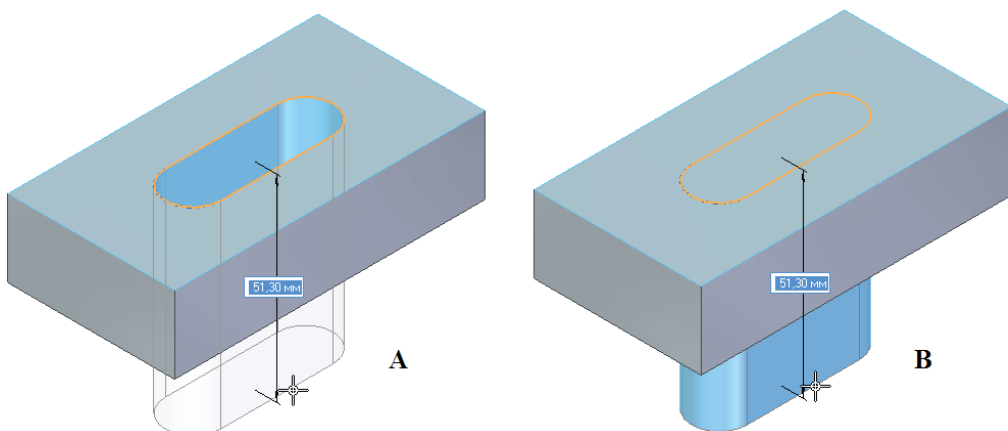


Рис. 2.3.19. Отличие поведения команды при автоматическом добавлении/удалении материала (А) и при принудительном добавлении (В)

Еще один способ – построение выступа или выреза с помощью команды **Выдавливание**, для чего необходимо:

1. Запустить команду **Выдавливание**.
2. Указать область, цепочку элементов или выбрать элементы последовательно.
3. Действовать в соответствии с пп. 3, 4 по процедуре с использованием инструмента **Выбор**.

Полностью аналогично производится работа и с командой кругового выдавливания.

Как уже упоминалось выше, система Solid Edge при построении последующей геометрии обладает возможностью работать не только с закрытыми, но и с открытыми эскизами, автоматически «присоединяя» создаваемое тело к уже имеющейся геометрии.

Так, выбрав незамкнутый контур из элементов эскиза, некопланарного существующим граням модели (рис. 2.3.20, 1), указав направление добавления материала – внутрь контура (2), выбрав опцию глубины **От/До** и указав в качестве плоскости **До** лицевую грань модели, можно увидеть, как система в результате сама достроит тело до верхней поверхности исходного тела (4).

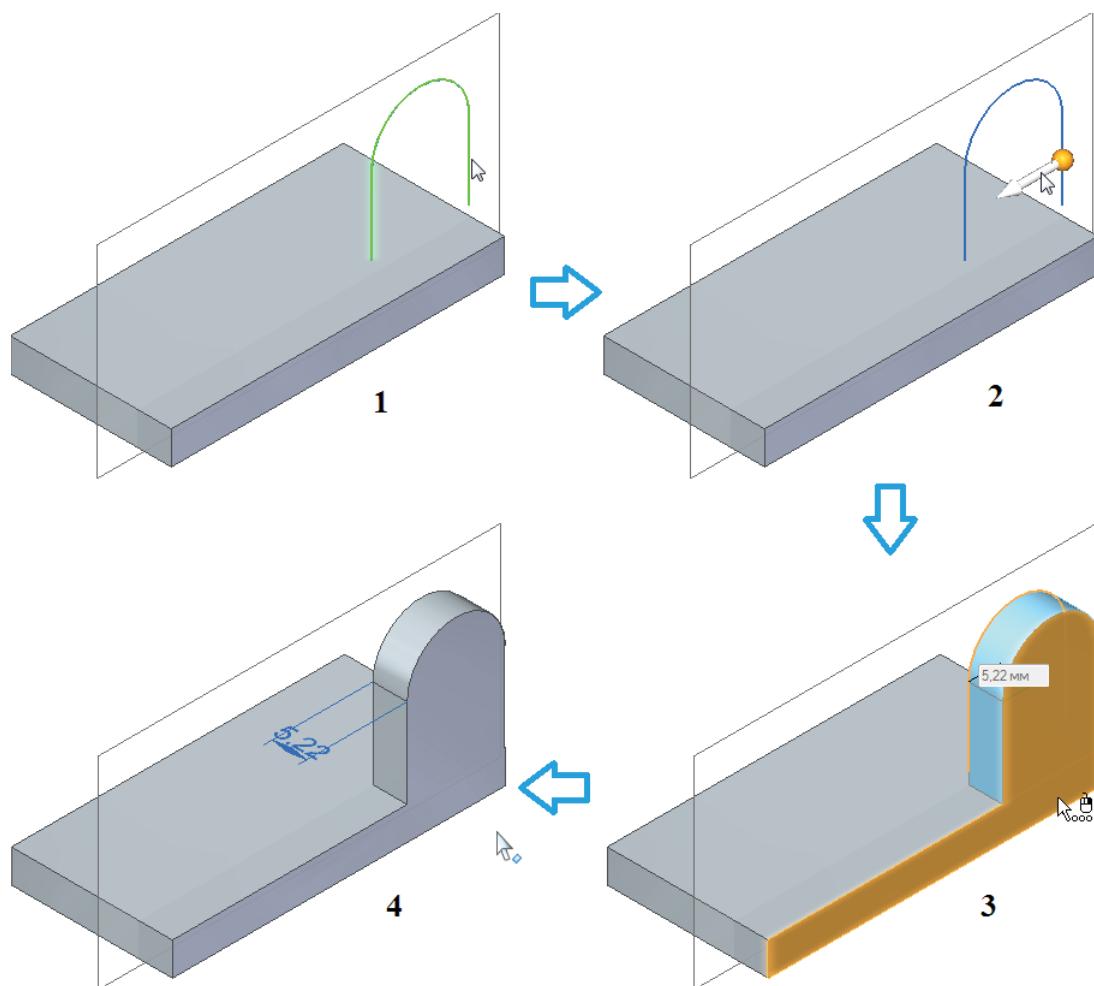


Рис. 2.3.20. Построение выступа на основе элементов эскиза, некопланарного существующим граням модели

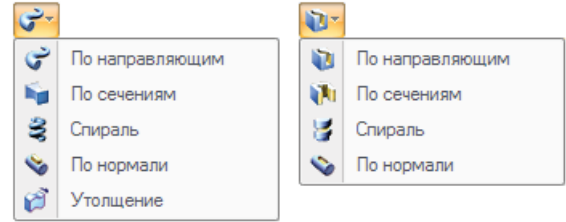
Построение сложных тел

Помимо простых тел, создаваемых с помощью команд **Выдавливание** и **Круговое выдавливание**, система Solid Edge предлагает ряд команд для построения более сложных элементов. В данном подразделе будут рассмотрены несколько из таких команд.

Команды построения выступов и вырезов расположены в двух раскрывающихся списках группы **Тела** на вкладке **Главная** (рис. 2.3.21).

Выступ/вырез по направляющим

Команда создает тело (выступ) либо удаляет материал (вырез), протягивая сечение вдоль направляющей кривой (трассы). В самом простом варианте одно сечение протягивается вдоль одной направляющей, в более сложных – количество направляющих может достигать трех, а число сечений может быть неограниченным. Трассы и сечения можно выбирать из элементов существующих эскизов, ребер существующей геометрии и их производных элементов, а также элементов вспомогательной геометрии.



A

B

Рис. 2.3.21. Команды построения сложных выступов (A) и вырезов (B)

Порядок задания параметров команды следующий:

1. После щелчка ЛКМ по иконке команды появляется окно **Параметры направляющих и сечений** (рис. 2.3.22), в котором задается количество направляющих и сечений, параметры ориентации сечений относительно трассы, параметры слияния граней, параметры масштабирования сечения вдоль трассы и закручивания вокруг нее (параметры масштабирования и закручивания становятся доступны только после выполнения всех шагов команды). Нажатие на кнопку **ОК** открывает доступ к меню команды. Снова вызвать это окно всегда можно, нажав кнопку **Параметры** в левом верхнем углу меню команды.

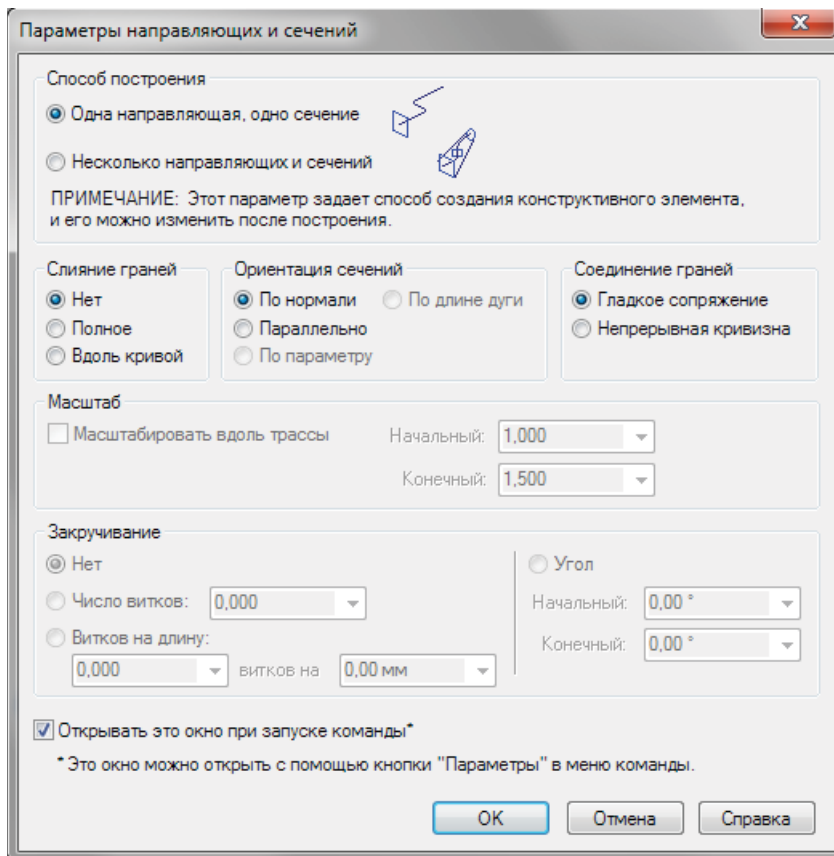


Рис. 2.3.22. Окно Параметры направляющих и сечений

2. Меню этой и всех прочих команд данного раздела организовано по иерархическому принципу – вводимые параметры сгруппированы по шагам, и пользователь автоматически получает доступ к последующему шагу только после корректного задания параметров на предыдущем. Каждый шаг имеет вид раскрывающейся панели параметров со своим заголовком. До момента выхода из команды всегда можно вернуться на предыдущий шаг, щелкнув по его

заголовку, и внести необходимые изменения. Так, для команд создания выступа/выреза по направляющим в меню (рис. 2.3.23) предусмотрены шаги **Трасса**, **Сечение** и **Выбрать ось** (для закручивания сечения вдоль трассы).

На шаге **Трасса** необходимо щелчком ЛКМ выбрать элемент, цепочку, контур или грань, образующие замкнутую или открытую кривую. Если используется более одной направляющей, необходимо выполнение условия гладкости выбираемых кривых. Переход от выбора одной направляющей к другой осуществляется с помощью кнопки **Подтвердить** или щелчка ПКМ, а принудительный переход к следующему шагу после окончания выбора – с помощью кнопки **Дальше**, которая заменяет собой кнопку **Отмена** в правом верхнем углу меню команды (рис. 2.2.23). Если задана одна направляющая или указаны все три, переход осуществляется автоматически.

3. На шаге **Сечение** с помощью щелчка ЛКМ аналогично трассе выбирается одно или несколько замкнутых плоских или неплоских сечений, протягиваемых вдоль трассы. Плоскости, в которых расположены сечения, обязательно должны пересекать направляющие. Если сечение представляет собой непериодический элемент, при его задании необходимо одновременно указать начальную точку, чтобы избежать нежелательного закручивания выступа/выреза. В процессе указания сечений начальные точки соединяются пунктирной линией. Изменить назначенные точки можно с помощью кнопки . Система выстраивает сечения в порядке указания их пользователем. При необходимости изменить порядок обхода сечений следует нажать кнопку и воспользоваться открывшимся окном **Порядок сечений**.
4. Когда необходимый и достаточный набор параметров введен, кнопка **Дальше** сменяется на кнопку **Результат**. Ее нажатие или щелчок ПКМ завершает построение. Если введены все возможные параметры, построение выступа/выреза производится автоматически, и кнопку **Результат** нажимать не требуется. Выход из команды – щелчок ПКМ или нажатие кнопки **Готово**, которая сменяет кнопку **Результат**. До ее нажатия можно изменять параметры построения на каждом шаге.
5. Если сечений больше одного, то на шаге **Выбрать ось** становится доступной кнопка , которая открывает диалоговое окно **Назначение вершин**. В этом окне можно управлять несколькими наборами соединяемых вершин различных сечений, управляя тем самым закручиванием протягиваемого элемента.

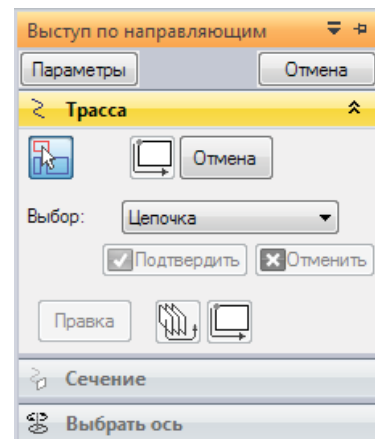


Рис. 2.3.23. Меню команды **Выступ по направляющим**, шаг **Трасса**

На рис. 2.3.24 приведен пример построения полукруглого выреза по замкнутой гладкой направляющей на исходной модели 1. Задаются параметры (2), последовательно выбираются направляющая (3) и сечение (4), после чего автоматически получается результат (5), а по нажатии кнопки **Готово** – готовая модель (6).

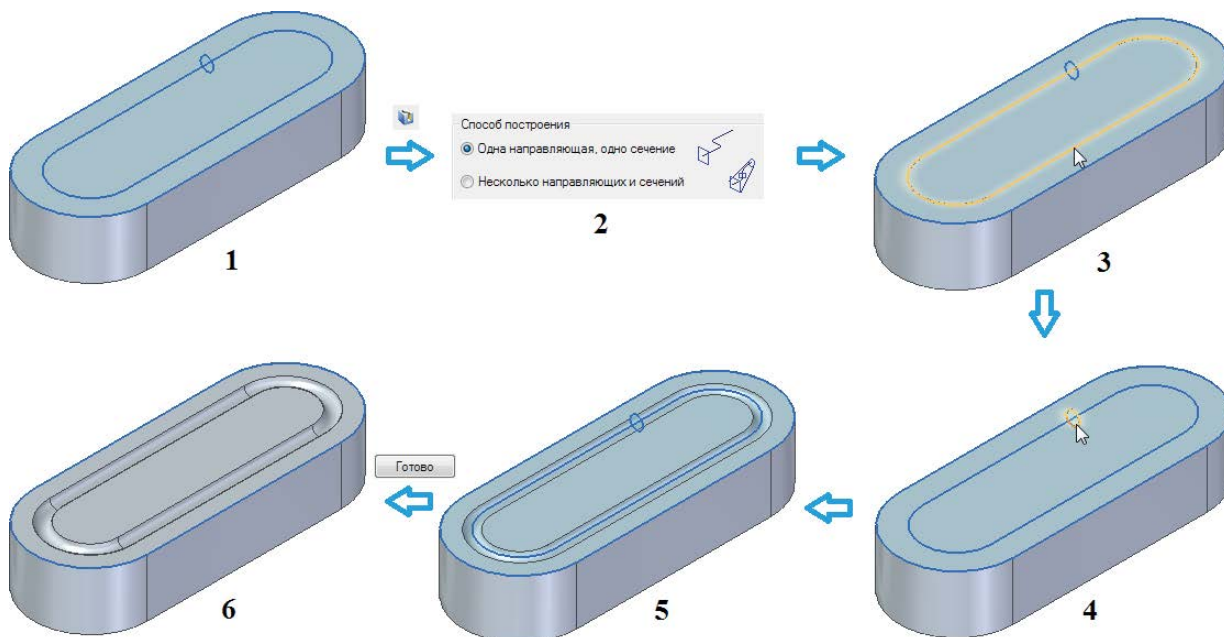


Рис. 2.3.24. Пример построения выреза по замкнутой гладкой направляющей

Протягивание по трассе выступа через несколько сечений показано на рис. 2.3.25. Отличие от предыдущего построения заключается в выборе параметра **Несколько направляющих и сечений** (2), принудительном переходе к заданию сечений с помощью кнопки **Дальше** и задании нескольких сечений со своими начальными точками (4).

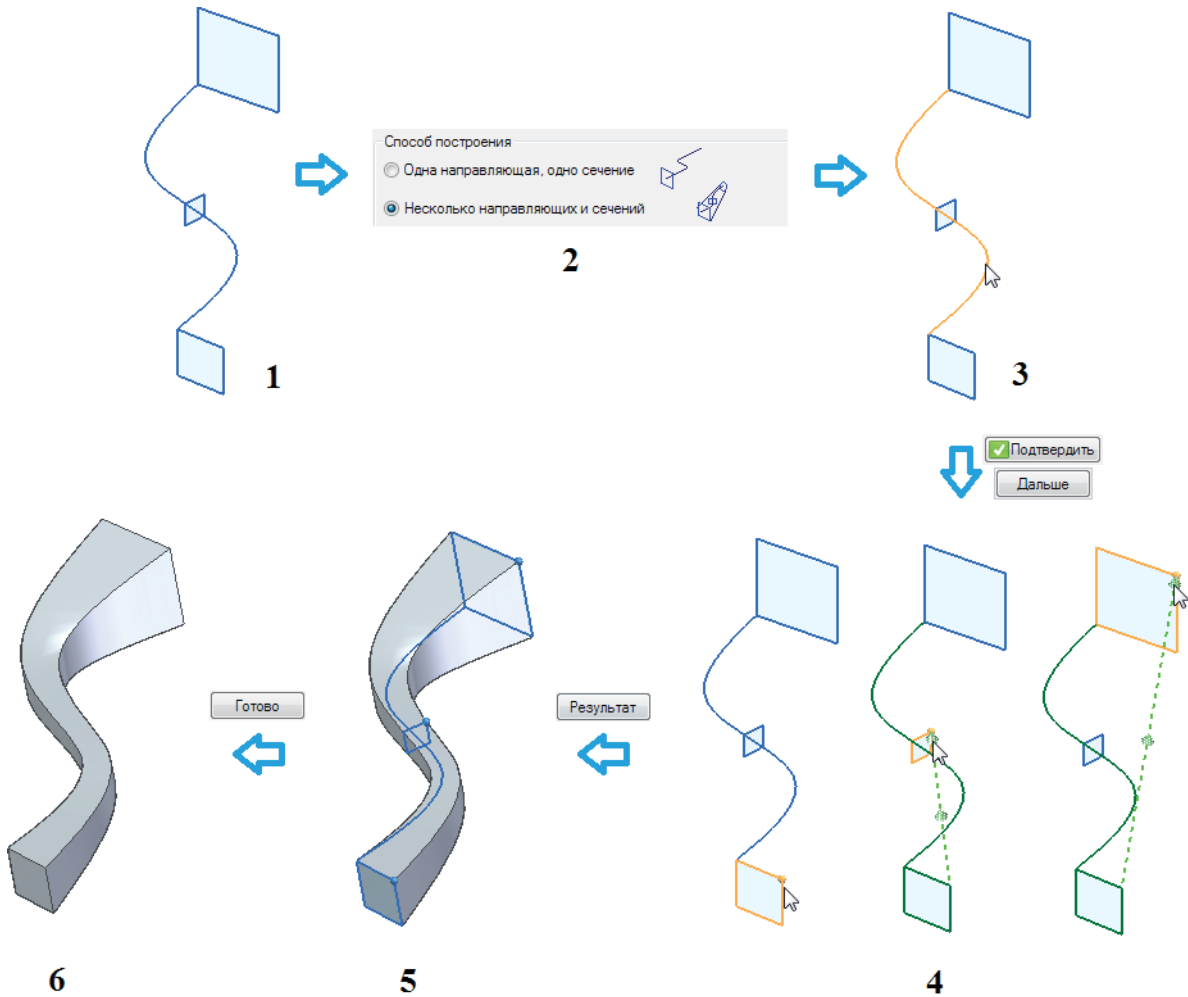


Рис. 2.3.25. Пример построения выступа по одной направляющей через несколько сечений

Выступ/вырез по сечениям



Данные команды строят выступ/вырез, протягивая его по набору сечений. Команды работают подобно созданию выступа/выреза по направляющим при следующих отличиях:

- сначала задается набор сечений, затем, при необходимости, направляющие;
- сечений должно быть не менее двух;
- каждое сечение обязательно должно быть плоским;
- в качестве сечений можно использовать точки, включив такую опцию при выборе элементов сечения;
- создаваемый элемент может строиться без направляющих, а может иметь одну направляющую и более;
- каждая направляющая должна быть непрерывной, гладкой и касаться всех сечений;
- для замкнутых элементов по сечениям все направляющие должны быть замкнутыми;
- направляющие кривые не могут пересекаться, но могут сходиться в одной точке на первом или последнем сечении.

Принципы ввода параметров на шагах задания сечений и направляющих аналогичны рассмотренным выше командам создания выступа/выреза. С помощью шага **Размеры объекта** можно дополнительно управлять созданием замкнутого тела, а также граничными условиями – формой элемента по сечениям в районе первого и последнего сечений.

Спираль/Спиральный вырез

Команды соответственно строят выступ/вырез, протягивая сечение по спиральной направляющей. Саму направляющую строить не нужно – достаточно указать сечение и ось. Команда выполняется следующим образом (на примере спирали-выступа):

1. После щелчка ЛКМ по иконке команды необходимо с помощью ЛКМ указать в графическом окне последовательно сечение и прямолинейную ось направляющей и подтвердить выбор, после чего станут доступны все параметры и опции меню команды (рис. 2.3.26), при этом в графическом окне появится быстрое меню задания количества витков и шага, а также стрелка указания направления. Кнопка **Сечение и ось**  в любой момент доступна в меню команды.
2. Кнопка **Параметры спирали**  открывает соответствующее окно (рис. 2.3.27). В нем выбираются метод построения (длина оси и шаг, длина оси и число витков, шаг и число витков) и соответствующие параметры, направление витков (левая или правая спираль), наличие/отсутствие конусности (для построения конической спирали), а также постоянный либо переменный (с прогрессией) шаг спирали. Метод построения можно выбрать также из раскрывающегося списка непосредственно в меню команды.
3. После ввода необходимых параметров и нажатия кнопки **ОК** соответствующим образом изменяются геометрия спирали и быстрое меню. В параметрах глубины меню команды можно ограничить спираль выбранной поверхностью существующей геометрии (опция **От/До** с последующим указанием в графическом окне поверхности **До**).
4. Щелчок ПКМ завершает выполнение команды.

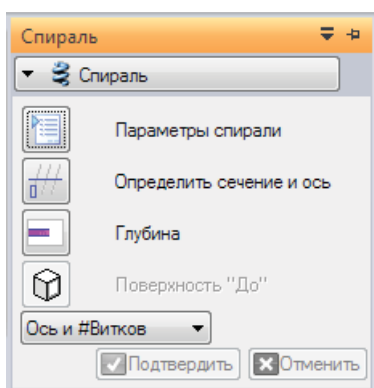


Рис. 2.3.26. Меню команды Спиральный выступ

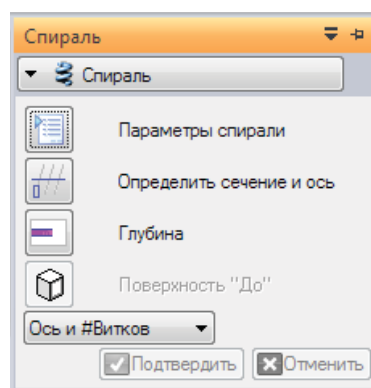


Рис. 2.3.27. Окно Параметры спирали

На рис. 2.3.28 представлено построение пружины круглого сечения с указанием числа витков и шага между ними. После построения спирали ее числовые параметры и профили можно отредактировать, выделив спираль и щелкнув ЛКМ по ее текстовому маркеру (5).

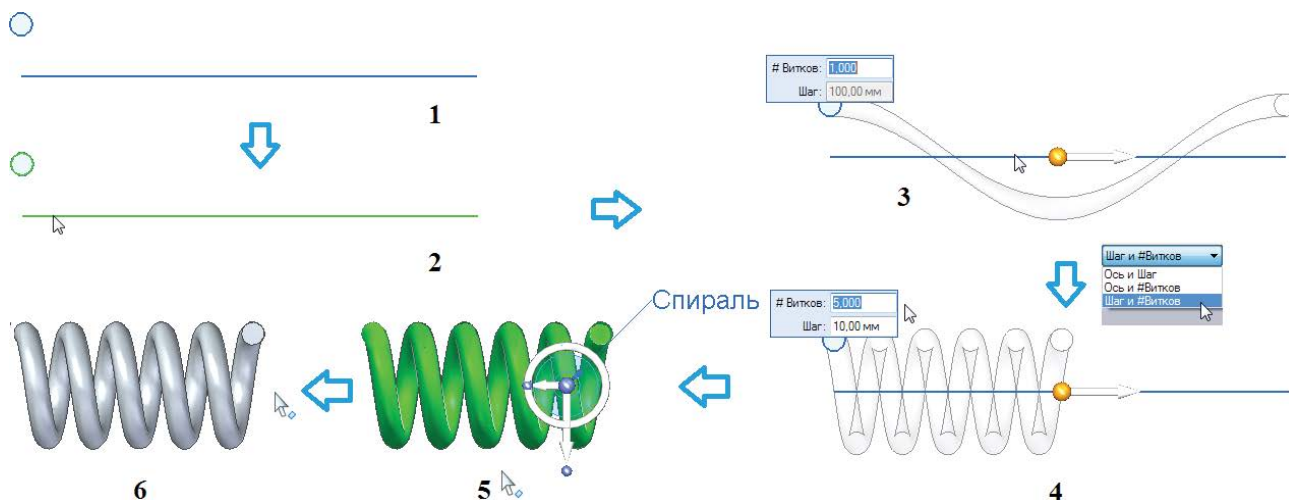


Рис. 2.3.28. Пример построения спирали

Если необходимо построить спираль вокруг произвольной (непрямой) оси, следует воспользоваться командой протягивания выступа/выреза по направляющей с указанием закручивания вдоль трассы.

Выступ/вырез по нормали

Команды соответственно создают выступ/вырез по нормали к поверхности. Форма выступа/выреза определяется лежащей на поверхности замкнутой кривой. Поверхность может быть неплоской.

Команда выполняется следующим образом (на примере выступа, рис. 2.3.29):

1. После щелчка ЛКМ по иконке команды на первом шаге (**Выбор кривой**) необходимо с помощью ЛКМ указать в графическом окне кривую и подтвердить выбор (2).
2. Далее на шаге **Выбрать направление** в меню команды задается величина смещения, а щелчком ЛКМ в графическом окне с помощью красной стрелки указывается направление добавления материала относительно кривой (3а, 3б). Результат выполнения команды будет отличаться в зависимости от выбранного направления (4а, 4б).

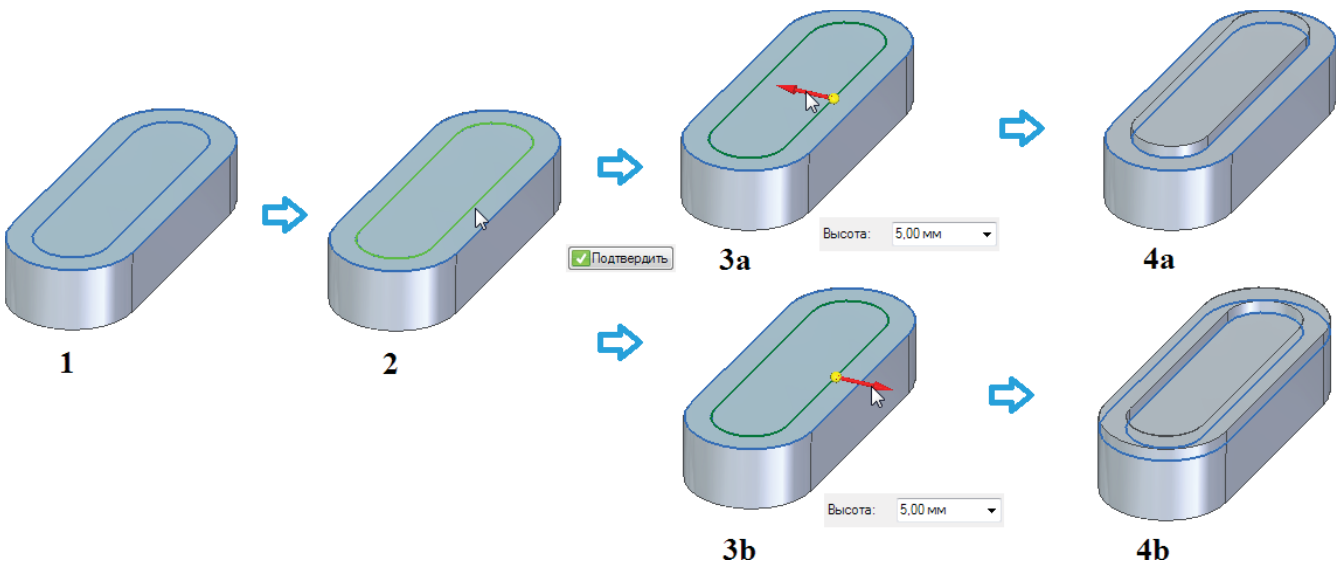




Рис. 2.3.29. Пример построения выступа по нормали в режиме **Касающиеся поверхности** при различных направлениях добавления материала

На шаге выбора кривой можно задать режим изменения поверхностей. В режиме **Касающиеся поверхности**  изменяться будут только те из них, на которых лежит кривая, а в режиме **Все поверхности**  будут изменены все поверхности в области контура кривой.

Предыдущий пример (рис. 2.3.29) был выполнен при включенном режиме **Касающиеся поверхности**. В режиме **Все поверхности** результат будет иным – материал добавится и к боковым граням тела (см. рис. 2.3.30).

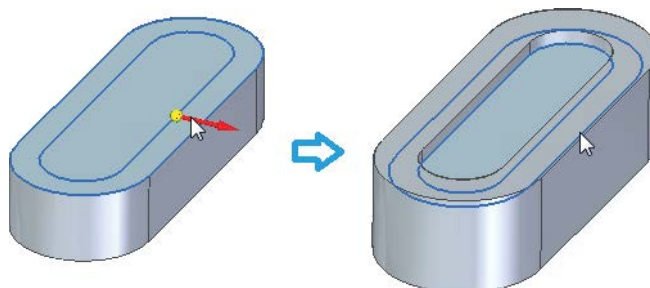


Рис. 2.3.30. Пример построения выступа по нормали в режиме **Все поверхности**

Утолщение


Команда позволяет создать тело из ранее созданной вспомогательной поверхности или нескольких поверхностей, добавив к ним толщину, а также нарастить отдельные поверхности тела или тело целиком. Необходимо выбрать элементы для утолщения в графическом окне, после чего задать величину смещения в меню команды и направление смещения щелчком ЛКМ по стрелке в графическом окне.

Работа с гранями

Выбор граней

Работа с геометрией в системе Solid Edge в рамках синхронной технологии включает в себя непосредственное манипулирование гранями – их перемещение и вращение, которое, в отличие от параметрической среды, выполняется независимо от остальной геометрии модели. Манипулирование гранями требует их предварительного выбора. Коллекция выбранных граней носит наименование «выбранный набор».

Составление выбранного набора производится с помощью сочетания традиционных механизмов Solid Edge (см. раздел 2.1) – вручную с помощью мыши и клавиатуры, с помощью инструмента **Выбор** и его режимов (**Добавить**, **Удалить**, **Добавить/Удалить**), а также с помощью специального инструмента синхронной среды – **Диспетчера выбора**, который используется для добавления или удаления элементов в выбранном наборе на основе топологических связей выбранной грани.

Задействовать диспетчер выбора можно двумя способами – выбрав соответствующий режим в раскрывающемся списке инструмента **Выбор** либо нажав клавиши **Shift+пробел**. Вид курсора в этом режиме изменяется на . Последующий выбор грани щелчком ЛКМ открывает меню диспетчера выбора. Вид меню (возможный состав топологических связей) будет отличаться в зависимости от типа выбранной грани (плоская или неплоская грань, цилиндр или конус, часть цилиндра или конуса). Меню для плоской грани представлено на рис. 2.3.31. Если при этом перекрывается модель, меню можно передвинуть, переместив его за заголовок с помощью нажатой ЛКМ.

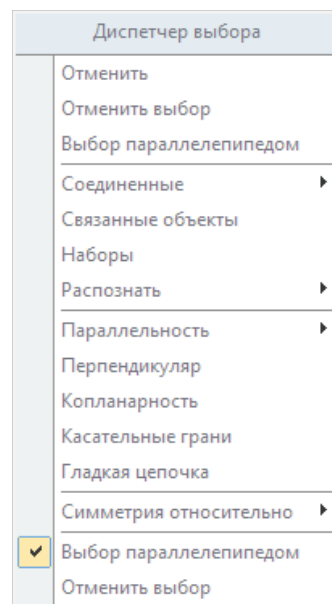


Рис. 2.3.31. Меню диспетчера выбора для выбранной плоской грани

После наведения курсора на одну из топологических связей меню в модели подсвечиваются те грани, которые по щелчку ЛКМ будут добавлены в выбранный набор либо исключены из него согласно данной связи. Режим исключения ранее выбранных граней из набора включается установкой галочки **Отменить выбор** в нижней части меню.

Для некоторых связей доступен режим **Выбор параллелепипедом**. При включенном данном режиме в выбранный набор включаются элементы, которые попадают внутрь или пересекаются выстраиваемым в графическом окне параллелепипедом. Сначала задается сторона параллелепипеда (по центру или углу, переключается с помощью клавиши **C**), затем – высота (симметрично или несимметрично относительно стороны, переключается с помощью клавиши **S**).

Рассмотрим некоторые наиболее часто используемые топологические связи из доступного списка. С полным списком можно ознакомиться в справочном руководстве Solid Edge.

Соединенные

Добавляет грани, соединенные с выбранной. Опции задают тип добавляемых граней: соединенные (все грани), внутренние грани, внешние грани.

Связанные объекты

Добавляет элементы, которые имеют постоянные связи с выбранной гранью (отображаются в коллекции **Связи** навигатора).

Наборы

Добавляет грани, которые являются частью того же набора граней, что и выбранная. Опции задают набор для распознавания: системный набор (конструктивные элементы), экземпляры (пользовательская группа граней).

Распознать

Добавляет все грани, которые являются частью того же конструктивного элемента, что и выбранная. Опции задают тип конструктивного элемента для распознавания: объект (элемент), стенка/опора, вырез.

Параллельность, перпендикулярность, копланарность, касательные грани, концентричность

Добавляют все плоскости/грани, находящиеся в соответствующей связи с выбранной. Последняя связь доступна только для цилиндрических, конических и тороидальных граней. Поддерживается выбор параллелепипедом.

Гладкая цепочка

Добавляет грани, которые являются частью той же самой гладкой цепочки, что и выбранная.

Равный радиус/диаметр

Добавляет грани с радиусом/диаметром, что и у выбранной грани. Доступно только для соответственно неполных/полных цилиндрических, конических и тороидальных граней. Поддерживается выбор параллелепипедом.

Симметрия относительно

Добавляет грани, симметричные выбранной относительно заданной базовой плоскости. Опции задают базовую плоскость: XY, YZ, ZX.

Ось

Добавляет грани с осями, которые параллельны или перпендикулярны выбранной. Доступно только для цилиндрических, конических и тороидальных граней. Опции задают расположение оси: параллельность, перпендикулярность.

Наборы граней

Каждая рассмотренная в данной главе операция после своего исполнения порождает определенный набор граней. Наведение курсора мыши на какую-либо операцию в навигаторе подсвечивает соответствующие ей грани модели в графическом окне, а щелчок ЛКМ по операции осуществляет выбор этих граней (рис. 2.3.32, А).

Часто происходит ситуация, когда последующие операции полностью или частично поглощают созданные в предыдущих операциях наборы граней, то есть поглощаемые грани исчезают из модели. Если набор поглощен полностью, то и сама операция удаляется из навигатора (см. рис. 2.3.32, В, где операция утолщения всего тела полностью поглощает наборы граней предшествующих операций создания выступа и выреза). Результирующий набор граней может служить в качестве исходных данных для последующих операций.

Объединение наборов граней от нескольких операций в один пользовательский набор облегчает выбор на последующих этапах работы с моделью. Все геометрия затем будет управляться одним рулевым колесом. Например, можно создать набор из выступа и двух скруглений (рис. 2.3.33).

Для управления пользовательскими наборами существуют три команды контекстного меню (рис. 2.3.34):

- Создать пользовательский набор;
- Добавить в пользовательский набор;
- Отменить пользовательский набор.

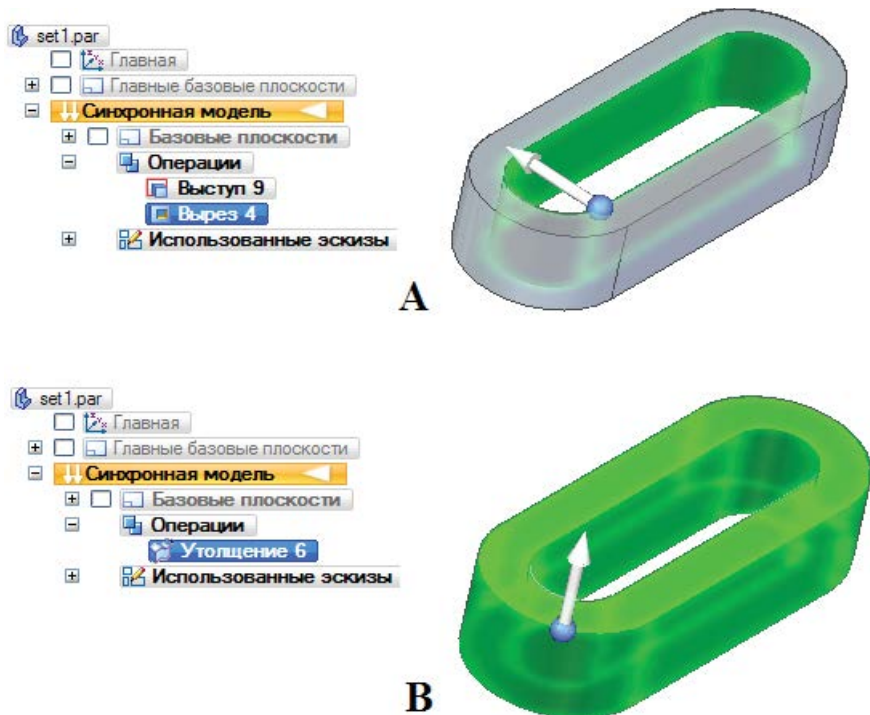


Рис. 2.3.32. Иллюстрация полного поглощения наборов граней

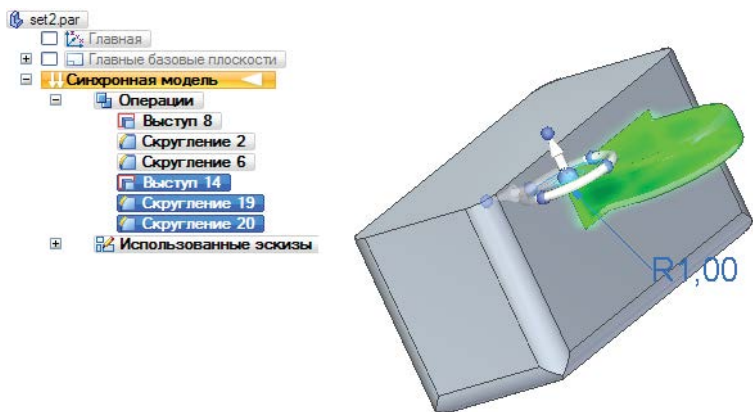


Рис. 2.3.33. Пример выбора элементов для создания пользовательского набора

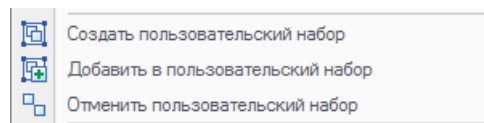


Рис. 2.3.34. Команды управления пользовательскими наборами

Команда **Создать пользовательский набор** создает новый набор с именем по умолчанию из элементов, предварительно выбранных в навигаторе или графическом окне. В набор можно включать как наборы граней – результаты операций, так и отдельные грани и эскизы. Создаваемые наборы будут представлены в навигаторе в виде единого узла – элемента коллекции **Пользовательские наборы**. С помощью команды **Переименовать** из контекстного меню набору можно назначить осмысленное имя.

Команда **Добавить в пользовательский набор** добавляет элементы в существующий набор. Для этого необходимо выбрать в навигаторе существующий набор, в который будут добавлены элементы.

Команда **Отменить пользовательский набор** отменяет выбранный набор. Его элементы остаются выбранными и после исключения/добавления отдельных элементов могут быть использованы для создания нового набора с помощью команды **Создать пользовательский набор**.

Манипулирование гранями

Манипулирование гранями выполняется с помощью специального инструмента – *рулевого колеса*, которое появляется при щелчке ЛКМ по любой грани, эскизу или базовой плоскости. Элементы управления рулевого колеса приведены в табл. 2.3.1 и на рис. 2.3.35. Они могут отображаться поэтапно в зависимости от контекста выбора и выполняемой команды.

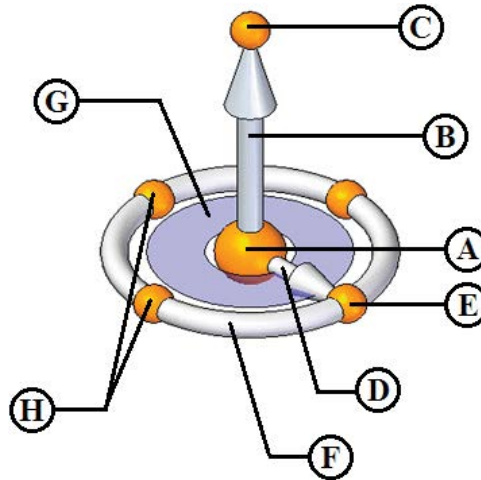


Рис. 2.3.35. Элементы управления рулевого колеса

Таблица 2.3.1. Расшифровка элементов управления рулевого колеса

Обозначение на рис. 2.3.35	Элемент	Назначение
A	Центр колеса	Задаёт начальную точку вектора перемещения
B	Первичная ось	Задаёт направление перемещения
C	Узел первичной оси	Указывает направление вектора перемещения
D	Вторичная ось	Задаёт направление перемещения
E	Узел вторичной оси	Указывает направление вектора перемещения
F	Тор	Выполняет поворот граней
G	Плоскость	Выполняет перемещение граней в плоскости
H	Узлы колеса	Задаёт направление перемещения с шагом 90°

Перемещение граней

Процедура перемещения граней следующая:

1. С помощью инструмента **Выбор** выберите одну или несколько граней. На выбранной геометрии отобразятся центр и первичная ось рулевого колеса (если выбрана одна грань) либо полное рулевое колесо (если выбран набор граней).
2. Чтобы переместить выбранную геометрию вдоль первичной оси, необходимо щелкнуть ось ЛКМ. Новое положение перемещаемой геометрии можно указать несколькими способами – динамически щелчком ЛКМ, задать точное значение в поле ввода и нажать клавишу **Enter** либо задействовать характерную точку, нажав соответствующую кнопку в меню команды, выбрав точку и щелкнув ЛКМ.
3. Команда останется активной. Перемещенная геометрия будет выбрана, и на ней отобразится рулевое колесо. Нажмите клавишу **Esc** для выхода из команды.

На рис. 2.3.36 показан пример перемещения грани с указанием характерной точки (3) таким образом, чтобы торец основания и перемещенная грань составили бы единую поверхность (5).

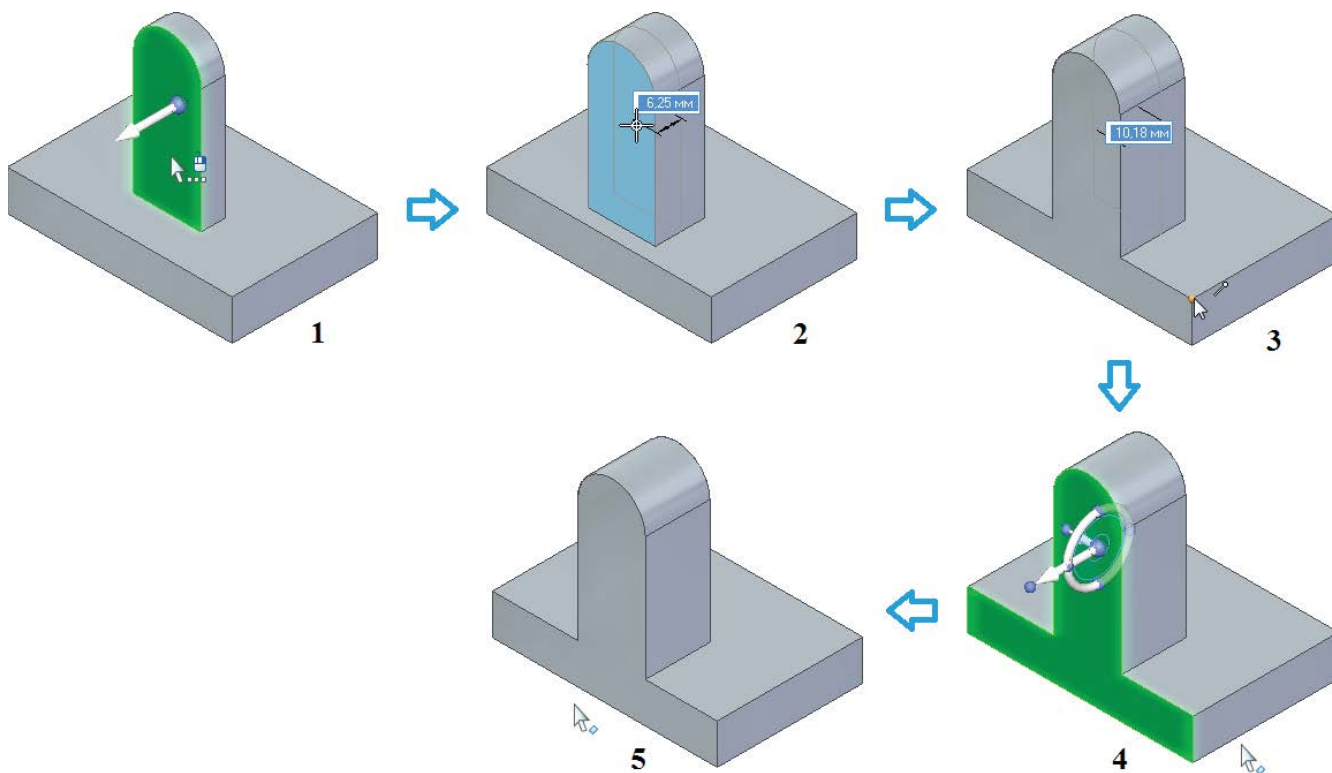


Рис. 2.3.36. Пример перемещения граней

Поворот граней

Процедура поворота граней следующая:

1. Выберите грани аналогично операции перемещения. Появятся рулевое колесо и меню команды **Повернуть**, аналогичное меню команды **Переместить**.
2. Перетащите центр колеса на прямолинейное ребро, вокруг которого следует повернуть грань. Если щелкнуть ЛКМ по центру колеса, оно станет следовать за курсором при его перемещении. Первичная ось должна занять положение вдоль ребра.
3. Выберите тор колеса. Поверните выбранные грани, указав их новое положение способами, описанными в операции перемещения.
4. Аналогично п. 3 операции перемещения.

Пример поворота грани с указанием характерной точки (4) показан на рис. 2.3.37.

Отсоединение и присоединение граней

Отсоединение и присоединение граней модели необходимо в двух основных случаях:

- с целью удаления граней/набора граней из тела с одновременным сохранением их в файле модели для последующего использования, например при обработке вариантов конструкции;
- для перемещения/поворота отсоединенного набора граней с последующим подсоединением их обратно к модели в новом положении/ориентации.

Отсоединение выбранного набора граней выполняется при помощи команды **Отсоединить** из контекстного меню либо при помощи параметра **Отсоединить** в меню команды **Переместить** (см. ниже). После выполнения команды отсоеди-

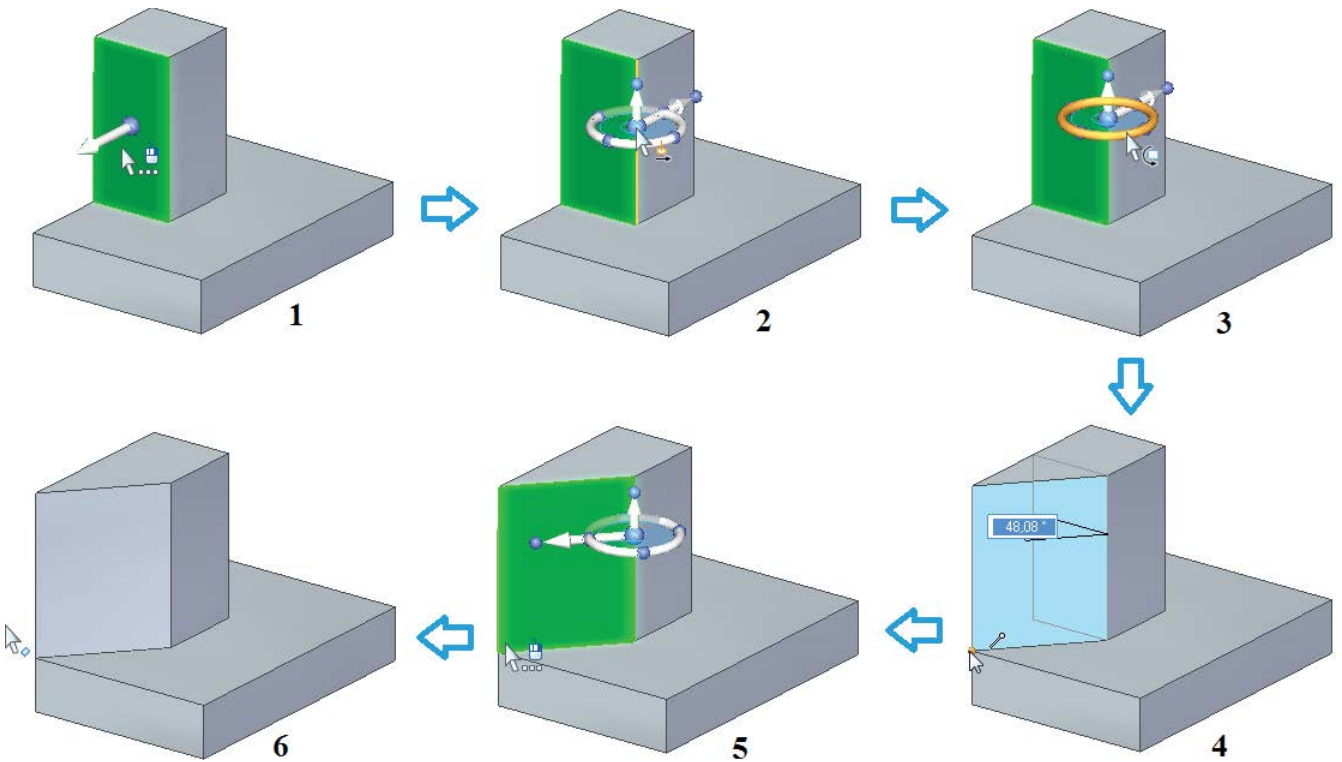


Рис. 2.3.37. Пример поворота граней

ненные грани будут скрыты. Снова отобразить скрытые грани можно при помощи навигатора. Их цвет будет изменен на цвет вспомогательных элементов.

Успешное отсоединение граней возможно лишь в случае, когда не нарушается целостность модели, то есть между гранями не образуется зазора, а смежные грани успешно перестраиваются. В противном случае будет выдано предупреждающее сообщение, а модель останется без изменений.





Подсоединение выполняется при помощи команды **Присоединить** из контекстного меню. Если в результате присоединения не образуется допустимое твердое тело, система выдает предупреждающее сообщение и не перестраивает модель. В этом случае зачастую разумным решением будет удаление отсоединенных граней и создание их заново.

На рис. 2.3.38 показан процесс отсоединения набора граней (1), состоящего из отверстия и скругления, с последующим его присоединением к модели с изменением положения и ориентации. После отсоединения (2) набор скрывается (3). Снова включив отсоединенный набор (4), переместим (5), повернем (6) и снова переместим (7) его в новое положение, после чего вновь присоединим (8) к модели.

Меню команды **Переместить**

Меню команды **Переместить** приведено на рис. 2.3.39.

С помощью его параметров можно управлять взаимодействием между перемещаемым набором граней и остальными гранями модели, изменяя тем самым получаемый результат работы команды. Ниже рассмотрены некоторые из параметров.

Параметр **Соседние грани**  (рис. 2.3.40) управляет поведением граней, соседствующих с перемещаемым набором (A), и имеет три опции: **Продлить/Усечь**  (B), **Наклонить**  (C) и **Поднять**  (D). С опцией **Продлить/Усечь**, выбираемой по умолчанию, перемещаемая грань изменяет модель, усекая и/или продлевая соседние грани, но сохраняя их ориентацию. Сама грань при этом может меняться. С опцией **Наклонить** перемещаемая грань остается неизменной и при своем перемещении изменяет угол наклона смежных граней. С опцией **Поднять** перемещаемая грань также остается неизменной и при своем перемещении внедряется в модель или выступает из нее, создавая новые грани. Соседние грани при этом не изменяются.

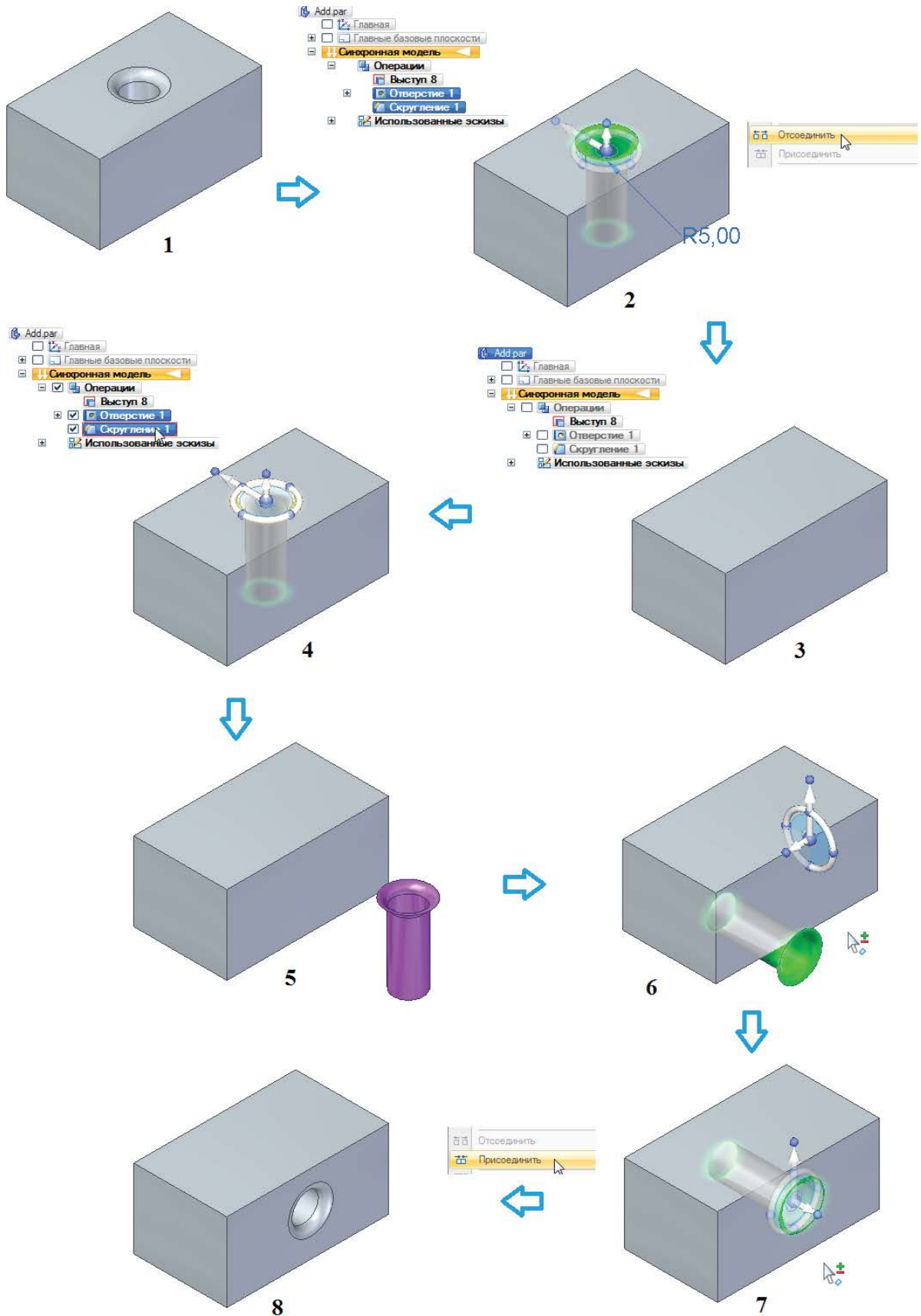


Рис. 2.3.38. Пример отсоединения и последующего присоединения набора граней

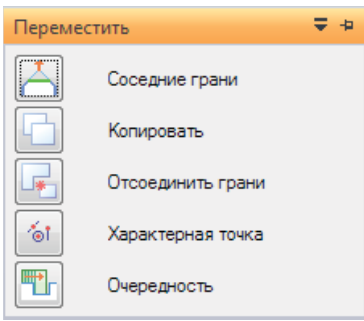


Рис. 2.3.39. Меню команды Переместить

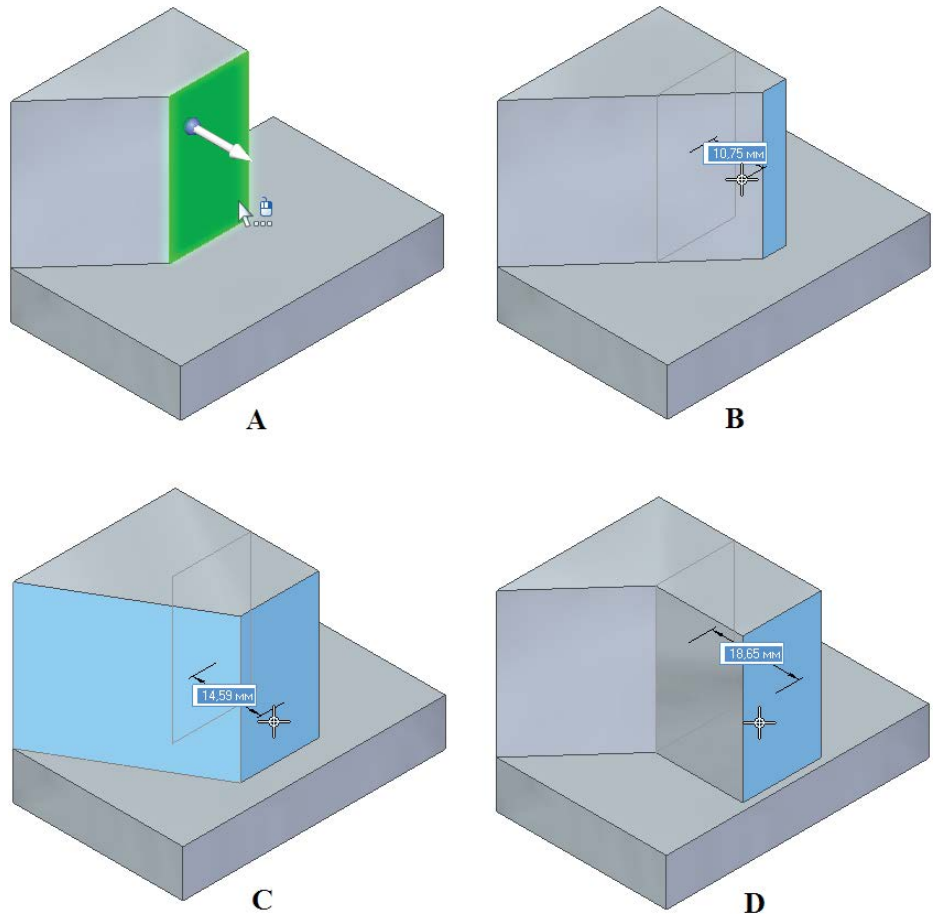



Рис. 2.3.40. Промежуточные результаты выполнения команды Переместить над набором (А) с опциями параметра Соседние грани: Продлить/Усечь (В), Наклонить (С), Поднять (D)

Параметр **Копировать**  создает отсоединенную копию выбранного набора граней, которые в навигаторе объединяются в объект **Набор граней** (рис. 2.3.41). Исходный набор граней не претерпевает изменений.

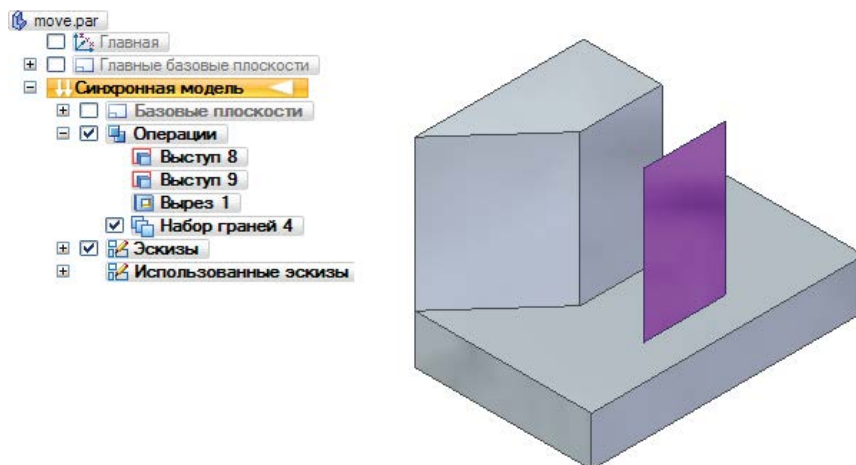



Рис. 2.3.41. Пример результата выполнения команды Переместить с параметром Копировать

Параметр **Отсоединить грани**  отсоединяет выбранный набор граней от тела детали, удаляя набор из его исходного местоположения. Успешное выполнение команды **Переместить** с этим параметром возможно только в том случае, если в месте удаления набора возможно корректное перестроение модели с учетом удаления граней. Отсоединенный набор, как и результат применения параметра **Копировать**, отображается цветом вспомогательных элементов (рис. 2.3.42). Работа с ним аналогична работе с отсоединенной геометрией.

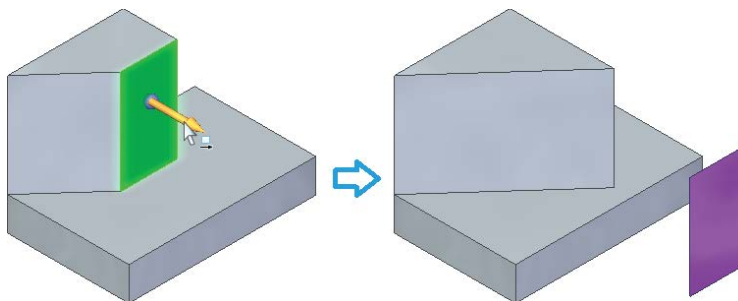


Рис. 2.3.42. Пример результата выполнения команды **Переместить** с параметром **Отсоединить грани**

Связи и текущие правила


Моделируя синхронные элементы, конструктор управляет поведением модели при редактировании ее граней. Это управление осуществляется при помощи связей, которые задаются конструктором изначально (размерные связи, связи граней) либо распознаются системой Solid Edge самостоятельно в процессе редактирования с учетом специального инструмента – текущих правил.

Связи граней

Связать грани модели между собой явным образом можно с помощью команд группы **Связи граней** на вкладке **Главная**.

В общем случае необходимо выбрать грань, которую нужно привязать (исходную), а затем грань, к которой нужно привязаться (целевую). Положение исходной грани при наложении связи будет изменяться, положение целевой останется неизменным. Если для связывания выбран набор из нескольких граней, исходной гранью будет являться первая выбранная грань набора. К ней же будет привязано колесо управления. Целевая грань может быть только единственной.

Меню команд наложения различных связей отличаются друг от друга набором параметров. Основные параметры связывания граней будут рассмотрены ниже на примере команды связи **Концентричность** (рис. 2.3.44).

Постоянно . По умолчанию накладываемая с помощью команды связь является постоянной. Такая связь приоритетна по отношению к текущим правилам и независимо от их настроек всегда будет учитываться при выполнении синхронной команды. Связи с таким параметром хранятся в навигаторе в коллекции **Связи** (рис. 2.3.45) и могут быть удалены с помощью соответствующей команды контекстного меню. В диспетчере решений (см. ниже) можно выключить постоянную связь для грани в выбранном наборе, и после завершения команды эта связь будет удалена.

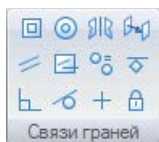


Рис. 2.3.43. Группа команд **Связи граней**, вкладка **Главная**

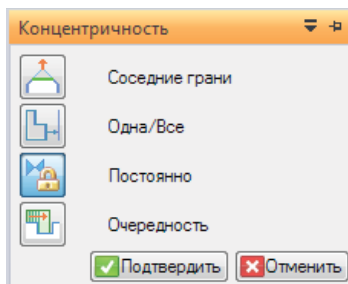


Рис. 2.3.44. Меню команды связи **Концентричность**

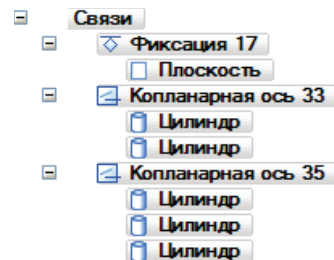




Рис. 2.3.45. Пример коллекции **Связи** в навигаторе

Связи с отключенным параметром **Постоянно** (временные связи) действуют только в момент наложения. Настройки текущих правил обладают приоритетом над такими связями – временные связи игнорируются, если в настройках текущих правил для выбранной грани заданы другие связи и эти настройки распространены на нее.

Одна/Все . У параметра существуют две опции: одиночное выравнивание (по умолчанию) и множественное выравнивание . В первом случае с целевой гранью связывается только исходная грань, а остальные грани в наборе сохраняют исходное положение; во втором – с целевой гранью связываются все грани выбранного набора.

Соседние грани . Управляет поведением смежных граней, см. п. «*Меню команды Переместить*».

Типовая процедура связывания для большинства команд наложения связей следующая:

1. Выбрать требуемую команду связи (вкладка **Главная**, группа **Связать грани**), затем выбрать с помощью ЛКМ одну исходную грань или набор граней (исходную грань с дополнительными гранями), щелкнуть ПКМ или нажать клавишу **Enter**. Допустим и обратный порядок (сначала – выбор граней, затем – команды). Щелчок ПКМ в этом случае не требуется.
2. Если выбран набор граней, задать поведение дополнительных граней с помощью параметра **Одна/Все**.
3. Выбрать целевую грань с помощью ЛКМ.
4. Если накладываемая связь должна быть временной, выключить заданный по умолчанию параметр **Постоянно**.
5. Если нужный результат достигнут, нажать кнопку **Подтвердить** в меню команды или щелкнуть ПКМ. Заданная связь будет применена.
6. Если нужный результат не достигнут, нажать кнопку **Отмена** в меню команды. Выбранный набор останется активным, и можно снова запустить команду связи.

На рис. 2.3.46 данная процедура представлена на примере связи **Касание**: сначала выбирается исходная цилиндрическая грань (2), затем – дополнительные грани (3), после чего в зависимости от параметра **Одна/Все** либо одна исходная (4А), либо все грани набора (4В) оказываются касательными линии своего соединения, которая определяется плоской целевой гранью.

В табл. 2.3.2 приведены все находящиеся в распоряжении конструктора команды связей.

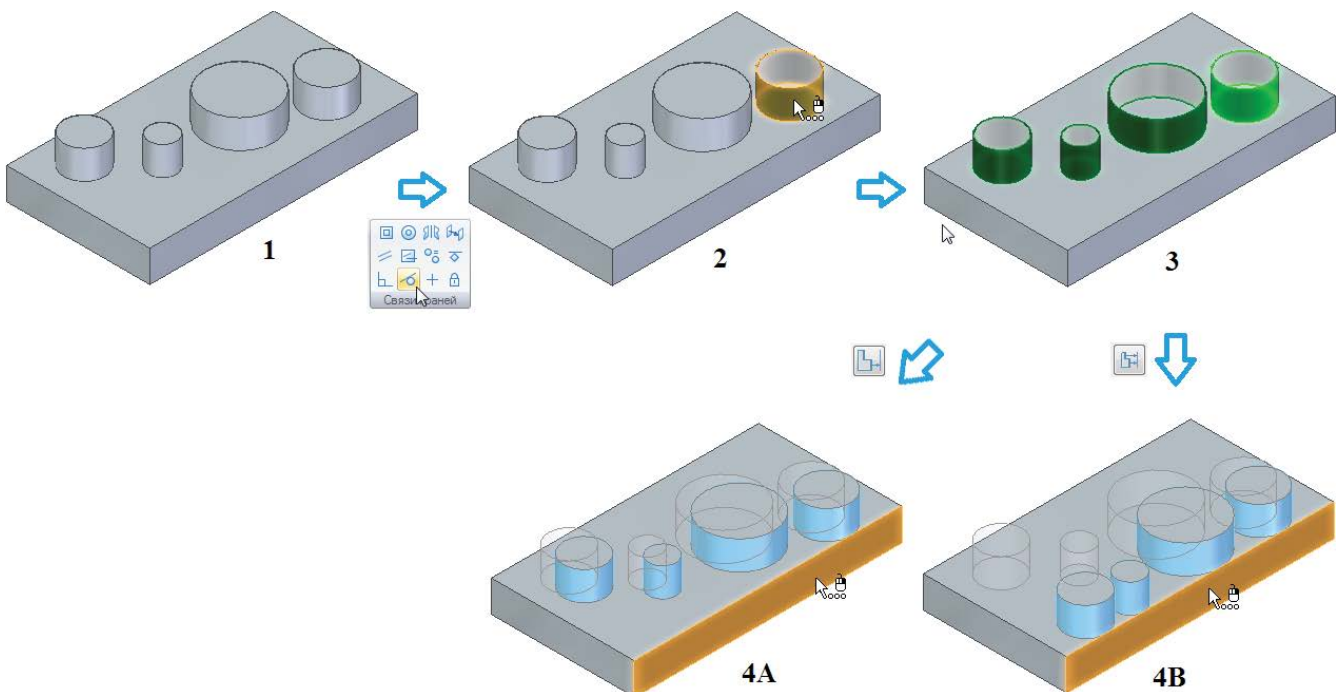


Рис. 2.3.46. Пример наложения связи **Касание** с одиночным (А) и множественным (В) выравниванием

Таблица 2.3.2. Команды связей граней модели

Наименование связи	Иконка	Действие
Копланарность		Делает грани копланарными
Концентричность		Делает цилиндрические грани концентричными
Симметрия		Делает выбранную грань симметричной с целевой относительно заданной грани или плоскости. После выбора целевой грани дополнительно указывается плоскость симметрии
Смещение		Делает выбранные грани параллельными целевой и смещает их на заданное в графическом окне расстояние
Параллельность		Делает грани параллельными
Копланарная ось		Делает выбранные отверстия/цилиндрические грани выровненными по оси, которая параллельна целевой грани/плоскости. Существует возможность задать свою ось
Равный радиус		Делает радиус выбранного цилиндра или его части равным радиусу целевого цилиндра или его части
Зафиксировать		Фиксирует плоскость грани. Зафиксированную грань можно преобразовывать только в ее плоскости – усечь и продлить
Перпендикулярность		Делает грани перпендикулярными
Касание		Делает две грани касательными по общему ребру или по теоретической линии соединения (см. рис. 2.3.46)
Горизонталь/Вертикаль		Делает выбранную плоскую грань параллельной ближайшей главной базовой плоскости. Можно также наложить эту связь между двумя характерными точками конструктивного элемента (или набора граней), выровняв их по горизонтали/вертикали по отношению к выбранной базовой плоскости
Жесткая связь		Жестко связывает взаимную ориентацию плоскостей граней. Жесткая связь автоматически становится постоянной. Грани с жесткой связью можно усечь и продлить


Текущие правила

В процессе синхронного редактирования модели с помощью перемещения, вращения граней или изменения управляющих размеров система Solid Edge автоматически распознает связи между выбранным набором и остальной геометрией модели. Набор связей, который принимается системой во внимание, определяется специальным инструментом – текущими правилами, заданными в момент выполнения команды редактирования. Составом текущих правил пользователь может управлять, определяя тем самым, какие связи система будет поддерживать в процессе редактирования, а какие – игнорировать.

Панель текущих правил (рис. 2.3.47) располагается по умолчанию в нижней части графического окна модели и автоматически отображается при перемещении граней, задании 3D-связей и редактировании размеров. В параметрах Solid Edge на вкладке **Помощь** можно сделать панель плавающей, а также ориентировать ее вертикально.



Рис. 2.3.47. Панель текущих правил со стандартными настройками

Функция текущих правил работает исключительно с геометрией, в том числе импортированной, независимо от истории создания модели. Настройка текущих правил является глобальной настройкой текущего сеанса работы Solid Edge, и во всех новых и существующих открытых документах будут применяться текущие настройки. Восстановление стандартных настроек происходит при нажатии кнопки **Восстановить стандартные правила**  либо при закрытии Solid Edge.





В панели текущих правил отображаются иконки распознаваемых связей (табл. 2.3.3), а также иконки ряда параметров.

Таблица 2.3.3. Набор распознаваемых связей функции текущих правил

Наименование связи	Иконка	Действие
Концентричность		Поддерживает концентричность между гранями выбранного набора и остальной частью модели
Касание в точке		Поддерживает касание в точке между гранями выбранного набора и остальной частью модели
Копланарность		Поддерживает копланарность между гранями выбранного набора и остальной частью модели
Параллельность		Поддерживает параллельность между гранями выбранного набора и остальной частью модели
Касание		Поддерживает касание между гранями выбранного набора и остальной частью модели
Перпендикулярность		Поддерживает перпендикулярность между гранями выбранного набора и остальной частью модели
Симметрия		Поддерживает симметрию между гранями выбранного набора и остальной частью модели относительно соответствующей заданной плоскости
Локальная симметрия		Система запрашивает выбор локальной плоскости симметрии для нахождения симметричной грани
		Поддерживает копланарное осевое выравнивание между гранями выбранного набора и остальной частью модели вдоль заданной оси
Задать ось		Система запрашивает пользовательскую ось для обеспечения осевого выравнивания вдоль нее
Тот же радиус, если можно		Обеспечивает максимально возможное поддержание текущих значений радиуса при изменении модели
Ортогонально к плоскостям, если можно		Обеспечивает максимально возможное поддержание ортогональности плоских граней к базовым плоскостям при изменении модели
Привязать к базовой плоскости		Поддерживает привязку граней выбранного набора к базовым плоскостям и осям

В процессе применения текущих правил возможен различный вид иконок в зависимости от состояния модели и действий пользователя (см. табл. 2.3.4).

Таблица 2.3.4. Состояния иконок связей в панели текущих правил

Вид иконки связи	Состояние	Описание
	Не задана	Связь не задана и не будет учитываться при редактировании геометрии
	Задана	Связь задана и будет учитываться при редактировании геометрии
	Активна	Между редактируемой геометрией и остальной частью модели обнаружена заданная связь. Геометрия модели будет перестроена в соответствии с данной связью
	Неактивна	Между редактируемой геометрией и остальной частью модели обнаружена незаданная связь. Геометрия модели не будет перестроена в соответствии с данной связью

Включение/отключение распознавания данной связи осуществляется щелчком ЛКМ по ней в панели текущих правил, а также с помощью быстрых клавиш, указанных после наименования связи во всплывающей подсказке, при наведении курсора мыши на иконку связи в панели текущих правил.

На рис. 2.3.48 показан пример использования текущих правил при перемещении одной из копланарных граней. Если связь **Копланарность** задана (2А), то остальные грани модели, копланарные выбранной грани, при ее перемещении будут также перемещаться с поддержанием копланарности. В противном случае, если связь **Копланарность** не задана (2В), перемещаться будет только сама выбранная грань, и ее копланарность с остальной геометрией модели поддерживаться не будет.

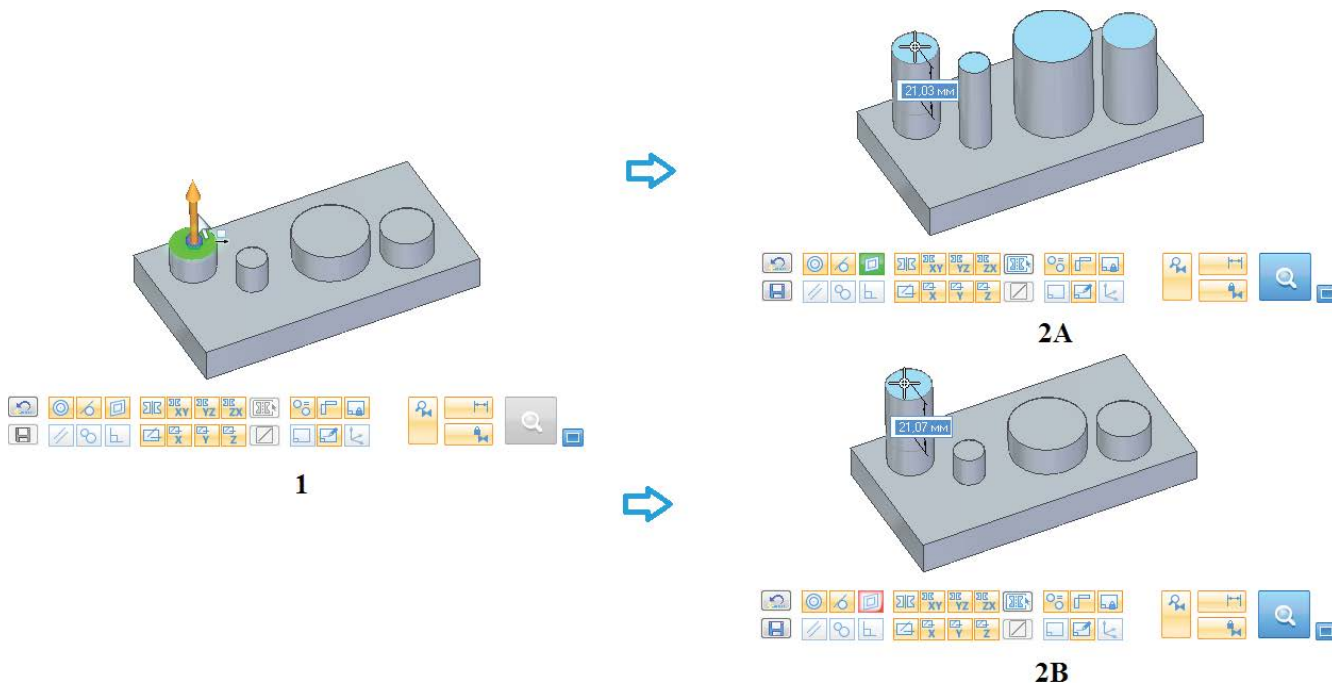


Рис. 2.3.48. Пример использования текущих правил для связи Копланарность






В процессе редактирования можно приостановить действие обнаруженных связей, принадлежащих к определенным типам (см. табл. 2.3.5).

Таблица 2.3.5. Действия с типами связей в текущих правилах

Вид иконки	Тип связей	Описание
	Связи текущих правил	Обнаруженные связи текущих правил работают
		Действие обнаруженных связей текущих правил приостановлено
	Зафиксированные размеры	Зафиксированные размеры остаются фиксированными (размерные связи заданы)
		Зафиксированные размеры становятся свободными (размерные связи освобождены)
	Постоянные связи	Постоянные связи заданы
		Постоянные связи освобождены

Остальные параметры и команды текущих правил приведены в табл. 2.3.6.

Таблица 2.3.6. Параметры и команды текущих правил

Вид иконки	Наименование параметра	Описание действия при активации параметра
	Учитывать базовые плоскости	Учитывает базовые плоскости при применении текущих правил
	Учитывать плоскости эскиза	Учитывает плоскости эскиза при применении текущих правил
	Учитывать системы координат	Учитывает системы координат при применении текущих правил
	Восстановить стандартные правила	Восстанавливает стандартные настройки текущих правил
	Сохранить связи	Создает постоянные связи для всех обнаруженных текущих правил

Диспетчер решений



Таким образом, при редактировании синхронной геометрии учитываются следующие связи граней:

- связи, распознанные в текущих правилах;
- постоянные связи, заданные пользователем;
- связи, определяемые зафиксированными размерами (размерные связи).

В моделях, где заранее определено либо распознается большое количество связей, редактирование может привести к результату, не соответствующему изначальному конструкторскому замыслу, либо закончиться с ошибкой из-за конфликта связей друг с другом.

Чтобы приводить редактирование к нужному результату и разрешать возникающие конфликты, в системе Solid Edge предусмотрен специальный инструмент – диспетчер решений, с помощью которого конструктор управляет связями граней непосредственно в графическом окне модели.

Работа с диспетчером решений будет рассмотрена на примере.

Диспетчер решений запускается из панели текущих правил в любой момент синхронного редактирования по нажатию кнопки  или клавиши **V**. Если рядом с этой кнопкой установлен флажок **Автоматический диспетчер решений** , диспетчер запускается автоматически после указания величины перемещения/поворота грани.

На рис. 2.3.49, А представлена исходная модель детали с заданными размерными и выбранными постоянными связями (фиксация задней плоскости и две связи **Копланарная ось** – для центров двух отверстий и трех полукруглых вырезов). Установлен автоматический запуск диспетчера решений, заданы стандартные настройки текущих правил.

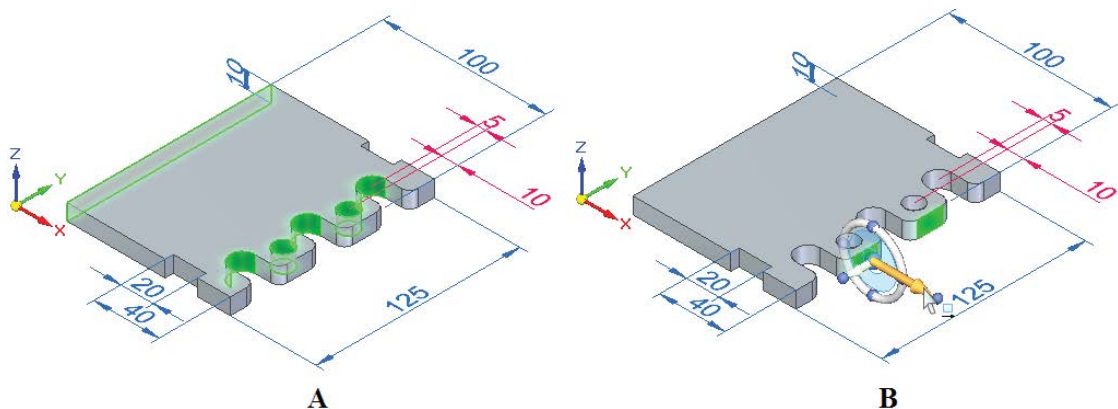


Рис. 2.3.49. Пример редактирования набора граней для демонстрации работы диспетчера решений

Предположим, что поставлена задача – переместить выбранный набор граней вперед на 50 мм (рис. 2.3.49, В), сохранив положение полукруглых пазов и взаимное положение отверстий и выбранных граней. Результат, полученный после выполнения операции синхронного перемещения граней и запуска диспетчера решений, представлен на рис. 2.3.50, А.

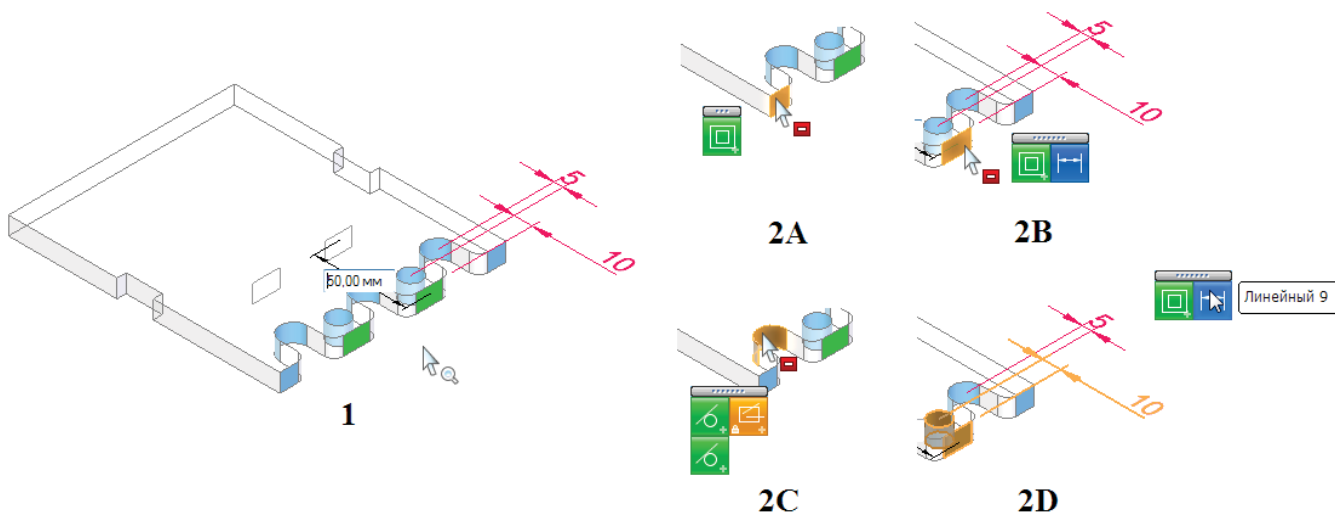


Рис. 2.3.50. Первоначальный результат перемещения граней и палитры связей диспетчера решений

Грани модели, которые задействованы в решении, в режиме диспетчера решений меняют свой цвет. Прочие грани модели становятся полупрозрачными. Зеленым (рис. 2.3.50, А) отображаются грани, входящие в выбранный набор. Голубым цветом выделены грани, входящие в допустимое решение.

Совокупность заданных изначально в модели связей и связей, распознанных функцией текущих правил, привела к тому, что одновременно перемещаются не только две выбранные грани набора, но и копланарные им грани боковых выступов, которые не должны менять своего положения, а полукруглые пазы следуют за измененным положением отверстий. Таким образом, полученное решение допустимо, но нарушает конструкторский замысел.

Чтобы привести решение к нужному результату, необходимо отключить часть связей в модели. Если подвести курсор к любой из участвующих в решении (выделенных цветом) граней модели и нажать ПКМ, то откроется палитра, содержащая иконки всех связей, наложенных на данную грань, по типам, определяемым цветом иконки:

- зеленый – связи, распознанные функцией текущих правил (2А, 2В, 2С);
- синий – размерные связи (2В);
- оранжевый – постоянные связи (2С).

Если связей несколько, то они выстраиваются в столбцы по типам. Щелчком ЛКМ по соответствующей иконке можно отключить или, наоборот, включить данную связь. Иконка отключенной связи имеет серый цвет.

Если вместо ПКМ щелкнуть по грани ЛКМ, то произойдет переключение состояния всех связей данной грани в зависимости от состояния значка при курсоре: в состоянии связи будут отключены, в состоянии – включены обратно.

Если подвести курсор к иконке размерной связи или связи текущих правил, то палитра раскроется и появится новая иконка **Похожие найденные связи**. Если щелкнуть по ней ЛКМ, система переключит состояние всех найденных в модели связей того же типа.

Данный метод работает для всех связей, кроме размерных. При подведении курсора к иконке размерной связи цвет соответствующего зафиксированного размера и грани модели, к которым он приложен, изменится на оранжевый (2D). Одновременно система поместит рядом с палитрой подсказку с наименованием данного размера и заключит его в рамку в навигаторе. Переключение состояния размерной связи одновременно переключает и соответствующий ей размер из зафиксированного в освобожденное состояние, и наоборот. После выхода из диспетчера решений освобожденная размерная связь снова станет зафиксированной.

Чтобы привести рассматриваемую в примере модель в требуемое состояние, необходимо:

1. Освободить размерную связь, щелкнув ЛКМ по зафиксированному размеру со значением 5 (рис. 2.3.51, 1А), или отключить соответствующую размерную связь в палитре полукруглого паза позиции 1 (1В). Результат представлен на рис. 2.3.51, 2. Расположение пазов более не ограничено зафиксированным размером, и они заняли свое исходное положение. Следует обратить внимание на изменившийся цвет граней: грань позиции 1 приобрела красный цвет (таким цветом обозначаются изолированные грани – грани с отключенными связями), грань позиции 2 стала темно-синей (цвет граней, входящих в допустимое решение, но имеющих частично отключенные связи). Зафиксированные грани всегда отображаются черным цветом.

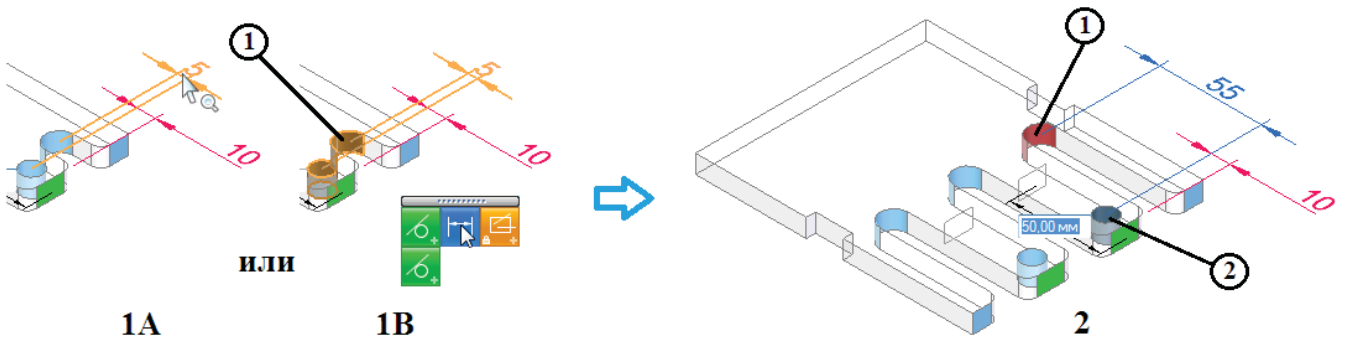


Рис. 2.3.51. Восстановление конструкторского замысла с помощью диспетчера решений, этап 1

2. Отключить распознанную связь текущих правил – копланарность грани позиции 1 на рис. 2.3.52, 1 и симметричной ей грани с другой стороны детали и граней выбранного набора, для чего щелкнуть ПКМ по грани, поместить курсор на иконку связи **Копланарность** и отключить все похожие связи в модели. Результат представлен на рис. 2.3.52, 2. Обе грани позиций 2, 3 стали изолированными и заняли свое исходное положение.

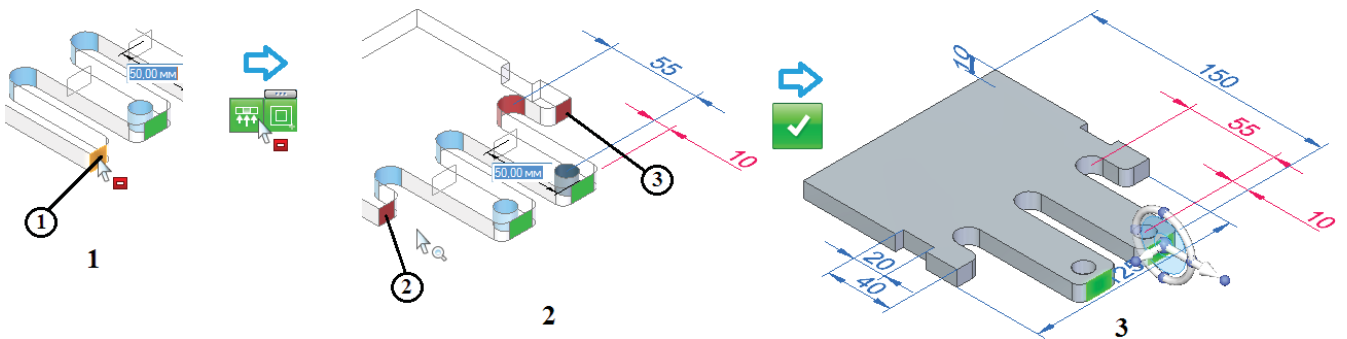


Рис. 2.3.52. Восстановление конструкторского замысла с помощью диспетчера решений, этап 2

3. Нажатие на кнопку **Подтвердить решение** закрывает диспетчер решений. Получена требуемая геометрия (см. рис. 2.3.52, 3), при этом набор перемещенных граней остается выбранным. Следует обратить внимание, что освобожденная размерная связь позиции 1 (рис. 2.3.51, 1В) снова стала зафиксированной – после завершения работы с диспетчером решений размеры восстанавливают свое состояние.

Зачастую возникают ситуации, когда решение не просто противоречит конструкторскому замыслу, но и является ошибочным с точки зрения реализуемости – наложенные на модель и распознанные в процессе редактирования связи конфликтуют между собой. Пример такой ситуации представлен на рис. 2.3.53, где в рассмотренной выше модели сначала были отключены связи копланарности у грани позиции 1 и похожих граней. В этом случае грани выбранного набора отображаются оранжевым цветом (позиция 2) в том положении, где этот набор располагался бы при отсутствии ошибки, а рядом с курсором появляется значок ошибочного решения . Может измениться и отображение связей в палитре – связи, отключение которых не приводит к получению допустимого решения, отображаются с желтыми треугольниками в углах иконок (например,).

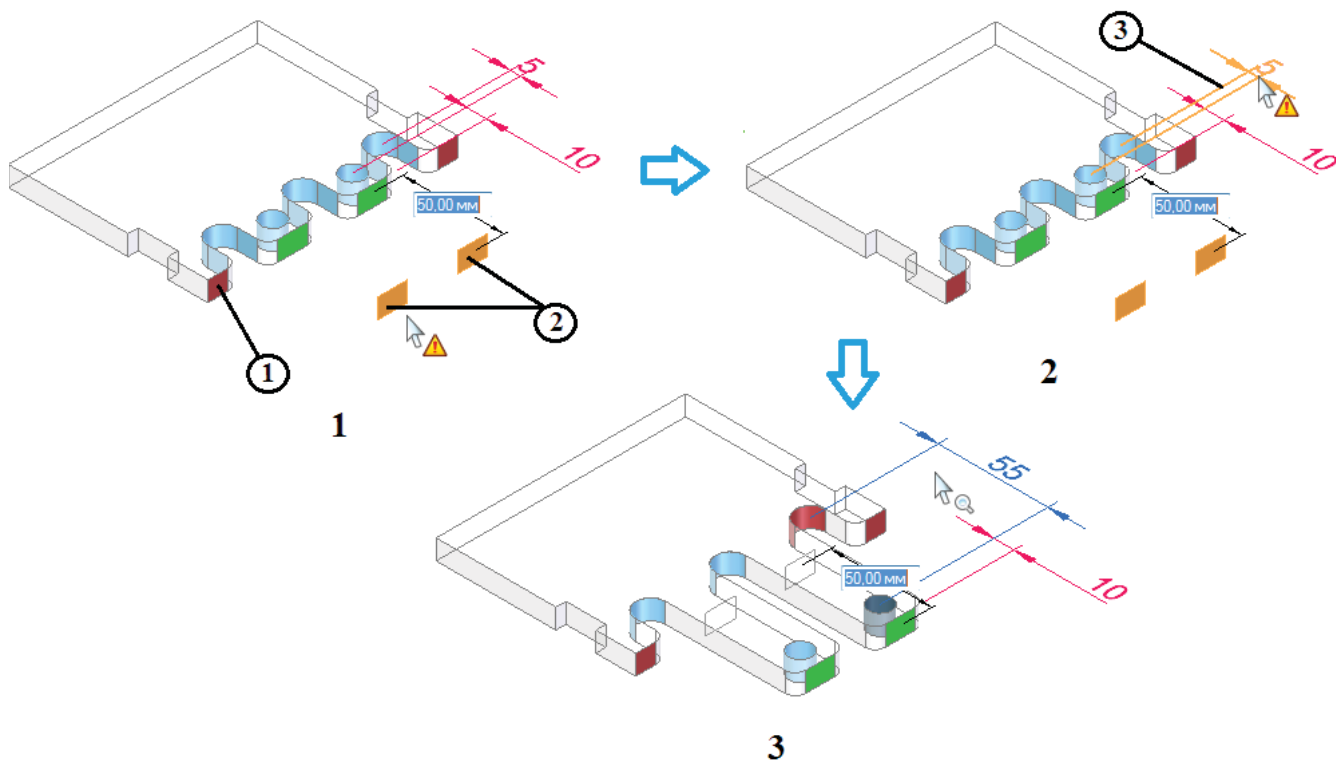




Рис. 2.3.53. Недопустимое решение и устранение конфликта связей с помощью диспетчера решений

Далее в общем случае необходимо проанализировать связи модели и освободить некоторые из них. В рассматриваемом примере для получения верного решения достаточно освободить размерную связь позиции 3 (2), и модель вернется в состояние допустимого решения (3) со стандартным видом значка при курсоре μ_a .

В процессе синхронного редактирования поведение размеров может быть различным. Часть размеров не влияет на процесс, часть – изменяет свое значение, часть может быть полностью отсоединена, если управляемая ими геометрия поглощается при редактировании. Если выбранный в рассматриваемой модели набор граней перемещать в обратном направлении (рис. 2.3.54, 1), то можно отметить, что свободные размеры позиций 1 и 2 будут изменять свое значение, размер позиции 3 окажется отсоединенным (2), так как поглощается геометрия выреза, а все свободные размеры позиций 1–5 при входе в диспетчер решений будут скрыты (3) как не оказывающие влияния на редактирование выбранного набора граней. Индикатором изменения размера при редактировании служит появляющийся в правом верхнем углу графического окна значок , отсоединения – значок . Поместив курсор на эти значки в режиме диспетчера размеров.

2.4. Создание процедурных элементов

Создание отверстий, скруглений, фасок, оболочек

В данном разделе будут рассмотрены *функциональные элементы (элементы обработки)*, выполняемые, как правило, на заключительном этапе создания модели. К ним относятся:

- отверстия;
- скругления;
- гладкие сопряжения;
- уклоны;
- фаски;
- оболочки;
- элементы деталей из пластика (стенка, сеть ребер, кромка, решетка).

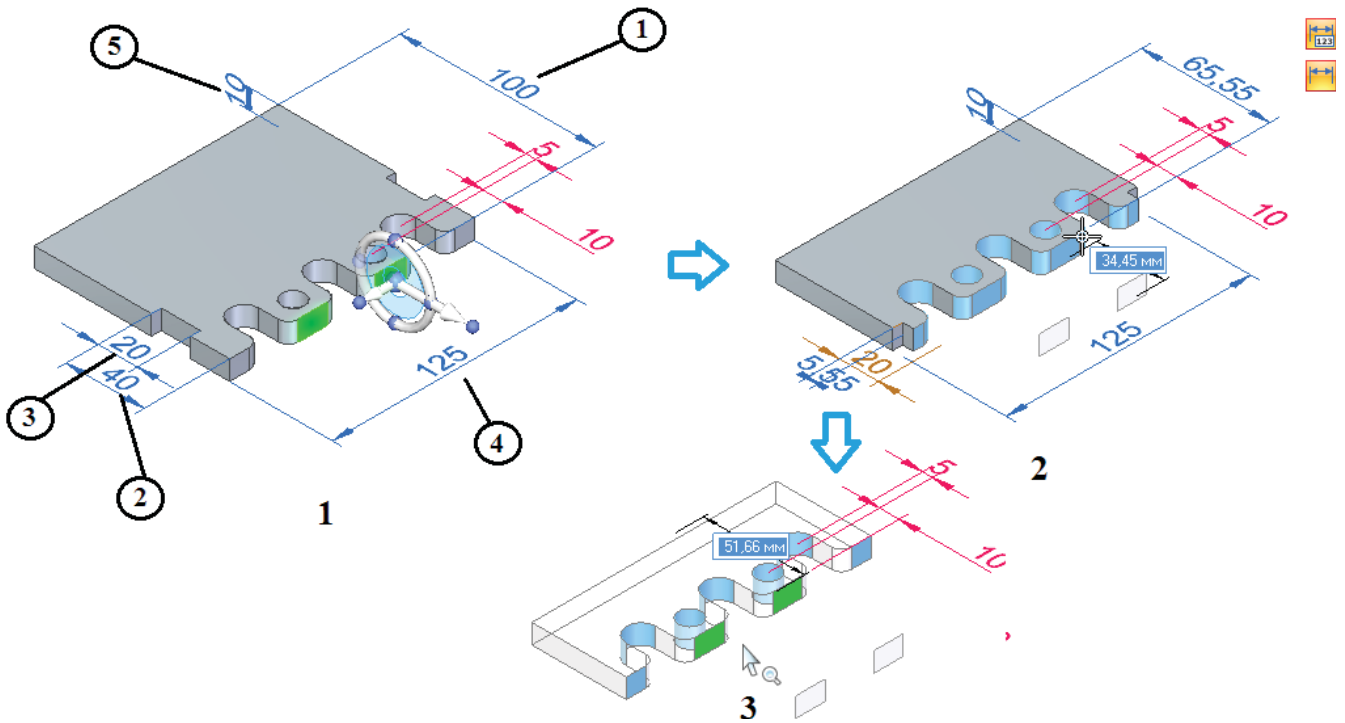


Рис. 2.3.54. Поведение размеров при синхронном редактировании

Среди этих элементов в синхронной технологии выделяется класс элементов, называемых *процедурными*. В отличие от обычных, процедурные элементы позволяют в любой момент редактировать параметры, на основе которых они были созданы. При изменении параметров элемент локально перестраивается, не затрагивая остальную модель.

К процедурным элементам в Solid Edge с синхронной технологией относятся отверстия, скругления и оболочки. Массивы, рассматриваемые в следующем разделе, также представляют собой процедурный элемент.

Отверстия

Динамическое размещение

За построение отверстий отвечает команда **Отверстие** (группа **Тела** на вкладке **Главная**, см. рис. 2.3.6). Отверстия в синхронной среде строятся динамически на любой грани модели. Одной командой можно создать несколько отверстий на одной или нескольких различных гранях, при этом параметры первого создаваемого отверстия будут определять набор параметров всех остальных отверстий группы. Отверстия, созданные в рамках одной команды, помещаются в одну группу в навигаторе (рис. 2.4.1). Изменение одного из отверстий группы автоматически изменит параметры всех остальных ее отверстий.

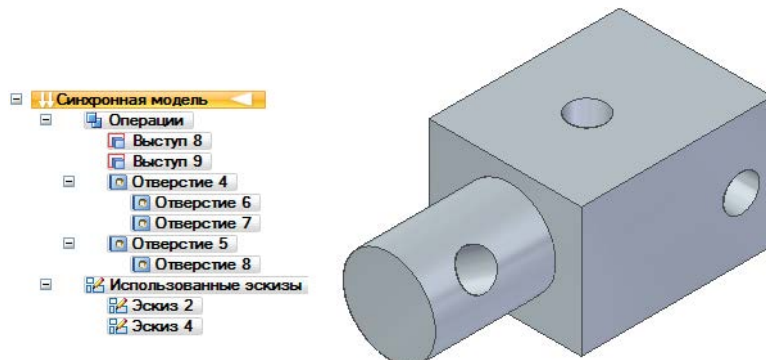


Рис. 2.4.1. Построение нескольких отверстий в рамках одной команды с помещением их в одну группу в навигаторе

Вне тела модели создаваемое отверстие отображается в виде вычитаемого объема (прозрачное тело, рис. 2.4.2, А). Внутренние поверхности отверстия в теле модели отображаются синим цветом (рис. 2.4.2, В). Ось отверстия всегда направлена по нормали к грани в точке размещения курсора, а само отверстие – внутрь детали.

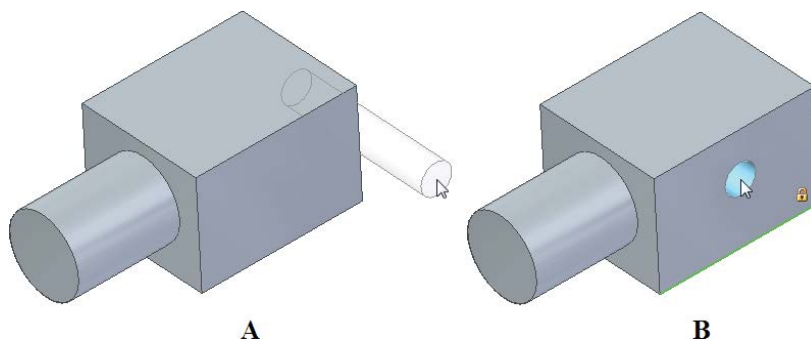


Рис. 2.4.2. Отверстие, расположенное в процессе построения вне (А) и внутри (В) модели

Фиксация плоскости грани, по нормали к которой будет выполнено отверстие, выполняется аналогично фиксации плоскости эскиза. При размещении двух отверстий на одной грани одной командой плоскость фиксируется автоматически. Щелчок ЛКМ размещает отверстие в текущем положении курсора.

Точное размещение

Динамическое размещение отверстий дает возможность приблизительно разместить отверстия в нужном месте модели. Точное размещение выполняется несколькими способами:

- в процессе размещения отверстия использовать характерные точки, выбрав нужную из них в параметрах команды. Далее необходимо подсветить мышью нужное ребро модели, и динамическое положение центра отверстия будет выровнено относительно характерной точки (рис. 2.4.3);

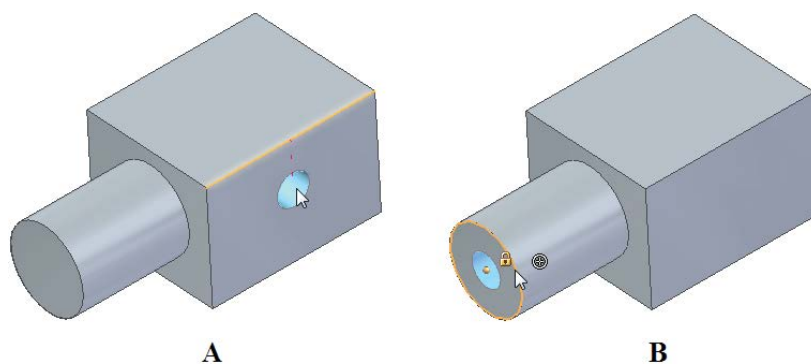



Рис. 2.4.3. Задание точного положения отверстия с помощью характерных точек: А – центральной точки линейного ребра, В – центра кругового ребра

- задав управляющие размеры от центра отверстия до окружающих ребер в процессе размещения отверстия, подсветив мышью нужное ребро и нажав одну из горячих клавиш (Е – размер будет построен от ближайшей конечной точки ребра, рис. 2.4.4, А; М – от средней; С – от центра кругового ребра). Плоскость должна быть предварительно зафиксирована. Введя точное значение размера и нажав клавишу **Enter**, можно ограничить последующее динамическое перемещение размера. Не нажимая ЛКМ и выбрав затем другое ребро, можно дополнительно задать второй управляющий размер, тем самым полностью определив положение отверстия.

Параметр **Поменять ось размера**  позволяет построить размер от выбранной характерной точки вдоль другой оси (2.4.4, В);

- задав управляющие размеры от центра отверстия до окружающих ребер после размещения отверстия (рис. 2.4.5);
- отредактировав параметры отверстия (см. ниже).

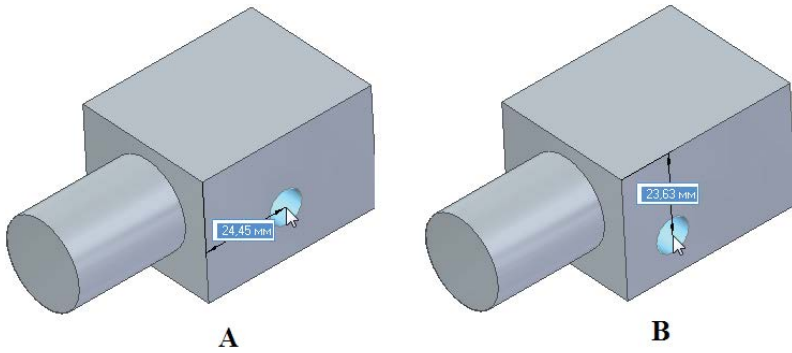


Рис. 2.4.4. Задание точного положения отверстия с помощью управляющих размеров в процессе размещения: размер от конечной точки ребра вдоль различных осей

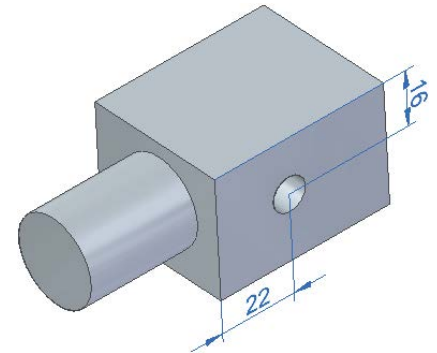


Рис. 2.4.5. Задание точного положения отверстия с помощью управляющих размеров

Построение отверстия на цилиндрической поверхности

Для построения отверстия в цилиндрической поверхности следует:

- динамически разместить отверстие на цилиндре и нажать клавишу **F3**, запустив команду **Касательная плоскость** (рис. 2.4.6, A);
- ориентировать плоскость с помощью мыши и щелкнуть ЛКМ либо непосредственно задать угол и нажать клавишу **Enter**; плоскость будет зафиксирована, а отверстие – привязано к касательной линии (B);
- разместить и образмерить отверстие аналогично построению отверстия на плоскости (C, D).

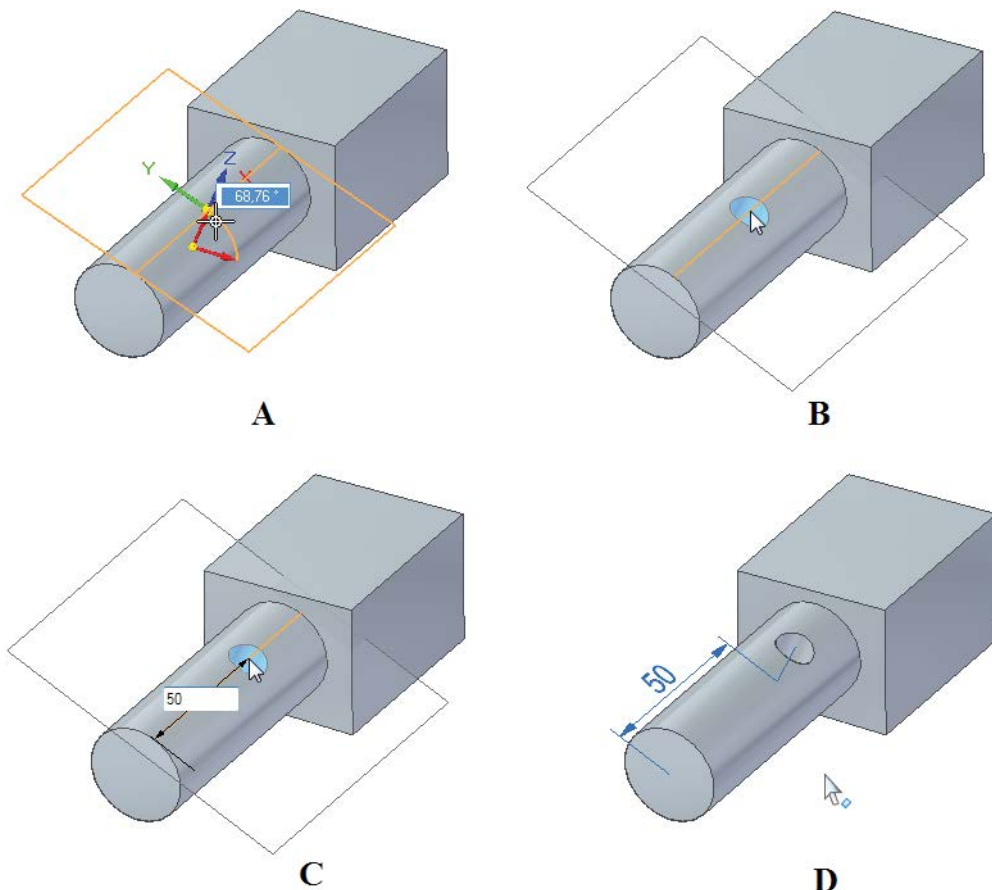


Рис. 2.4.6. Процедура построения отверстия в цилиндрической поверхности

Выравнивание отверстий относительно центра существующего отверстия

Если необходимо построить несколько отверстий с центром на одной линии, необходимо:

- задержать курсор на существующем отверстии;
- после того как подсветится точка центра, нажать клавишу A;
- при динамическом перемещении отверстия на грани будут отображаться линии выравнивания, когда положение этого отверстия горизонтально или вертикально относительно оси существующего.

Глубина отверстий

Отверстия можно строить на ограниченную глубину, насквозь или до выбранной границы. Доступные опции глубины зависят от типа отверстия.

Типы отверстий

Можно построить следующие типы отверстий (рис. 2.4.7): простое (A), с резьбой (B), коническое (C), с цилиндрической зенковкой (D), с конической зенковкой (E). В рамках одной операции можно построить группу отверстий только одного типа. Каждому выбранному типу отверстия соответствует свой набор параметров, которые задаются в окне **Параметры отверстия**. Вызов окна осуществляется при нажатии кнопки **Параметры отверстия** в меню команды.

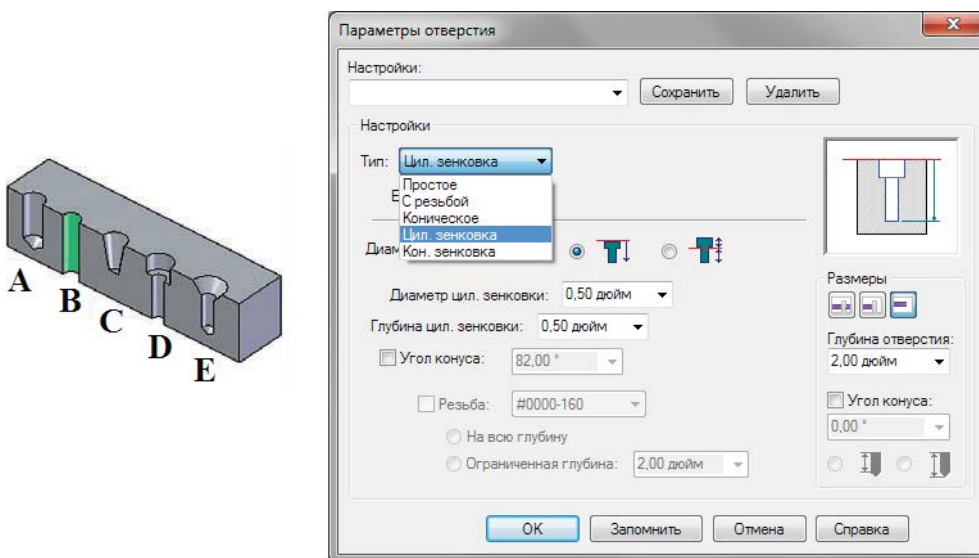


Рис. 2.4.7. Типы отверстий и окно Параметры отверстия

Редактирование отверстий

Процедурные элементы, в частности отверстия, отличает возможность редактирования параметров после завершения построения. При выборе существующего отверстия и щелчке ЛКМ по его размеру (рис. 2.4.8, A) можно:

- отредактировать размер, глубину и другие параметры (в зависимости от типа отверстия) в появившемся окне (B) или с помощью параметров меню команды;
- добавить новые экземпляры аналогичных по параметрам отверстий в существующий набор, нажав кнопку **Еще отверстия** в меню команды и разместив новые отверстия.

Скругление

В синхронной среде команда **Скругление** позволяет создавать только скругления ребер с постоянным радиусом. Переменный радиус скругления, а также гладкое сопряжение ребер, граней и их сочетаний реализуется с помощью команды **Сопряжение**, которая не входит в группу команд построения процедурных элементов. Команды находятся в раскрывающемся списке кнопки **Скругление**.

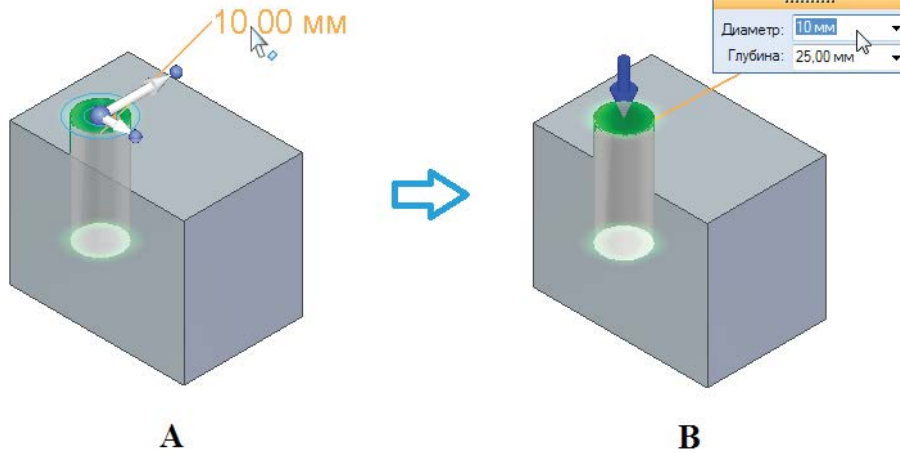


Рис. 2.4.8. Редактирование параметров отверстия

Чтобы построить скругление постоянного радиуса, необходимо:

- выбрать команду **Скругление** (вкладка **Главная**, группа **Тела**);
- выбрать тип скругляемого элемента (цепочка, ребро/угол, грань, контур, все внутри, все снаружи) в меню команды, рис. 2.4.9;
- выбрать скругляемые элементы, скругление отобразится динамически;
- ввести радиус скругления в поле ввода, нажать клавишу **Tab** для продолжения выбора элементов;
- нажать клавишу **Enter** или ПКМ, скругление выбранных элементов будет построено, при этом команда останется активной;
- при необходимости продолжить выбор элементов для скругления с ранее введенным или новым значением радиуса;
- нажать клавишу **Esc** или кнопку **Выбор** для завершения команды.

Промежуточный результат выполнения команды **Скругление** с выбором верхней грани в качестве типа скругляемого элемента показан на рис. 2.4.10.

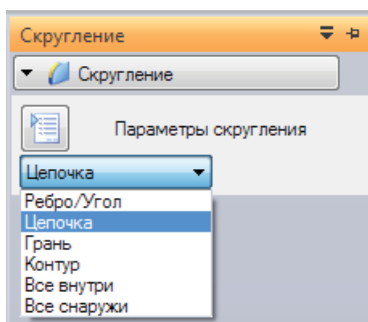
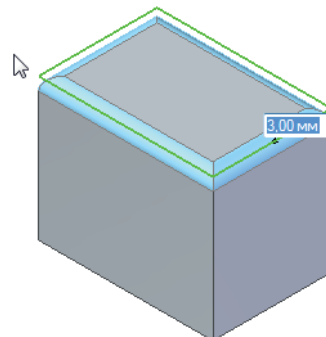


Рис. 2.4.9. Выбор типа скругляемого элемента

Рис. 2.4.10. Промежуточный результат выполнения команды **Скругление**

Порядок скруглений

Следует всегда обращать внимание на порядок выполнения скруглений пересекающихся ребер – результат, как правило, будет различным (рис. 2.4.11).

Скругление с переменным радиусом

Скругление с переменным радиусом в синхронной среде строится с помощью команды **Сопряжение** (вкладка **Главная**, группа **Тела**, кнопка **Скругление**). Для его построения необходимо:

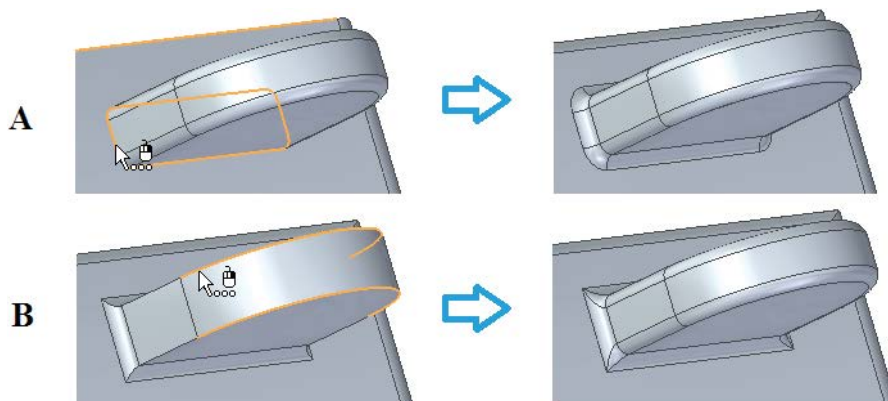


Рис. 2.4.11. Влияние порядка выбора ребер на результат выполнения скругления

- в меню команды выбрать тип сопряжения – переменный радиус;
- аналогично скруглению с постоянным радиусом выбрать тип скругляемого элемента (см. рис. 2.4.9);
- выбрать характерные точки на скругляемом элементе, введя для каждой из них свое значение радиуса и нажав кнопку **Подтвердить** в меню команды;
- нажать клавишу **Enter**, ПКМ или кнопку **Готово** в меню команды, скругление выбранных элементов будет построено, при этом команда останется активной;
- продолжать выбирать элементы скругления либо нажать клавишу **Esc** или кнопку **Выбор** для завершения команды.

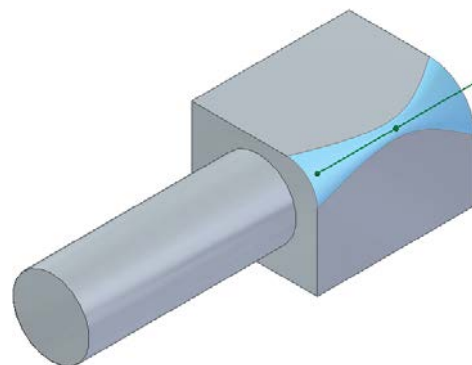


Рис. 2.4.12. Промежуточный результат построения скругления с переменным радиусом

Промежуточный результат построения скругления с переменным радиусом с указанием трех характерных точек показан на рис. 2.4.12.

Редактирование скруглений

Редактирование скруглений осуществляется подобно редактированию отверстий. Необходимо выбрать скругление, щелкнуть ЛКМ по метке радиуса, изменить значение размера в появившемся окне и нажать ПКМ или клавишу **Enter** для подтверждения.

Фаска

Фаски строятся при помощи команд **Фаска с равными высотами** и **Фаска с разными высотами** из раскрывающейся кнопки **Скругление**. Следует избегать построения фасок как элементов профиля – это нарушает логику формообразования и может усложнить последующее изменение модели.

Команда **Фаска с равными высотами** требует указания элементов для создания фаски и ввода радиуса в динамическом поле ввода. Можно выбрать отдельные ребра, цепочку ребер или грань (в этом случае фаска будет построена по всем ребрам грани).

Команда **Фаска с разными высотами** позволяет задать параметры фаски более гибко.

Кнопка **Параметры** в меню команды позволяет сделать выбор между двумя вариантами задания: угол и высота (по умолчанию) либо две высоты (рис. 2.4.13). В первом варианте задается грань, содержащая ребра для фаски, после чего выбираются ребра, с которых будет снята фаска, задаются высота и угол фаски. Высота отсчитывается по выбранной грани, угол откладывается от нее же. Во втором варианте значение, введенное в поле **Высота 1**, применяется к выбранной грани, а значение в поле **Высота 2** – к смежной.

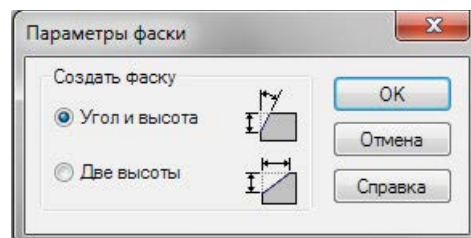


Рис. 2.4.13. Два варианта построения фаски

Редактирование фасок

Для редактирования всех граней фаски необходимо выбрать щелчком ЛКМ фаску либо ее грани/грани, после чего щелкнуть по текстовому маркеру размера фаски, ввести новое значение, нажать клавишу **Enter** и затем ЛКМ для выхода из команды (рис. 2.4.14, А).

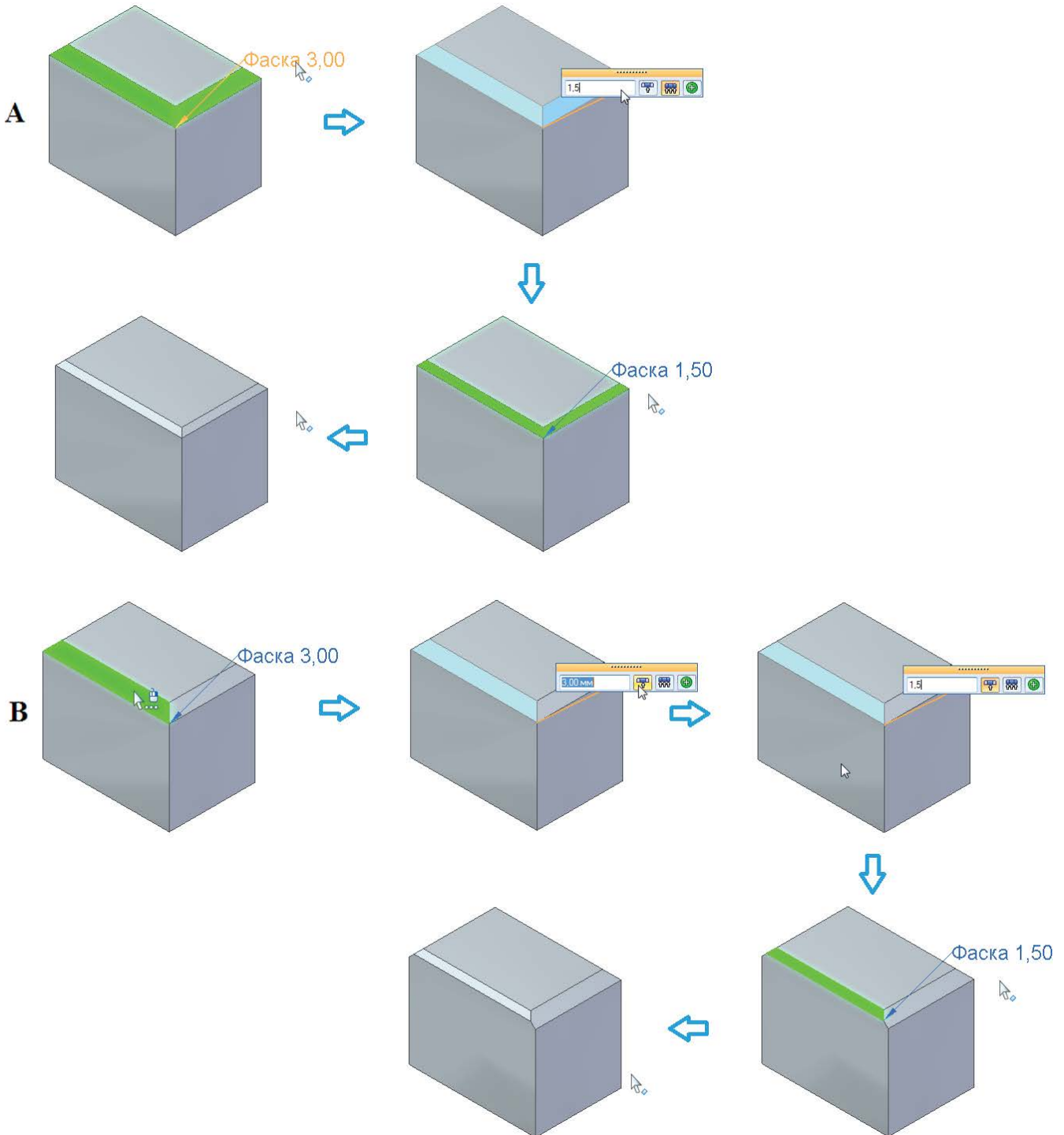



Рис. 2.4.14. Процедура редактирования всех (А) и выбранных (В) граней фаски

Если необходимо изменить размер только выбранных граней фаски, следует в появившемся окне включить параметр **Только выбранные грани**  (В).

Оболочка

Построение оболочек выполняется при помощи команды **Тонкостенное тело** . В синхронной среде процедура создания оболочки следующая:

- задать общую толщину стенок тела и направление (щелчком ЛКМ по стрелке), в котором откладывается толщина (рис. 2.4.15, А). Если указать направление толщины от тела, то тонкие стенки будут смещены наружу относительно его поверхности;

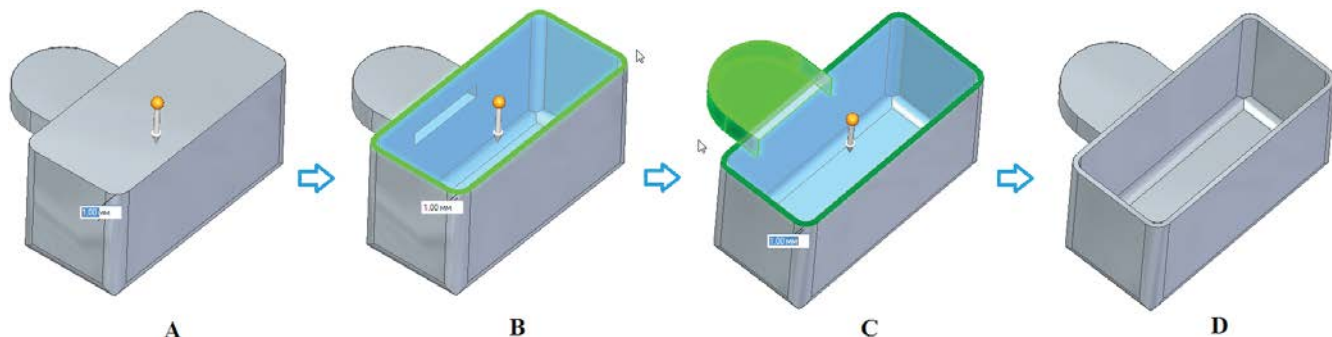




Рис. 2.4.15. Построение оболочки с исключением граней

- указать открытые грани (одну или несколько), которые будут удалены из исходного тела (В);
- добавить или исключить грани оболочки, которые образуют область, исключаемую из создания тонкостенного тела, с помощью кнопки **Добавить/Исключить грани**  в меню команды (С).

Результат построения представлен на рис. 2.4.15, D.

Редактирование оболочек

Существуют два вида редактирования параметров оболочек:

- изменение толщины стенок, проводится аналогично редактированию фасок с выбором всего тонкостенного тела либо отдельных граней;
- добавление исключенных граней, выполняется при помощи повторного запуска команды **Тонкостенное тело** после создания оболочки (кнопка **Добавить/Исключить грани** изменит свой вид на  и позволит добавлять грани вместо их исключения).

2.5. Размножение элементов

Процедурный элемент – массив. Зеркальное отражение, вырезание, копирование и вставка элементов

Массивы

Массив – процедурный элемент Solid Edge, с помощью которого родительский элемент или набор элементов размножается по прямоугольнику или вдоль кривой, заполняет область или отражается зеркально. Соответствующие команды массива располагаются в группе **Массивы** на вкладке **Главная** (рис. 2.5.1) и становятся доступны только после выбора геометрии для размножения.

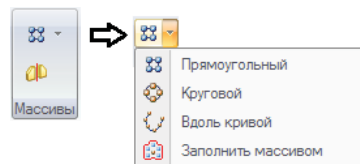


Рис. 2.5.1. Команды создания массивов

Между массивом копий и родительскими элементами существует ассоциативная связь. При изменении родительских элементов массив перестраивается, при удалении – удаляется целиком.

Процедура создания массива в общем случае следующая:

- выбрать элементы для размножения (в графическом окне либо в навигаторе);

- запустить соответствующую команду (рис. 2.5.1);
- выбрать геометрию, к которой должны быть привязаны элементы массива;
- задать параметры массива с помощью меню команды и полей ввода данных;
- нажать клавишу **Enter** или ПКМ для завершения построения.

Прямоугольный массив

Команда создает прямоугольную матрицу копий родительских элементов, в качестве которых могут выступать конструктивные элементы и их массивы, грани, наборы граней и тела модели.

Прямоугольный массив может размещаться на любой плоской грани, базовой плоскости или плоскости главной системы координат. После выбора плоскости на ней будет построен образец массива, а в полях ввода графического окна и в активированном меню команды можно настроить различные параметры создаваемого массива (рис. 2.5.2).

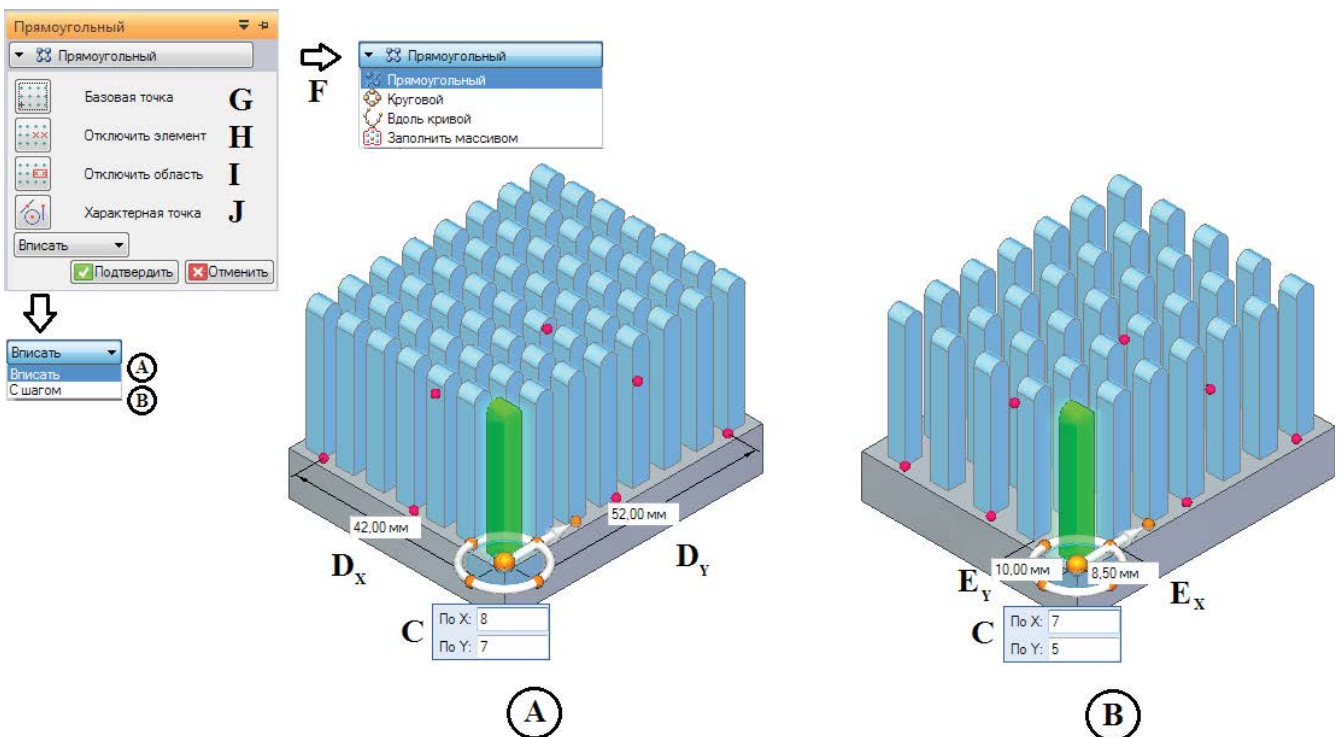



Рис. 2.5.2. Инструменты редактирования параметров прямоугольного массива в режимах Вписать (А) и С шагом (В)

Определяющим является режим создания массива – **Вписать** (рис. 2.5.2, А) или **С шагом** (рис. 2.5.2, В), в каждом из которых в динамических полях ввода задается количество элементов по обеим осям X и Y (C).

В режиме **Вписать** дополнительно задаются размеры массива по осям X и Y (D_x и D_y), а в режиме **С шагом** – шаги размещения элементов по осям X и Y (E_x и E_y). Соответственно, шаги размещения в первом случае и размеры массива во втором вычисляются системой автоматически.

Будут построены только те элементы массива, которые полностью размещаются в пределах выбранной грани при текущих параметрах построения. В противном случае в графическом окне будет отображаться предупреждающий знак , а элементы за пределами грани построены не будут.

В меню команды можно:

- задать тип массива (F);
- изменить положение базовой точки (G);

- отключить элемент или группу элементов (H), щелкнув по значкам этих элементов ЛКМ (рис. 2.5.3) или выбрав их рамкой; повторный щелчок по значку элемента снова включает его; кнопка **Сброс** в меню команды снова включает все отключенные элементы;

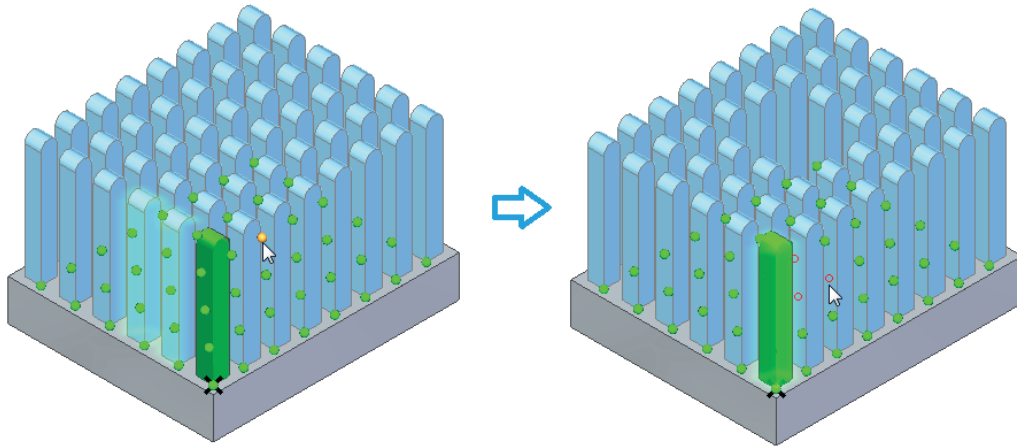


Рис. 2.5.3. Отключение отдельных элементов массива

- отключить группу элементов, попадающую внутрь выбранной области эскиза (I), выбрав эту область и указав с помощью стрелки направление отключения (рис. 2.5.4);
- выбрать характерные точки для привязок в графическом окне.

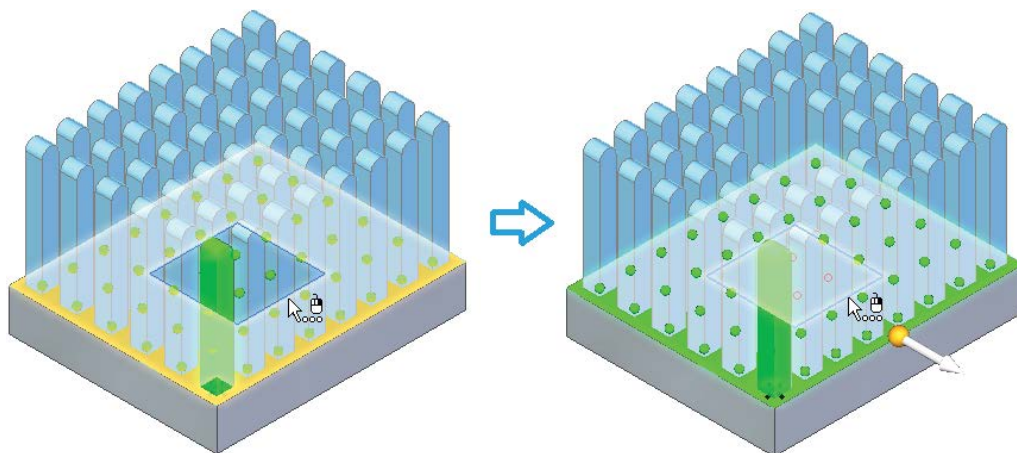


Рис. 2.5.4. Отключение группы элементов массива внутри выбранной области эскиза

В графическом окне также отображается похожий на колесо управления инструмент вектора ориентации, размещаемый в базовой точке массива. С его помощью можно повернуть массив на заданный угол (рис. 2.5.5).

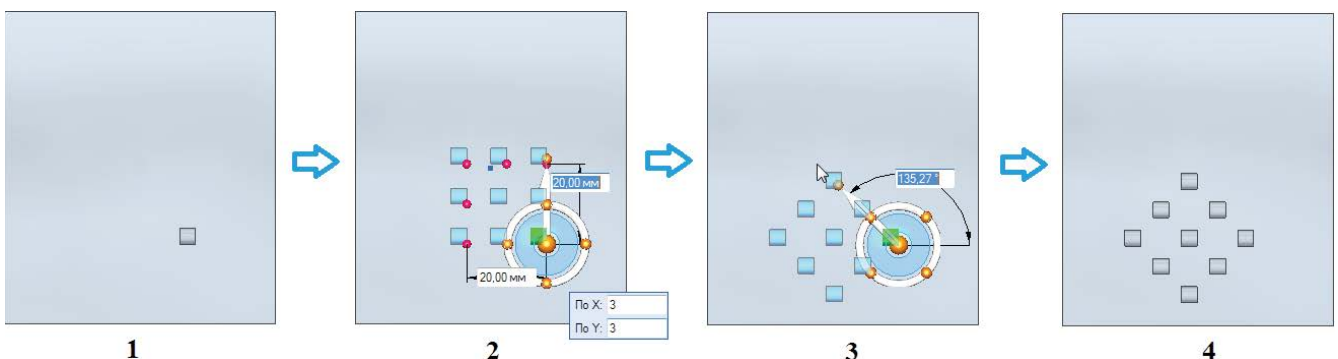



Рис. 2.5.5. Поворот массива с помощью инструмента вектора ориентации

Размеры массива можно динамически обновлять, перетаскивая красные значки граничных элементов массива с помощью мыши.

Редактирование массива

Так как массив является процедурным элементом, можно отредактировать параметры существующего массива, предварительно выбрав его в графическом окне или в навигаторе. Щелчок ЛКМ по текстовому маркеру массива (рис. 2.5.6, 3) открывает доступ к параметрам массива, задаваемым в меню команды и в полях ввода графического окна.

В массив можно добавить новые конструктивные элементы с помощью кнопки **Добавить в массив**  в меню команды. Так, на рис. 2.5.6 рассмотрен пример добавления скругления к элементам массива. Для этого необходимо сначала построить скругление на каком-либо элементе массива (1, 2), затем запустить редактирование массива (3), нажать кнопку **Добавить в массив**, выбрать построенное скругление (4) и соответствующий значок элемента (5), после чего скругление будет размножено на все элементы массива (6).

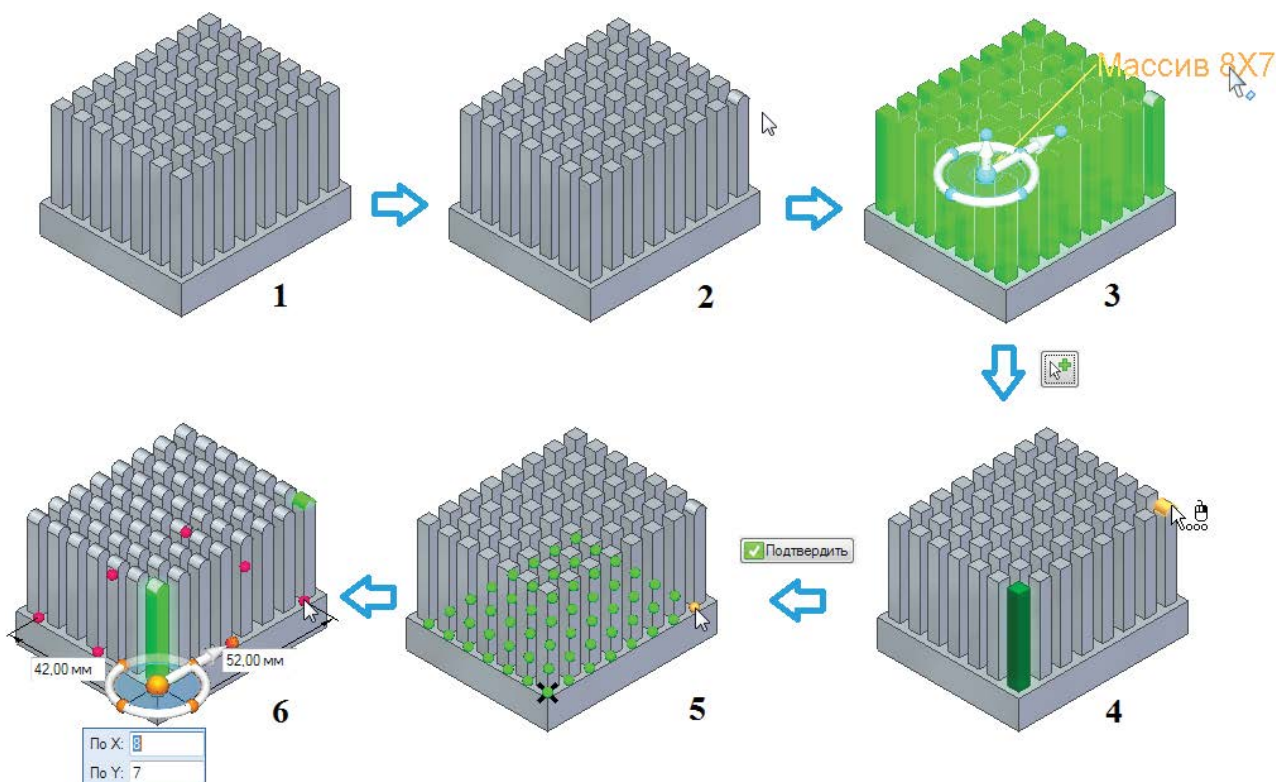



Рис. 2.5.6. Процедура добавления конструктивного элемента в массив

Удаление элемента массива эквивалентно его отключению без входа в режим редактирования, что бывает удобно при работе со сложными моделями. Для этого необходимо выбрать удаляемый элемент с помощью окна быстрого выбора и нажать клавишу **Delete**. Восстановление элемента выполняется с помощью процедуры повторного отображения отключенных элементов.

При всех синхронных модификациях (перемещении граней и прочем) массив ведет себя как набор граней. Массив теряет свои свойства процедурного элемента при применении команды **Разбить** из контекстного меню навигатора, становясь простым набором граней.

Круговой массив

Команда создает массив копий родительских элементов вдоль профиля массива – дуги или окружности.

С помощью параметра **Дуга/Окружность**  в меню команды задается режим построения кругового массива – по дуге (рис. 2.5.7, А) или полной окружности (В). Для построения соответствующего профиля массива необходимо указать:

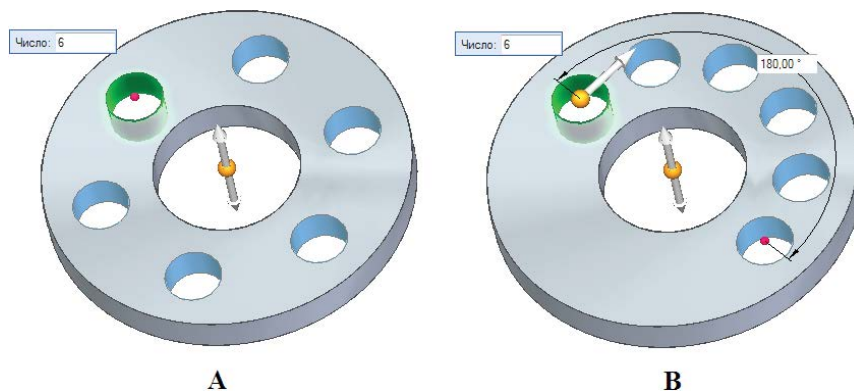


Рис. 2.5.7. Построение кругового массива по дуге (А) и полной окружности (В)

- ось вращения элементов массива (рис. 2.5.8, А), в процессе задания можно пользоваться характерными точками;
- начальную точку (В), определяющую радиус окружности размещения элементов массива и стартовую точку отсчета угла (дуги, шага);
- направление (С), определяющее сторону размножения по дуге (по часовой стрелке или против).

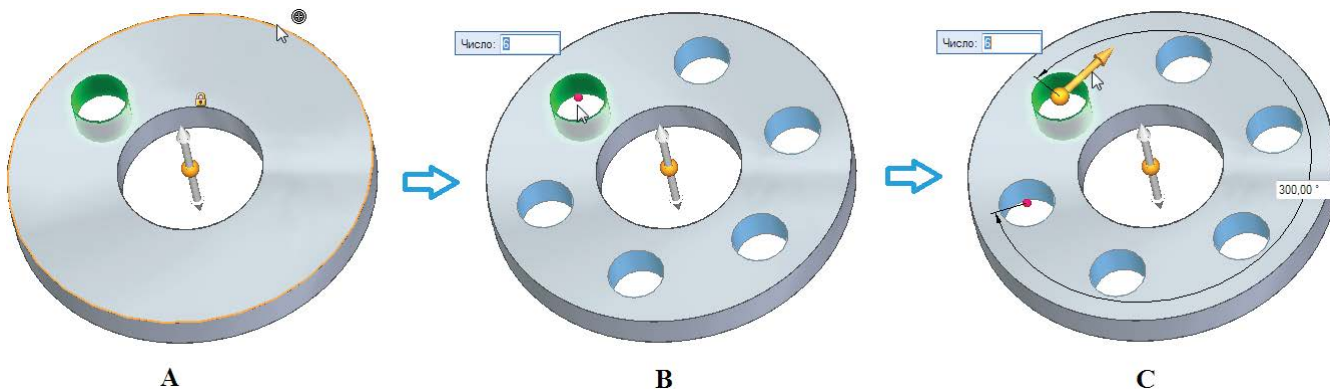


Рис. 2.5.8. Указание данных для построения профиля массива

Аналогично прямоугольному массиву, для кругового также доступны режимы **Вписать** (рис. 2.5.7) и **С шагом** (рис. 2.5.9, только для дуги).

В режиме **Вписать** для полной окружности задается количество элементов (динамическое поле **Число**), для дуги – дополнительно угол дуги (рис. 2.5.7, В) и направление размножения. В режиме **С шагом** задаются количество элементов, угол между ними и направление.

Остальные параметры, приемы редактирования и поведение кругового массива аналогичны работе с прямоугольным массивом.

Массив вдоль кривой

Команда создает массив копий родительских элементов вдоль плоской или пространственной кривой либо вдоль ребра модели.

В качестве геометрии привязки необходимо выбрать кривую/ребро (рис. 2.5.10, А), подтвердить с помощью кнопки **Подтвердить** в меню команды, клавиши **Enter** или ПКМ и затем указать:

- точку привязки (В, характерную точку выбранной кривой);
- направление размножения с помощью динамической стрелки в точке привязки (С).

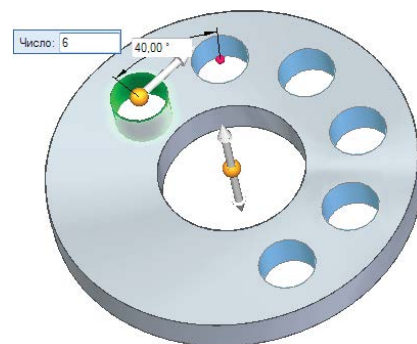


Рис. 2.5.9. Режим построения кругового массива С шагом для дуги

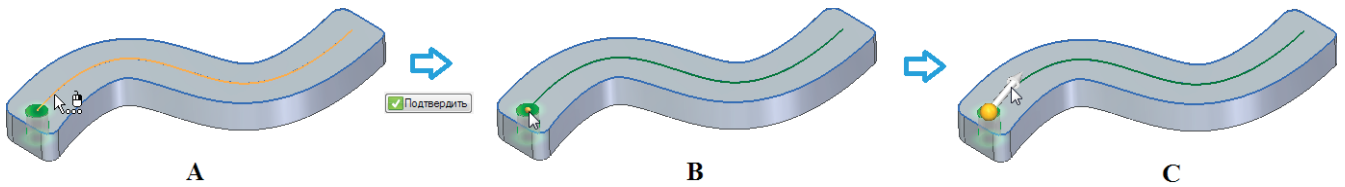


Рис. 2.5.10. Процедура создания массива вдоль кривой

Для заполнения доступны режимы **Вписать**, **Заполнить** и **С шагом**. В режиме **Вписать** заданное в поле **Число** количество элементов массива будет размещено с равным шагом вдоль кривой, начиная с точки привязки (рис. 2.5.11, А). В режиме **Заполнить** вдоль кривой размещается количество элементов, которое получится при заданном в поле **Шаг** шаге между ними (В). В режиме **С шагом** заданное количество элементов размещается вдоль кривой с заданным шагом (С).

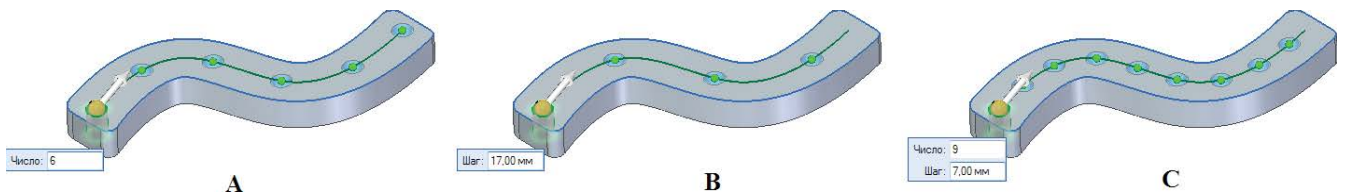



Рис. 2.5.11. Режимы массива вдоль кривой: Вписать (А), Заполнить (В) и С шагом (С)

С помощью кнопки **Дополнительные параметры**  в меню команды задается тип трансформации массива, с помощью которого можно настроить ориентацию его элементов относительно заданной кривой или плоскости. Существует несколько режимов трансформации, выбираемых в списке появляющегося быстрого меню. Так, в режиме **Объект** (рис. 2.5.12, А) ориентация всех элементов массива соответствует ориентации родительского элемента, а в режиме **Кривая** (В) их ориентация выстраивается в соответствии с расположением указанной кривой.

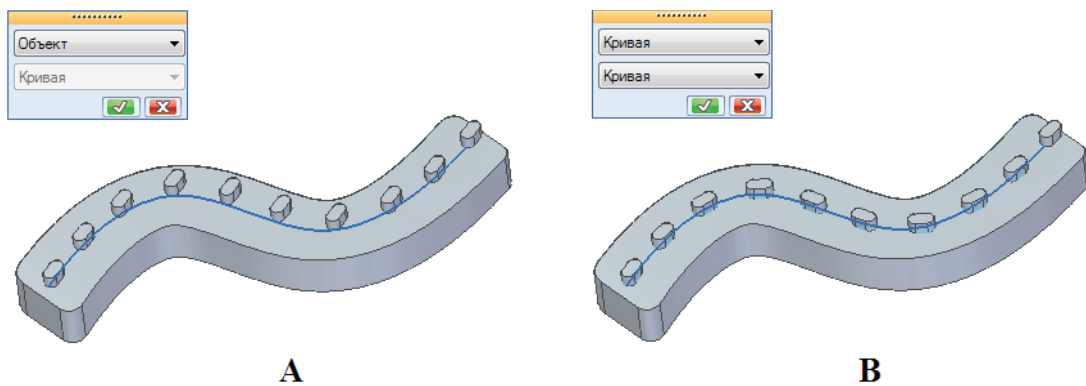




Рис. 2.5.12. Режимы трансформации массива вдоль кривой: Объект (А) и Кривая (В)

Существует также режим **Кривая (Поверхность)**, при выборе которого элементы массива остаются нормальными к выбранной поверхности в местах соединения с ней, а также режим **Плоскость**, где ориентация элементов определяется выбранной базовой плоскостью.

С помощью кнопки **Базовая точка**  можно переопределить точку начала трансформации массива, которая по умолчанию совпадает с его точкой привязки (рис. 2.5.13, А).

После указания другой точки на кривой (В) массив будет трансформирован, то есть кривая, по которой он строится, будет перенесена таким образом, что указанная точка совместится с положением точки привязки.

У массива вдоль кривой существует уникальная команда **Вставить элемент** , с помощью которой новый элемент вставляется в указанную характерную точку кривой. С помощью параметра **Смещение** задается расстояние вдоль кривой от выбранной характерной точки до вставляемого элемента.

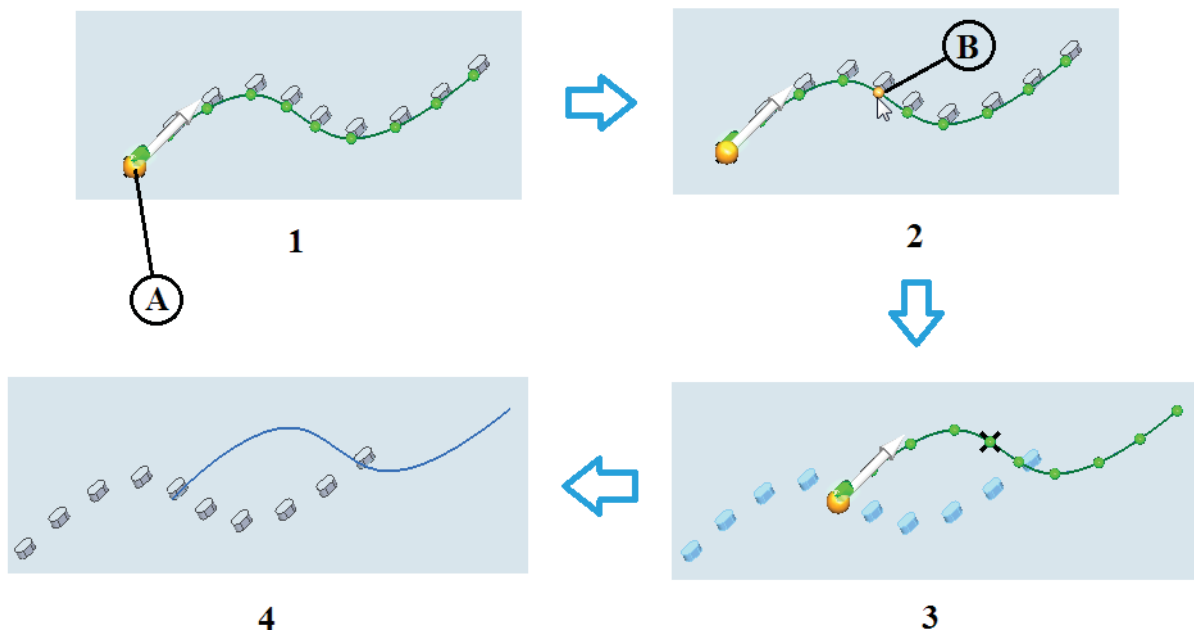


Рис. 2.5.13. Изменение точки начала трансформации массива

Заполнение массивом

Команда **Заполнить массивом** создает массив выбранных конструктивных элементов, который полностью заполняет заданные области. В качестве опций, выбираемых при нажатии кнопки **Стиль заполнения**, возможны прямоугольное, круговое заполнение и заполнение с уступом. В последних двух случаях дополнительно настраивается способ заполнения. Отдельные элементы массива можно отключить вручную или с помощью задания смещения границы массива. Для кругового заполнения можно задать также ориентацию элементов для заполнения вокруг центра.

Зеркальное отражение, вырезание, копирование и вставка

Зеркальное отражение

Команда **Зеркальное отражение** (рис. 2.5.1) является разновидностью массива и создает зеркальную копию родительских элементов относительно заданной плоскости симметрии. Зеркальному отражению, помимо традиционных элементов, доступных для размножения массивом, может подвергаться и все тело модели.

Выбрав геометрию для отражения (рис. 2.5.14, А), необходимо запустить команду **Зеркальное отражение** и выбрать базовую плоскость (В) или грань модели в качестве плоскости симметрии.

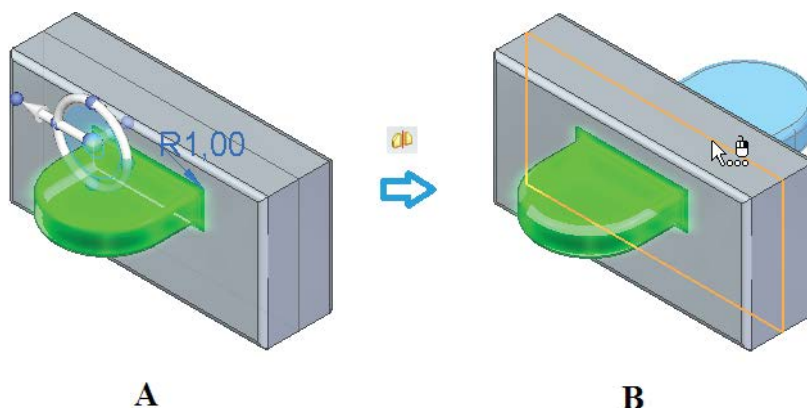



Рис. 2.5.14. Выбор геометрии и плоскости симметрии для команды Зеркальное отражение

Отраженные грани можно принудительно оставить отсоединенными, нажав кнопку **Отсоединить грани**  в меню команды.

Вырезание, копирование и вставка

Помимо описанных выше механизмов, размножение элементов может выполняться и с помощью стандартных команд работы с буфером Windows – вырезания (**Ctrl+X**), копирования (**Ctrl+C**) и вставки (**Ctrl+V**). При этом можно работать со следующими объектами:

- гранями модели и их наборами;
- поверхностями;
- конструктивными элементами;
- эскизами и их элементами;
- базовыми плоскостями, за исключением главных базовых плоскостей;
- системами координат;
- телами.

Группу разнородных объектов можно выбрать с нажатой клавишей **Ctrl** или **Shift**. Если выбранный набор не подходит для копирования, появится сообщение об ошибке, после чего неподходящие элементы можно исключить из набора. Возможно копирование элементов из одного синхронного документа в другой.

При копировании в буфер обмена, помимо самой геометрии, помещается следующая информация о копируемых элементах:

- текущая ориентация выбранного набора относительно базовых плоскостей в документе-источнике;
- структура элементов в навигаторе;
- полные наборы граней и отдельные грани, не входящие в наборы;
- структура экземпляра каждого конструктивного элемента;
- отдельные элементы эскиза;
- все элементы массива со своей структурой, атрибуты массива и вся информация, необходимая для воссоздания массива в документе-приемнике (при копировании массива целиком).

Копирование/вставку элементов можно выполнить с помощью:

- сочетаний клавиш;
- команд группы **Буфер обмена**, вкладка **Главная**;
- команд контекстного меню в навигаторе или в графическом окне;
- копирования при синхронном перемещении/повороте граней (см. раздел 2.3).

При выборе элементов для копирования отображается рулевое колесо. Центр колеса определяет базовую точку при последующей вставке элементов, поворот колеса – их ориентацию.

Для вставки элементов можно воспользоваться методами, аналогичными копированию.

Нажатие клавиши **F3** фиксирует плоскость вставки, а с помощью рулевого колеса и наложения связей вставленную геометрию можно переместить и ориентировать нужным образом.

Если вставляемое тело образует замкнутый объем, то оно вставляется как твердое тело. Отдельные грани и процедурные элементы добавляются как отсоединенная геометрия. Присоединить геометрию к модели в качестве тела можно с помощью соответствующей команды.

2D-элемент вставляется в соответствии со своей ориентацией относительно оригинальной плоскости эскиза. Вставляемый эскиз помещается в существующий, если его плоскость при вставке совпадает с плоскостью существующего эскиза. В противном случае создается новая плоскость эскиза, и эскиз добавляется в навигатор в качестве нового.

2.6. Библиотеки конструктивных элементов

Создание и организация библиотеки конструктивных элементов

Библиотека элементов в Solid Edge

В состав ряда деталей входят повторяющиеся конструктивные элементы. Чтобы ускорить и упростить проектирование таких деталей, желательно обладать механизмом, который позволял бы создавать повторяющиеся элементы один раз, а затем многократно вставлять их в различные модели. Аналогично можно подготовить набор стандартных или часто применяющихся деталей для последующей вставки в различные сборки. Такой механизм реализуется в Solid Edge с помощью пользовательских библиотек, а управление ими осуществляется с помощью вкладки **Библиотека элементов** (рис. 2.6.1). В данном разделе будет кратко рассмотрена работа с библиотеками применительно к синхронной технологии.

Элемент библиотеки может состоять из следующих синхронных элементов:

- эскизы;
- размеры эскиза;
- грани, наборы граней, конструктивные элементы;
- вспомогательные элементы, в том числе плоскости и системы координат.

Вместе с геометрией конструктивного элемента в библиотеке также хранятся и его специальные атрибуты.


Физически библиотека элементов – это локальная или сетевая папка на компьютере. В качестве папки можно использовать существующую, выбрав ее в проводнике библиотеки (рис. 2.6.1, А), либо создать новую папку с помощью кнопки **Создать папку** (В). В папках, выбранных в качестве библиотечных, не должны храниться другие документы Solid Edge.

Добавление элементов из модели в библиотеку

Выбор объектов для добавления в библиотеку может осуществляться:

- в графическом окне и инструментом **Выбор** в различных режимах, в том числе в режиме диспетчера выбора;
- в навигаторе.

Для добавления элемента в библиотеку в общем случае необходимо:

- выбрать один или несколько синхронных элементов;
- задать ориентацию элемента или набора при последующей вставке – сориентировать появившееся рулевое колесо таким образом, чтобы оно располагалось на базовой кромке или грани, которая определяет место прикрепления элемента к модели;
- если предполагается использовать буфер обмена, скопировать выбранные элементы в буфер (с помощью клавиш **Ctrl+C**, контекстного меню или группы **Буфер обмена** на вкладке **Главное**);
- развернуть щелчком ЛКМ вкладку **Библиотека элементов**;
- выбрать нужную папку в проводнике;
- нажать кнопку **Добавить запись**  (рис. 2.6.1, С) либо вставить предварительно скопированные в буфер элементы (щелкнуть ПКМ на свободном пространстве вкладки **Библиотека элементов** и выбрать команду контекстного меню **Вставить**);
- задать имя элемента библиотеки в появившемся окне **Запись в библиотеке элементов**.

В библиотеке в качестве единого объекта можно хранить группу конструктивных элементов, выбранных с нажатой клавишей **Shift** или **Ctrl**.

Наименование элемента библиотеки можно изменить с помощью команды контекстного меню **Переименовать**. Для удаления элемента из библиотеки предназначена команда **Удалить**.

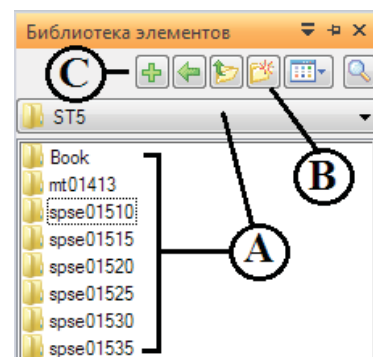


Рис. 2.6.1. Вкладка Библиотека элементов

Помещение элементов из библиотеки в модель

Чтобы вставить элемент из синхронной библиотеки в модель, необходимо просто перетащить его мышью из вкладки **Библиотека элементов** в графическую область детали. Положение рулевого колеса будет соответствовать заданному при создании библиотечного элемента.

При вставке элемента характерную точку в геометрии модели выбрать нельзя. Точное расположение размещаемого набора достигается с помощью команд **Переместить** и **Повернуть**. Можно зафиксировать грань модели, подсветив ее и нажав клавишу **F3**. Вставляемый элемент будет сориентирован в соответствии с новой базовой гранью.

Все грани элементов библиотеки зафиксированы относительно друг друга. Грани библиотечного элемента после размещения добавляются как отсоединенные. Для присоединения этой геометрии к исходному телу модели необходимо использовать команду **Присоединить**.

2.7. Создание сборочных единиц

Создание сборки, наложение сборочных связей. Навигатор сборки. Управление сборочными компонентами. Создание компонентов «по месту». Различные сборочные связи. Анализ собираемости. Проверка отсутствия взаимных пересечений деталей. Использование сенсоров для контроля зазоров. Конструирование сборки «сверху вниз». Структура сборки и виртуальные компоненты

Определение сборки

Сборка (сборочная единица) – это модель, объединяющая и связывающая несколько компонентов сборки – деталей и/или других подборок (сборочных единиц). Компоненты сборки могут быть подготовлены заранее в виде отдельных файлов моделей, а могут создаваться непосредственно в контексте сборки. Разместить компоненты в сборке – значит позиционировать их определенным образом, лишив собираемый компонент либо всех степеней свободы (полное позиционирование), либо сохранив часть из них, обеспечивая свободу перемещения или вращения (неполное позиционирование). Позиционирование компонентов осуществляется при помощи наложения сборочных связей. Данный функционал реализуется в специализированной среде **Сборка** системы Solid Edge, работа с которой рассматривается в этом разделе.

Создание сборки

Новая сборка создается при выполнении команды **Создать сборку ЕСКД**, вызываемой по кнопке приложения. С помощью команды **Открыть** можно открыть существующую сборку. Файл модели сборки имеет разрешение *.asm. Одновременно с созданием или открытием сборки запускается среда сборки, а состав вкладки **Главная** изменяется согласно рис. 2.7.1, отражая набор команд по работе со сборками.

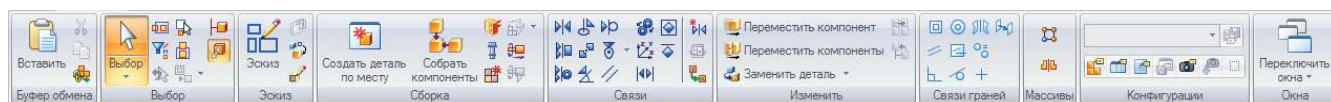


Рис. 2.7.1. Вкладка Главная среды сборки

Процесс создания сборки в общем случае состоит из двух основных этапов:

- позиционирование первой детали;
- позиционирование остальных деталей и/или сборочных единиц.

Размещение первой детали в сборке

Создание сборки начинается с помещения и позиционирования в ней первой (базовой) детали, служащей основой сборки. К ее выбору следует подходить ответственно, так как удаление этой детали из сборки либо перестройка ее геометрии может нарушить весь комплекс наложенных на сборку связей. Базовая деталь должна быть основным компонентом сборки, по возможности не претерпевать дальнейших изменений, то есть обладать законченной геометрией, а ее положение в пространстве должно быть известно заранее.

Чтобы поместить первую деталь в сборку, необходимо выбрать ее на закладке **Библиотека деталей** (рис. 2.7.2) и затем перетащить с нажатой ЛКМ в графическое окно сборки, либо дважды щелкнуть ЛКМ на имени файла модели. Эти же действия выполняются и для помещения в сборку последующих компонентов.

Первая деталь автоматически размещается таким образом, что ее система координат совмещается с системой координат сборки. Затем на деталь автоматически накладывается связь **Зафиксировать**, при которой она фиксируется в своем текущем положении и лишается всех степеней свободы. Изменение положения детали будет возможно только после отключения или удаления этой связи.

С помощью контекстного меню (рис. 2.7.3), вызываемого по нажатии ПКМ в свободном поле библиотеки деталей, можно, в частности, настроить:

- типы файлов отображаемых в библиотеке моделей (можно указать детали, сборки, а также листовые и сварные детали);
- режим **Наложение связей**: если его отключить, то наложение связей будет лишь определять положение размещаемой детали, а затем на эту деталь будет наложена единственная связь **Зафиксировать**;
- режим представления детали при ее размещении в сборке: если включен режим **Использовать упрощенные модели детали**, то для наложения сборочных связей окажутся недоступны все поверхности, которые были удалены при упрощении детали. Чтобы использовать такие поверхности, данный режим необходимо отключить (подробнее см. в разделе по работе с большими сборками).

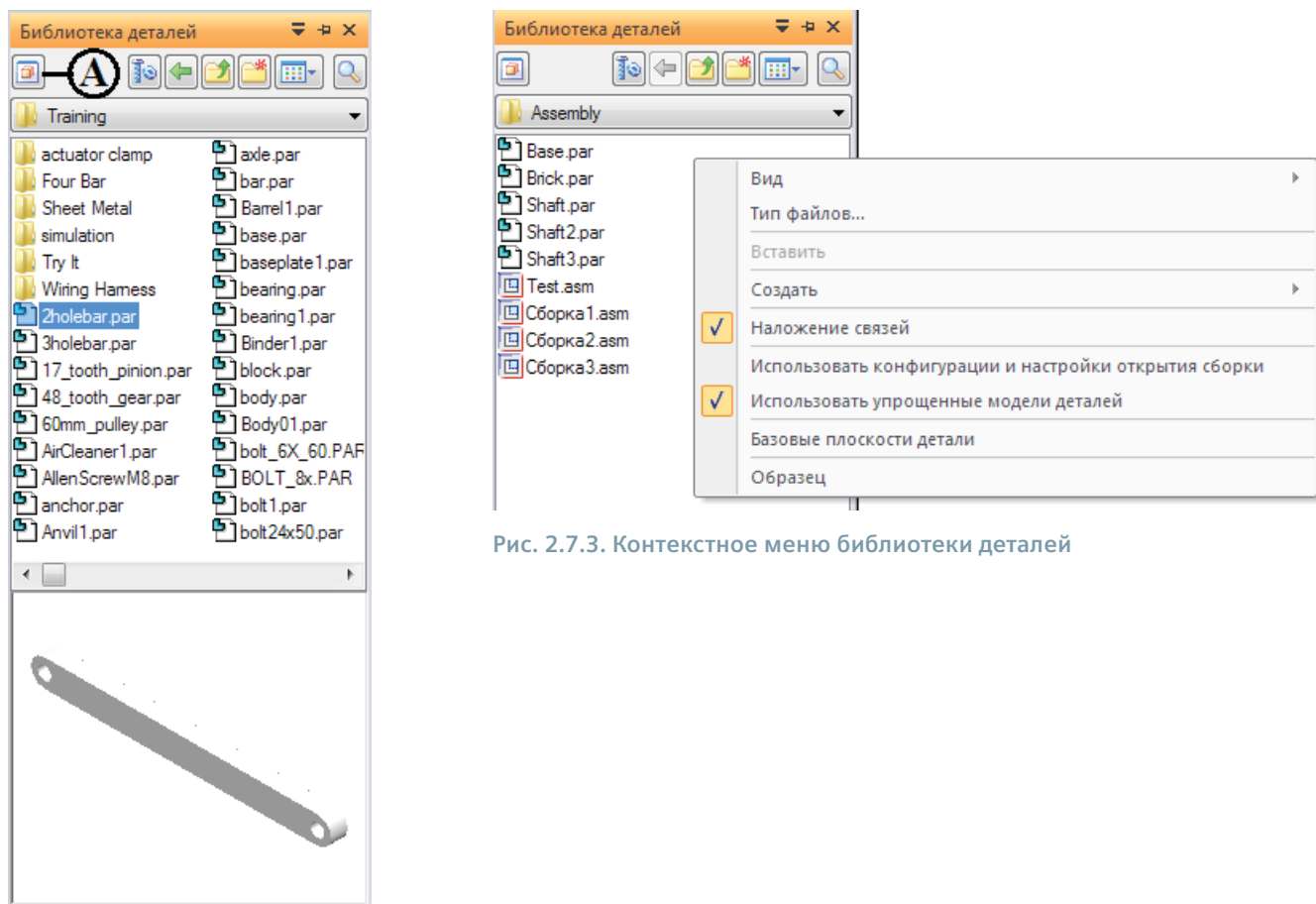


Рис. 2.7.3. Контекстное меню библиотеки деталей

Рис. 2.7.2. Библиотека деталей

Размещение последующих деталей в сборке

Процедура помещения второго и последующих компонентов в сборку с использованием закладки **Библиотека деталей** аналогична помещению первой детали. Взаимное расположение сборки и помещаемой детали управляется

параметром **Не создавать окно при помещении детали в сборку** вкладки **Сборка** в окне **Параметры Solid Edge** (см. раздел 2.1).

Если параметр включен, то при помещении компонента в сборку перетаскиванием он будет временно отображаться в сборке в том месте, где была отпущена ЛКМ, а при использовании двойного щелчка ЛКМ по имени модели в библиотеке деталей сборки и компонент расположится рядом в таком масштабе, который позволял бы отобразить помещаемый компонент и сборку (рис. 2.7.4). Отмена операции последовательно отменяет наложенные связи и помещение компонента.

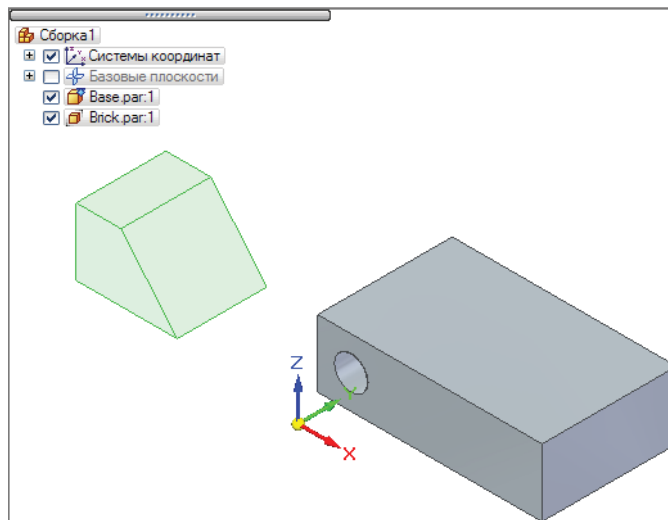


Рис. 2.7.4. Помещение компонента в сборку со включенным параметром **Не создавать окно при помещении детали в сборку**

Если параметр выключен, то при помещении компонента будет автоматически создано окно **Поместить деталь** (рис. 2.7.5), которое исчезнет после наложения первой связи. Отмена операции за один шаг отменяет и наложенные связи, и само помещение компонента.

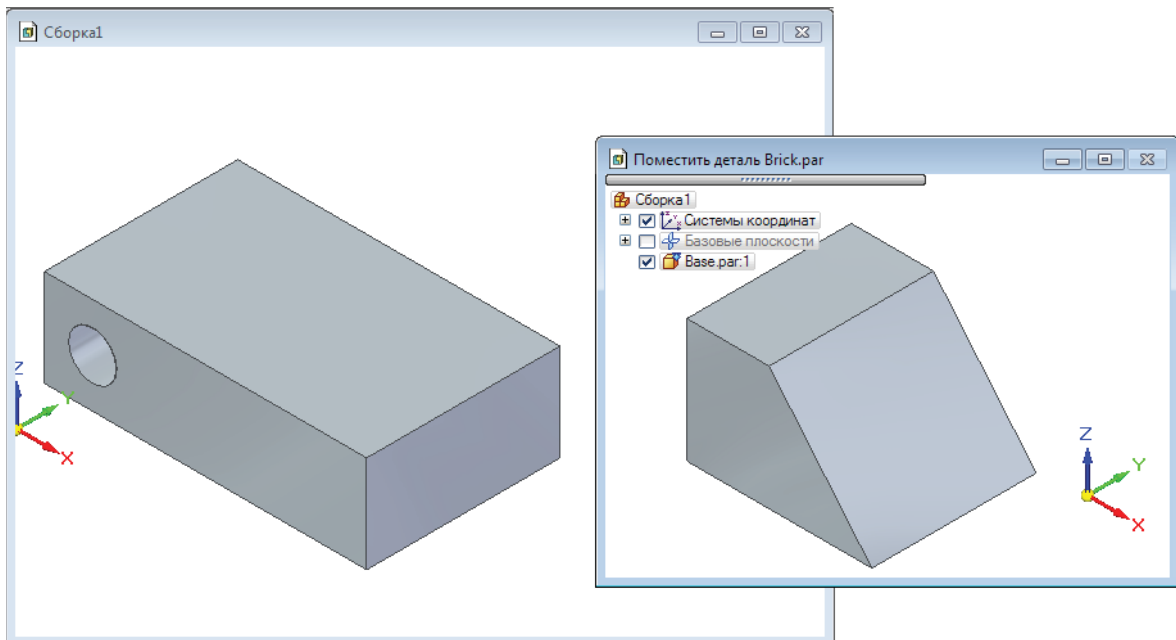



Рис. 2.7.5. Помещение компонента в сборку с выключенным параметром **Не создавать окно при помещении детали в сборку**

Следует отметить, что если окно сборки было максимально развернуто, то окно **Поместить деталь** также будет создано в максимальном размере и закроет собой окно сборки, что затруднит последовательный выбор геометрии для назначения связей. Для удобства нужно расположить эти окна с перекрытием, подобно представленному на рис. 2.7.5.

В сборку можно помещать следующие компоненты Solid Edge:

- детали (*.par);
- листовые детали (*.psm);
- сборочные единицы (*.asm);
- открытые в Solid Edge файлы, отличные от чертежа.

Размещение в сборке каждого последующего компонента по умолчанию реализуется при помощи команды **Собрать компоненты**  из группы команд **Сборка** на вкладке **Главная**. Эта команда автоматически запускается при помещении нового компонента в сборку и открывает меню добавления сборочных связей. Далее на компонент необходимо наложить связи, в соответствии с конструкторским замыслом определяющие его положение относительно одной или нескольких деталей, уже присутствующих в сборке, вспомогательной геометрии или эскиза сборки. Принудительно накладывать отдельные типы связей можно, отменив команду **Собрать компоненты** и запуская команды группы **Связи** на вкладке **Главная** (рис. 2.7.1).

Чтобы лишить деталь всех степеней свободы и, таким образом, полностью ее позиционировать, как правило, оказывается достаточно наложения 2–4 связей. Тем не менее иногда требуется разместить деталь с неполным позиционированием – например, когда в сборке в данный момент еще нет компонента, относительно которого будет впоследствии позиционирована данная деталь. Для этого следует прервать процесс наложения связей, нажав клавишу **Esc** или запустив какую-либо другую команду (например, инструмент **Выбор**). Компонент будет помещен в сборку без связей или с неполным набором связей, о чем будет сигнализировать значок рядом с ним в навигаторе сборки (см. ниже). Также если при помещении в сборку любой детали, кроме первой, удерживать нажатой клавишу **Shift**, то деталь будет размещена в положении курсора без наложения каких-либо связей, то есть останется непозиционированной.

Если в сборке необходимо разместить несколько копий одной и той же детали, то не обязательно всякий раз пользоваться библиотекой компонентов. Разместив в сборке первый экземпляр детали, можно выбрать его, стандартными средствами скопировать в буфер обмена, а затем вставить в сборку и наложить необходимые связи. Еще один способ – выбрать деталь в навигаторе сборки и перетащить ее мышью в пустое место графического окна сборки. Кроме того, можно использовать **Рулевое колесо** для копирования компонентов и автоматического добавления сборочных связей для их позиционирования. Эта возможность активна по умолчанию, но ее можно отключить.

Вид и состав меню команды добавления связей определяются типом накладываемой связи. Доступный набор связей представлен на рис. 2.7.6.

Из этого набора наиболее часто используются связи **Совместить**, **Выровнять** и **Выровнять оси**.

Существуют четыре основных метода размещения компонентов в сборке, которые в данном разделе будут рассматриваться последовательно:

- традиционный процесс;
- традиционный процесс с сокращением шагов;
- режим **Умная вставка**;
- режим с запоминанием связей.

Традиционный процесс размещения компонентов в сборке

Традиционный процесс будет рассмотрен на примере наиболее типичной связи **Совместить** (меню команды для связи этого типа представлено на рис. 2.7.7).

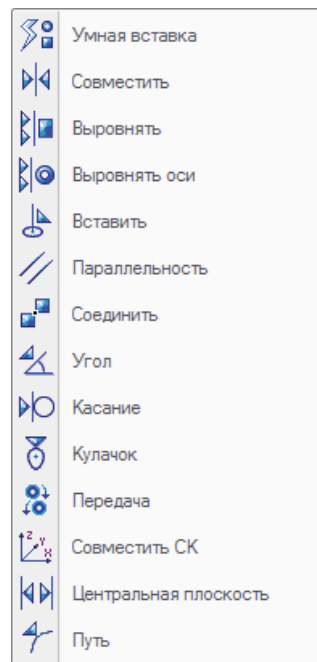


Рис. 2.7.6. Доступный набор сборочных связей

Меню команды состоит из трех шагов: **Параметры**, **Определить положение** и **Положение**.

На шаге **Параметры** с помощью соответствующих кнопок (А):









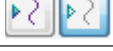

- настраиваются режимы использования сборочных связей и управления умной вставкой  (см. ниже);
- настраиваются параметры, управляющие свойствами компонента в составе сборки  (см. ниже);
- настраивается отображение вспомогательной геометрии размещаемой детали , чтобы предоставить возможность создать связь с использованием этой геометрии. В табл. 2.7.1 представлены возможности системы Solid Edge по отображению вспомогательной геометрии.

Таблица 2.7.1. Команды отображения вспомогательной геометрии при размещении детали в сборке

Иконка	Команда
	Показать/скрыть системы координат
	Показать/скрыть базовые плоскости
	Показать/скрыть эскизы
	Показать/скрыть базовые оси
	Показать/скрыть поверхности
	Показать/скрыть кривые




Если новую деталь необходимо разместить относительно, например, базовой плоскости уже размещенной детали, эта базовая плоскость должна быть отображена заранее.

Вспомогательную геометрию можно отобразить и после помещения компонента в сборку. Для этого можно выполнить команду **Показать/Скрыть компонент** из контекстного меню компонента, а затем выбрать необходимую вспомогательную геометрию для отображения. Можно также вызвать режим редактирования компонента по месту (см. ниже), а затем, щелкнув ПКМ в пустом месте графического окна, вызвать контекстное меню и выбрать в группе **Показать все** нужный тип вспомогательной геометрии;

- активизируется деталь для выбора . С целью экономии ресурсов компьютера некоторые компоненты могут быть деактивированы. Компоненты в таком состоянии продолжают отображаться, но требуют меньше физической памяти. Перед выбором детали ее необходимо вновь активировать, что можно сделать с помощью данной кнопки. Например, при размещении сборочной единицы в режимах **Умная вставка** или сокращения шагов нужная деталь сборочной единицы должна быть активирована до момента наложения связей на ее геометрию. Необходимо щелкнуть данную кнопку, щелкнуть активируемую деталь ЛКМ и затем щелкнуть ПКМ для выхода. Подробнее об активации/деактивации компонентов см. в разделе по работе с большими сборками.

На этом же шаге располагается раскрывающийся список связей, уже наложенных на деталь (В), а также кнопка выбора типа накладываемой связи из списка (С).

На шаге **Определить положение** последовательно выбираются (D):

1. Деталь для размещения  – деталь сборки, на которую будет наложена связь. Опция активна, когда связь накладывается на деталь, ранее уже помещенную в сборку, или при размещении сборочной единицы, и неактивна при помещении в сборку новой детали.
2. Элемент геометрии (грань или кромка) размещаемой детали , для которой создается связь.
3. Существующая деталь в сборке , относительно которой будет позиционироваться помещаемая в сборку деталь.

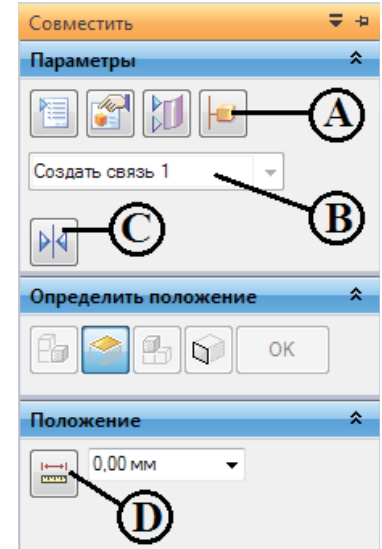

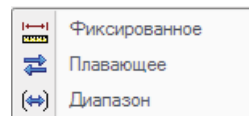


Рис. 2.7.7. Меню команды добавления связи Совместить

4. Элемент геометрии (грань или кромка) детали в сборке , относительно которого будет позиционироваться элемент размещаемой детали.
5. Подтвердить положение – размещаемая деталь позиционируется в сборке в соответствии с заданными связями.

В строке сообщений на каждом этапе выводится подсказка, помогающая выбрать нужную деталь или геометрию.

На шаге **Положение** задается допустимое смещение для данной связи. Существуют три типа смещения (см. рис. 2.7.8):



- фиксированное;
- плавающее;
- диапазон.

Рис. 2.7.8. Типы смещения

Величина фиксированного смещения определяет точное расстояние между ориентируемыми гранями. Можно ввести положительное или отрицательное значение. При совмещении с фиксированным смещением будет создан управляющий размер. На рис. 2.7.9, 1 приведена связь выравнивания граней с фиксированным смещением 10 мм.

Плавающее смещение отличается от фиксированного тем, что определяет только саму возможность этого смещения двух ориентируемых граней друг относительно друга. При этом конкретная величина смещения определяется связями данных граней с другими деталями в сборке, а созданный размер будет зависимым без возможности принудительного изменения своего значения. На рис. 2.7.9, 2 приведена связь выравнивания граней с плавающим смещением, текущее значение которого составляет 2,8 мм.

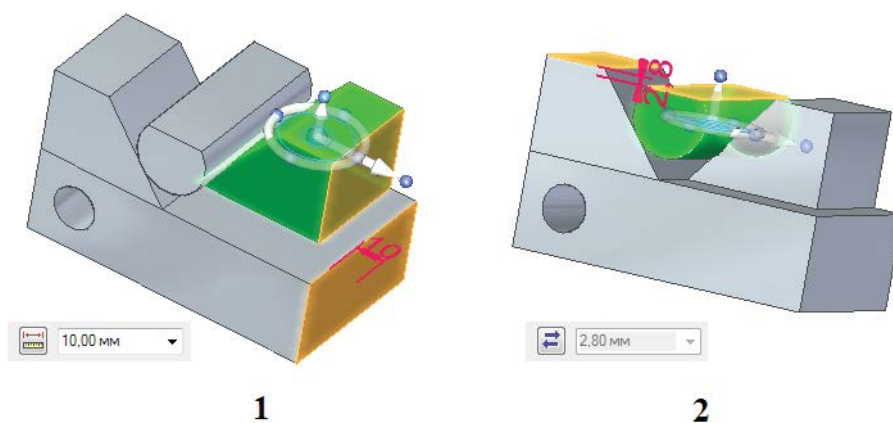


Рис. 2.7.9. Примеры фиксированного (А) и плавающего (В) смещений

Смещение в виде диапазона, определяемого двумя значениями смещения, ограничивает возможное перемещение детали.

Значения и плавающего, и фиксированного смещений автоматически добавляются в таблицу переменных сборки, но управлять из таблицы можно только величиной фиксированного смещения.

Ниже рассмотрен пример традиционного процесса наложения связей без сокращения шагов. В сборке с базовой деталью А деталь В должна быть размещена согласно виду С (рис. 2.7.10).

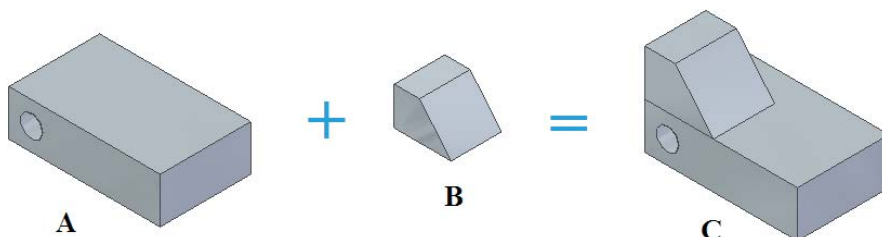


Рис. 2.7.10. Цель позиционирования детали В относительно базовой детали А

Для этого необходимо (рис. 2.7.11):

1. Разместить в сборке базовую деталь А из библиотеки деталей (1). Базовая деталь появляется в навигаторе сборки.
2. Поместить в сборку деталь В, расположив ее рядом с базовой деталью (2). Деталь В появляется в навигаторе сборки.

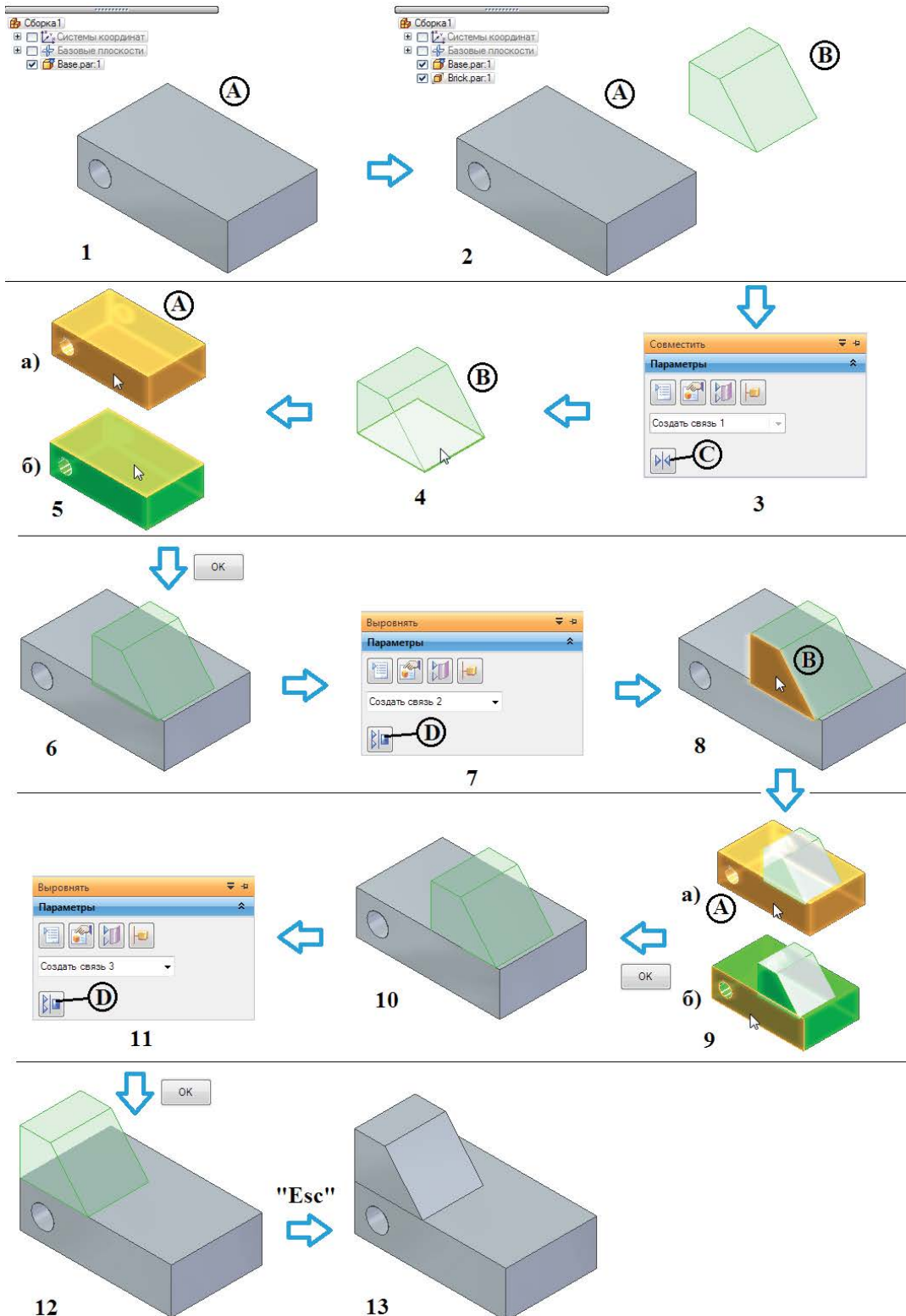











Рис. 2.7.11. Традиционный процесс позиционирования детали В относительно базовой детали А

3. Наложить три связи.
 - Создать связь 1 **Совместить**:
 - выбрать в появившемся меню команды **Собрать компоненты** на шаге **Параметры** связь **Совместить**  из списка доступных связей (3, C);
 - на шаге **Определить положение** выбрать нижнюю грань на размещаемой детали В (4, указана курсором);
 - выбрать (5а) деталь А (базовую), относительно которой будет размещаться новая деталь, а затем выбрать (5б) на ней верхнюю грань (указана курсором);
 - нажать кнопку , ПКМ или клавишу **Enter**, подтвердив размещение;
 - результат наложения связи представлен на (6). Так как смещение не задавалось, выбранные грани станут выровненными с нулевым смещением.
 - Создать связь 2 **Выровнять**:
 - выбрать из списка связь **Выровнять**  (7, D);
 - выбрать боковую грань на размещаемой детали В (8, указана курсором);
 - выбрать (9а) базовую деталь А и (9б) боковую грань на ней (указана курсором);
 - нажать кнопку , подтвердив размещение;
 - результат наложения связи представлен на (10).
 - Аналогично создать связь 3 **Выровнять**  (11, D), указав задние грани обеих деталей и нажав  (этапы на рисунке не показаны). Результат представлен на (12).
4. Завершить наложение связей, нажав клавишу **Esc** или выполнив команду **Выбор**. Окончательный результат размещения детали В представлен на (13).

Режимы использования связей и альтернативные методы размещения компонентов в сборке

У процесса наложения связей существует ряд параметров, настройка которых осуществляется в диалоговом окне **Режимы** (рис. 2.7.6) при нажатии кнопки . С помощью этих параметров реализуются дополнительные режимы размещения компонентов в сборке:

- **Стандартно использовать умную вставку** – если режим включен, то при помещении компонента в сборку будет по умолчанию задействована связь **Умная вставка**, если выключен – связь **Совместить**. Режим **Умная вставка** позиционирует деталь, автоматически распознавая и накладывая связи совмещения, выравнивания и выравнивания осей. В меню этой связи (рис. 2.7.13), по сравнению со связью **Совместить**, отсутствует шаг **Определить положение**: необходимо просто выбрать геометрический элемент на размещаемой детали, затем – геометрический элемент в сборке, а потом логика умной вставки самостоятельно определит наиболее подходящий тип связи, исходя из взаимного положения выбранных элементов геометрии. Кнопки **Разрешить вращение**  и **Запретить вращение**  (рис. 2.7.13, А) соответственно разрешают или запрещают вращение детали вокруг своей оси после размещения (подробнее см. связь **Выровнять оси**).

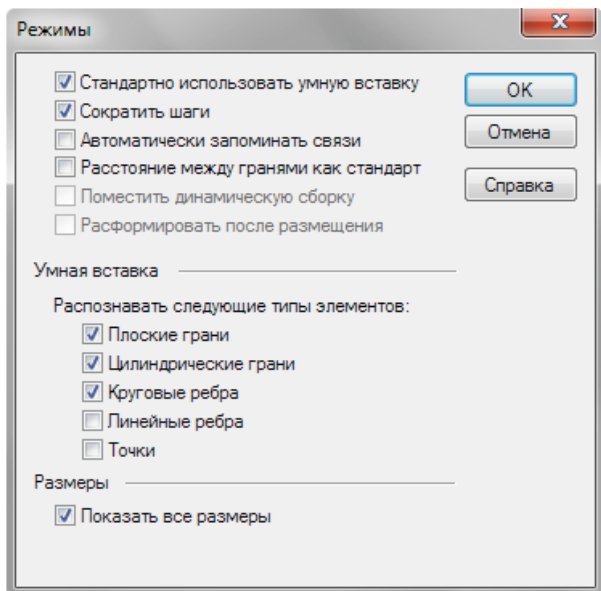


Рис. 2.7.12. Диалоговое окно Режимы

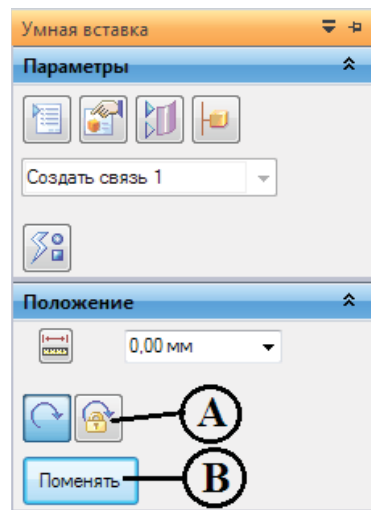



Рис. 2.7.13. Меню команды Умная вставка

Нажатие кнопки **Поменять**  (В) или клавиши **Tab** позволяет выбрать альтернативное решение, то есть поменять положение детали на симметричное относительно грани. При этом предложенная умной вставкой связь совмещения меняется на связь выравнивания. Для ряда прочих связей кнопка **Поменять** становится доступной только при выполнении команды редактирования связи (см. ниже).

На рис. 2.7.14 рассмотрен тот же самый пример, что и на рис. 2.7.11, но с применением режима **Умная вставка**. В результате оказываются созданными те же самые связи, но при значительном сокращении количества этапов позиционирования детали В.

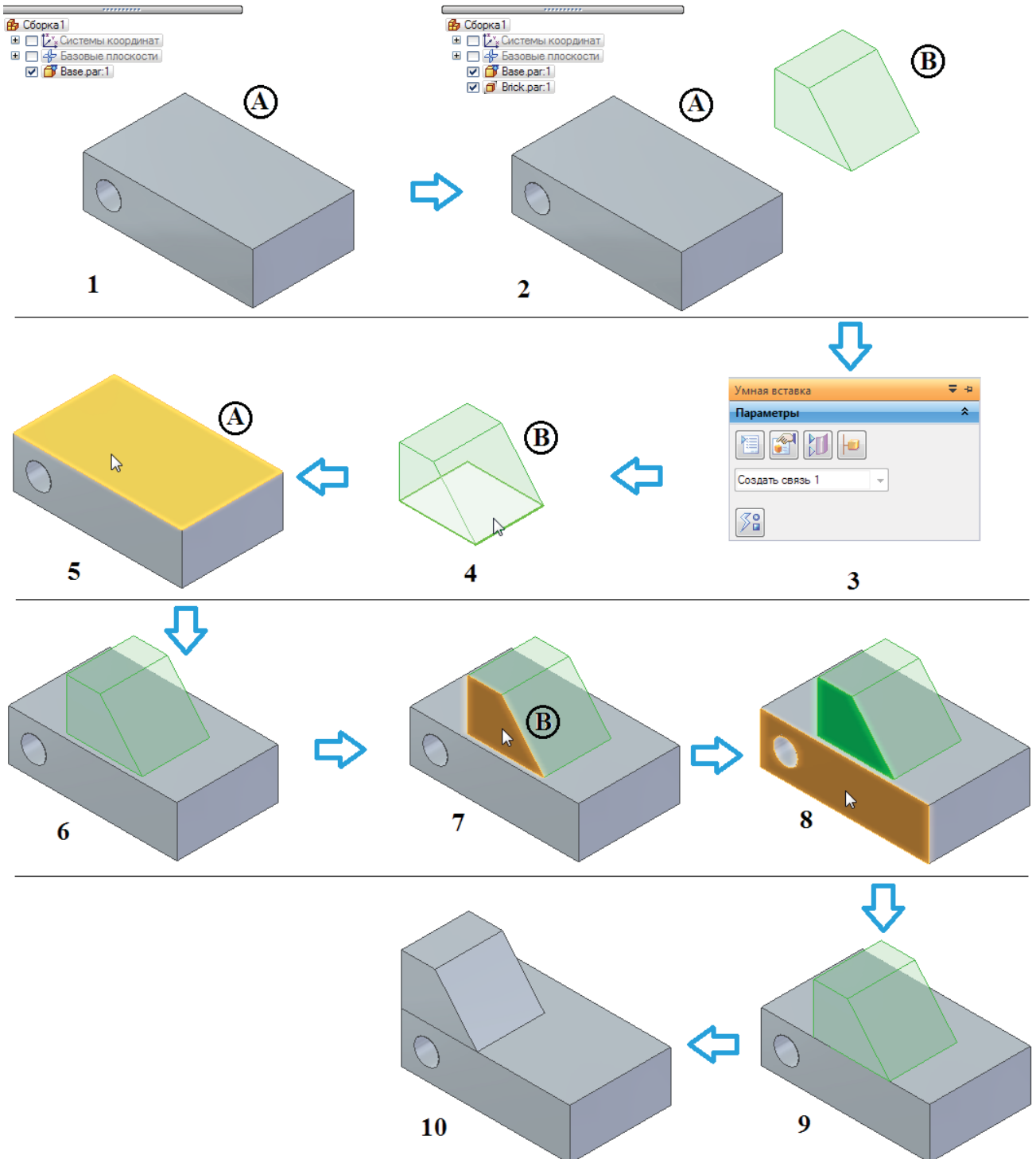


Рис. 2.7.14. Процесс позиционирования детали В относительно базовой детали А в режиме Умная вставка

- Сократить шаги** – если режим включен, то из традиционного процесса размещения детали исключаются этапы 3 и 5, то есть выбор существующей детали в сборке и подтверждение размещения. Выбор детали в сборке происходит автоматически при выборе соответствующего элемента геометрии. Следует отметить, что для больших сборок выбор конкретного элемента может оказаться затруднен, так как для выбора будет доступна вся геометрия сборки, а не геометрия одной выбранной детали. В этом случае рекомендуется использовать инструмент **Выбор**. При включении этого параметра в рассмотренном на рис. 2.7.11 примере будут исключены шаги выбора детали в сборке 5а, 9а и соответствующий шаг при создании третьей связи (на рисунке не показан), а также пропадет необходимость нажимать кнопку для подтверждения создания каждой из трех связей.
- Автоматически запоминать связи** – если режим включен, то связи, использованные для размещения данного компонента в сборке, будут запоминаться автоматически, и при многократном размещении этого компонента для наложения связи потребуются указывать только элементы геометрии детали сборки. Если размещение детали В (рис. 2.7.11) провести со включенным режимом автоматического запоминания связей, то при размещении второй такой же детали процесс будет значительно упрощен (см. рис. 2.7.15). Видно, что выбор каждой из предварительно запомненных связей и выбор геометрии размещаемой детали (1, 3, 5) происходит автоматически.

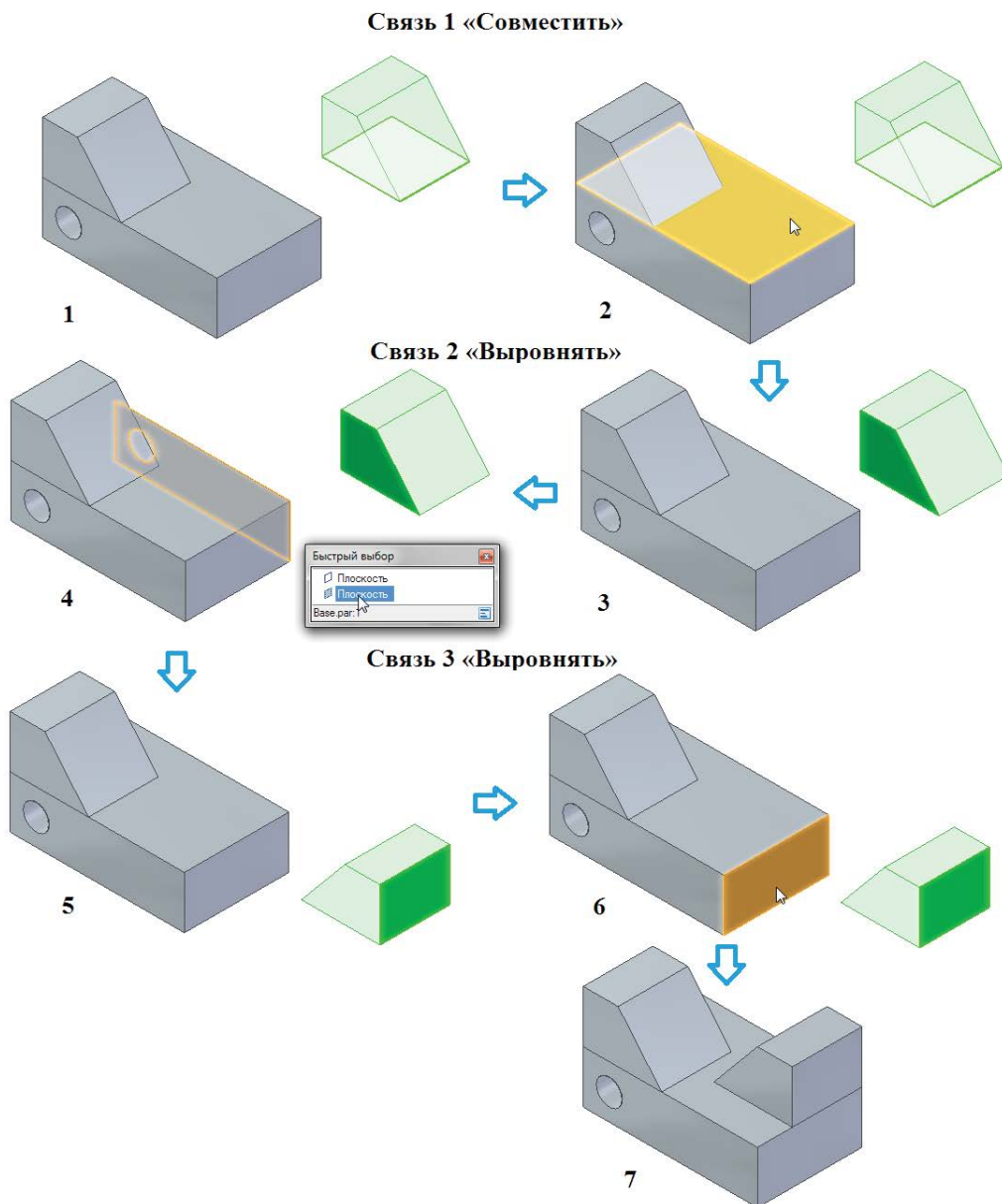



Рис. 2.7.15. Процесс позиционирования второй детали В относительно базовой детали А с предварительно запомненными связями

При включенном автоматическом режиме запоминаются все связи. В группе **Связи** на вкладке **Главная** расположена специальная команда **Запомнить связи** , где набор запоминаемых связей можно настроить для каждой конкретной детали, помещаемой в сборку. Чтобы сделать это, необходимо предварительно выбрать деталь в графическом окне или навигаторе сборки, а затем выполнить команду **Запомнить связи**. В открывшемся окне (рис. 2.7.16) для каждой связи можно определить, будет она запоминаться или нет, поместив ее в один из двух списков. В графическом окне подсвечивается грань модели, относящаяся к выбранной в списках связи. Заданный набор связей можно сохранить в файл детали или сборки, установив соответствующий флажок. В этом случае данный набор можно будет использовать в следующих сеансах работы с Solid Edge, иначе в новом сеансе работы эти связи необходимо будет определять заново.

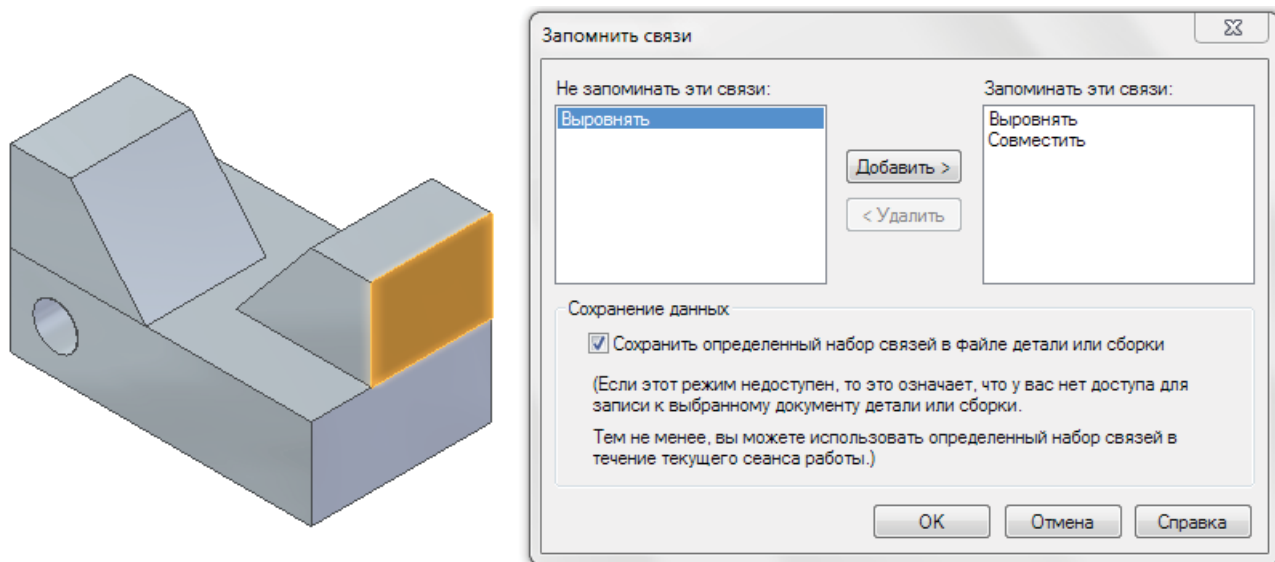




Рис. 2.7.16. Окно команды **Запомнить связи**

- **Расстояние между гранями как стандарт** – если этот параметр установлен, то текущее расстояние между гранями используется как стандартное смещение в режиме редактирования, то есть при изменении положения детали в поле **Смещение** будет отображаться фактическое значение расстояния между гранями. В режиме **Умная вставка** параметр не работает.
- **Поместить динамическую сборку** – установка данного параметра указывает, что размещаемая сборочная единица будет считаться динамической, то есть сборочные связи могут накладываться не на сборочную единицу в целом, а на отдельные ее детали. Параметр активен только в случае размещения сборочной единицы.
- **Расформировать после размещения** – если задан этот режим, то размещаемая сборочная единица автоматически расформировывается на отдельные детали.
- **Умная вставка/Распознавать следующие типы элементов** – здесь определяются типы связей, которые будут распознаваться и накладываться в режиме **Умная вставка**. Например, включение только плоских граней позволит накладывать лишь связи совмещения и выравнивания, а дополнительное включение круговых ребер даст возможность распознавать и выравнивание осей.
- **Показать все размеры** – если данный параметр установлен, то размеры (например, смещения) будут отображаться при выборе детали и нажатии кнопки **Правка** в быстром меню (см. ниже рис. 2.7.21, А). Если параметр выключен, то отображаются только размеры, относящиеся к связи, выбранной в нижней панели навигатора.

Параметры размещения деталей

Помещая компонент в сборку, можно вручную задать ряд параметров, управляющих свойствами этого компонента в составе сборки. Это производится на шаге **Параметры** наложения связи с помощью одноименной команды . Открывается окно **Параметры размещения** с таблицей параметров, заголовок которой представлен на рис. 2.7.17. Заданные значения параметров можно изменить позднее с помощью команды **Параметры размещения** из контекстного меню выбранного компонента сборки.

Расшифровка параметров приведена в табл. 2.7.2.

Имя экземпляра	Заданное количество	Количество	X	Y	Z	X°	Y°	Z°	Можно выбрать	Верхний уровень
 Zholebar.par:1	Да	3	5,83 мм	-1,08 мм	1,47 мм	0,00 гр	0,00 гр	0,00 гр	Да	Да

Справочный	*Отчеты о сборке	*Чертежные виды	Физические свойства	Анализ пересечений	Связан с
Нет	Да	Да	Да	Да	

Рис. 2.7.17. Заголовок таблицы параметров в окне **Параметры размещения**

Таблица 2.7.2. Параметры, управляющие свойствами компонента в составе сборки

Параметр	Описание
Имя экземпляра	Наименование размещаемого компонента. В этом же поле можно переименовать компонент по команде контекстного меню (ПКМ)
Заданное количество	Значение Да позволяет указать в поле Количество , сколько экземпляров этой детали будут считаться присутствующими в сборке
Количество	Позволяет задать количество деталей в сборке, если включен режим Заданное количество . Полезно для часто повторяющихся деталей, на которые не оформляются отдельные чертежи, с целью правильного заполнения спецификации
X, Y, Z	Позволяет задать смещение зафиксированной детали или детали без наложенных связей относительно начала координат сборки по соответствующим осям
X°, Y°, Z°	Позволяет задать поворот зафиксированной детали или детали без наложенных связей вокруг соответствующих осей системы координат сборки
Можно выбрать	Определяет, можно ли будет выбрать деталь в графическом окне. Если установлено значение Нет , деталь можно выбрать только в навигаторе сборки. Полезно для облегчения выбора деталей в тесном окружении
Верхний уровень	Определяет, будет ли компонент отображаться в сборках верхнего уровня. Полезно для скрытия вспомогательных компонентов, которые не должны войти в окончательную сборку изделия
Справочный	Определяет, будет ли деталь рассматриваться как деталь для справки и соответствующим образом отображаться на чертеже или в спецификации
Отчеты о сборке	Определяет, будет ли деталь использоваться в отчетах, например в спецификации
Чертежные виды	Определяет, будет ли деталь отображаться на чертеже сборки
Физические свойства	Определяет, будут ли учитываться физические характеристики детали (масса, центр тяжести) при вычислении соответствующих физических характеристик сборки
Анализ пересечений	Определяет, будет ли деталь использоваться при анализе взаимных пересечений деталей в сборке

Размеры в сборочных связях

При размещении деталей с помощью сборочных связей создаются и при необходимости отображаются управляющие и зависимые размеры. Создание размеров происходит не для всех связей. Так, размеры создаются при наложении связей совмещения, выравнивания, соединения, углового положения, касания и параллельности.

Например, при совмещении с фиксированным смещением создаваемый размер будет управляющим, а в режиме плавающего смещения – зависимым без возможности принудительного изменения своего значения.

Управление отображением размеров производится с помощью команды **Режимы** на шаге **Параметры** наложения сборочной связи (см. выше).

Необходимо иметь в виду, что, в отличие от геометрических связей эскиза и связей граней, для наложения связей между деталями в сборке команды создания размеров использовать нельзя.

Навигатор сборки

Навигатор наглядно представляет состав компонентов и иерархическую структуру сборки. Пользуясь навигатором, можно активировать и вносить изменения в любой компонент сборки, скрывать и вновь показывать компоненты, просматривать, редактировать и удалять сборочные связи, изменять порядок деталей в сборке и диагностировать возникающие проблемы.

В среде сборки навигатор (рис. 2.7.18) отличается от среды детали и состоит из двух панелей. В его верхней панели отображается дерево компонентов активной сборки, которое в общем случае может состоять из деталей, сборочных единиц, базовых плоскостей и эскизов сборки. Последовательность компонентов в верхней панели навигатора отражает порядок их помещения в сборку. Следует отметить, что в сборке нет значков связей, показывающих, что связь наложена, поэтому созданные связи можно отследить только с использованием навигатора.

При нажатии ПКМ на компоненте сборки открывается контекстное меню (рис. 2.7.19), позволяющее производить ряд действий над компонентом.

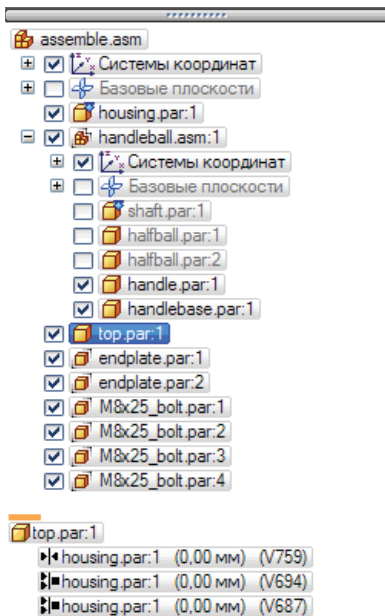


Рис. 2.7.18. Навигатор сборки

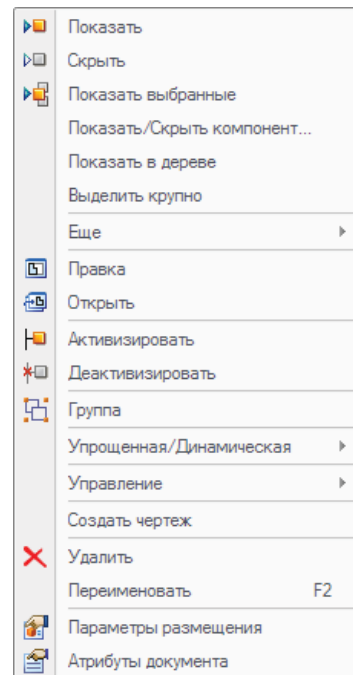


Рис. 2.7.19. Контекстное меню компонента сборки



Выбор компонентов

При наведении курсора на компонент в верхней панели навигатора без нажатия кнопок мыши данный компонент будет выделен в навигаторе красной рамкой, а в графическом окне – цветом подсветки. Чтобы увеличить производительность, в особенности при работе с большими сборками, этот режим можно отключить, установив флажок напротив параметра **Не подсвечивать в окне модели при выборе в Навигаторе** на вкладке **Сборка** окна **Параметры Solid Edge**. Из этих же соображений сборка верхнего уровня не подсвечивается и не выбирается щелчком ЛКМ. Нажатие ЛКМ на любом другом компоненте одновременно выбирает его и в графическом окне, и в навигаторе.

Если в верхней панели выбрать компонент сборки, то в нижней панели отобразятся наложенные на него связи (рис. 2.7.18).










Отображение компонентов

Установив или сняв флажок слева от наименования компонента в верхней панели навигатора, можно соответственно включить или отключить отображение данного компонента в графическом окне. Наименования отключенных компонентов отображаются в панели навигатора серым цветом (см. рис. 2.7.18).

Значки  и  рядом с наименованием сборочной единицы дают возможность развернуть и свернуть ее состав для просмотра и выбора компонентов.

Текущее состояние компонента сборки обозначается значком слева от его наименования. Список наиболее часто встречающихся значков представлен в табл. 2.7.3.

Таблица 2.7.3. Некоторые часто употребляющиеся значки текущего состояния компонента сборки

Значок	Описание
	Активная деталь
	Неактивная деталь
	Деталь, позиционированная не полностью
	Деталь с противоречивым набором связей
	Связанная деталь
	Зафиксированная деталь
	Отображенная сборка
	Базовые плоскости
	Группа деталей и сборочных единиц

Группирование деталей и сборочных единиц в сборке

Если выбрать в навигаторе текущей сборки набор деталей и сборочных единиц, то можно сгруппировать эти компоненты с помощью команды **Группа** из контекстного меню выбранного набора. Группа компонентов представляется в навигаторе в виде единого узла, которому можно присвоить значимое наименование, а также сворачивать и разворачивать при необходимости (рис. 2.7.20).

Группирование сокращает потребность в физической памяти, а также облегчает выбор компонентов для выполнения действий над всеми участниками группы.

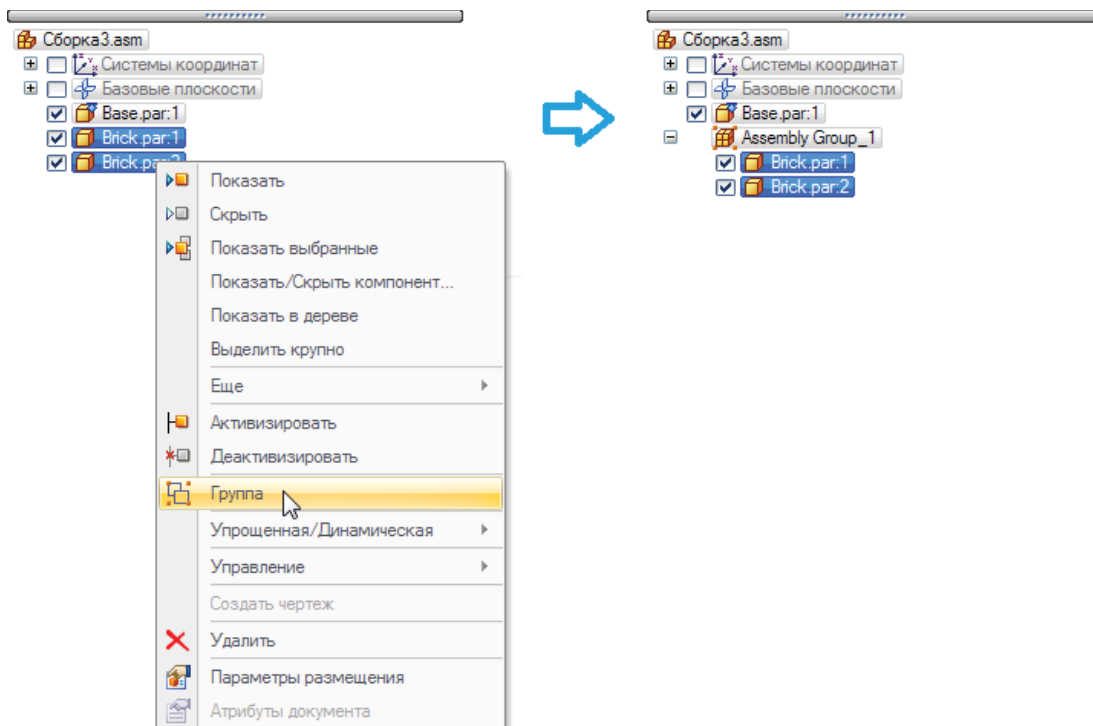


Рис. 2.7.20. Группирование компонентов сборки

Редактирование сборки

Существуют три режима редактирования компонентов сборки:

- *контекстный (по месту)*, запускается с помощью команды контекстного меню данного компонента **Правка по месту**, команды быстрого меню, появляющегося после выбора конкретного компонента (рис. 2.7.21, В) или двойным щелчком ЛКМ по компоненту в навигаторе или графическом окне;
- *в отдельном окне*, запускается с помощью команды контекстного меню данного компонента **Открыть** (рис. 2.7.21, С);
- непосредственно с помощью *синхронной технологии*.

Запустив контекстное редактирование детали, можно добавлять, удалять или изменять ее конструктивные элементы. При этом в этом же графическом окне будут находиться и остальные детали сборки, и их геометрию можно использовать в качестве характерных точек при модификации детали.

В режиме редактирования по месту отображения компонента сборки в верхней панели навигатора изменяется: в месте расположения редактируемого компонента раскрывается дерево конструктивных элементов детали (в случае редактирования детали) или компонентов сборочной единицы (в случае редактирования сборочной единицы). Раскрывшееся дерево редактируемого компонента подсвечивается желтым цветом фона, а его элементы выделяются полужирным шрифтом. Прочие компоненты сборки в графическом окне становятся полупрозрачными (рис. 2.7.22, 2). Тем не менее если нет необходимости отображать геометрию сборки, окружающую редактируемый компонент, показ этой геометрии можно полностью отключить с помощью команды **Скрыть контекст**, которая появляется в режиме редактирования на вкладке **Вид** в группе команд **Показать**.

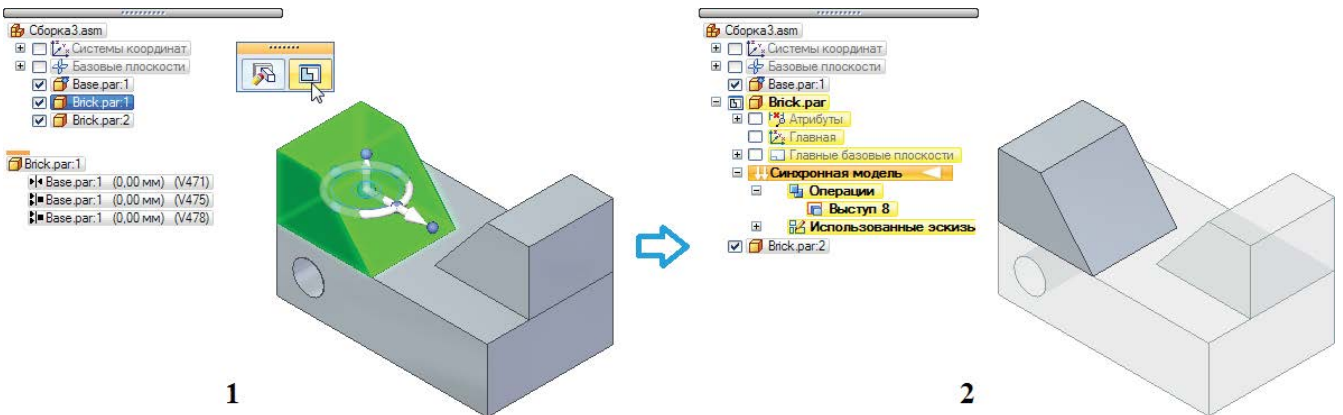


Рис. 2.7.22. Представление навигатора и сборки при редактировании детали по месту

Одновременно в случае редактирования детали изменяет свой вид вкладка **Главная**, на которую возвращаются группы команд по работе с геометрией детали.

Чтобы закончить редактирование компонента и вернуться к редактированию исходной сборки, необходимо нажать кнопку **Закрыть и вернуться**, находящуюся в правом дальнем конце вкладки **Главная**. Если нужно редактировать другой компонент, команду **Правка** к нему можно применять напрямую, без возврата в исходную сборку.

Если редактируемый компонент является скрытым, то он автоматически отображается в сборке.

В случае когда редактирование компонента сборки производится с помощью команды **Открыть**, он открывается в новом окне без своего окружения, и остальные компоненты сборки во время работы с ним будут недоступны. Операция редактирования компонента ассоциативна – изменения, сделанные в этом окне, сразу же отражаются в исходной сборке.

Зачастую проще всего редактировать геометрию компонента, не прибегая к данным режимам, а используя синхронный подход. Для этого предварительно необходимо на закладке **Главная** в раскрывающемся списке инструмента **Вы-**

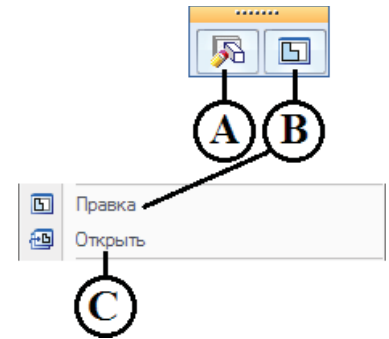


Рис. 2.7.21. Команды быстрого и контекстного меню для редактирования компонентов сборки и их связей

бор установить приоритет граней (рис. 2.7.23, 1А), либо в этой же группе команд **Выбор** у команды **Фильтры выбора** снять флажок напротив параметра **Приоритет детали (игнорировать грани)** (1В). После этого можно будет выбрать любую грань или набор граней в сборке (2) и стандартными методами с помощью рулевого колеса выполнить их перемещение или поворот, при этом можно совместно редактировать геометрию сразу нескольких деталей сборки (3).



Рис. 2.7.23. Редактирование непосредственно в окне сборки методами синхронной технологии

Изменение порядка следования компонентов

Навигатор позволяет изменять порядок следования деталей в пределах сборки одного уровня. При перетаскивании детали отображается значок, если деталь можно переместить в данную позицию в навигаторе (рис. 2.7.24).

Работа со связями в сборке

Когда в верхней панели навигатора выбран компонент текущей сборки, в нижней отображаются все сборочные связи, заданные между ним и другими деталями сборки. В строке связи отображаются условный значок связи, наименование связанного компонента, а также значение смещения и наименование соответствующей переменной.

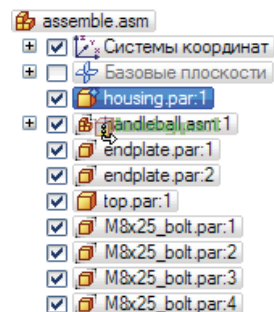


Рис. 2.7.24. Изменение порядка следования деталей в навигаторе

Если выбрать в появившемся быстром меню команду **Правка** (рис. 2.7.21, А), то вновь будет запущена команда **Собрать компоненты** в режиме добавления новой связи. Выбрав из раскрывающегося списка на шаге **Параметры** уже созданную связь, можно отредактировать ее – например, изменить тип и/или переназначить грани.

Навигатор не отображает связей, наложенных за пределами текущей сборки, поэтому связи в сборочной единице при выборе входящей в нее детали не будут отображаться в нижней панели. Чтобы отобразить эти связи, необходимо предварительно открыть сборочную единицу по месту.

Список условных значков связей аналогичен списку в меню команды наложения связи (см. рис. 2.7.6). Помимо этого, добавлены два возможных обозначения:

- отключенная связь – связь временно отключена и не влияет на размещение детали;
- нарушенная связь – связь несовместима с остальными наложенными связями.

При наведении курсора на одну из связей она выделяется красным прямоугольником в нижней панели навигатора, задействованные грани подсвечиваются в графическом окне, а в верхней панели связанные детали обрамляются пунктирной линией (рис. 2.7.25).

При выборе компонента сборки набор связей в нижней панели навигатора может разделяться пунктирной линией (рис. 2.7.26). Выше линии располагаются связи между выбранной деталью и деталями, ранее помещенными в сборку,

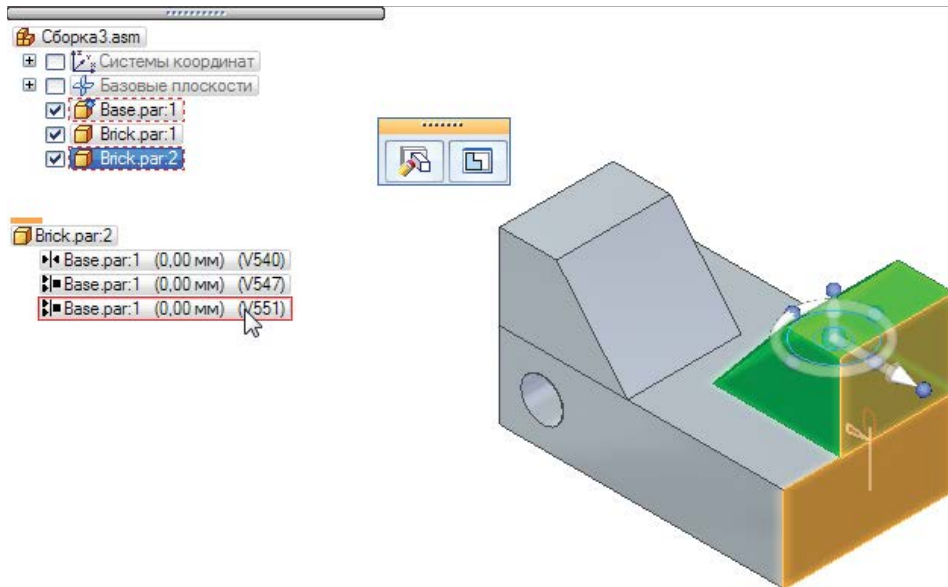


Рис. 2.7.25. Показ наложенных связей, задействованных деталей и их граней в навигаторе и графическом окне

ниже – связи, наложенные при размещении последующих деталей. Редактировать можно все связи, независимо от расположения.

Выбор связи в нижней панели открывает дополнительную панель в нижней части графического окна. С помощью этой панели и контекстного меню конкретной связи в ней можно (см. рис. 2.7.27):

- посмотреть, на какие детали наложена связь (А);
- удалить связь (В);
- отключить связь (С) – временно отключить, но не удалять связь, например в случае ее нарушения или противоречия с остальными связями сборки;
- изменить тип смещения (D) – аналогично действиям в меню команды наложения связи;
- изменить величину фиксированного смещения или диапазон (Е);
- поменять (F) – перевернуть деталь на другую сторону поверхности или плоскости касания;
- отредактировать связь (G) – аналогично выполнению команды **Правка** быстрого меню компонента сборки (рис. 2.7.21, А) с переходом к редактированию выбранной связи;
- применить или сохранить стиль размера (H);
- изменить точность отображения размеров (I).

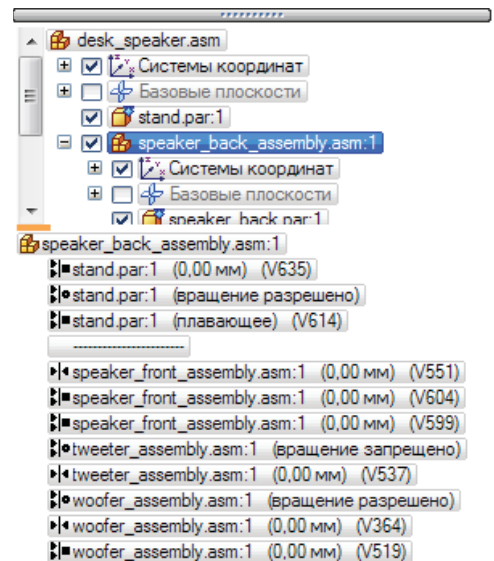


Рис. 2.7.26. Разделенный набор связей в нижней панели навигатора

Удаленные связи

После удаления сборочной связи полностью позиционированного компонента значок слева от его наименования (рис. 2.7.28, А) в навигаторе изменится на **Деталь, позиционированная не полностью** (см. рис. 2.7.28, В и табл. 2.7.3). Такой компонент помещается в список проблемных компонентов, который можно просмотреть, запустив **Помощник по ошибкам** с помощью команды **Ошибки** в группе **Помощники** на вкладке **Сервис**. Окно помощника по ошибкам представлено на рис. 2.7.28, 2. В столбцах таблицы представлены наименования проблемных компонентов, дата возникновения недоделки или ошибки, а также ее краткое описание. Выделив строку не полностью позиционированного компонента и нажав кнопку **Правка** (С), можно перейти к добавлению недостающей сборочной связи. Кнопка **Масштаб** (D) предназначена для укрупненного выделения проблемного компонента в графическом окне (аналог команды **Выделить крупно** контекстного меню компонента в навигаторе). Выбранный в строке компонент выделяется в верхней панели навигатора.

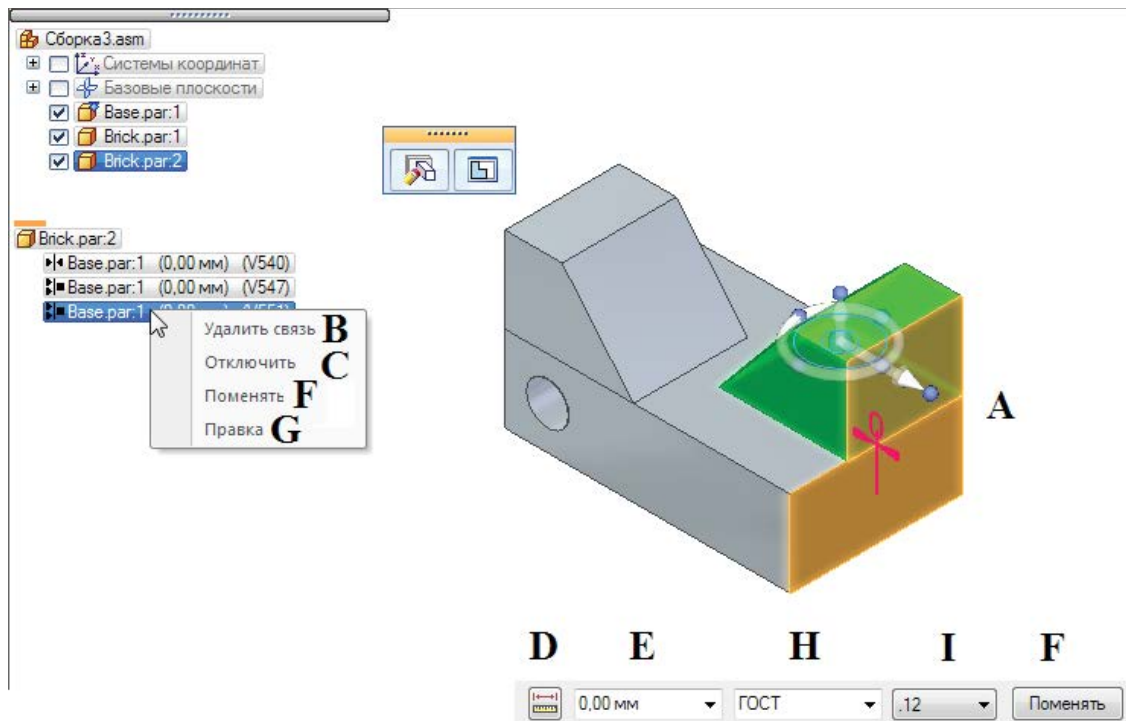


Рис. 2.7.27. Редактирование параметров связи

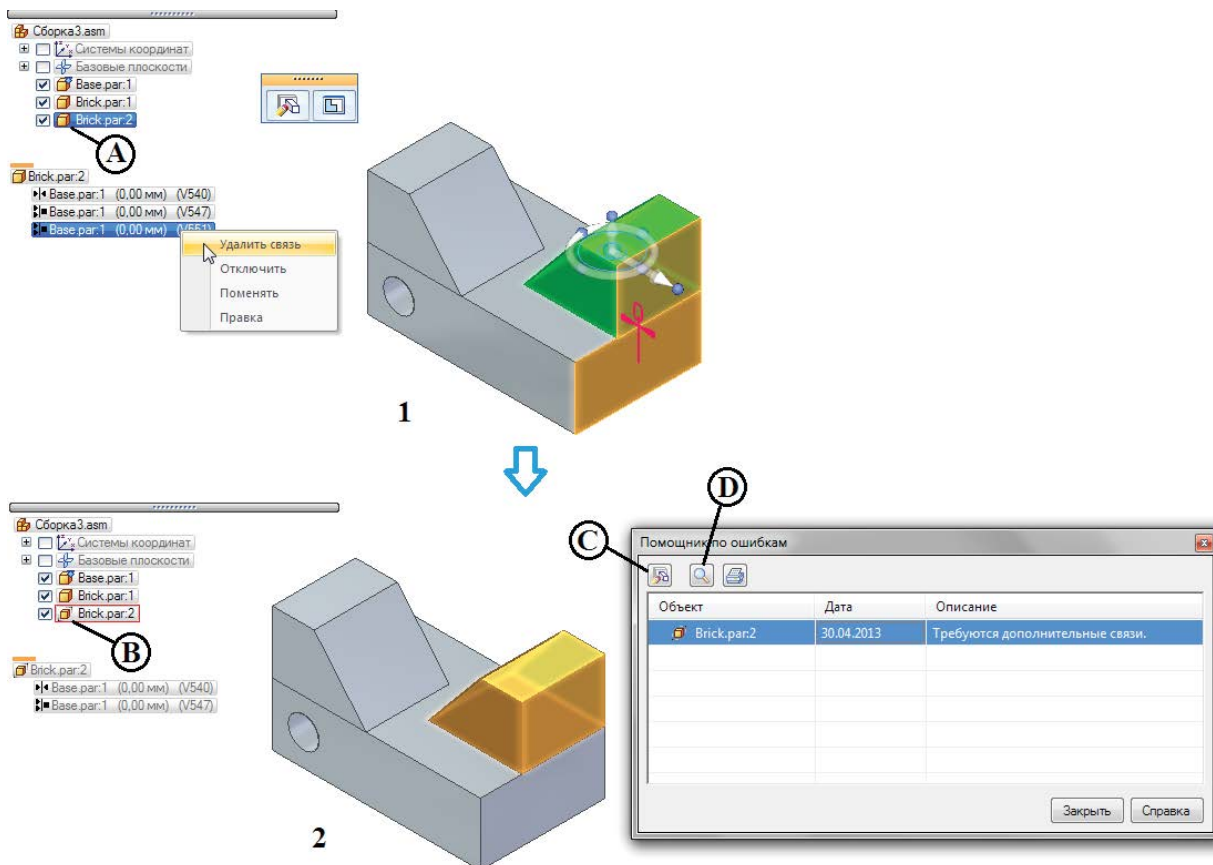



Рис. 2.7.28. Удаление связи полностью позиционированного компонента и соответствующее окно помощника по ошибкам

Следует отметить, что неполное позиционирование является не ошибкой, а недоделкой, которую система рекомендует исправить.

Не рекомендуется за один прием удалять большое количество старых связей без наложения новых, так как это может затруднить новое позиционирование деталей, оставшихся неразмещенными.

Нарушенные связи

При изменении геометрии компонентов сборки и их связей некоторые ранее наложенные связи могут оказаться нарушены. В примере на рис. 2.7.29, 1 на деталь А были наложены 4 связи: две связи касания цилиндрической поверхности к наклонным поверхностям деталей В, связь выравнивания по торцу с деталью В и связь выравнивания шлица на валу и верхней грани детали В с плавающим смещением. Если изменить тип смещения в этой последней связи на фиксированный и поменять значение смещения, эта связь окажется несовместимой с уже наложенными, и возникнет ситуация, представленная на рис. 2.7.29, 2. Значки неверных и противоречивых связей окрашиваются в красный цвет, а значок слева от проблемных компонентов изменяется на **Деталь с нарушенными связями**  (рис. 2.7.29, 3).

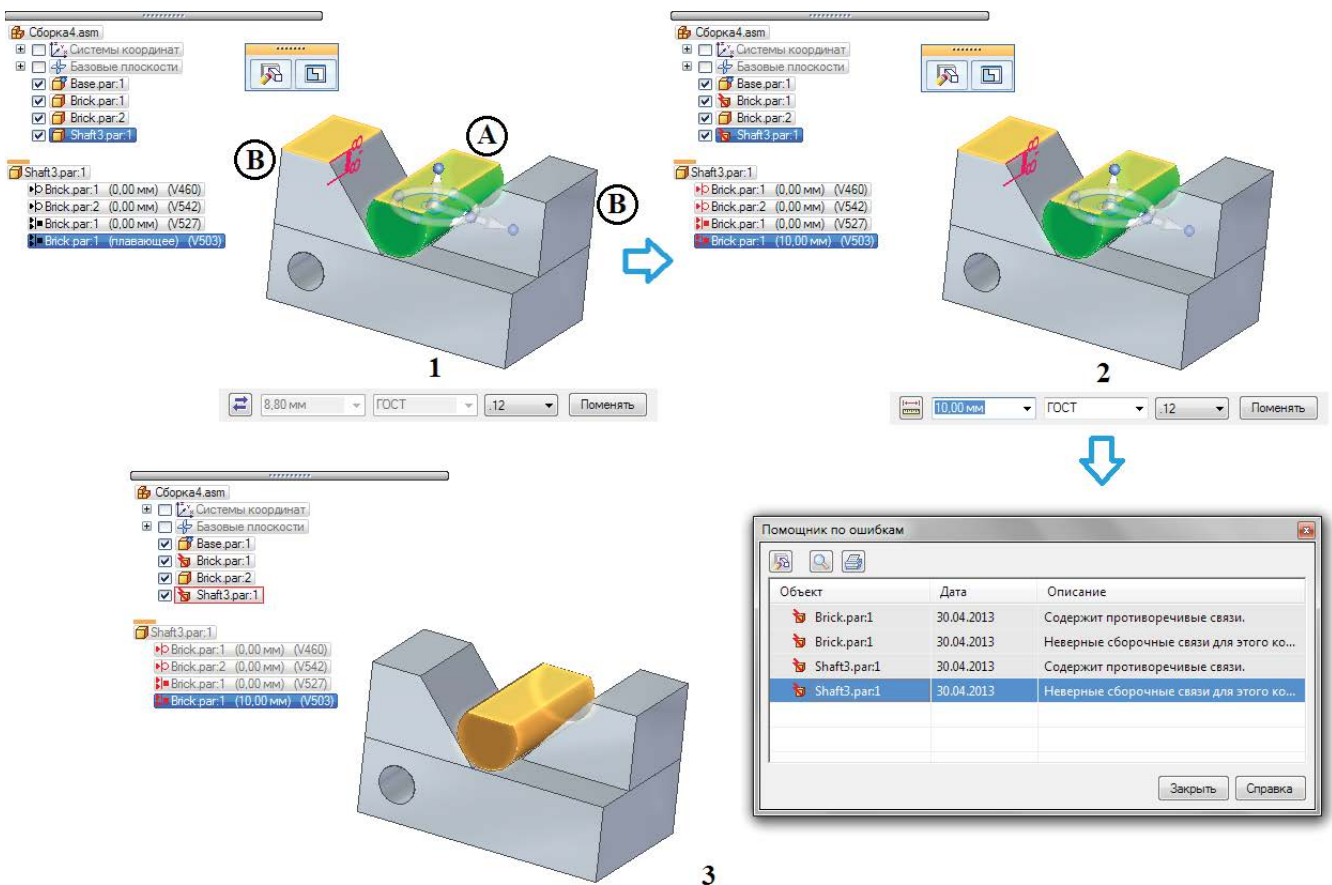



Рис. 2.7.29. Ошибочные связи и соответствующее окно помощника по ошибкам

Далее, аналогично случаю удаления связи, можно просмотреть проблемные связи с помощью помощника по ошибкам. Нажатие кнопки **Правка**  запускает редактирование проблемных связей выбранного компонента и открывает меню команды редактирования связи. Тем не менее при возникновении ошибочных связей может оказаться целесообразным не исправлять их, а удалить полностью и создать заново. В сложных случаях решением также может стать удаление из сборки деталей с нарушенными связями с последующей повторной вставкой их в сборку. В процессе поиска решения проблемные связи можно временно отключать.

Создание компонентов «по месту»

В сборке можно создавать компонент «по месту», или, другими словами, в контексте сборки с использованием окружающей геометрии остальных ее компонентов. Запустить команду **Создать деталь по месту** можно из группы команд **Сборка** на вкладке **Главная** либо из библиотеки деталей, нажав кнопку **Создать по месту**, расположенную слева в палитре кнопок (рис. 2.7.2, А). Отобразится диалоговое окно команды (см. рис. 2.7.30).

Для создания компонента в контексте сборки в данном окне необходимо произвести следующие действия:

- выбрать в списке (см. рис. 2.7.30, А) шаблон, по которому будет создаваться компонент, – например, деталь, листовая деталь, сборка;

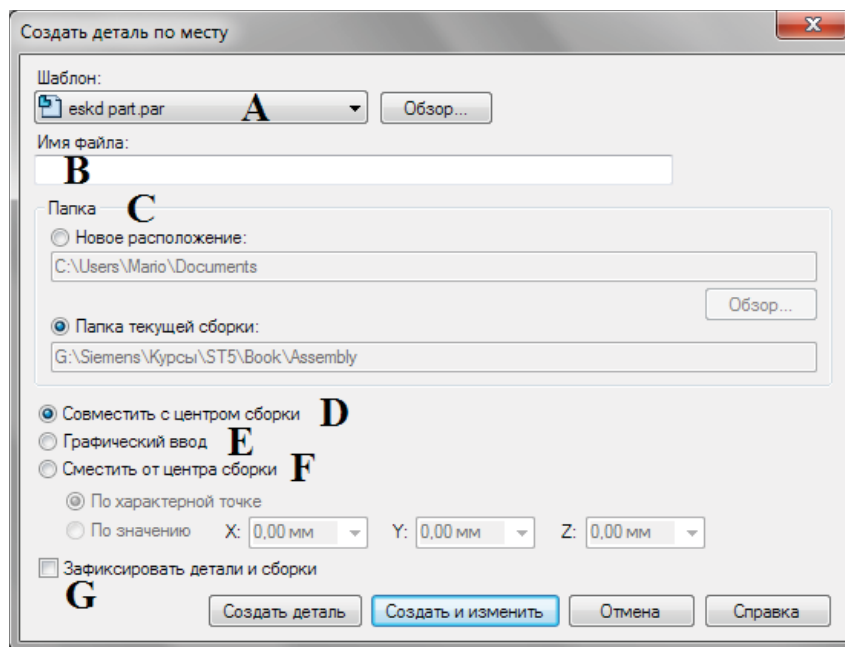




Рис. 2.7.30. Диалоговое окно команды **Создать деталь по месту**

- ввести имя создаваемого компонента в поле В;
- задать физическое расположение файла компонента (С) – либо в папке текущей сборки (по умолчанию), либо в папке, указанной пользователем, с помощью кнопки-переключателя **Новое расположение**;
- задать расположение начала координат нового компонента в пространстве сборки одним из трех возможных методов:
 - **Совместить с центром сборки** (D) – начало координат новой детали совмещается с началом координат текущей сборки;
 - **Графический ввод** (E) – положение начала координатной детали указывается относительно геометрических элементов существующих компонентов сборки (выбираются существующая деталь, плоская грань на ней, ребро, определяющее направление оси X, а также точка конца оси, затем – центр плоскости XY системы координат новой детали);
 - **Сместить от центра сборки** (F) – начало координат новой детали задается смещением относительно центра текущей сборки по характерной точке либо на заданное расстояние вдоль осей X, Y, Z;
- включив опцию **Зафиксировать детали и сборки** (G), можно автоматически накладывать на новый компонент связь **Зафиксировать** после его размещения в сборке;
- нажать кнопку **Создать и изменить** либо **Создать деталь**.




По команде **Создать деталь** создается файл модели с указанным именем, компонент включается в структуру сборки и появляется в верхней панели навигатора. В зависимости от состояния опции **Зафиксировать детали и сборки** связи на новый компонент либо не накладываются (статус компонента – не определен), либо накладываются связь **Зафиксировать**. Созданная модель не содержит геометрии и включает в себя только базовые плоскости. Команда **Создать и изменить** дополнительно открывает созданный компонент в режиме редактирования по месту.

Прочие связи

Связь **Зафиксировать**

При наложении связи **Зафиксировать**  деталь фиксируется в сборке, то есть лишается всех степеней свободы: если это первая (базовая) деталь, то ее начало координат совмещается с началом координат сборки, все прочие детали фиксируются в своем текущем положении. Если с зафиксированной деталью связаны другие компоненты сборки, они перемещаются с поддержанием этих связей. В паре связанных деталей связь **Зафиксировать** можно наложить только на одну из них. В навигаторе у зафиксированного компонента появляется значок  (см. табл. 2.7.3).

Связь **Выровнять оси**

При наложении связи **Выровнять оси**  (пример см. на рис. 2.7.31) происходит выравнивание осей у цилиндрических поверхностей размещаемой детали и детали сборки. Также связь можно наложить на ось цилиндра и линейный элемент либо на два линейных элемента. При включении опции **Запретить вращение**  поворот одной детали относительно другой вокруг общей оси фиксируется в произвольном положении, что полезно, например, при вставке болтов и прочем. Если вращение разрешено с помощью соответствующей опции , угол поворота можно задать при помощи других связей, например связи выравнивания с плавающим смещением или связи **Угол**.

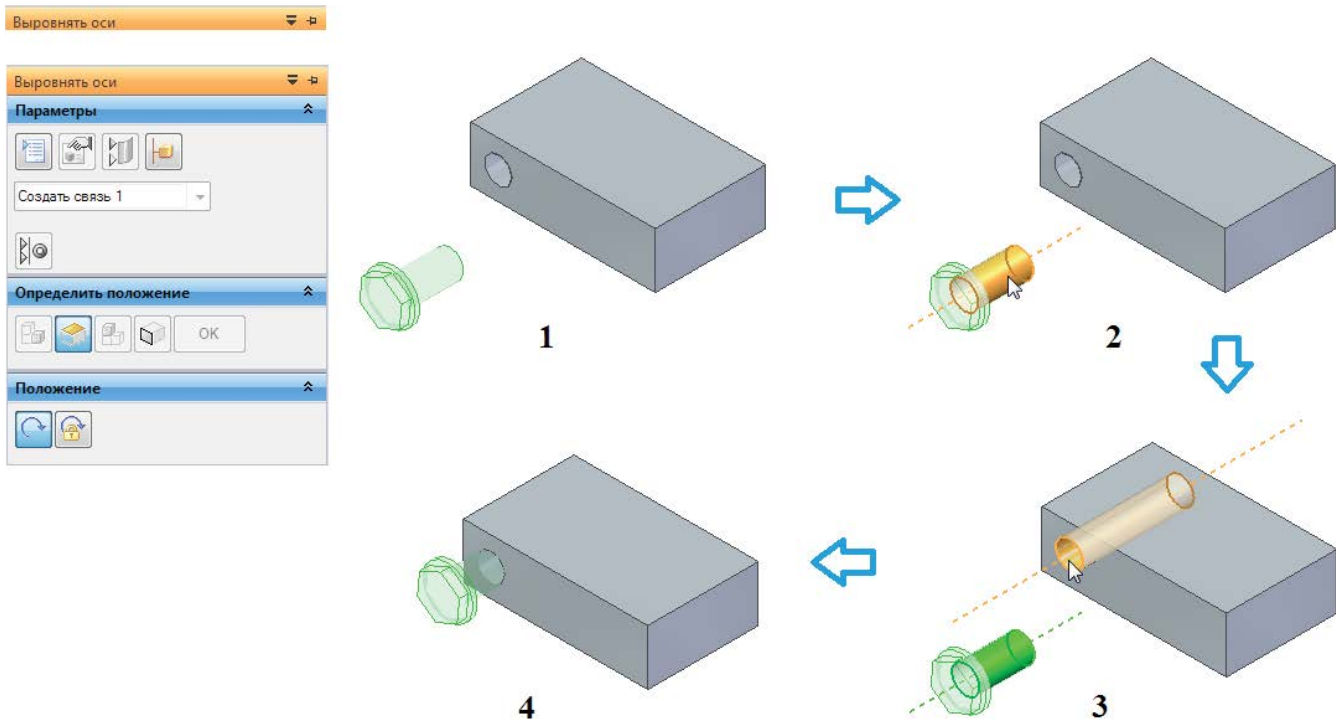



Рис. 2.7.31. Пример наложения связи **Выровнять оси**

Связь **Вставить**

Связь **Вставить**  – специальный тип связи, в рамках которой за одну команду накладываются сразу две связи: совмещения с фиксированным смещением и выравнивания осей с фиксированным углом поворота. Таким образом, осесимметричную деталь (например, крепежный элемент) можно полностью позиционировать за одну команду. Пример наложения связи представлен на рис. 2.7.32. Первый этап (А) аналогичен связи **Выровнять оси** с опцией **Запретить вращение**, на втором этапе (В) накладывается связь **Совместить** – указываются плоская нижняя грань головки болта и плоская грань детали сборки, в которой выполнено отверстие.

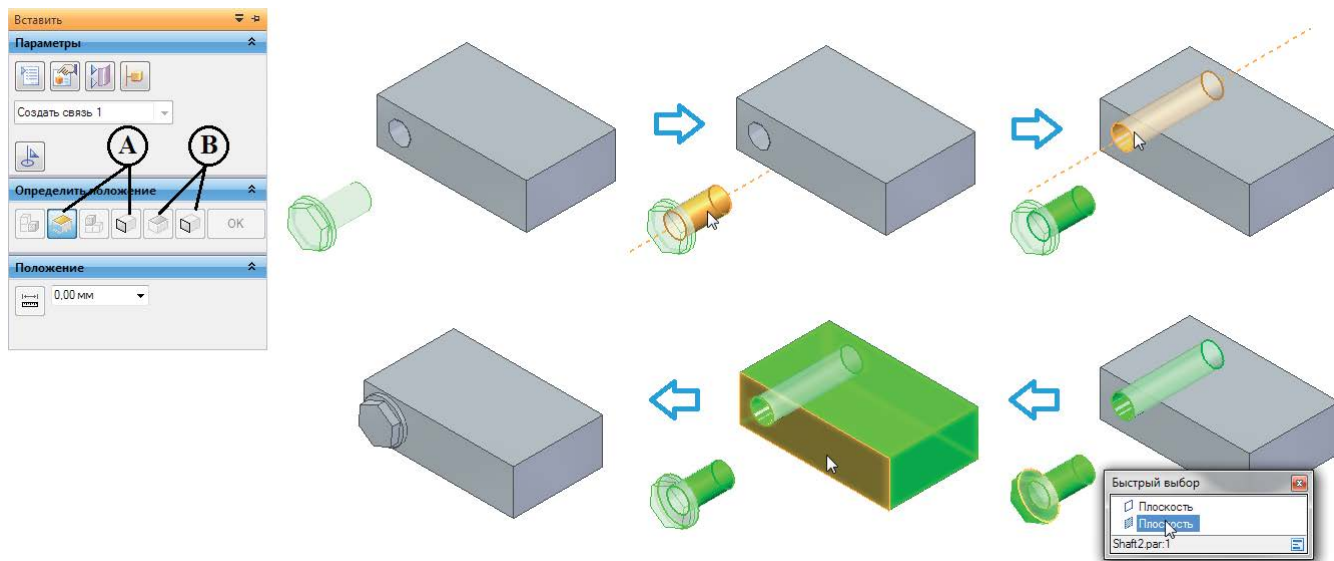


Рис. 2.7.32. Пример наложения связи Вставить

Связь Соединить

Связь **Соединить** используется в случаях, когда нельзя корректно позиционировать деталь с помощью связей выравнивания и совмещения. В рамках этой связи можно совместить характерную точку одной детали с характерной точкой, ребром или гранью другой детали. Пример на рис. 2.7.33 демонстрирует наложение связи соединения, чтобы поместить сферическую деталь в соответствующий сферический паз, указав при этом для совмещения центральные точки сфер.

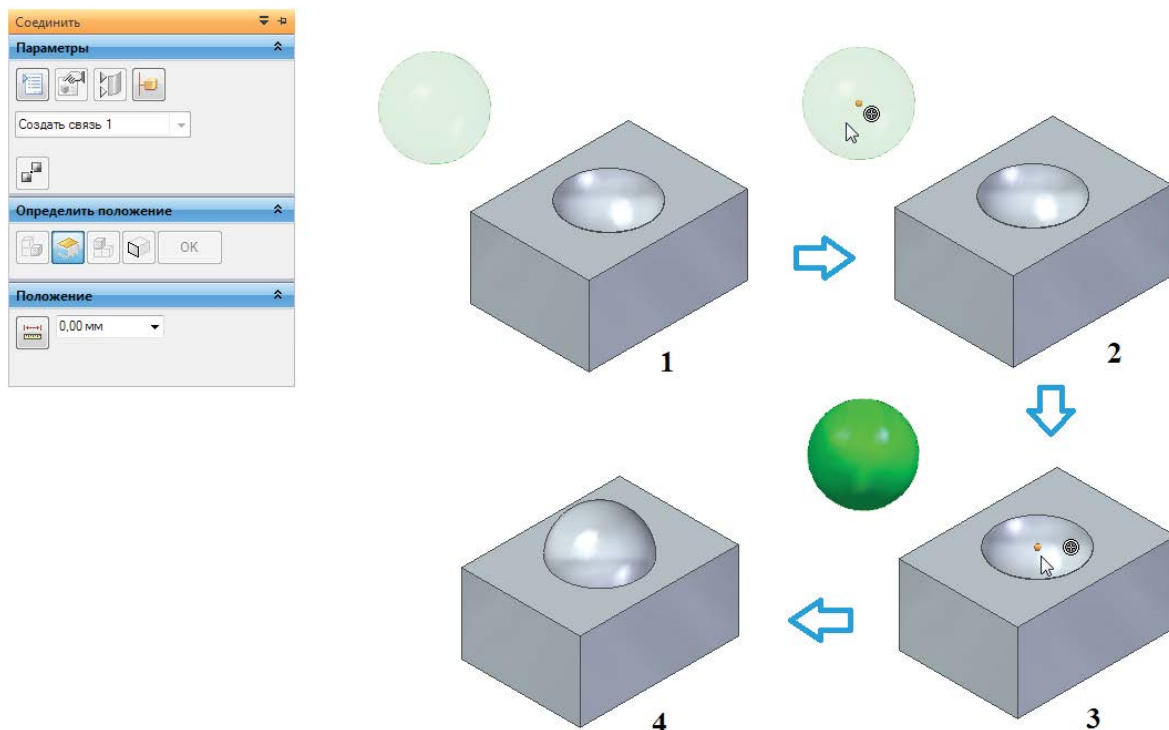



Рис. 2.7.33. Пример наложения связи Соединить


Связь распознает различные характерные точки, отрезки и поверхности. В качестве комбинации для наложения этой связи могут выступать соединения:

- точки первой детали и точки второй детали;
- точки первой детали и линии второй детали;
- точки первой детали и грани второй детали;
- линии первой детали и точки второй детали;
- грани первой детали и точки второй детали.

Связь Касание

Связь **Касание**  задает касательность двух граней с возможным указанием их фиксированного смещения. Связь касания можно применять между цилиндром, конусом, тором и цилиндром, конусом, тором или плоскостью.

Связь Угол

Связь **Угол**  задает угловое смещение между двумя гранями. Изменяя величину угла, можно впоследствии менять относительное угловое положение деталей в сборке.

Последовательность наложения связи следующая (см. рис. 2.7.34):

- указать (A) ребро или грань, до которых измеряется угол (2);
- указать (B) ребро или грань, от которых ведется измерение угла (3);
- указать (C) плоскость или ось для отсчета угла, которая должна лежать в плоскости одной из ранее выбранных граней или образовывать плоскость с одним из ранее выбранных ребер (4);
- указать (D) один из восьми вариантов отсчета угла (5): 4 варианта по часовой стрелке и 4 варианта – против;
- ввести (E) значение углового смещения (5).

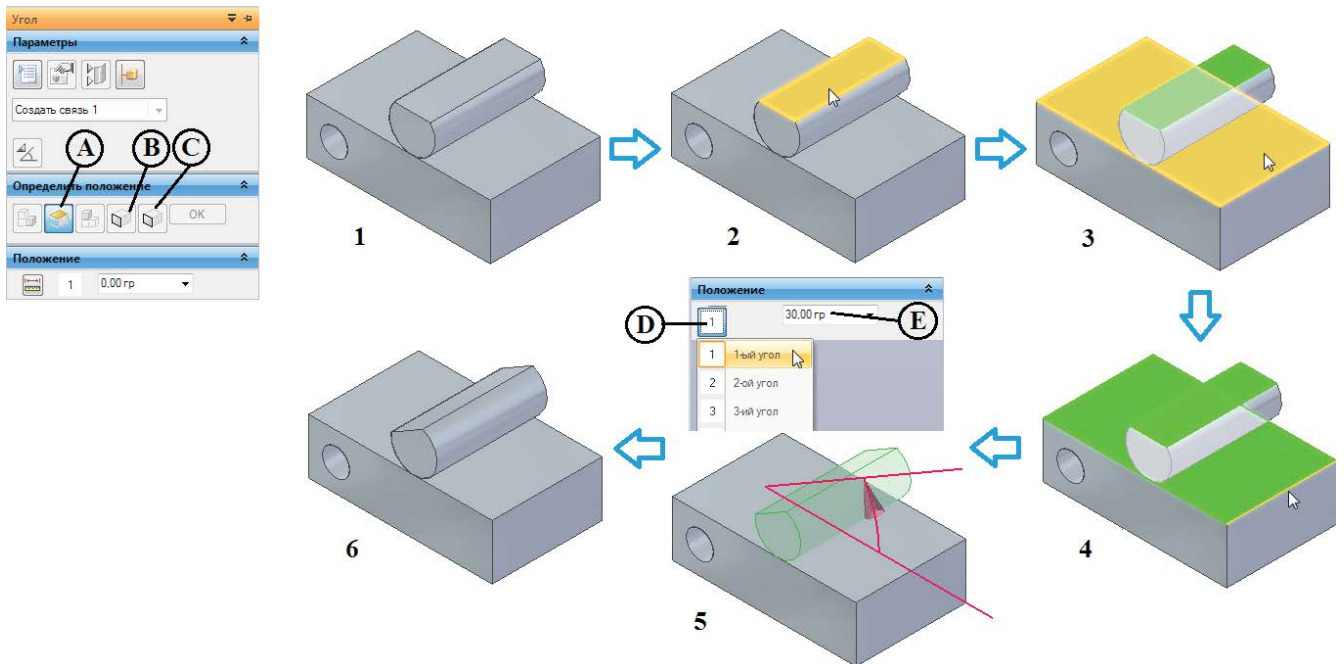



Рис. 2.7.34. Пример наложения связи Угол

Связь Центральная плоскость

Связь **Центральная плоскость**  помещает геометрический элемент, которым может быть, например, характерная точка, плоская грань, ребро или ось цилиндра, в плоскость симметрии, которая проходит между двумя выбранными плоскими гранями, базовыми плоскостями или характерными точками. Возможны несколько вариантов задания связи:

- 1) на первом шаге выбирается один центрируемый геометрический элемент (точка, грань, ребро, ось), на втором – два элемента (грани, плоскости), определяющие плоскость симметрии, в которую помещается центрируемый элемент;
- 2) на первом шаге выбираются два элемента – грани, плоскости или точки, определяющие плоскость размещения, на втором – один элемент (грань, плоскость), с которым будет совмещена плоскость совмещения;
- 3) и на первом, и на втором шаге выбираются два элемента (грани, плоскости), в этом случае после наложения связи плоскость размещения и плоскость симметрии будут совмещены.

Выбираемые в качестве двух элементов грани или плоскости могут в общем случае быть непараллельными. Переключения между выбором одного либо двух элементов на каждом шаге производятся при помощи раскрывающегося списка (см. рис. 2.7.35, F).

Наложение связи рассмотрено на примере первого варианта (см. рис. 2.7.35). Например, следует поместить грань A (1) таким образом, чтобы она располагалась в плоскости симметрии между гранями B и C. Для этого необходимо:

- выбрать (D) центрируемый элемент – грань A (3), при этом переключатель F автоматически примет положение **Два элемента** для последующего выбора;
- выбрать (E) последовательно две грани – B (4) и C (5), определяющие плоскость симметрии;
- результат в двух видах представлен на (6).

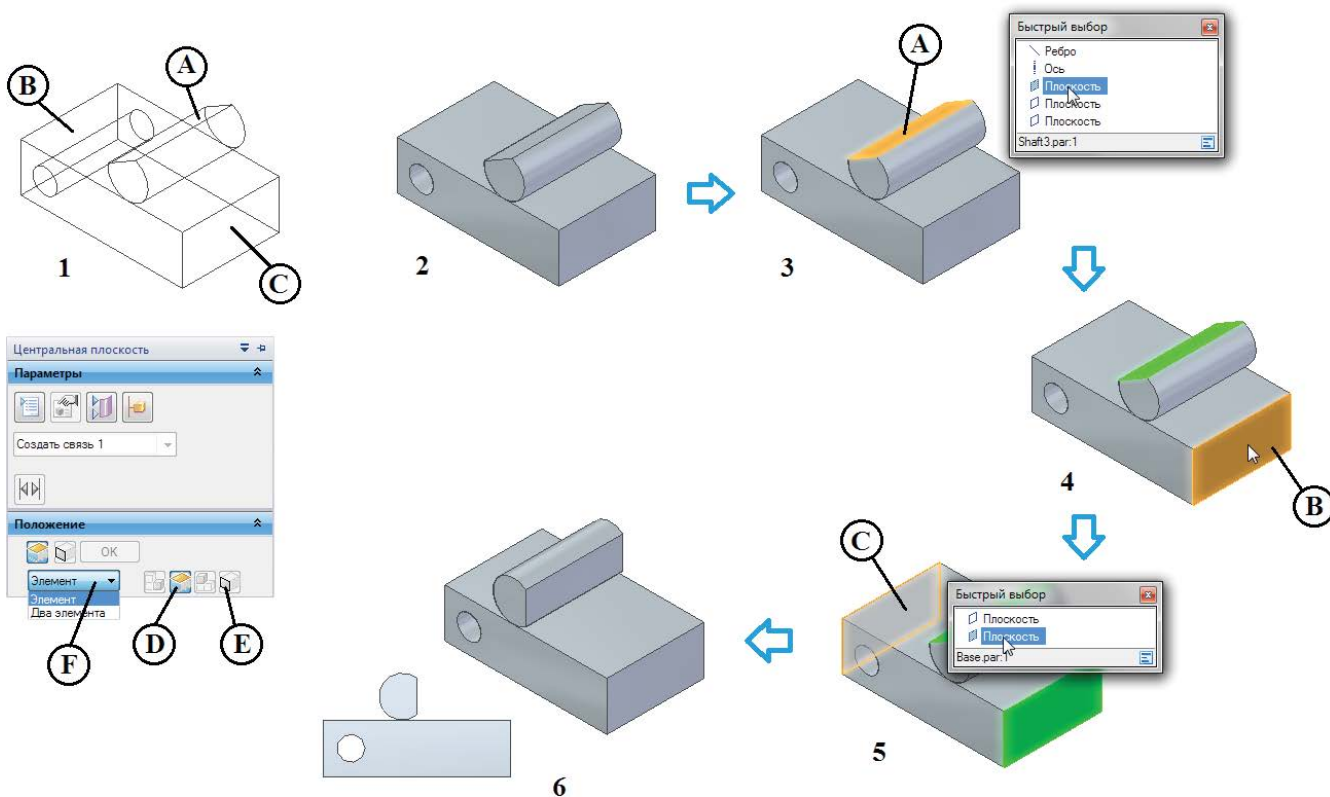


Рис. 2.7.35. Пример наложения связи Центральная плоскость

При выборе связи в навигаторе отобразится плоскость симметрии. С помощью кнопки **Поменять** можно выбрать одно из двух допустимых положений детали, которой принадлежит центрируемый элемент (см. рис. 2.3.36, 1 и 2).

Связь Трасса

Связь **Трасса** устанавливает между двумя деталями в сборке связь, определяющую характер перемещения одной детали относительно другой вдоль трассы. Данная связь находится в раскрывающейся группе связей **Кулачок**. Для наложения связи требуется задание толкателя (перемещаемой детали) и цепочки элементов (трассы). Трасса обязательно должна представлять собой гладкую непересекающуюся кривую, может быть замкнутой либо незамкнутой,

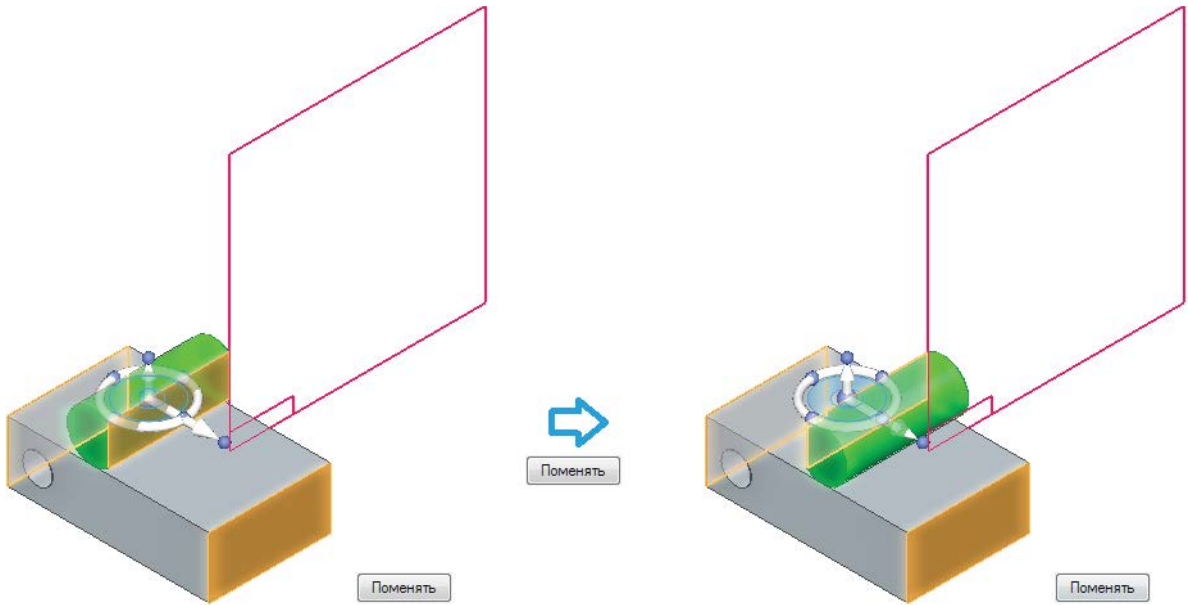


Рис. 2.7.36. Отображение связи Центральная плоскость

плоской или трехмерной. Если элементы трассы не касательны друг к другу, между ними будут построены скругления. В качестве трассы удобно использовать осевую линию паза, предварительно простроенного в среде детали.

Пример назначения связи **Трасса** для задания перемещения детали в пазе представлен ниже. Нижняя поверхность детали совмещена с плоским основанием паза с помощью предварительно наложенной связи **Совместить**. Для наложения связи **Трасса** необходимо:

- на первом шаге выбрать (А) совмещаемый с трассой геометрический элемент (1) толкателя (это может быть характерная точка, ребро, ось) – в данном случае это ось детали;
- на втором шаге выбрать ребро или цепочку ребер (В), определяющих трассу, при необходимости используя переключатель С (2);
- подтвердить построение, нажав соответствующую кнопку (3);
- результат построения представлен на (4).

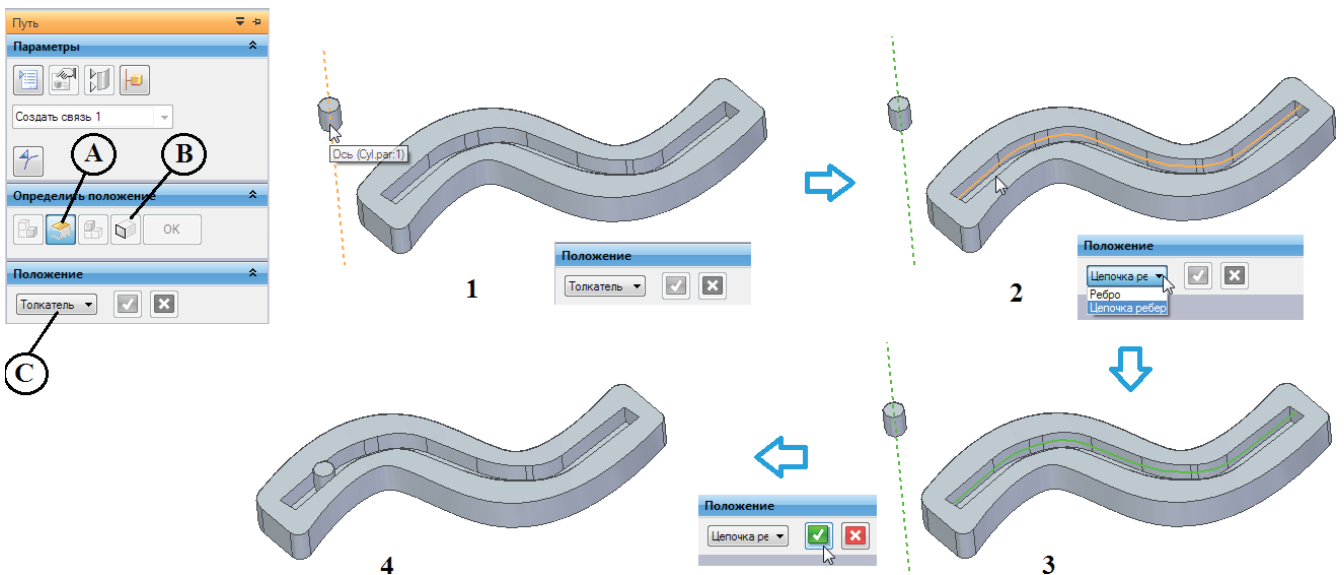



Рис. 2.7.37. Пример наложения связи Трасса

Анализ собираемости

Анализ собираемости заключается в проверке изделия на принципиальную возможность его сборки и правильность функционирования, что предусматривает выполнение конструкторских требований, прежде всего по отсутствию взаимных пересечений между компонентами сборки, по поддержанию допустимых значений зазоров, а также по отсутствию столкновений деталей при движении механизмов.

Наличие пересечений и столкновений между деталями сборки можно проверить несколькими способами: в динамическом режиме – с помощью команды **Переместить компонент** и специальной среды проверки кинематики механизма **Движение**, в статическом режиме – с помощью команды **Проверить пересечение**. Для цели проверки допустимых зазоров можно задействовать механизм сенсоров. Эти возможности, за исключением среды **Движение**, будут последовательно рассмотрены ниже.

Статическая проверка с помощью команды Проверить пересечение

Команда **Проверить пересечение** , располагающаяся в группе **Вычислить** на вкладке **Измерения**, позволяет проверить наличие пересечений между неподвижными компонентами сборки. Меню команды представлено на рис. 2.7.38. Кнопка **Параметры** позволяет настроить состав анализируемых элементов, представление результатов в графическом окне (рис. 2.7.39, А) и содержание текстового файла отчета (рис. 2.7.39, В).

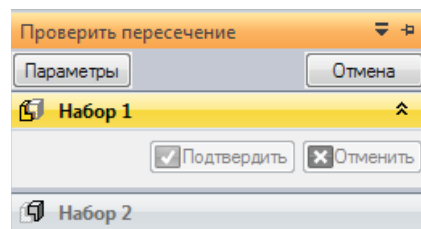
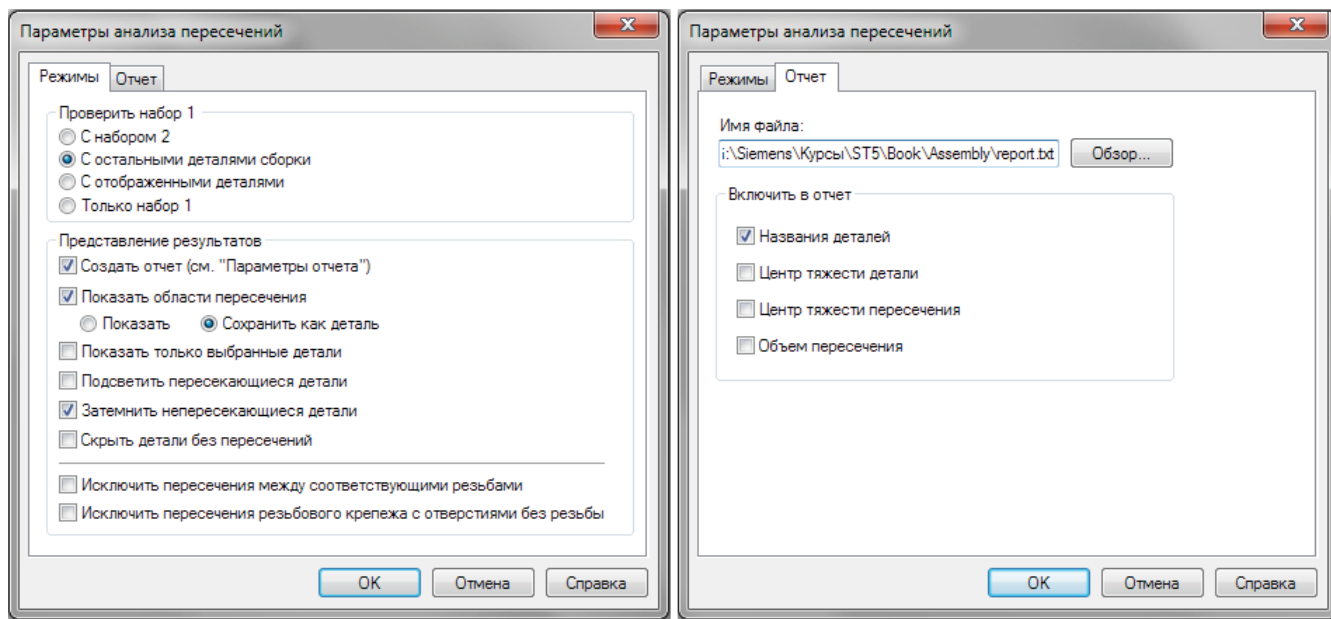


Рис. 2.7.38. Меню команды Проверить пересечение



А

В

Рис. 2.7.39. Параметры команды Проверить пересечение: А – режимы; В – отчет

Предварительно необходимо создать один или два набора деталей, указывая их последовательно с помощью навигатора или в графическом окне. Можно искать пересечения (последовательность соответствует опциям окна на рис. 2.7.39, А):

- всех деталей набора 1 со всеми деталями набора 2;
- всех деталей набора 1 со всеми остальными деталями сборки;
- всех деталей набора 1 с видимыми в данный момент деталями;
- только внутри набора 1.

Последовательность действий при работе с командой следующая (см. пример на рис. 2.7.40, где проверяется пересечение детали – платы с направляющими конвейера и ограничителем движения):

- задать параметры (В) – в данном примере проверяется пересечение набора 1 с остальными деталями сборки, показываются области пересечения и затемняются непересекающиеся детали;
- задать состав набора 1 (С) – деталь pcb;
- подтвердить выбор нажатием соответствующей кнопки в меню команды, щелчком ПКМ или нажатием кнопки **Выполнено**. Результат представлен на рис. 2.7.40, D.

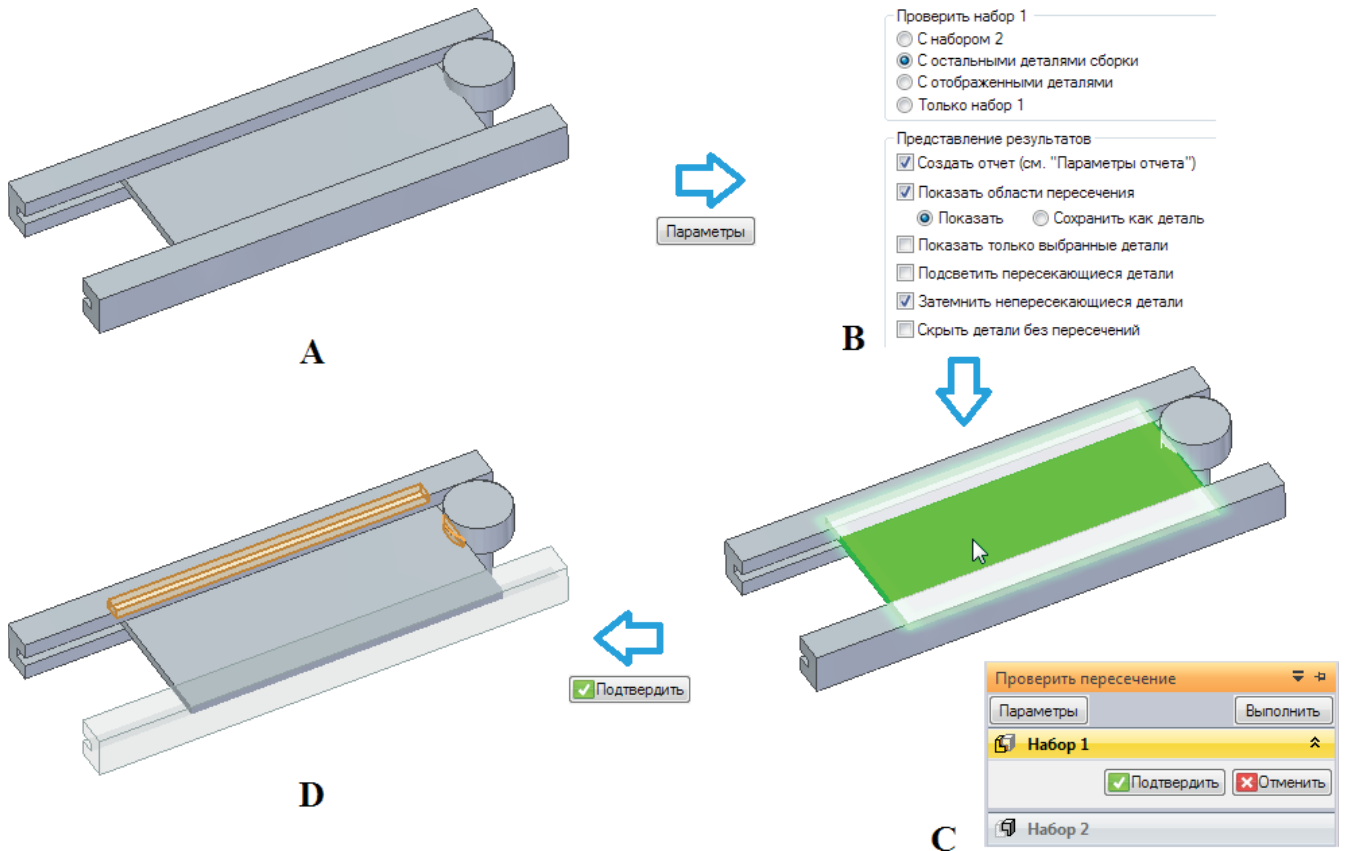



Рис. 2.7.40. Пример использования команды Проверить пересечение

Если в параметрах команды указать для пересечений опцию **Сохранить как деталь** вместо **Показать**, то после ее выполнения в навигаторе сборки появится новая обычная деталь с именем **Пересечение 1**, зафиксированная по месту и содержащая вспомогательную геометрию пересечения (рис. 2.7.41).

Параметр **Исключить пересечения резьбового крепежа с отверстиями без резьбы** (см. рис. 2.7.39, A), если включен, помогает, например, игнорировать пересечения самореза с внутренней поверхностью отверстия без резьбы, а в выключенном состоянии – контролировать закручивание винта на глубину, превышающую глубину резьбы.

Параметр **Исключить пересечения между соответствующими резьбами** позволяет игнорировать несовпадение шага резьбы отверстия и винта при одинаковом их номинальном диаметре.

Динамическая проверка с помощью команды Переместить компонент

Команда **Переместить компонент**  располагается в среде сборки в группе **Изменить** на вкладке **Главная** и позволяет анализировать физическое движение компонентов сборки и находить их столкновения и взаимные пересечения при движении. Меню команды представлено на рис. 2.7.42.

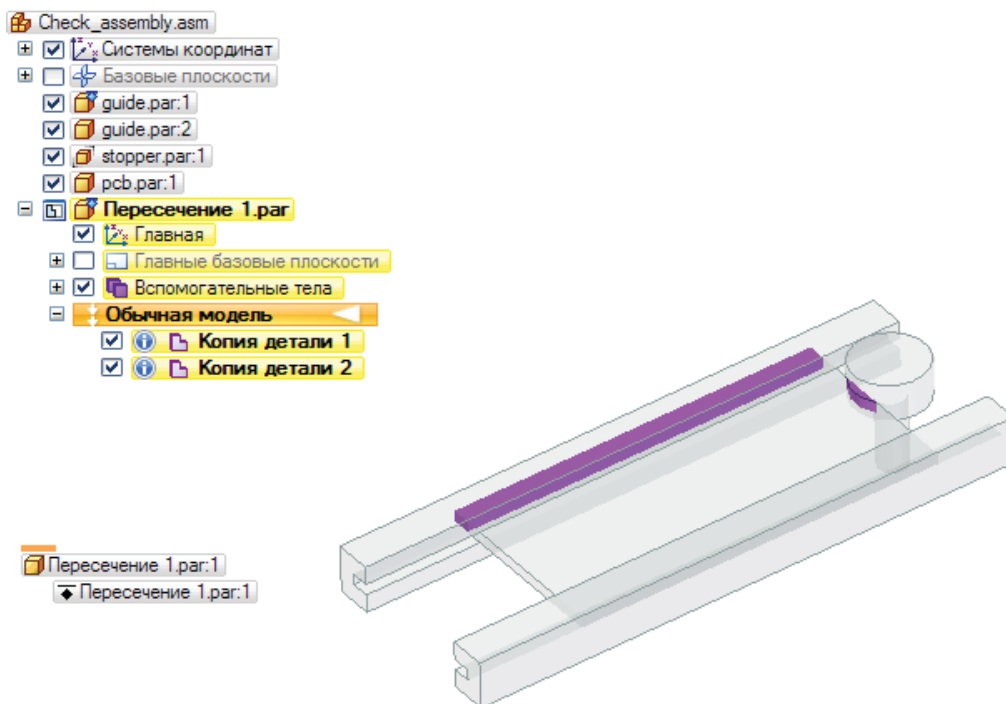


Рис. 2.7.41. Сохранение обнаруженных пересечений в качестве деталей

В начале выполнения команды или при нажатии кнопки **Параметры** в ее меню появляется окно настройки параметров поиска пересечений (рис. 2.7.43), где, в частности, настраивается:

- разрешение/запрет выбора зафиксированных компонентов (деталей, на которые наложена связь **Зафиксировать**);
- объекты анализа – включать ли в анализ деактивированные в данный момент компоненты (для опции **Физическое движение**);
- режимы анализа – будут ли ищиться пересечения только для выбранного компонента или для всех компонентов, перемещаемых вместе с выбранным (для опции **Найти пересечения**);
- показ обнаруженных пересечений (для опции **Найти пересечения**);
- звуковой сигнал и остановка движения при обнаружении пересечения (для опции **Найти пересечения**).

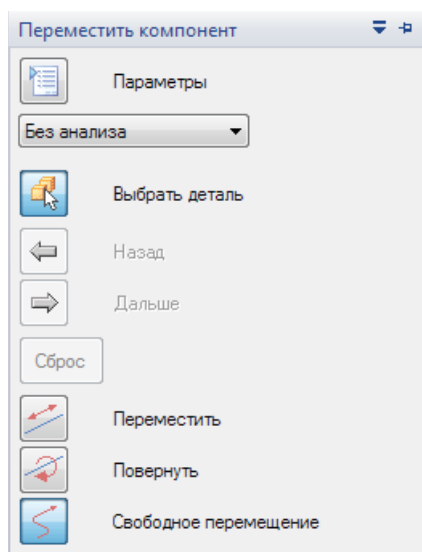


Рис. 2.7.42. Меню команды Переместить компонент

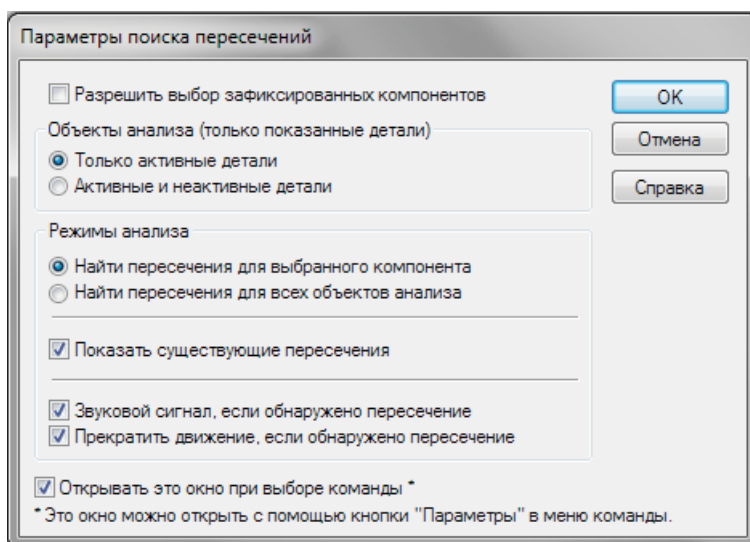


Рис. 2.7.43. Параметры команды Переместить компонент

Анализируемый компонент должен иметь степень свободы, позволяющую осуществить перемещение/вращение, либо быть зафиксированным по месту (в этом случае для его включения в анализ необходимо установить флажок **Разрешить выбор зафиксированных компонентов** в параметрах команды). Если деталь изначально лишена необходимых для движения степеней свободы с помощью наложения связей, для выполнения анализа одну или несколько связей необходимо отключить, воспользовавшись командой **Отключить** из контекстного меню связи (см. рис. 2.7.44). В данном примере временно отключается связь, выравнивающая со смещением торец платы с торцом направляющей конвейера, что позволяет в дальнейшем анализировать перемещение платы вдоль направляющих.

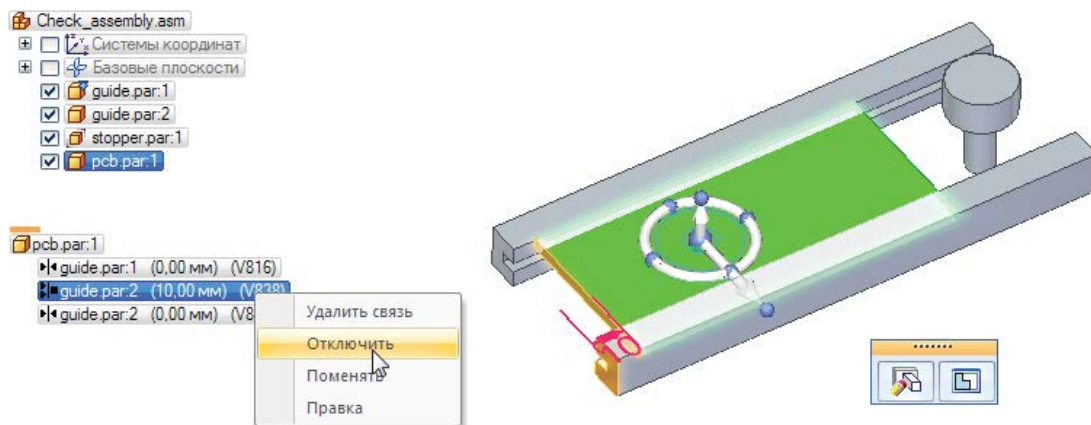


Рис. 2.7.44. Временное отключение связи для обеспечения движения детали при поиске пересечений

У команды **Переместить компонент** есть несколько режимов анализа, выбираемых в выпадающем списке меню команды (см. рис. 2.7.42). Режим **Без анализа** позволяет осуществить моделирование движения в сборке без определения контактов между деталями, то есть с возможностью их взаимопроникновения.

Режим **Физическое движение** дополнительно позволяет определять контакты, что накладывает ограничения на диапазон движения – детали не могут проникать друг в друга.

Режим **Найти пересечения** определяет взаимопроникновение деталей, при этом в окне **Параметры поиска пересечений** (рис. 2.7.43) можно настроить, будет ли движение останавливаться при контакте либо деталям будет позволено проникать друг в друга. Контакт также может сопровождаться звуковым сигналом. Здесь же можно настроить показ уже имеющихся к моменту начала движения пересечений.

Отличия в работе трех режимов наглядно показаны на рис. 2.7.45. Режим **Найти пересечения** (С) настроен с отключенным параметром **Прекратить движение, если обнаружено пересечение**.

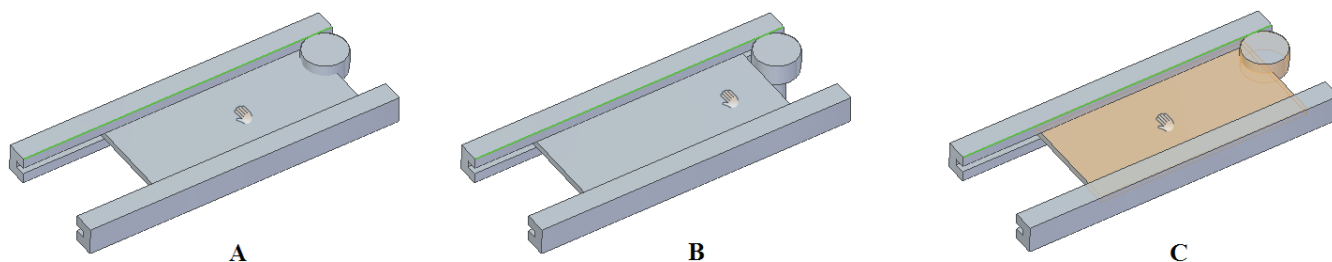




Рис. 2.7.45. Пример результатов работы режимов команды **Переместить компонент**: А – Без анализа; В – Физическое движение; С – Найти пересечения

Чтобы определить пересечения с помощью данной команды (см. пример на рис. 2.7.46, где проверяется столкновение платы с ограничителем движения при ее прямолинейном движении по конвейеру вдоль направляющих), необходимо:

- задать параметры (А) – в данном примере выбраны параметры **Только активные детали**, **Найти пересечения для выбранного компонента**; остановка движения при обнаружении пересечения не производится, выдается звуковой сигнал (2);

- выбрать (В) опцию **Найти пересечения**;
- выбрать (С) перемещаемую деталь – pcb (3);
- выбрать (D) режим движения – в данном примере **Переместить**;
- выбрать ребро, вдоль которого осуществляется перемещение (4);
- нажав и не отпуская ЛКМ, осуществлять динамическое перемещение выбранной детали, либо задать (E) точное значение перемещения в поле **Расстояние** (5);
- при динамическом обнаружении пересечения соответствующие детали подсвечиваются, и прозвучит сигнал (6).

Кнопка **Повернуть**  поворачивает деталь вокруг выбранной оси, кнопка **Свободное перемещение**  позволяет перемещать выбранную деталь произвольно, в соответствии с оставшимися у нее степенями свободы.

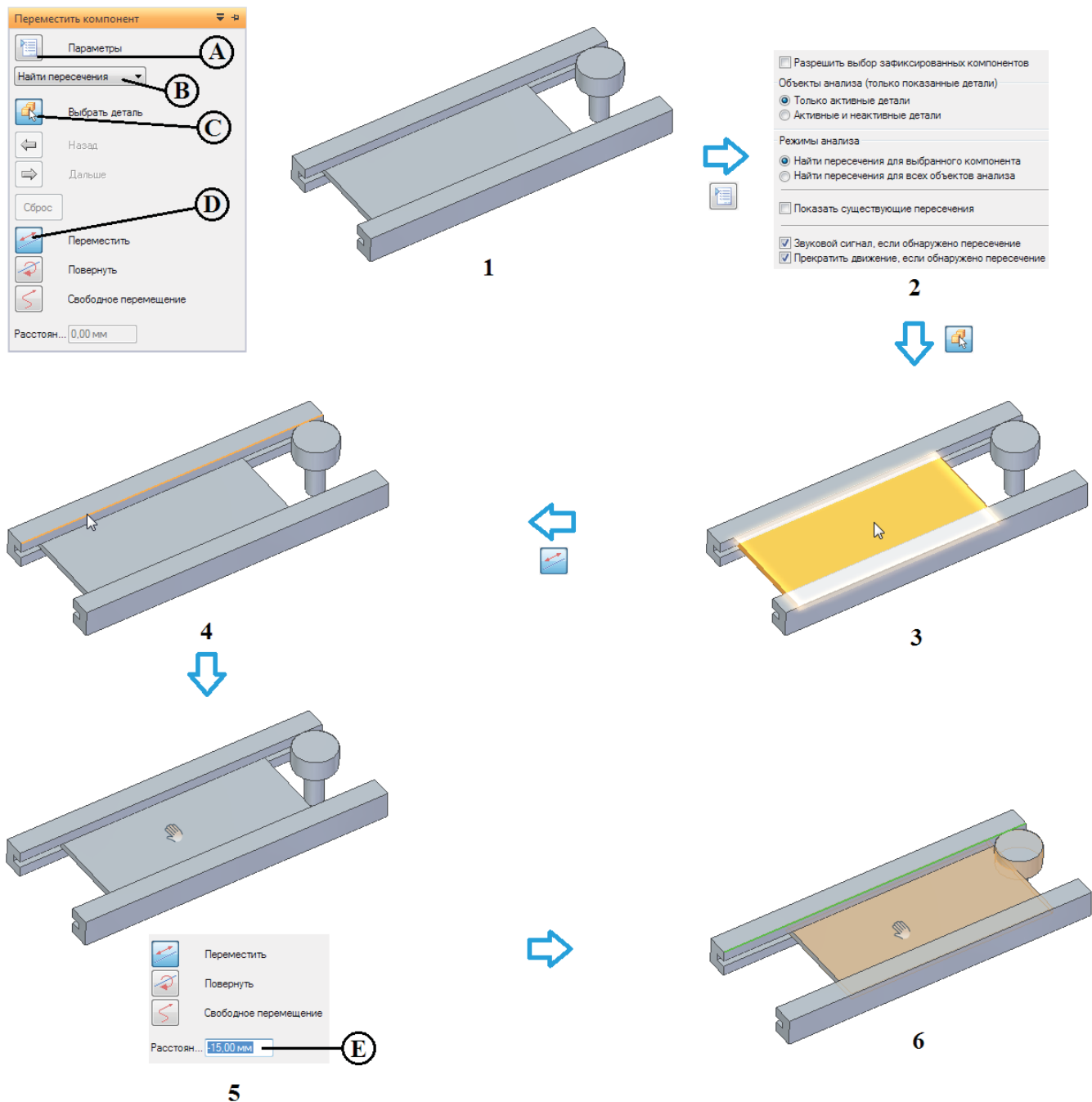








Рис. 2.7.46. Процедура определения пересечений в сборке с помощью команды Переместить компонент

С помощью кнопок **Назад**  и **Дальше**  деталь можно дискретно переместить в одно из ранее заданных/последующих положений, кнопка **Сброс**  возвращает деталь в исходное положение до начала движения.

Использование сенсоров для контроля зазоров

Чтобы в процессе проектирования иметь возможность контролировать предельные значения и диапазоны изменения критичных размерных параметров конструкции, в системе Solid Edge предусмотрен специальный механизм сенсоров. Сенсоры располагаются на одной из вкладок навигатора. Вид пустой вкладки **Сенсоры** приведен на рис. 2.7.47. Для сборки доступны следующие виды сенсоров:

- **Минимальное расстояние**  – контролирует минимальное расстояние между двумя элементами;
- **Переменная**  – контролирует значения переменных, включая управляющие и зависимые размеры;
- **Дополнительный сенсор**  – контролирует любые числовые результаты, вычисляемые программой пользователя (требует наличия функции в пользовательской DLL).

Для целей контроля зазоров в сборках в общем случае используется сенсор **Минимальное расстояние**. Например, в рассмотренной выше сборке необходимо, чтобы зазор между платой и направляющей конвейера для обеспечения беспрепятственного перемещения платы и одновременного отсутствия ее заклинивания вследствие перекоса был больше 2 мм, но меньше 5 мм. Чтобы создать сенсор, контролирующий этот диапазон, необходимо выполнить следующую процедуру (рис. 2.7.48):

- выбрать (А) вкладку **Сенсоры** в навигаторе (1);
- нажать (В) кнопку сенсора **Минимальное расстояние** (2);
- появится меню команды сенсора; в раскрывающемся списке типов элементов, от которых будет отсчитываться расстояние, необходимо выбрать (С) **Поверхности** (3);
- выбрать две поверхности, зазор между которыми будет контролироваться (4, 5);
- в модели обозначатся две точки, между которыми измеряется искомое расстояние, а в появившемся окне отобразятся данные по измеренному текущему расстоянию, включая координаты точек отрезка (6);
- закрыть (D) окно команды, нажав кнопку **Закрыть**;
- в появившемся окне **Параметры сенсора** ввести необходимые данные – имя сенсора (Е, **Clearance**), тип (F, **Диапазон**), оператор (G, **Не между**), пороги – мин. (H, **2,00**) и макс. (I, **5,00**), диапазон – нижний (J, **0,00**) и верхний (K, **10,00**) (7);
- нажать кнопку **ОК**;
- заданный сенсор появится на вкладке **Сенсоры** (8).

Теперь заданный диапазон будет отслеживаться сенсором. Если значение зазора выйдет за его пределы (например, при изменении смещения в соответствующей связи, см. рис. 2.7.49), сенсор просигнализирует об этом изменением значка на вкладке **Сенсоры** (А) и в правом верхнем углу графического окна (В). Щелчок ЛКМ по значку В откроет окно (С) с информацией о нарушенном сенсоре. Щелчок ЛКМ на имени сенсора откроет вкладку **Сенсоры**, где рядом с нарушенным сенсором будет располагаться предупреждающий значок в виде красного восклицательного знака. При возвращении контролируемого значения в заданный диапазон сенсор приобретет прежний вид.

Конструирование сборки «сверху вниз»

До настоящего момента в данной главе рассматривался подход к конструированию «снизу вверх», в рамках которого сначала проектируются отдельные детали, из них последовательно создаются под сборки и, в завершение, сборка верхнего уровня. Такой подход оправдан для конструирования несложных изделий, создаваемых одним специалистом или небольшой группой проектировщиков.

Конструирование «сверху вниз» предусматривает иной подход: сначала создается структура или компоновочный эскиз всего изделия – сборки верхнего уровня, а составные детали и под сборки создаются уже в ее контексте или вставляются в сборку. При этом составляющие сборки могут до определенного момента оставаться виртуальными и заменять-

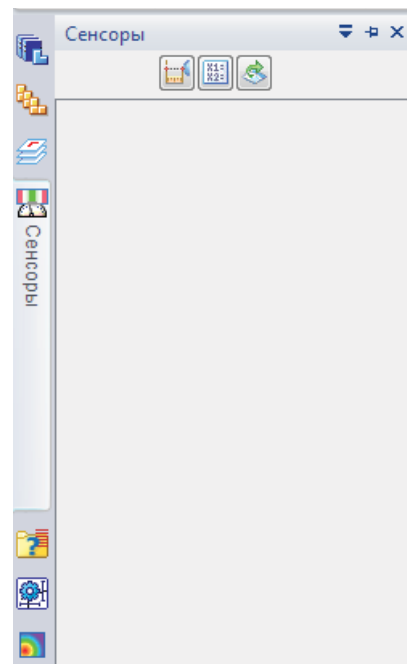


Рис. 2.7.47. Вид пустой вкладки **Сенсоры**

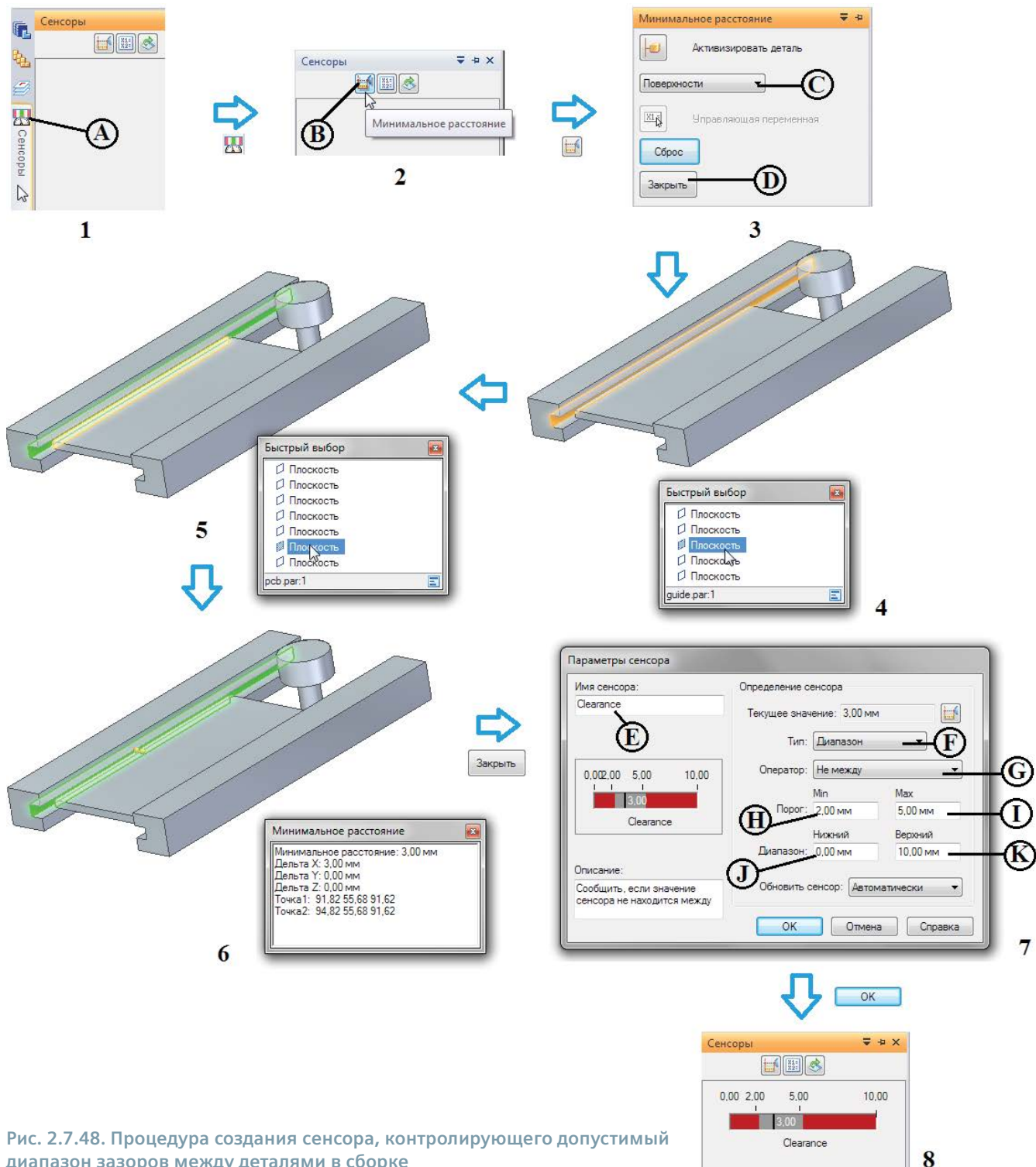


Рис. 2.7.48. Процедура создания сенсора, контролирующего допустимый диапазон зазоров между деталями в сборке

ся реальными деталями и подборками по мере готовности. Такой способ проектирования применим при создании сложного изделия с большим числом деталей, для разработки которого требуется участие множества специалистов, возможно, представляющих несколько подразделений предприятия или различные предприятия. В рамках подобного подхода главный конструктор изделия изначально создает структуру сборки, а затем распределяет локальные задачи по проектированию отдельных узлов между ответственными подразделениями и специалистами.

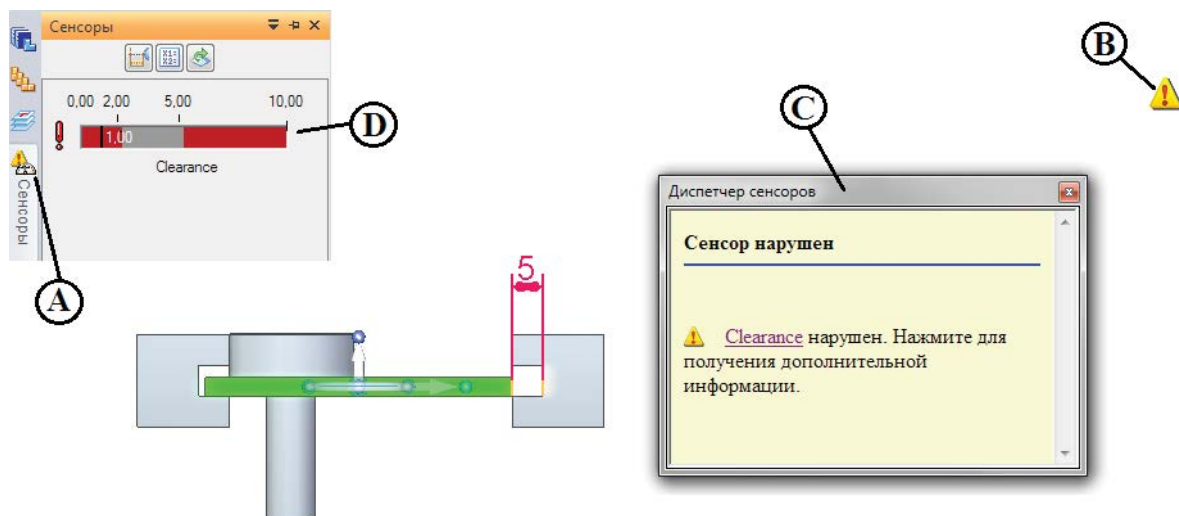


Рис. 2.7.49. Индикация состояния сенсора при выходе контролируемого значения за допустимые пределы

Реализованный в системе Solid Edge подход к проектированию «сверху вниз» позволяет:

- разделять задачи проектирования различных узлов изделия между исполнителями;
- подключать под сборки по мере их готовности;
- проводить уточнения компоновки изделия при модификации механических узлов, а также изменении расположения элементов, например на печатных платах;
- эффективно использовать уже наработанные конструкции, в том числе заимствованные и покупные изделия;
- отслеживать варианты для оценки нескольких вариантов конструктивного исполнения;
- автоматически учитывать взаимосвязи между деталями для выявления ошибок и коллизий размещения.

Инструментарий проектирования «сверху вниз» в Solid Edge включает в себя главным образом создание структуры виртуальных компонентов сборки и уже рассмотренное выше в данной главе создание деталей по месту, то есть в контексте сборки.


Создание и редактирование структуры сборки проводится с помощью специального инструмента – редактора структуры виртуальных компонентов. Виртуальным называется компонент, используемый в качестве заместителя реального компонента, который будет создан и помещен в сборку на более позднем этапе. Типовая процедура создания виртуальной сборки в Solid Edge следующая:

- создание компоновочного эскиза сборки;
- создание структуры сборки и виртуальных компонентов;
- добавление существующих компонентов;
- назначение виртуальным компонентам плоской геометрии;
- создание эскизов predetermined компонентов;
- добавление экземпляров виртуальных компонентов;
- размещение виртуальных компонентов;
- опубликование виртуальных компонентов.

Эти этапы будут последовательно рассмотрены ниже на примере приспособления для поддержки печатных плат снизу в позиции сборки на автомате установки компонентов. Приспособление состоит из плиты основания, на которой размещаются под сборки – магнитные опоры со штырями, которые поддерживают плату снизу в нескольких точках и предотвращают ее прогиб на операции установки компонентов.

Создание компоновочного эскиза сборки

Прежде чем создавать виртуальные компоненты, необходимо создать компоновочный эскиз сборки, который определит последующее расположение виртуальных и существующих компонентов. Для этого необходимо перейти в среду

построения эскиза с помощью команды **Эскиз** , располагающейся в одноименной группе на вкладке **Главное**. После нажатия этой кнопки следует указать базовую плоскость сборки (в примере это плоскость XY), после чего сборка перейдет в режим эскиза. Далее эскиз создается при помощи традиционных инструментов построения двумерной геометрии. Если компоновочный эскиз достаточно сложен, то для последующего удобства работы с виртуальными компонентами следует использовать механизм слоев, размещая, например, отдельные группы геометрических элементов и размеры эскиза в различных слоях.

В рассматриваемом примере (рис. 2.7.50) эскиз состоит из контура плиты основания с крепежными отверстиями (слой **Основание**, 1), размеченных мест установки магнитных опор платы с определенной ориентацией кронштейнов, несущих опорные штифты (слой **Опоры**, 1) и размеров (слой **Размеры**, 3, показаны все слои). Показано одно место под магнитную опору, остальные будут добавлены в качестве экземпляров виртуального компонента (см. ниже).

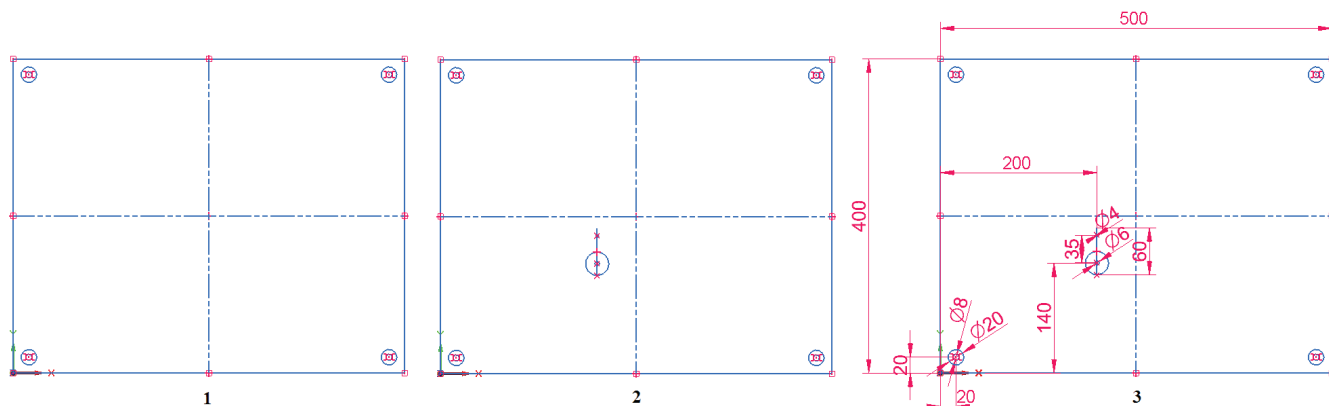




Рис. 2.7.50. Компоновочный эскиз сборки в трех слоях

По завершении создания эскиза его закрытие и возврат в основную среду сборки производится с помощью кнопки **Закрыть эскиз**  справа на вкладке **Главная** или аналогичной кнопки  в графическом окне справа от навигатора сборки. Сборочных эскизов может быть несколько (например, размещаемых в разных плоскостях). Созданный эскиз (в примере названный **Компоновка**) помещается в навигаторе в коллекции **Эскизы** и отображается в графическом окне (рис. 2.7.51). Эскизы можно создавать как до, так и после задания структуры виртуальной сборки.

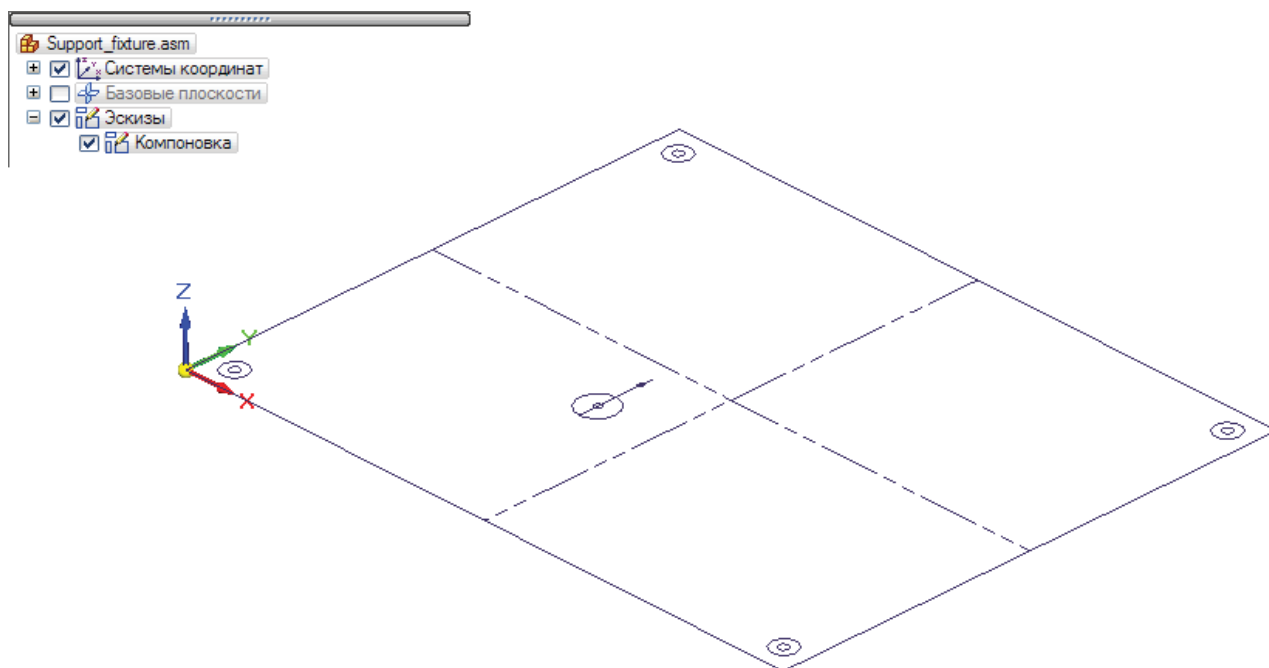



Рис. 2.7.51. Отображение созданного компоновочного эскиза в среде сборки

Создание структуры сборки и виртуальных компонентов

Этап создания виртуальных компонентов начинается с запуска редактора структуры виртуальных компонентов , который располагается на вкладке **Главная** в группе **Сборка**, после чего откроется окно редактора (рис. 2.7.52).

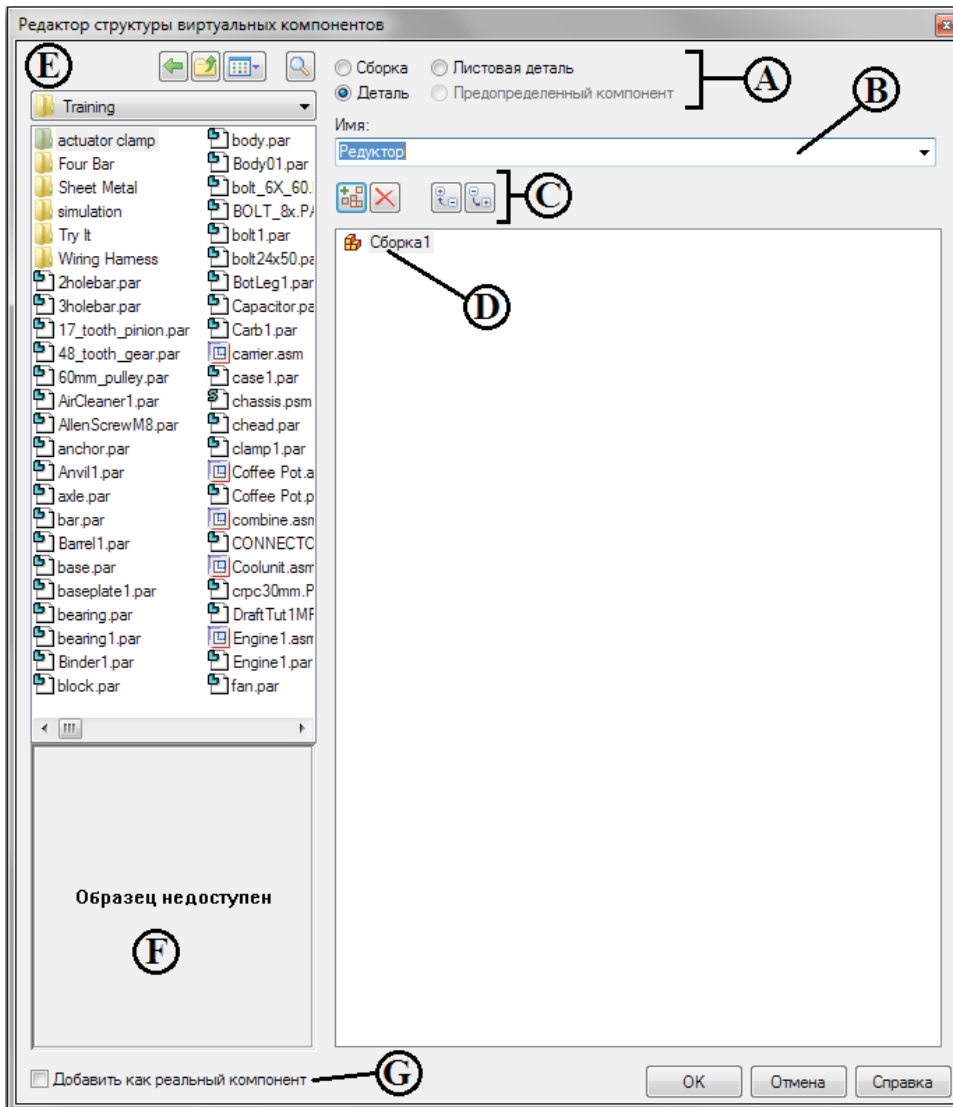







Рис. 2.7.52. Окно редактора структуры виртуальных компонентов

В его правой панели задаются виртуальные компоненты и организуется структура сборки. Для каждого нового компонента задается его тип (сборка, деталь, листовая деталь, A) и назначается имя (B). Имя можно выбрать из списка стандартных либо ввести собственное. Новый виртуальный компонент будет помещен в расположенное ниже дерево структуры сборки (D) после нажатия кнопки **Добавить виртуальный компонент**  (C) или клавиши **Ввод** в поле ввода имени. Если в данный момент в структуре выбрана сборка (подсборка) или входящая в нее деталь, компонент войдет в состав данной сборки (подсборки). Созданный виртуальный компонент пока еще не имеет какого-либо определенного физического положения и связанной с ним графики – эти действия выполняются позже.

При нажатии кнопки **На уровень вниз**  (C) выбранный в структуре компонент становится компонентом вновь создаваемой подсборки более низкого уровня, кнопки **На уровень вверх**  – перемещается в подсборку более высокого уровня или в сборку верхнего уровня. Упорядочить компоненты можно также, перетаскивая их мышью в поле (D).

Удалить компонент из структуры можно, выбрав его и нажав кнопку **Удалить**  или клавишу **Delete**.

Скопировать тип и имя виртуального компонента в соответствующие поля редактора для последующего создания такого же компонента можно, выбрав из контекстного меню компонента команду **Копировать определение**. Из этого же меню можно изменить тип компонента или переименовать его.

Нажатие кнопки **ОК** в окне редактора добавляет построенную структуру в навигатор сборки, с помощью кнопки **Отмена** осуществляется выход из редактора без изменения структуры. Структуру сборки можно изменить в любой момент, снова нажав кнопку **Редактор структуры компонентов** .

Состав виртуальных компонентов сборки для рассматриваемого примера представлен на рис. 2.7.53. В состав сборки верхнего уровня (Support_fixture) входят плита основания (**Основание**) и подсборка (**Магнитная опора**) в составе двух деталей (**Магнит** и **Кронштейн**). Остальные детали, а также экземпляры подсборки будут добавлены в дальнейшем.

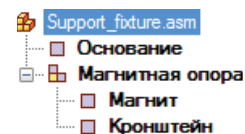


Рис. 2.7.53. Состав виртуальных компонентов сборки

Добавление существующих компонентов

В структуру сборки можно добавлять не только виртуальные, но и уже существующие компоненты. Это выполняется с помощью левой панели окна редактора структуры виртуальных компонентов (рис. 2.7.50, E), где в структуре проводника выбираются уже существующие на компьютере документы, содержащие необходимые детали и подсборки. Образец выбранного компонента отображается в поле (F). Существующие документы помещаются в структуру виртуальной сборки двумя способами: как предопределенный компонент или как реальный компонент.

Предопределенные компоненты – это виртуальные компоненты на основе существующих документов. Чтобы поместить его в виртуальную сборку, необходимо:

- выключить параметр **Добавить как реальный компонент** (G);
- перетащить мышью существующий компонент из панели (E) в правую панель редактора структуры (D), поместив курсор мыши над тем компонентом (подсборкой, сборкой верхнего уровня), в который нужно поместить предопределенный компонент.

Пространственная геометрия предопределенного компонента в сборку не добавляется. На последующих этапах в родительском документе предопределенного компонента необходимо создать плоскую геометрию, а затем позиционировать ее в эскизе сборки, тем самым разместив предопределенный компонент.

Предопределенные компоненты обычно являются покупными или утвержденными деталями, которые не подвергаются частым модификациям.

Если параметр **Добавить как реальный компонент** (G) в окне редактора включен, то в сборку добавляется пространственная геометрия, ассоциированная с выбранным компонентом. При этом становятся недоступными опции задания типа и имени компонента (A, B). Реальные компоненты можно добавлять только на верхний уровень сборки.

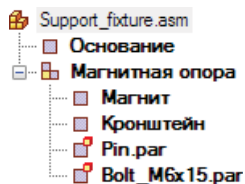


Рис. 2.7.54. Состав сборки с добавлением предопределенных компонентов

В рассматриваемом примере (см. рис. 2.7.54) в подсборку **Магнитная опора** добавляются две предопределенные детали – **Опорный штифт** (Pin) и **Болт М6х15** (Bolt_M6x15).

Назначение виртуальным компонентам плоской геометрии

Назначение виртуальным компонентам плоской геометрии, то есть элементов эскиза, определяет их размер и положение в эскизе сборки. Назначить геометрию можно только одному экземпляру каждого отдельного виртуального компонента.

После назначения виртуальный компонент становится мастер-компонентом (исходным компонентом). У исходного компонента можно создать дополнительные, или подчиненные, экземпляры (см. ниже).

Геометрию эскиза, связанную с исходным компонентом, в отличие от экземпляра, можно редактировать напрямую. Геометрия эскиза экземпляра компонента является ассоциативной копией геометрии эскиза исходного компонента, поэтому обновляется автоматически при обновлении геометрии эскиза исходного компонента. Назначить геометрию можно только из среды данного эскиза.

Процедура назначения геометрии будет рассмотрена на примере виртуального компонента **Основание** (рис. 2.7.55). Необходимо:

- 1) перейти в среду эскиза, геометрия которого будет назначаться, с помощью команды **Правка профиля** из контекстного меню эскиза или быстрого меню;
- 2) активировать нужный слой и скрыть остальные (если необходимо) на закладке **Слои**;
- 3) выбрать команду **Правка** в контекстном меню виртуального компонента;
- 4) выбрать в графическом окне плоские геометрические элементы эскиза, которые нужно назначить виртуальному компоненту (выбирая их поочередно щелчком ЛКМ или обводя рамкой; щелчок ЛКМ с нажатой клавишей **Shift** снимает выбор), и нажать кнопку **Подтвердить** на шаге **Выбор** в меню команды **Правка** или щелкнуть ПКМ;
- 5) определить (A) исходное положение виртуального компонента, указав начальную точку и направление оси X на шаге **Ориентация** в меню команды **Правка** (например, указав две точки отрезка, пользуясь выбранной по умолчанию опцией **Определить начало**); с помощью кнопки **Свободная начальная точка** можно указать неассоциативную начальную точку в любом месте графического окна (5), а также выбрать базовую плоскость, на которой будет опубликован виртуальный компонент, в списке **Где опубликовать** (B);
- 6) нажать кнопку **Готово** в меню команды или щелкнуть ПКМ.

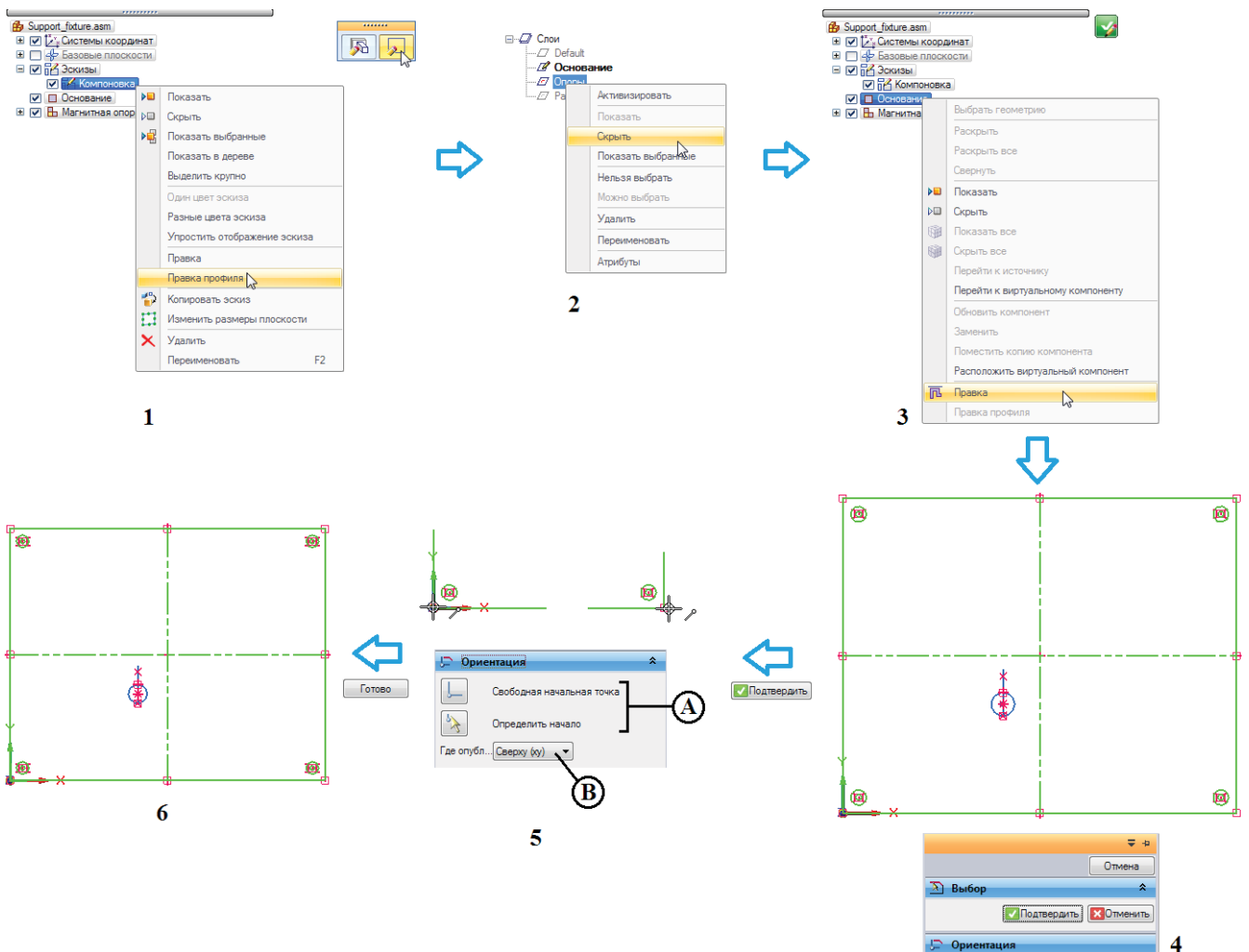


Рис. 2.7.55. Пример назначения геометрии эскиза виртуальному компоненту **Основание**

Аналогично будет назначена геометрия для виртуальных компонентов **Магнит** (рис. 2.7.56, A) и **Кронштейн** (B). После назначения геометрии в графическом окне появляется значок в виде уголка, указывающий начальную точку и ориентацию виртуального компонента. Следует отметить, что назначить конкретный геометрический элемент виртуальному компоненту можно лишь однократно – для других компонентов выбрать его будет невозможно.

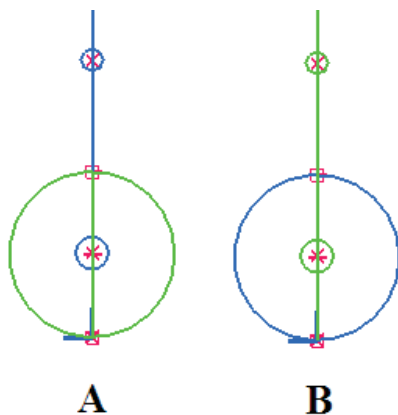


Рис. 2.7.56. Пример назначения геометрии эскиза виртуальным компонентам Магнит (А) и Кронштейн (В)

Создание эскизов predetermined components

Плоская геометрия для predetermined виртуальных компонентов создается в самом компоненте с помощью команды **Эскиз компонента** (вкладка **Главная**, группа **Эскиз**), для чего требуется открыть родительский документ детали. Для одного компонента можно создать несколько эскизов, которые впоследствии можно использовать, например для различной ориентации компонента при его добавлении в виртуальную сборку.

Эскиз компонента может состоять из графики двух типов: картинка компонента и каркасной графики. Картинка компонента создается с помощью одноименной команды **Картинка компонента**, которая становится доступной в среде создания эскиза компонента на вкладке **Сервис** в группе **Виртуальные компоненты**. Эта команда создает плоское представление видимых ребер детали. Однако графику картинка компонента нельзя выбрать в эскизе сборки – она служит только для просмотра. Чтобы иметь возможность выбирать элементы эскиза компонента в эскизе сборки, необходимо построить каркас компонента с помощью инструментов ручного 2D-черчения или команды **Включить** (вкладка **Главная**, группа **Построения**), с помощью которой выбранные элементы геометрии детали проецируются на плоскость профиля. Нередко оба типа графики используются совместно. Зачастую можно создать только картинку компонента, а его позиционирование осуществлять, создав вместо каркаса базовую точку.

Следует отметить, что команда **Эскиз компонента** в среде детали доступна только для обычных, несинхронных деталей.

В рассматриваемом примере необходимо создать эскизы predetermined компонентов **Опорный штифт (Pin)** и **Болт М6х15 (Bolt_M6x15)**. Процедура для детали Pin следующая (рис. 2.7.57):

- 1) открыть деталь Pin.par в Solid Edge;
- 2) если геометрия детали синхронная – переключиться в режим обычной детали (вкладка **Сервис**, группа **Модель**), переключатель **Обычная деталь** (опционально);
- 3) нажать кнопку **Эскиз компонента**; выбрать плоскость построения эскиза (В), воспользовавшись при необходимости опциями выбора/построения плоскости (А) в меню команды;

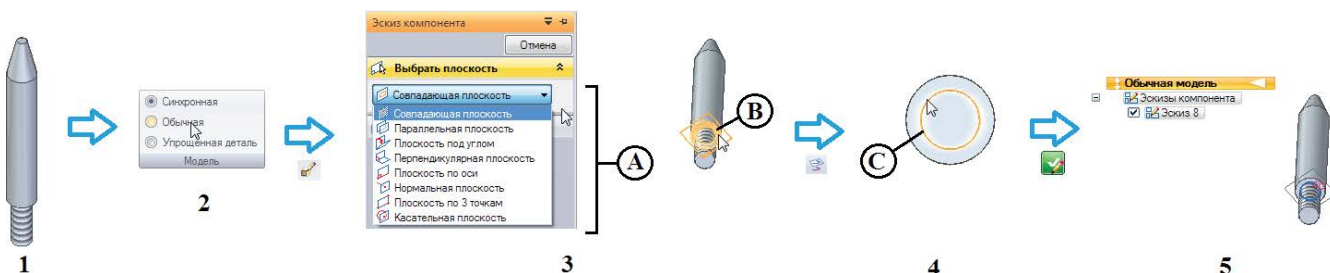




Рис. 2.7.57. Создание эскиза для predetermined компонента Опорный штифт

- 4) нажать кнопку **Включить** ; выбрать ребро (С), спроецировав его тем самым на выбранную плоскость;
- 5) закончить создание эскиза компонента, нажав кнопку **Закрывать эскиз** ; созданный эскиз отобразится в навигаторе.

Аналогично создается эскиз для компонента **БолтМ6х15** (рис. 2.7.58).

Если родительская пространственная геометрия для эскиза predetermined компонента изменилась, необходимо удалить картинку компонента и создать ее заново. Затем в эскизе сборки в контекстном меню данного predetermined компонента в навигаторе необходимо выбрать команду **Обновить компонент**, чтобы обновить его графику в сборке.



Рис. 2.7.58. Создание эскиза для predetermined компонента БолтМ6х15

Когда эскиз компонента активен, можно заменить predetermined компонент на другой документ Solid Edge с помощью команды **Заменить** из контекстного меню компонента.

Добавление экземпляров виртуальных компонентов

Если в виртуальной сборке какой-либо компонент размещается неоднократно, удобно всякий раз добавлять его в сборку с помощью команды контекстного меню **Поместить копию компонента**, доступной из среды эскиза. В примере необходимо разместить 4 экземпляра магнитных опор, из которых одна будет исходным компонентом, а три другие – экземплярами (рис. 2.7.59). Для этого следует:

- 1) перейти в режим компоновочного эскиза сборки, выполнив команду **Правка профиля** одним из доступных способов;
- 2) выбрать в контекстном меню исходного компонента **Магнитная опора** команду **Поместить копию компонента**;
- 3) указать положение начальной точки компонента в графическом окне эскиза; компонент можно поворачивать по и против часовой стрелки с шагом 45° с помощью клавиш **S** и **A** соответственно;
- 4) разместить необходимое количество экземпляров компонента;
- 5) при необходимости повернуть эскизы экземпляров на произвольный угол, например командой **Повернуть** из группы **Построения**;
- 6) завершить добавление экземпляров и вернуться в среду сборки, нажав кнопку **Закрывать эскиз**.

Размещение виртуальных компонентов

Создав эскизы predetermined компонентов, необходимо позиционировать (разместить) их в эскизе сборки. Это выполняется при помощи доступной из среды эскиза команды контекстного меню **Расположить виртуальный компонент** либо с помощью перетаскивания компонента мышью в окно эскиза. Достаточно разместить исходный компонент – это автоматически приведет к размещению его экземпляров.

В рассматриваемом примере в размещении нуждаются компоненты **Опорный штифт** (Pin) и **БолтМ6х15** (Bolt_M6x15). Процедура для первого из них приведена ниже (рис. 2.7.60):

- 1) перейти в режим компоновочного эскиза сборки, выполнив команду **Правка профиля** одним из доступных способов;
- 2) выбрать в контекстном меню исходного компонента **Опорный штифт** команду **Расположить виртуальный компонент** или перетащить компонент мышью из окна навигатора в окно эскиза;
- 3) в появившемся окне выбрать необходимый эскиз компонента из ранее созданных, повернуть эскиз, если необходимо, с шагом 45°, нажать кнопку **ОК**;
- 4) если у компонента есть экземпляры, эскизы всех из них (А) будут динамически прорисовываться в графическом окне эскиза при перемещении курсора с сохранением взаимного расположения;
- 5) позиционировать эскиз размещаемого компонента в эскизе сборки щелчком ЛКМ; одновременно позиционируются и все экземпляры компонента;
- 6) завершить добавление экземпляров и вернуться в среду сборки, нажав кнопку **Закрывать эскиз**.

Аналогично можно расположить и пустой компонент, то есть тот, которому еще не назначалась геометрия. Значок в виде уголка будет указывать примерное положение пустого виртуального компонента в сборке. Впоследствии ему можно будет назначить геометрию описанным выше методом.

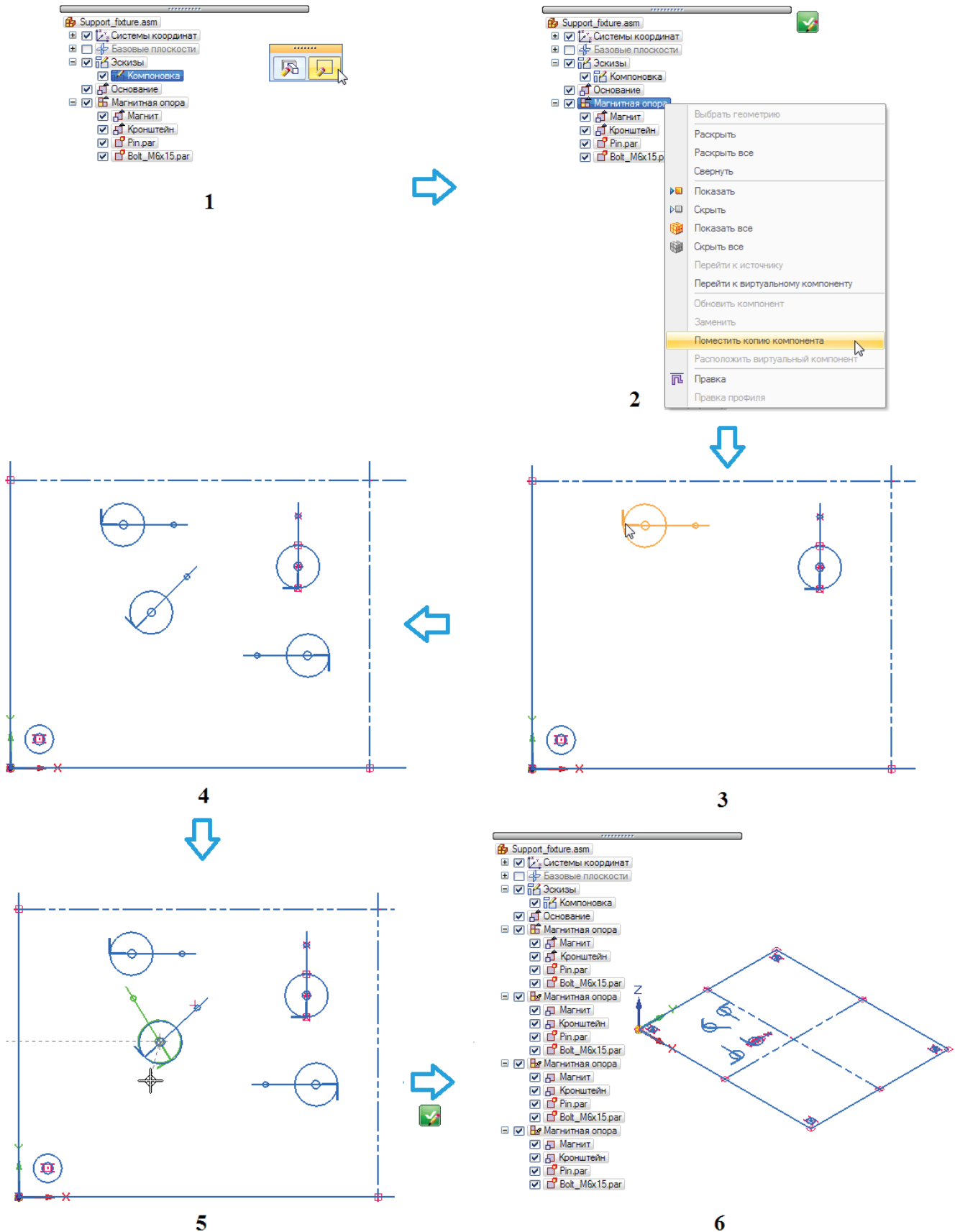


Рис. 2.7.59. Добавление экземпляров виртуальной под сборки Магнитная опора

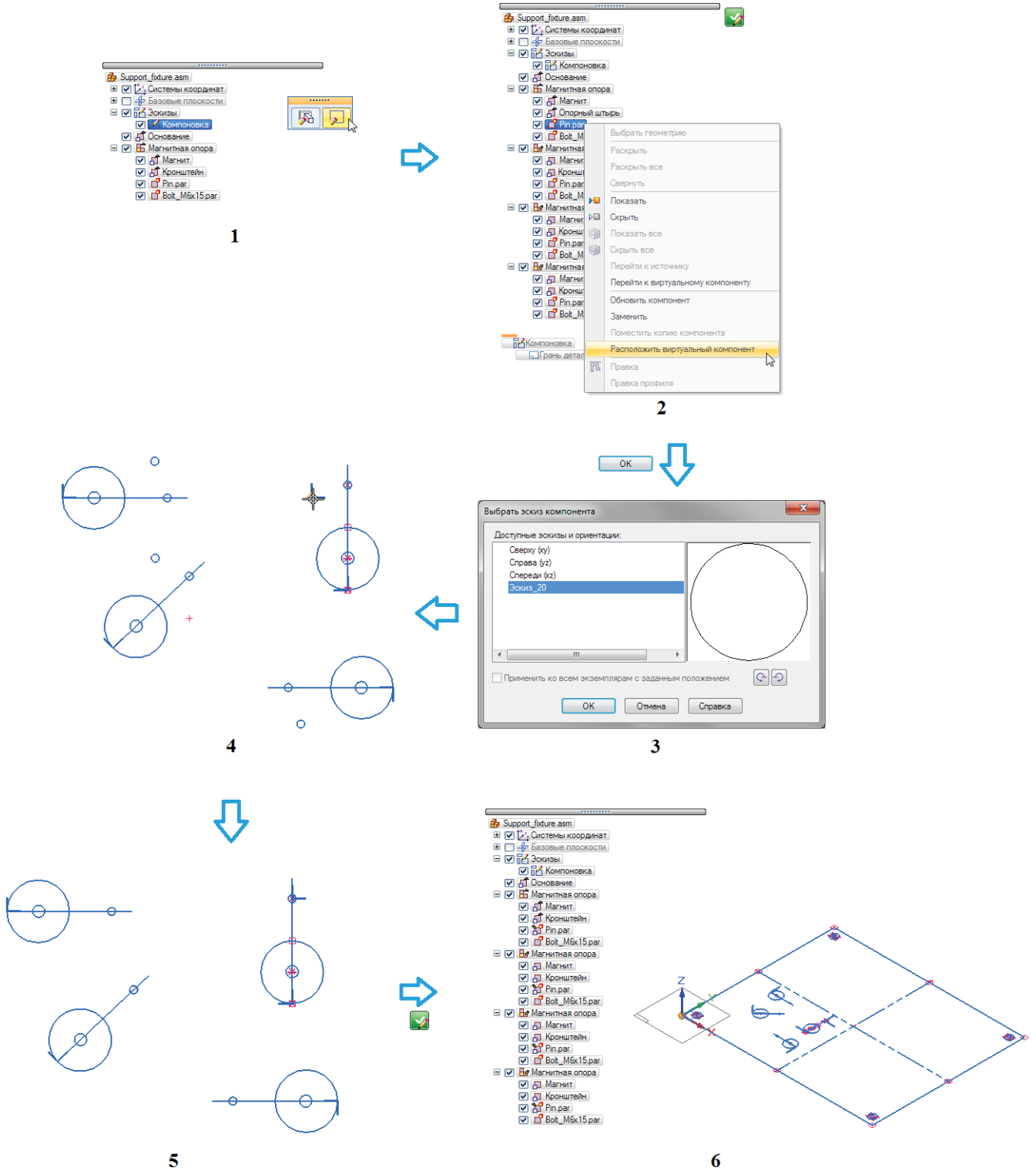


Рис. 2.7.60. Размещение виртуального компонента Опорный штифт

Размещение исходного компонента **Болт М6х15** (Volt_M6x15) представлено на рис. 2.7.61.

Изменить размещение исходного компонента и его экземпляров можно с помощью команды **Правка** из контекстного меню исходного компонента в режиме эскиза.

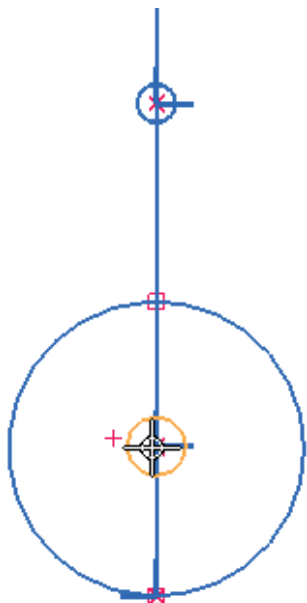


Рис. 2.7.61. Размещение виртуального компонента Болт М6х15

Опубликование виртуальных компонентов

Когда все предшествующие этапы завершены, виртуальная сборка готова к публикации – созданию набора реальных документов из виртуальных. Готовность сборки к публикации можно отследить по статусам компонентов, отображаемым в виде значков в навигаторе виртуальной сборки слева от наименования компонента (см. табл. 2.7.4).

Таблица 2.7.4. Статусы компонентов виртуальной сборки

Статус детали	Статус подсборки	Описание
		Исходный виртуальный компонент
		Позиционированный экземпляр виртуального компонента
		Непозиционированный виртуальный компонент, для исходного виртуального компонента которого назначена геометрия эскиза
		Позиционированный пустой виртуальный компонент (без назначенной графики)
		Непозиционированный предопределенный компонент
		Позиционированный предопределенный компонент

Публикация выполняется при помощи команды **Опубликовать виртуальные компоненты**, которая располагается на вкладке **Главная**, группа **Сборка** в раскрывающемся списке **Опубликовать** (рис. 2.7.62). При этом в окне **Опубликовать виртуальные компоненты** можно индивидуально настроить наименование, папку и шаблон для каждого публикуемого компонента с помощью соответствующих контекстных меню каждого столбца. Все виртуальные компоненты публикуются одновременно.

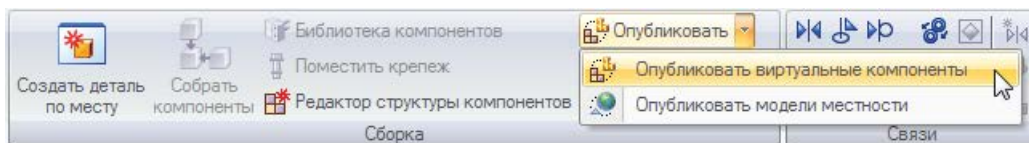


Рис. 2.7.62. Команда Опубликовать виртуальные компоненты

При наличии предопределенных виртуальных компонентов, которым назначены эскизы, графические элементы этих эскизов, включая размеры и связи, копируются в соответствующий документ как эскизы. Следует помнить, что ассоциативной связи между графическими элементами эскиза исходной сборки и графическими элементами эскиза, скопированными в новые документы, не существует. Геометрические элементы эскиза, ассоциированные с экземпляром виртуальных компонентов, удаляются из исходной сборки.

Имена публикуемых виртуальных и реальных компонентов в одной и той же папке не должны совпадать. Если это происходит, в окне **Опубликовать виртуальные компоненты** совпадающее имя публикуемого компонента выделяется красным цветом и восклицательным знаком. Необходимо переименовать компонент или указать другую папку, в противном случае будет использоваться существующий документ, а новый документ для виртуального компонента не будет создан. Реальная деталь разместится в сборке в соответствии с эскизом виртуального компонента, но геометрические элементы эскиза при этом не добавятся в существующий документ.

Если в окне **Опубликовать виртуальные компоненты** установлен флажок **Опубликовать предопределенные компоненты в упрощенном представлении**, то для публикуемого виртуального компонента будет использоваться упрощенное представление. Это ускоряет обработку и уменьшает размер документа, при этом подсборка публикуется как один объект, структура сборки не загружается в память и не отображается в навигаторе.

Для публикации рассматриваемого примера виртуальной сборки необходимо (рис. 2.7.63):

- 1) выполнить команду **Опубликовать виртуальные компоненты**;
- 2) просмотреть параметры в окне **Опубликовать виртуальные компоненты** и изменить их при необходимости;
- 3) нажать кнопку **Опубликовать**;
- 4) просмотреть результат публикации.

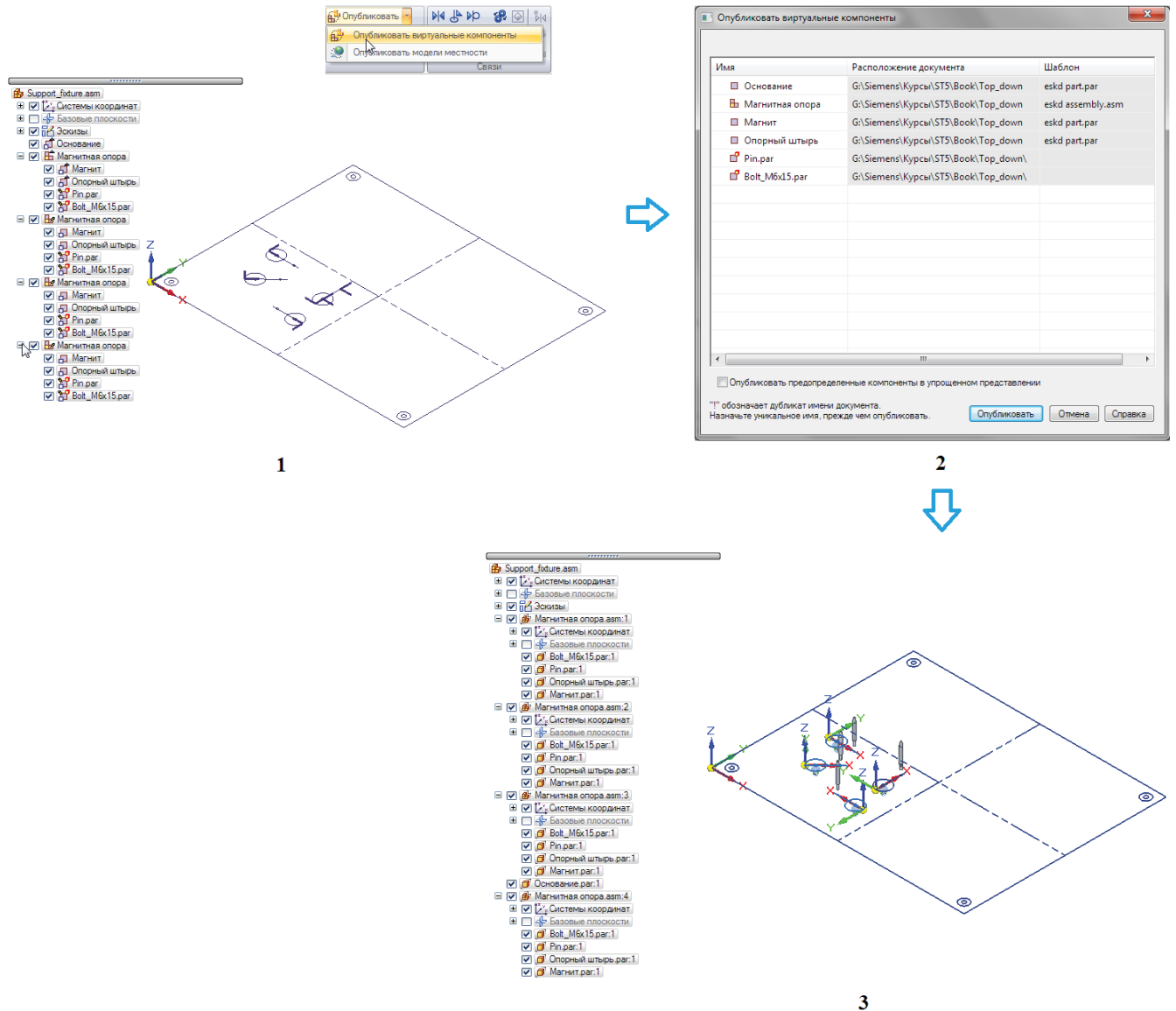


Рис. 2.7.63. Процедура выполнения команды **Опубликовать виртуальные компоненты** для сборки **Support_fixture**

В результате опубликования создана сборка **Support_fixture.asm** с набором реальных документов – деталью **Основание.par** и подборкой **Магнитная опора.asm** в составе деталей **Магнит.par**, **Кронштейн.par**, **Pin.par** и **Bolt_M6x15.par**. Одновременно формируется состав всех экземпляров подборки. Реальные тела добавлены только для двух predetermined компонентов **Pin.par** и **Bolt_M6x15.par** (см. рис. 2.7.64, В и С для подборки), для остальных виртуальных компонентов в подборке (рис. 2.7.64, А и D) и сборке верхнего уровня (рис. 2.7.65, В) размещены соответствующие эскизы, по которым необходимо построить детали. Окончательные результаты создания приведены на рис. 2.7.64, Е для подборки **Магнитная опора.asm** и на рис. 2.7.65, С – для сборки **Support_fixture.asm**.

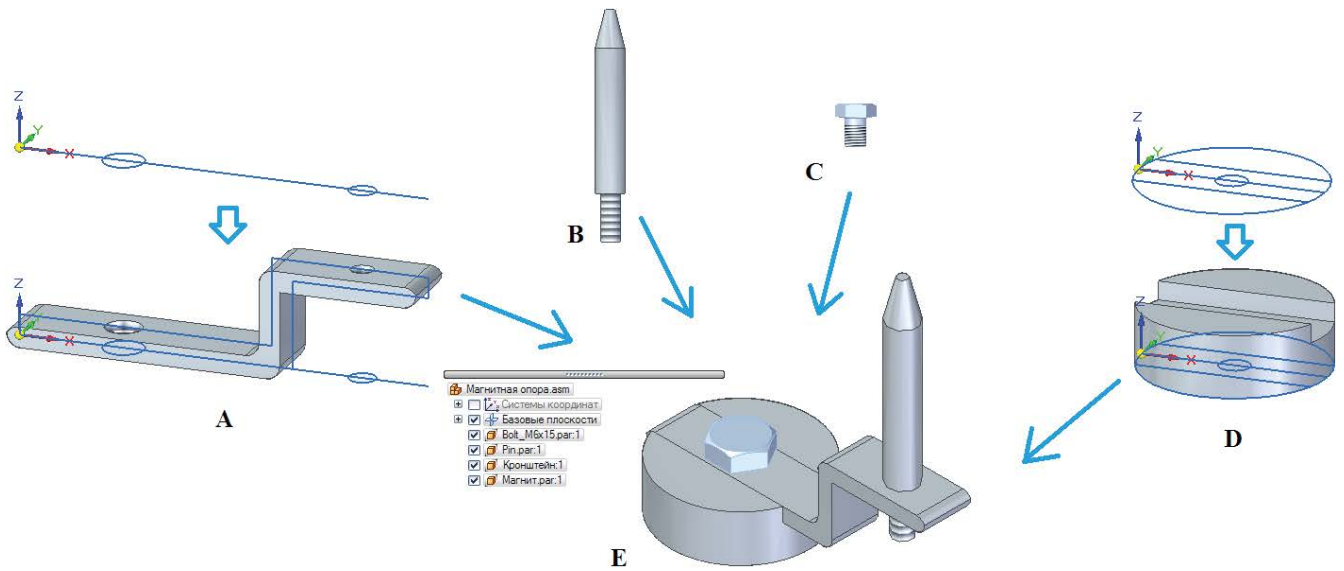


Рис. 2.7.64. Окончательное построение под сборки Магнитная опора

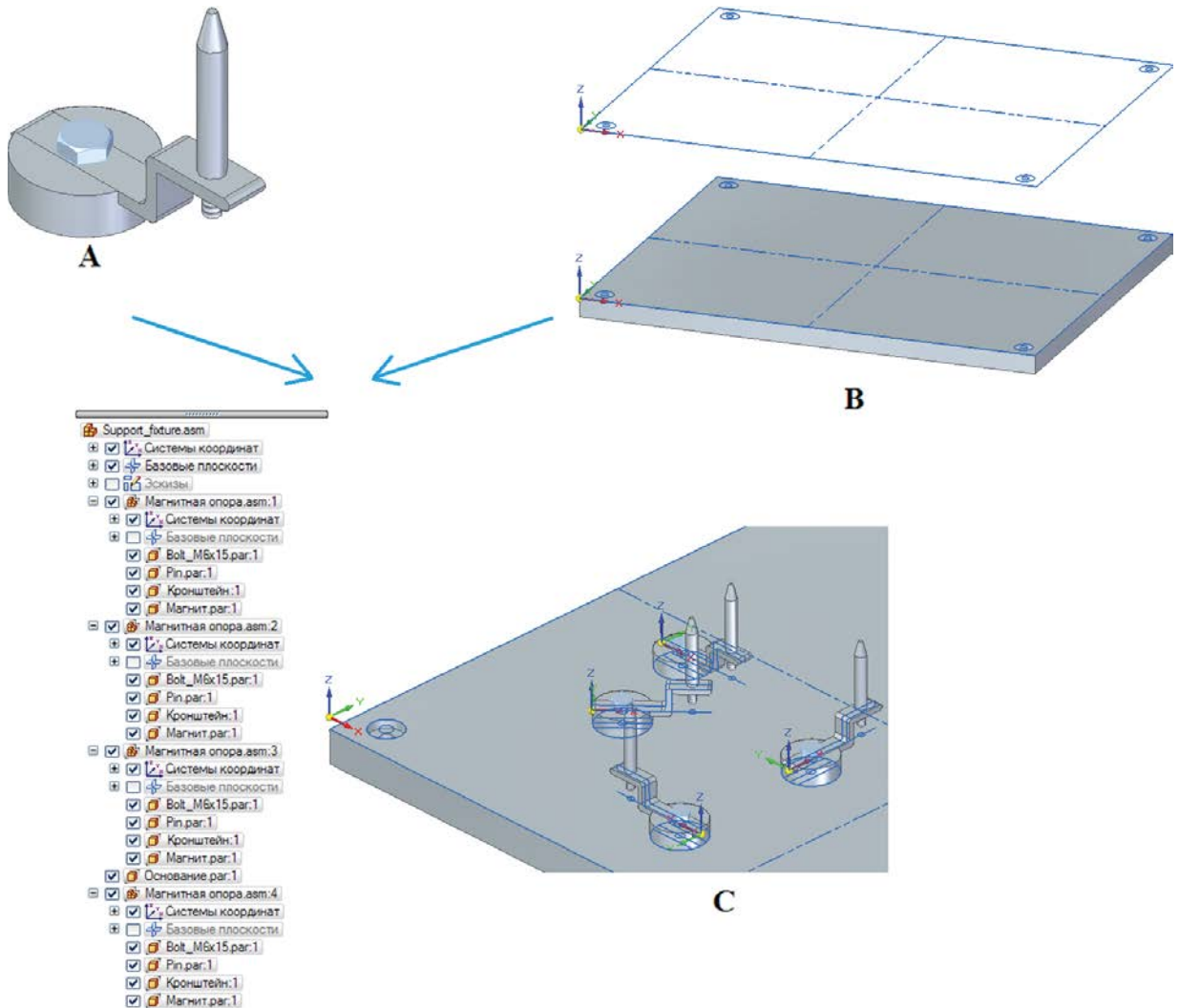


Рис. 2.7.65. Окончательное построение сборки Support_fixture

2.8. Работа с большими сборками

Конфигурация и настройка аппаратных средств ПК. Стандартный и специализированный функционал Solid Edge для работы с большими сборками. Упрощения деталей и сборок. Конфигурации отображения, зоны. Поиск деталей в сборках. Дополнительные настройки. Параметры при открытии сборки

Большие сборки в Solid Edge

Система Solid Edge позволяет разрабатывать изделия различного состава и уровня сложности – от отдельных деталей и небольших сборок, содержащих несколько компонентов, до масштабных проектов, общее количество деталей которых может составлять десятки и сотни тысяч компонентов.

Работа с такими сборками подразумевает, с одной стороны, высокую нагрузку на ресурсы вычислительной системы и системы графического отображения, с другой – наличие сложностей для конструктора при выполнении задач поиска необходимой геометрии, ее выделения, представления, редактирования и т. д. В Solid Edge существует развитый набор инструментов и приемов, позволяющий эффективно управлять большими сборками.

Общие приемы, относящиеся к конфигурации и настройке аппаратных средств ПК и операционной системы

Работа с большими сборками нагружает процессор, память и графический адаптер ПК. Для облегчения этой нагрузки прежде всего следует:


- работать с большими сборками на ПК, аппаратная часть которого соответствует рекомендациям по оснащению рабочего места САПР Solid Edge (подробнее см. в разделе «Администрирование САПР»);
- использовать многопроцессорные конфигурации, ускоряя тем самым отображение объектов с невидимыми линиями;
- исключить или свести к минимуму использование виртуальной памяти, по возможности освободив физическую память (закрыв лишние приложения) и/или добавив модули памяти в конфигурацию ПК;
- увеличить скорость операций по изменению положения закрашенных объектов, оснастив ПК графическим акселератором с поддержкой OpenGL и большим объемом памяти;
- использовать 64-битную платформу ОС.

Приемы, относящиеся к стандартному функционалу Solid Edge по работе со сборками

Показ и скрытие компонентов

Отдельный компонент или несколько выбранных компонентов сборки можно в любой момент скрыть и вновь показать в графическом окне при помощи команд контекстного меню навигатора сборки (рис. 2.8.1): **Показать/Скрыть** для применения к одной или нескольким выбранным деталям или подсборкам (А), а также **Показать все** и **Скрыть все** для применения ко всем составляющим одной или нескольких выбранных подсборок (В). Существует также команда **Показать выбранные**, результатом ее применения служит показ только выбранных компонентов с одновременным скрыванием всех остальных. Результат применения этой команды при выборе (А) показан на рис. 2.8.1, С.

Управлять показом/скрыванием отдельных элементов (базовых плоскостей, эскизов, систем координат и прочего) выбранных компонентов можно с помощью команды этого же контекстного меню **Показать/Скрыть компонент**. Ее выполнение вызывает окно настройки показа элементов (рис. 2.8.2).

Если компонент редактируется по месту, то остальная геометрия сборки, не относящаяся к данному компоненту (например, не входящая в редактируемую подсборку), становится серой и полупрозрачной. Полностью скрыть остальную геометрию на время редактирования можно с помощью команды **Скрыть контекст**  (рис. 2.8.3), которая доступна в контекстном меню этого режима (А) или в группе **Показать** вкладки **Вид** (В). Исходный вид сборки при редактировании корпуса по месту представлен на рис. 2.8.3, С, результат после скрывания контекста – на рис. 2.8.3, D.

Деактивизация деталей

Помимо скрывания, можно деактивизировать детали с помощью команды контекстного меню **Деактивизировать** (рис. 2.8.1, А). В процессе деактивизации выгружаются история работы с деталью и ее математическое определение, при этом в памяти остается только графическое представление детали. Деактивизированные детали продолжают ото-

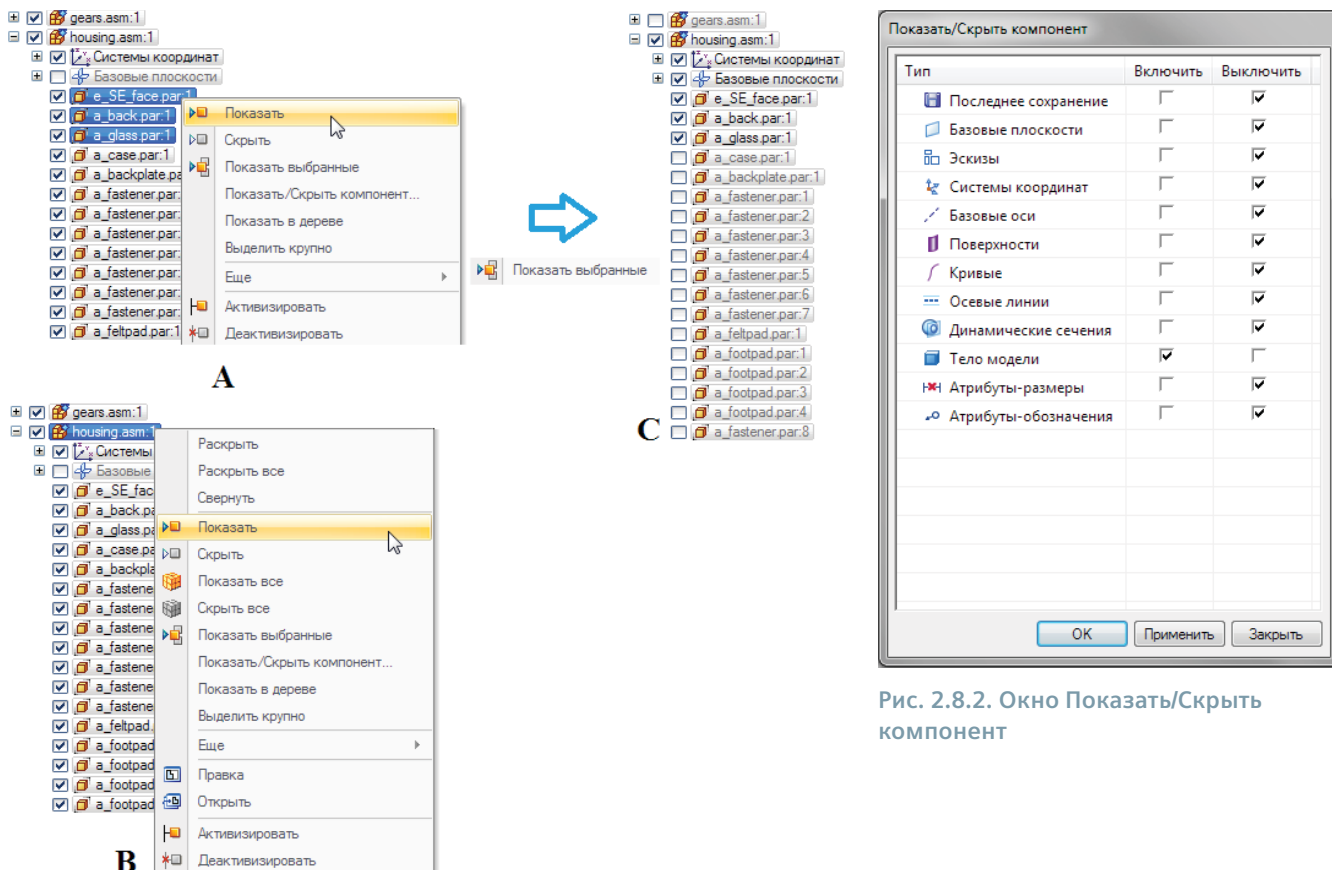


Рис. 2.8.2. Окно Показать/Скрыть компонент

Рис. 2.8.1. Команды показа/скрытия компонентов сборки

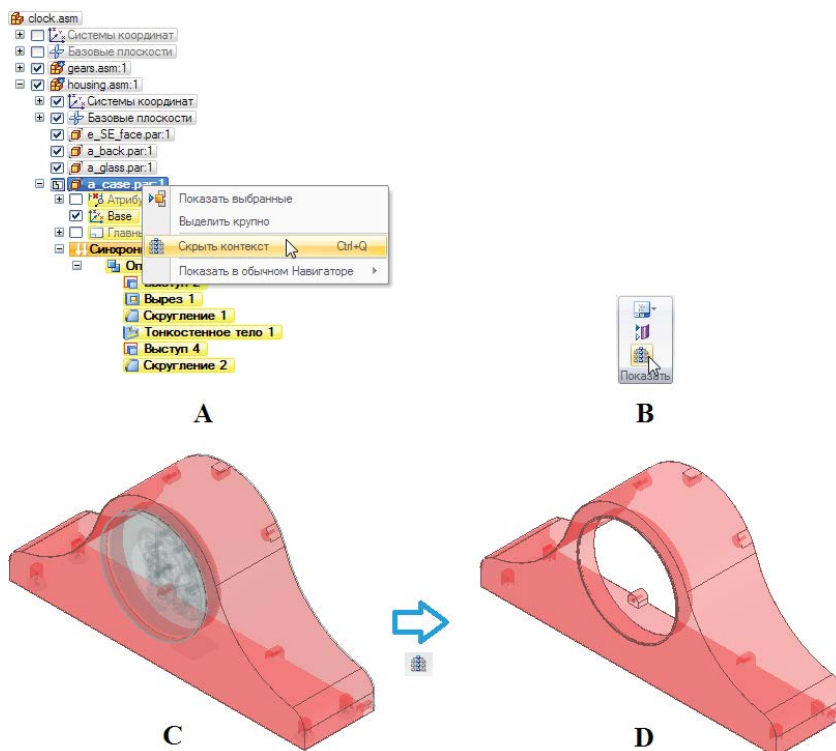



Рис. 2.8.3. Скрытие остальной геометрии при редактировании компонента сборки по месту с помощью команды Скрыть контекст

бражаться, но требуют меньше физической памяти, их значок  в навигаторе становится серым. Если команду применить к сборке, то деактивируются все ее компоненты.

Снова активизировать деталь можно с помощью команды **Активизировать** из контекстного меню. Активизация также произойдет автоматически при позиционировании относительно нее другой детали или редактировании детали с помощью команд **Открыть** или **Правка**.

Приемы, относящиеся к специализированному функционалу Solid Edge по работе с большими сборками

Упрощенные сборки

Представление сборки может быть стандартным (рабочим) или упрощенным.

Упрощенное представление сборки содержит только ее внешние грани, исключая внутренние детали, поэтому такая сборка значительно быстрее обрабатывается и существенно сокращает требования к памяти рабочего ПК.

Упрощенными могут быть и подсборки в составе сборки верхнего уровня. При открытии сборки можно указать, какие представления подсборок необходимо использовать (см. п. «Применение параметров при открытии сборки»). Упрощенное представление можно сохранить в отдельном документе, что помогает упростить обмен данными и одновременно защитить конфиденциальную информацию о содержимом подсборки.

Для начала работы с упрощенными сборками необходимо активизировать упрощенную модель с помощью команды **Упрощенная сборка** из группы **Модель** на вкладке **Сервис** (рис. 2.8.4). Возврат к рабочей модели происходит с помощью команды **Рабочая сборка**.

Перейдя в среду упрощенной сборки, можно создать, отредактировать или обновить упрощенное представление при помощи соответствующих команд группы **Упрощенная модель** на вкладке **Сервис** (рис. 2.8.5).

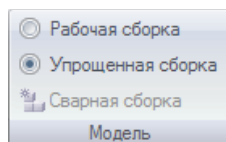


Рис. 2.8.4. Группа команд **Модель** на вкладке **Сервис** в среде сборки

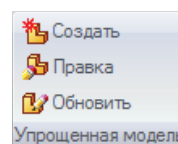



Рис. 2.8.5. Группа команд **Упрощенная модель** на вкладке **Сервис**

Последовательность действий по созданию упрощенной сборки следующая (рис. 2.8.6):

- 1) выполнить команду **Создать**  из группы **Упрощенная модель**; появится меню команды, при этом сборка окрасится в цвет, назначенный незатронутым граням; на активном шаге **Анализ сборки** нажать кнопку **Выполнить** (A);
- 2) сборка обновится, ее внешние поверхности отобразятся цветом внешних граней; будет осуществлен переход к шагу **Изменить результат**, где можно исключить детали и пересчитать внешние поверхности, которые были ошибочно помечены как внутренние (исключаемые детали выбираются щелчком ЛКМ в графическом окне или в навигаторе, при этом они окрашиваются в цвет исключенных граней; отменить выбор можно, повторно щелкнув ЛКМ на детали с нажатой клавишей **Ctrl**; также можно исключить все детали, размер которых меньше введенного в поле **B** значения в процентах относительно размера всей сборки); после этого необходимо нажать кнопку **Результат** в меню команды (C);
- 3) нажать кнопку **Готово** в меню команды (D);
- 4) в результате в навигаторе сборки появится новый элемент **Упрощенная сборка**, ассоциативно связанная с компонентами сборки, а внешние грани отобразятся исходным цветом, который был назначен деталям в сборке. Все внутренние, а также исключенные грани не отображаются.

Кнопка **Параметры** открывает окно, где можно назначить цвета незатронутым, исключенным, внешним и внутренним граням сборки.

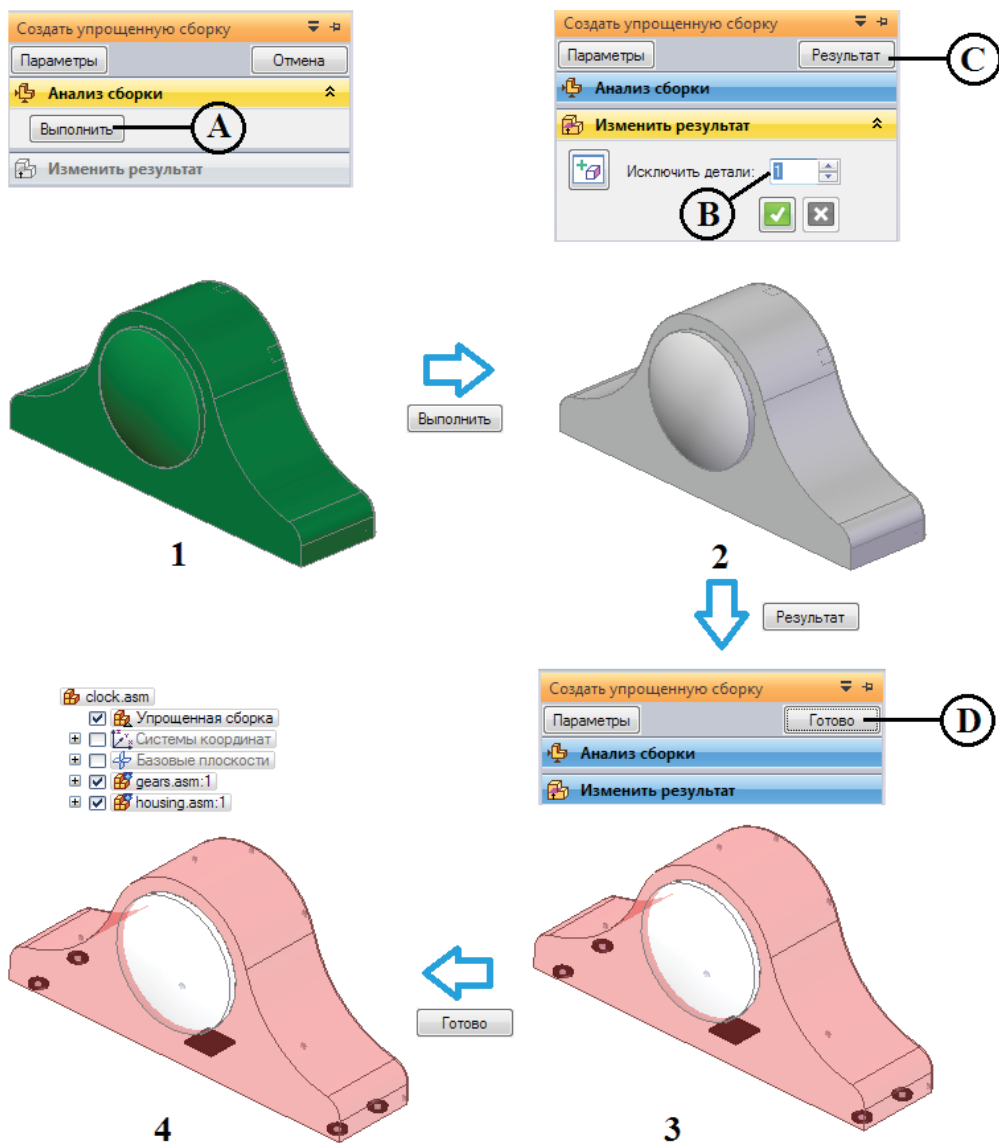


Рис. 2.8.6. Процедура создания упрощенной сборки

Если компоненты сборки были изменены, необходимо обновить упрощенное представление с помощью команды **Обновить**. Исправить упрощенную сборку, например чтобы исключить новые детали, можно с помощью команды **Правка**, снова вызывающей меню команды **Создать упрощенную сборку** (рис. 2.8.6).

Выбрав упрощенную сборку в навигаторе, можно сохранить упрощенное представление сборки как отдельный документ детали Solid Edge (*.par) или документ Parasolid (рис. 2.8.7).

Впоследствии упрощенную сборку можно поместить в другую сборку. Отметив опцию **Использовать упрощенные модели деталей** в контекстном меню на вкладке **Библиотека деталей**, можно указать, какое представление сборки будет использоваться – рабочее или упрощенное. При помещении упрощенной сборки для сборочных связей можно будет использовать только поверхности, определяющие упрощенное представление сборки. Аналогично при открытии сборки, содержащей упрощенные под сборки, можно указать, будет ли открытая сборка содержать упрощенные или рабочие версии подборок.

Очевидно, что наилучшими кандидатами на упрощение будут являться под сборки, содержащие множество внутренних деталей и/или обладающие большим уровнем вложенности.

Следует помнить, что анализ столкновений и пересечений недоступен для упрощенного представления сборки.

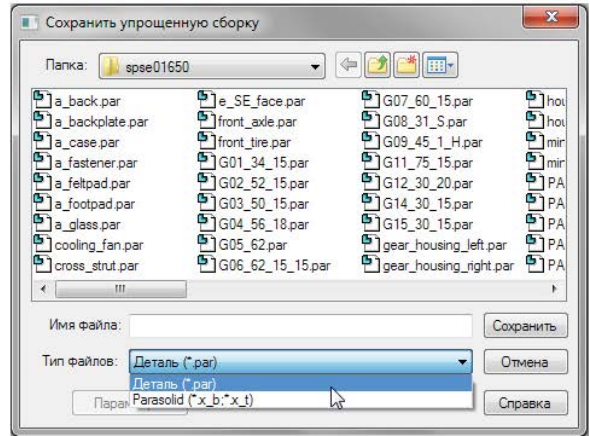
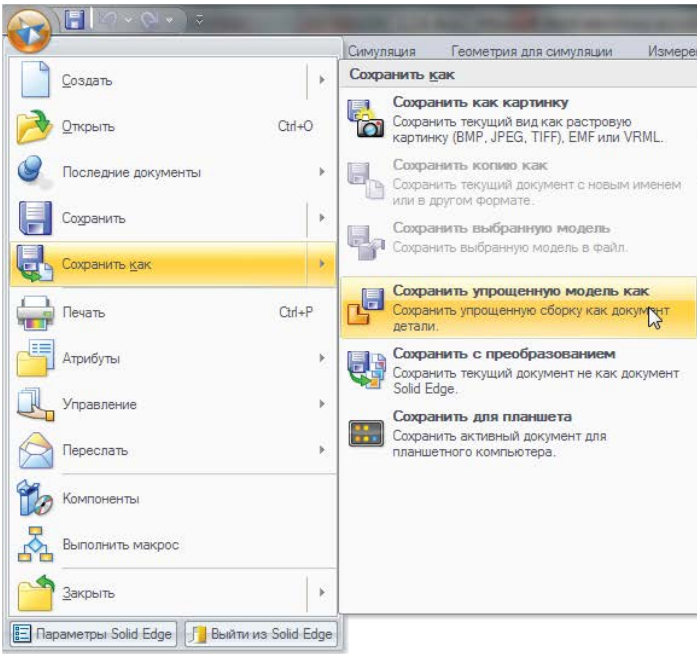


Рис. 2.8.7. Инструменты сохранения упрощенной сборки в отдельном файле

Упрощенные детали

Помимо сборок, можно также подвергать упрощению и сами детали. Для этого, аналогично сборкам, нужно в среде детали на вкладке **Сервис** в группе команд **Модель** активировать режим упрощенной детали (рис. 2.8.8).

В этом режиме остаются доступными только те команды, которые ведут к упрощению детали, доступ ко всем прочим командам будет невозможен (рис. 2.8.9). В частности, доступно удаление граней, а также создание вырезов и выступов. Выступ удобно применять для упрощения детали, когда легче с помощью него поглотить сложную исходную геометрию, чем по отдельности удалять геометрические элементы детали.

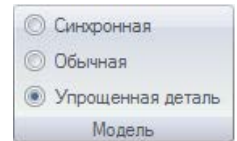


Рис. 2.8.8. Группа команд Модель на вкладке Сервис в среде детали

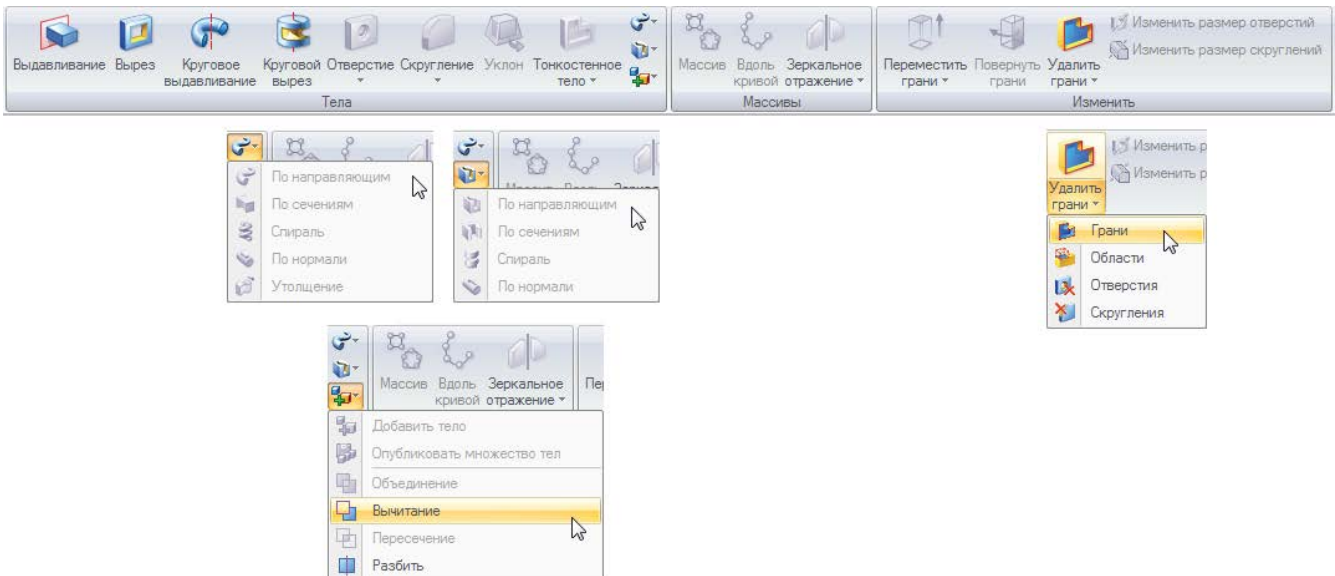





Рис. 2.8.9. Доступные команды упрощения детали на вкладке Главная

Геометрия, созданная в среде **Упрощенная деталь**, добавляется в отдельную одноименную коллекцию в навигаторе.

Например, в рассматриваемом примере – механизме настольных часов – возникла потребность в создании упрощенной модели корпуса как простой оболочки, без приливов и отверстий для крепления ножек и задней крышки. В этом случае целесообразно вместо удаления отдельных приливов создать один вырез для удаления всех элементов, после чего удалить оставшиеся отверстия в нижней пластине корпуса. Для этого необходимо выполнить следующие действия (рис. 2.8.10), предварительно открыв рабочую модель детали **Корпус** и перейдя в среду **Упрощенная деталь**:

- 1) запустить команду **Вырез**, выбрать необходимую плоскость эскиза;
- 2) с помощью команды **Включить**  из группы **Построения** на вкладке **Главная** (обведена на рисунке красным) с параметром выбора **Контур** в меню команды построить эскиз, повторяющий внутренний контур корпуса при виде сзади; нажать ПКМ для подтверждения; нажать кнопку **Заккрыть эскиз** ;
- 3) отобразится построенный эскиз;
- 4) на шаге **Размеры объекта** выбрать параметр **От/До** и последовательно указать заднюю поверхность приливов (А) и внутреннюю сторону лицевой части корпуса (В);
- 5) построенный вырез отобразится в навигаторе и графическом окне; все приливы внутри корпуса удалены за одну операцию;
- 6) выбрать команду **Удалить отверстия** из раскрывающегося списка **Удалить грани**;
- 7) последовательно выбрать четыре отверстия для удаления; нажать кнопку **Подтвердить** в меню команды;
- 8) в результате образовалась упрощенная модель корпуса без приливов и отверстий; в коллекции **Упрощенная деталь** отражены две выполненные операции.

В среде **Упрощенная деталь** упрощенную модель можно сохранить в отдельном файле детали, аналогично сохранению упрощенной сборки (см. выше и рис. 2.8.7).


При помещении детали в сборку можно указать, какую из ее версий помещать – упрощенную или рабочую. Чтобы поместить упрощенное представление детали, необходимо на боковой вкладке **Библиотека деталей** включить параметр **Использовать упрощенные модели деталей** (рис. 2.8.11, А). Если этот параметр не будет включен, в сборку будет помещено рабочее представление (В). Упрощенное представление детали в навигаторе сборки обладает измененным значком .


Управлять представлением уже помещенной детали в сборке можно с помощью команды контекстного меню навигатора **Упрощенная/Динамическая** (рис. 2.8.12).


Конфигурации отображения

Зачастую работа с большими сборками в течение продолжительного времени ведется в ограниченной области этой сборки. В этом случае удобно использовать механизм конфигураций сборки, с помощью которого текущее состояние компонентов сборки (деталей, подборок, эскизов и базовых плоскостей) сохраняется с заданным именем и применяется всякий раз при необходимости, ускоряя и упрощая настройку отображения.

Управление конфигурациями выполняется при помощи команд группы **Конфигурации** на вкладке **Главная** (рис. 2.8.13). Наименования созданных конфигураций помещаются в раскрывающийся список, с помощью которого выполняется быстрое применение готовых конфигураций. Чтобы применить конфигурацию под сборки, а не сборки верхнего уровня, сначала нужно выбрать подсборку в навигаторе.

Команда **Конфигурации**  позволяет создать новую конфигурацию на основе текущего отображения сборки, применить одну из уже созданных конфигураций, удалить или обновить имеющуюся конфигурацию. Окно работы с конфигурациями показано на рис. 2.8.14.

Быстро сохранить текущее отображение под наименованием, выбранным в списке, можно с помощью кнопки **Сохранить конфигурацию отображения**  справа от списка.

В этой же группе команд располагается еще одна важная команда по работе с большими сборками – **Выгрузить скрытые детали** . При ее применении данные по скрытым в текущий момент деталям выгружаются из памяти ПК, что повышает производительность и позволяет строить более крупные сборки. Эту процедуру настоятельно рекомендуется производить, если работа происходит над относительно небольшим набором деталей сборки.

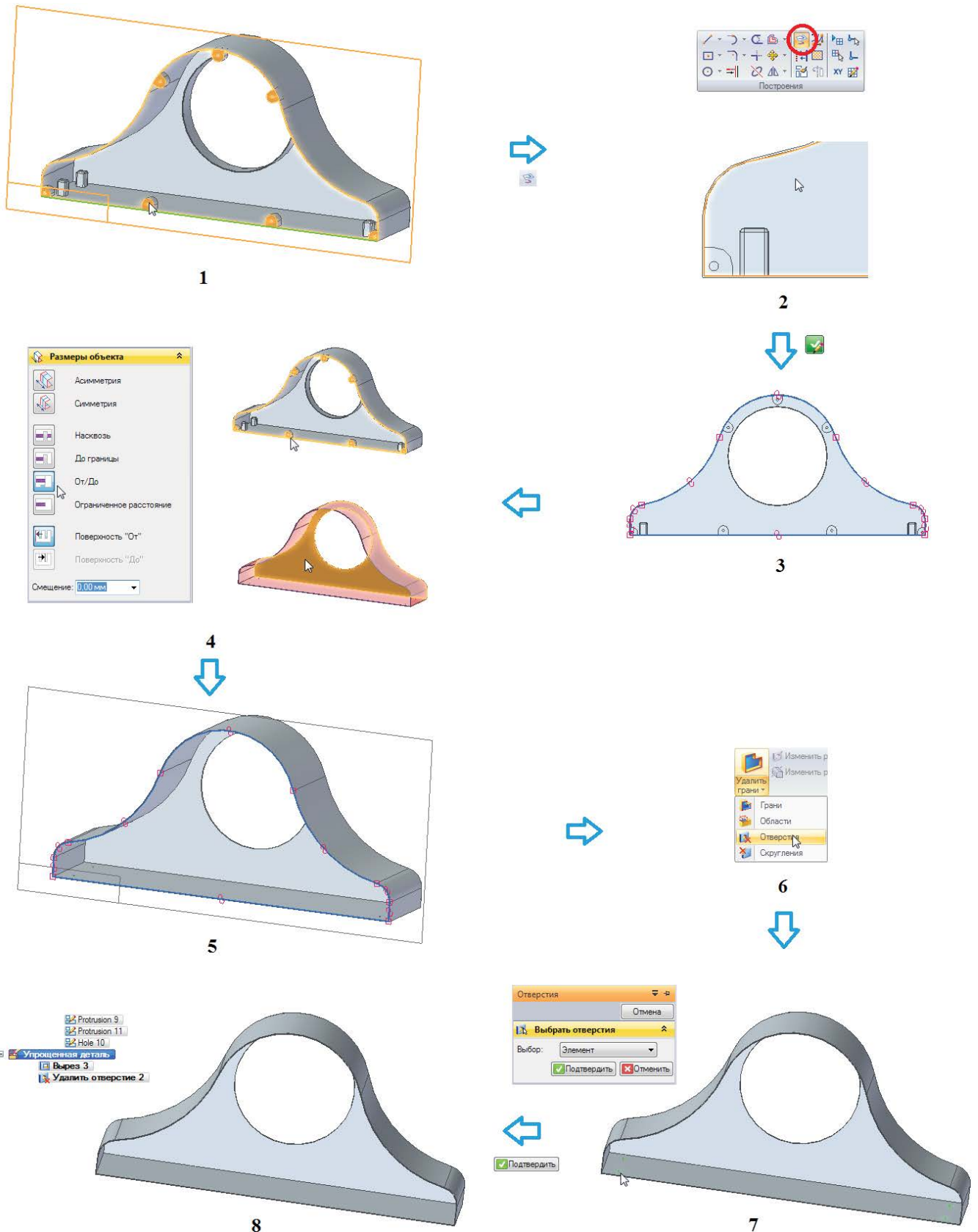
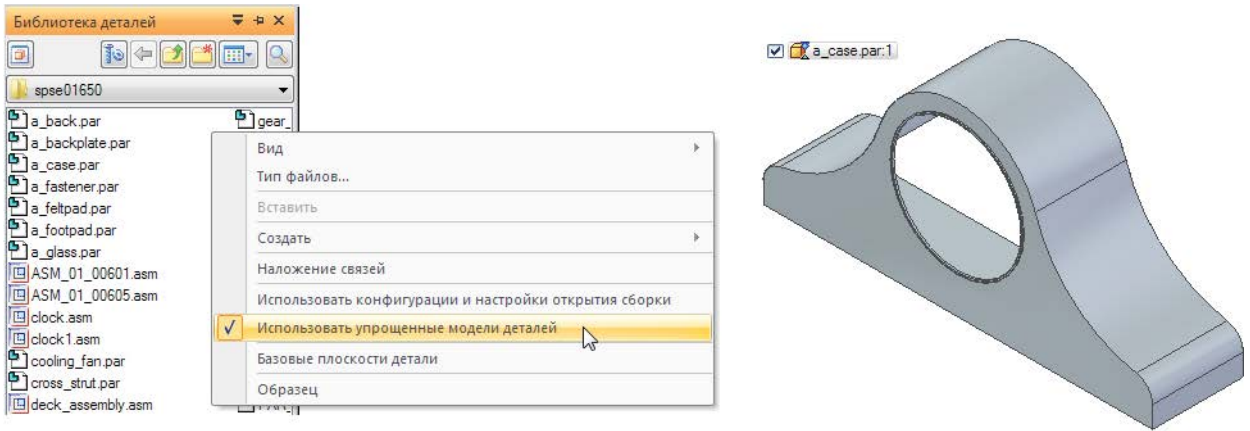
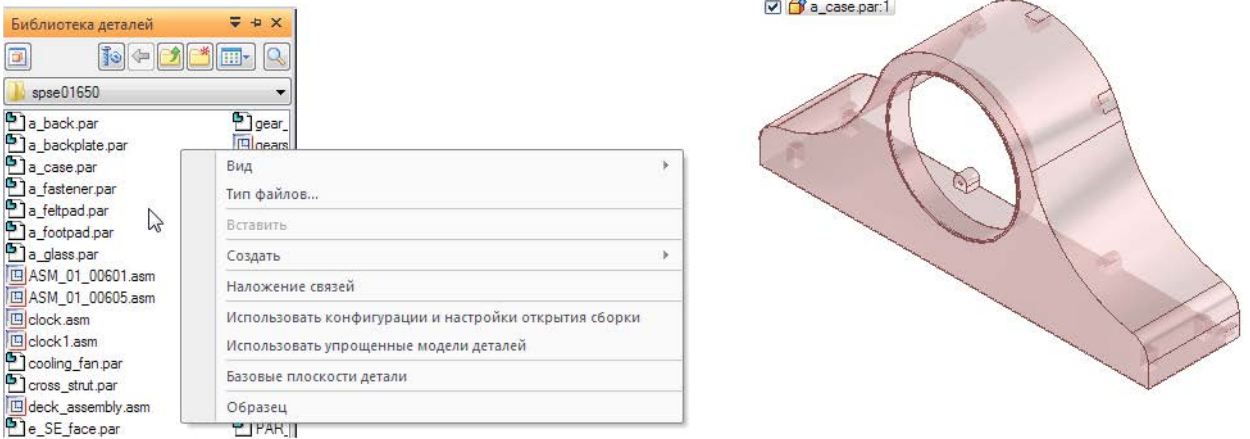


Рис. 2.8.10. Процедура создания упрощенной детали



A



B

Рис. 2.8.11. Помещение упрощенной (А) и рабочей (В) моделей детали в сборку

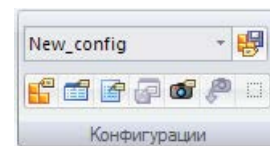
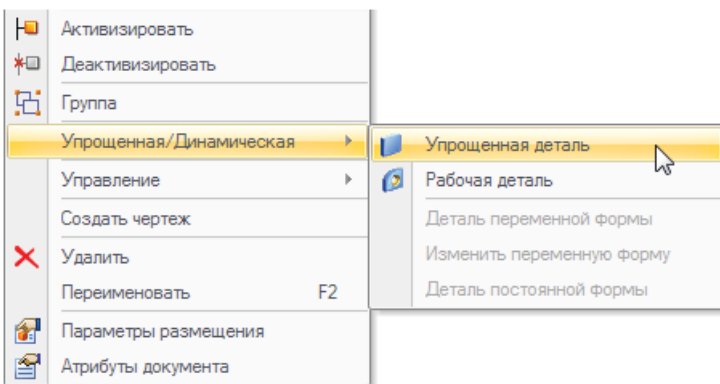



Рис. 2.8.13. Группа команд Конфигурации на вкладке Главная

Рис. 2.8.12. Управление представлением уже помещенной детали в сборке

Конфигурации хранятся в той же папке, что и сама сборка. Файл конфигурации имеет расширение .cfg и одинаковое со сборкой имя.

Конфигурация не является ассоциативной – изменения в сборке автоматически не отслеживаются. Необходимо применить конфигурацию, настроить отображение добавленных/измененных компонентов и вновь сохранить конфигура-

цию. Помощь в этом оказывает специальная команда **Диспетчер конфигураций** . В открывающемся окне (рис. 2.8.15) в столбце **Создать компонент** отображаются компоненты, которые не определены в какой-либо конфигурации отображения (на рис. 2.8.15, 1 это деталь pin.par). Для добавления компонента в конфигурацию необходимо снять флажок в данном столбце и установить его в нужной конфигурации (2), после чего сохранить конфигурацию в текущий файл (A). Навигация по списку компонентов, не принадлежащих конфигурациям, осуществляется с помощью кнопок **Найти предыдущий/следующий новый компонент**. Кнопка **Очистить удаленные компоненты** обновляет список, удаляя компоненты, которых больше нет в сборке (компоненты не удаляются из конфигурации автоматически при удалении их из сборки – при применении конфигурации с несуществующими компонентами будет выдано предупреждение).

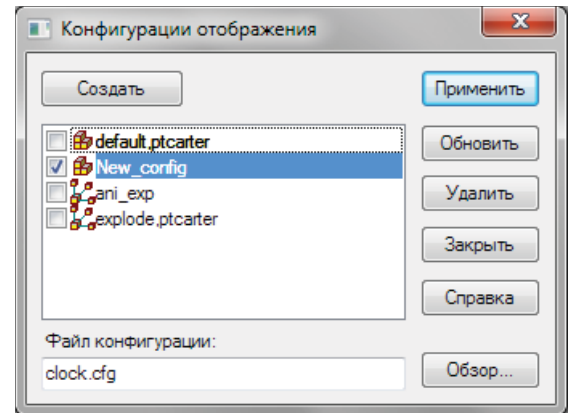
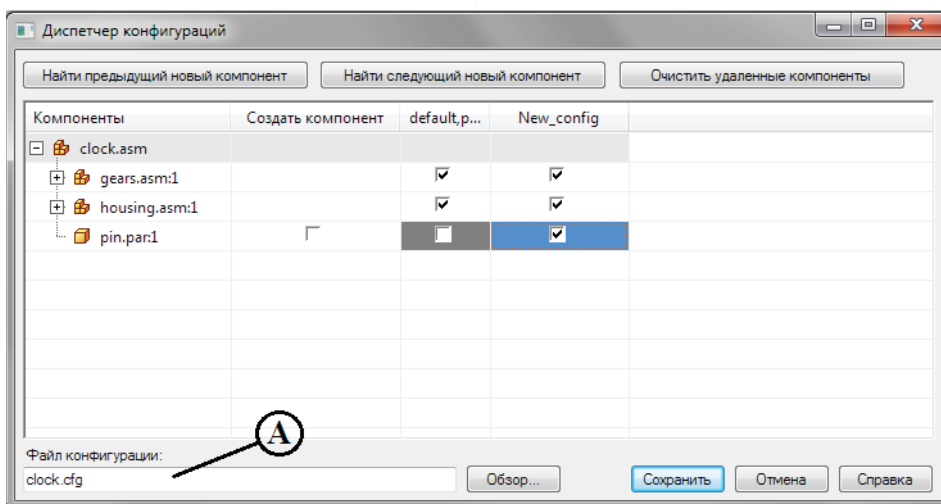
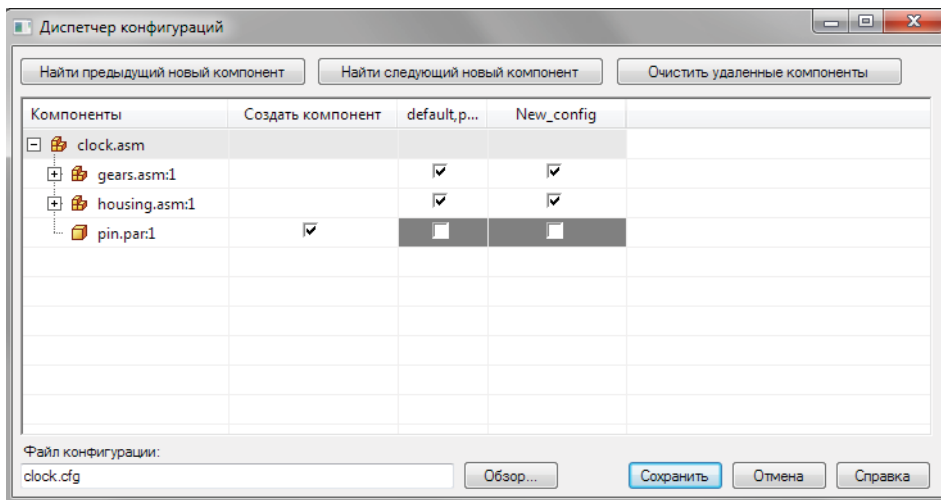



Рис. 2.8.14. Окно Конфигурации отображения



2

Рис. 2.8.15. Работа с окном Диспетчер конфигураций

При размещении под сборки в сборке для ускорения работы можно использовать ее заранее сохраненную упрощенную конфигурацию. Для этого необходимо в контекстном меню библиотеки деталей включить параметр **Использовать конфигурации и настройки открытия сборки**. Далее при перетаскивании под сборки в сборку появится окно, в котором можно выбрать необходимую конфигурацию.

В окне **Параметры конфигурации отображения** (рис. 2.8.16), вызываемом при нажатии кнопки **Параметры конфигурации** , можно, в частности, настроить поведение компонентов сборки при выборе данной конфигурации – например, активировать все детали либо использовать текущее состояние.

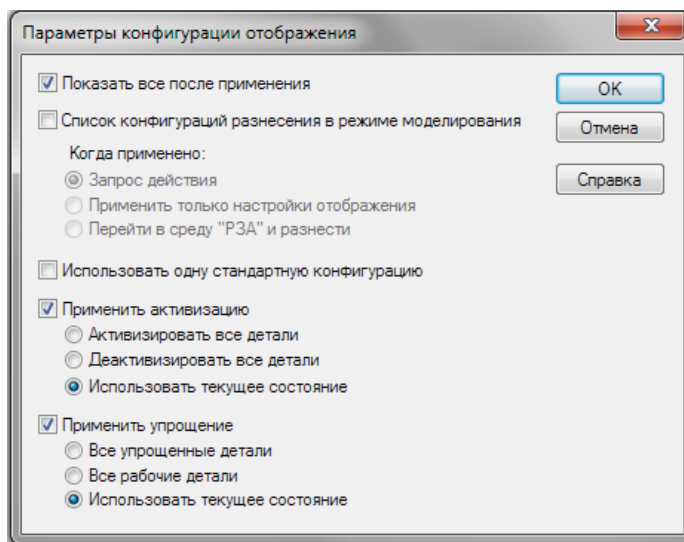



Рис. 2.8.16. Окно Параметры конфигурации отображения

Использование конфигураций в среде **Чертеж** будет рассмотрено в разделе **Создание чертежей**.

Зоны

Зоны удобно применять в работе с большими сборками для выбора, отображения или скрытия компонентов, находящихся в пределах заранее заданного объема в форме параллелепипеда. Работа с зонами ведется с помощью боковой вкладки **Выбор по запросу** .

Работа с зонами будет рассматриваться на примере механизма настольных часов (см. выше рис. 2.8.3). Например, для удобства работы требуется создать зону, включающую в себя область всех шестеренок механизма. Для этого необходимо (рис. 2.8.17):

- 1) на боковой вкладке **Выбор по запросу** выполнить команду **Создать зону**;
- 2) появится меню команды, после чего на шаге **Выбрать детали** следует в навигаторе либо графическом окне выбрать под сборки/детали, образующие область зоны, после чего нажать ПКМ или кнопку **Подтвердить**;
- 3) в графическом окне появится параллелепипед, образованный совмещением ограничивающих параллелепипедов каждого выбранного компонента; команда перейдет к шагу **Изменить размер**, где можно настроить размер зоны (редактирование зоны см. ниже); после этого нажать ПКМ или кнопку **Дальше**;
- 4) на следующем шаге ввести наименование зоны в поле А и задать режимы попадания в зону компонентов в раскрываемом списке В – **Внутри** (в этом случае в зону попадут компоненты, полностью располагающиеся в пределах параллелепипеда) либо **Перекрытие** (в зону будут включены объекты, попадающие внутрь параллелепипеда либо пересекаемые его гранями); кнопка **Показать компоненты** служит для предварительного просмотра компонентов зоны в различных режимах (представлено поведение зоны для обоих режимов); по завершении нажать ПКМ или кнопку **Готово**;
- 5) в списке зон на вкладке **Выбор по запросу** появится созданная зона.

Размер параллелепипеда зоны ассоциативно не связан с деталями, которые использовались для ее определения. При перемещении, изменении или удалении таких деталей размер параллелепипеда зоны останется прежним.

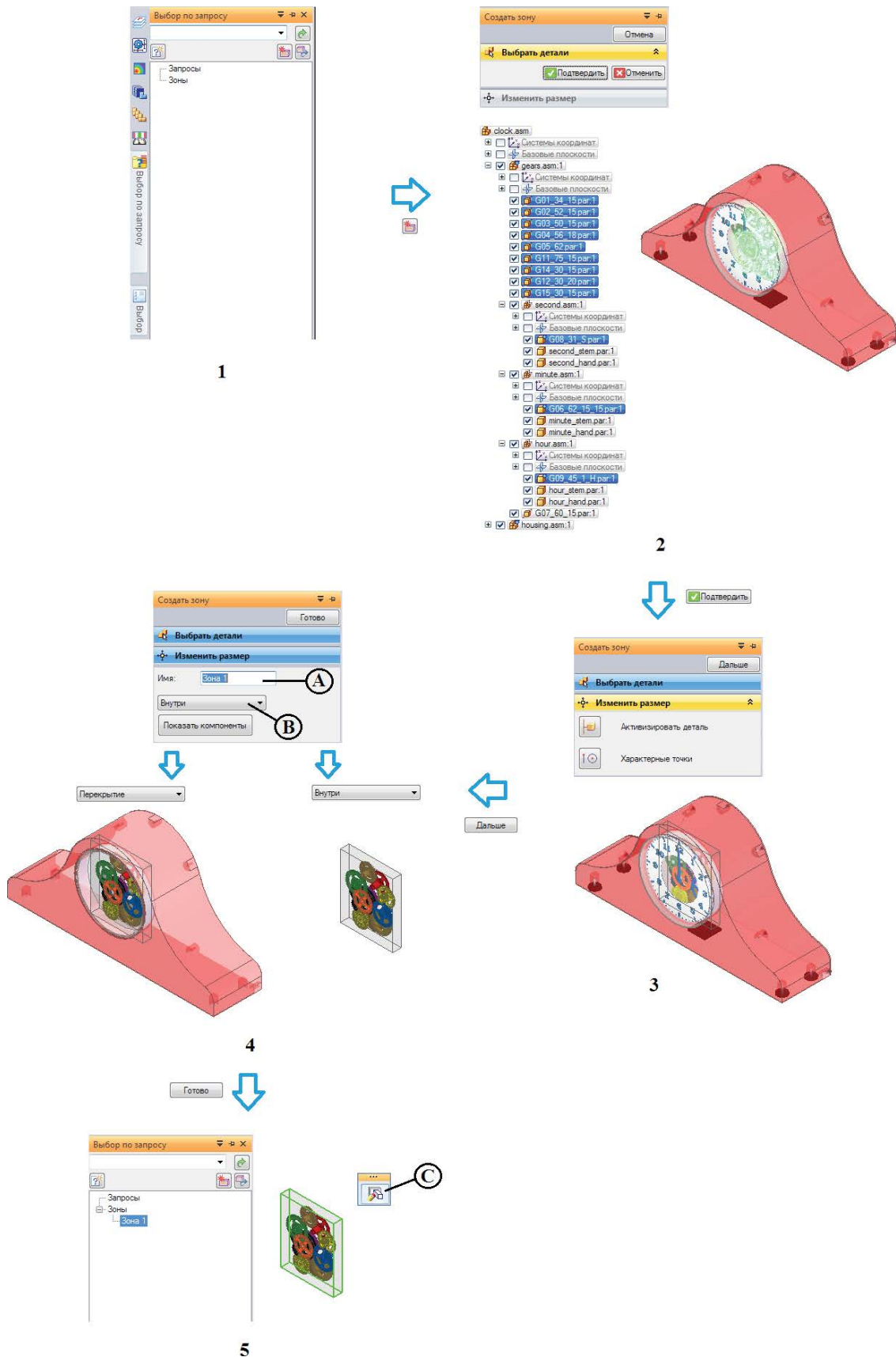


Рис. 2.8.17. Пример создания зоны

Изменение зоны возможно с помощью команды **Правка** контекстного меню зоны на вкладке **Выбор по запросу** либо с помощью быстрого меню (рис. 2.8.17, С).

Например, изменить границы зоны можно, вновь перейдя на шаг **Изменить размер**, выбрав нужную сторону параллелепипеда и перетаскив ее мышью динамически в требуемое положение либо используя механизм характерных точек. На рис. 2.8.18 показано расширение зоны, с тем чтобы включить в нее также стрелки часов. Рядом с моделью показаны зоны, соответствующие исходному положению параллелепипеда и результату его изменения.

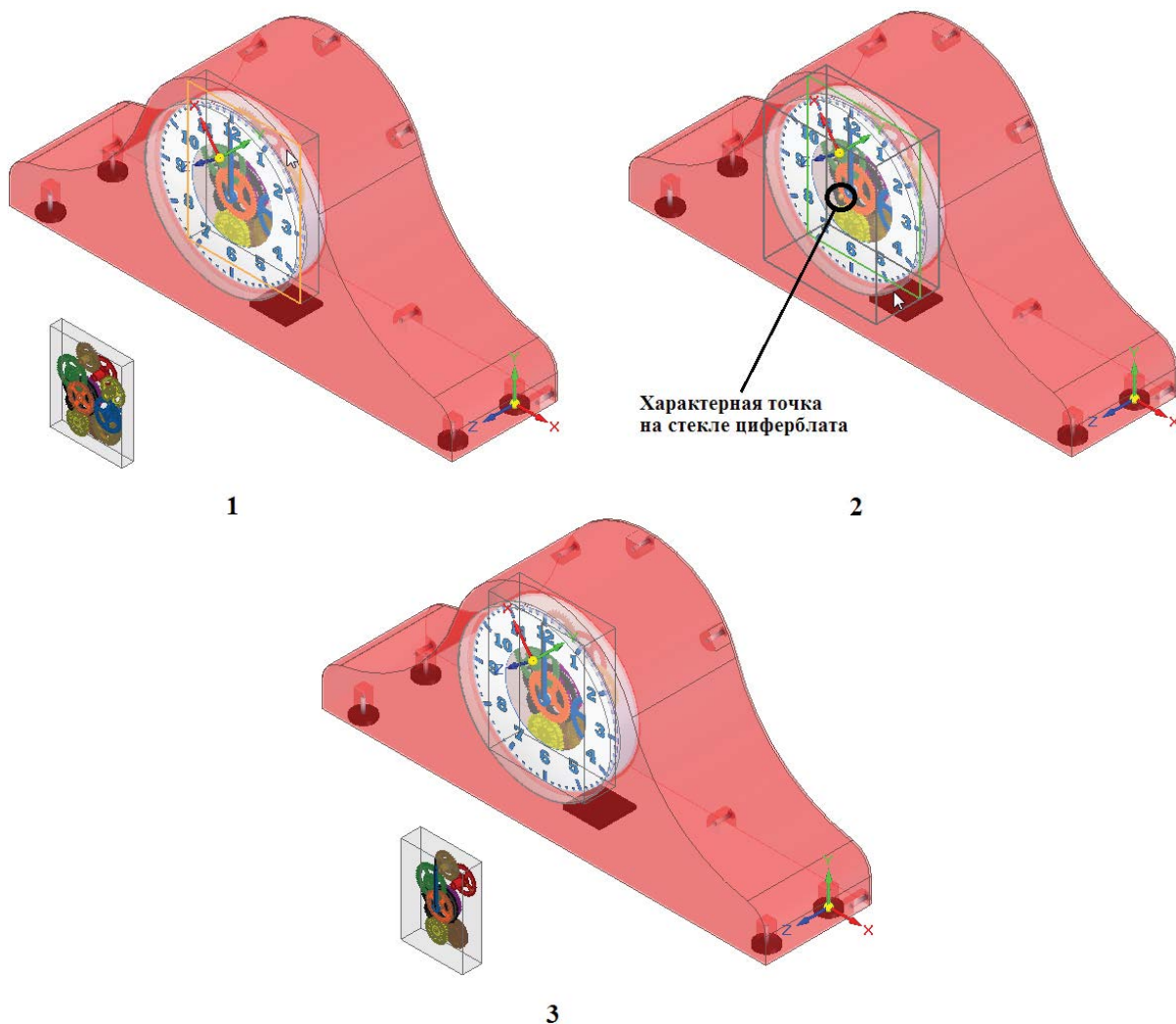




Рис. 2.8.18. Пример изменения границ зоны

Остальные команды работы с зоной находятся в ее контекстном меню:

- **Удалить** – удаляет выбранную зону;
- **Переименовать** – переименовывает выбранную зону;
- **Вырезать/Копировать** – вырезает/копирует выбранную зону и помещает ее в буфер обмена Windows;
- **Показать компоненты»/Скрыть компоненты/Выбрать компоненты** – показывает/скрывает/выбирает компоненты сборки, ассоциированные с зоной;
- **Показать выбранные** – отображает компоненты сборки, ассоциированные с выбранной зоной, и скрывает остальные;
- **Показать область зоны/Скрыть область зоны** – отображает/скрывает в графическом окне параллелепипед, ограничивающий зону.

Показать все детали в пределах зоны можно также, дважды щелкнув мышью по параллелепипеду зоны в графическом окне.

Деталь может находиться в одной или нескольких зонах. При добавлении компонентов в сборку они, в отличие от конфигураций отображения, автоматически добавляются в зоны, в пределы которых попадают.


Если над сборкой работает несколько пользователей, ее структура в некоторых случаях может стать неактуальной, что может отразиться на корректности попадания компонента внутрь зоны. Нажатие кнопки **Обновить структуру**  в группе **Помощники** на вкладке **Сервис** или же на боковой вкладке **Выбор по запросу**  восстанавливает актуальность сборки. Обновление может занять некоторое время. Запрос на обновление структуры сборки будет также автоматически выдан при создании первой зоны.

Поиск деталей в сборках

В больших сборках часто бывает затруднительно быстро найти нужный компонент непосредственно в графическом окне или в навигаторе сборки. Компонент может быть настолько перекрыт другими деталями/подсборками, что даже инструменты быстрого выбора не позволяют решить проблему его обнаружения. Кроме того, при совместной работе с большими сборками конструктор может не обладать достаточной информацией о локализации компонента в сборке, а знать только необходимый набор его атрибутов: наименование, материал, номер модификации, автора детали и прочее. В этом случае следует обратиться к механизму поиска деталей по запросам, который, как и работа с зонами, реализован на боковой вкладке **Выбор по запросу**.

Существуют два механизма поиска: быстрый поиск по простому запросу или использование именованного запроса.


Например, в рассматриваемой сборке часов необходимо выбрать все детали-шестерни, в имя которых входит сочетание **G0**. В случае простого запроса процедура поиска будет заключаться в следующем (рис. 2.8.19):

- 1) выбрать вкладку **Выбор по запросу** в навигаторе; на выбранной вкладке поместить курсор в поле простого запроса и нажать правую кнопку мыши для открытия контекстного меню;
- 2) установить один необходимый атрибут в контекстном меню (в данном примере – **Имя**), который будет отмечен галочкой;
- 3) в контекстном меню установить необходимое условие сравнения с помощью команды **Условие** из возможных вариантов **Содержит**, **Совпадает**, **Не совпадает** (в данном примере – **Содержит**);
- 4) определить область поиска, выбрав в контекстном меню команду **Область поиска**; появится окно, где можно выбрать, среди каких деталей осуществлять поиск (**A**), а также включать ли в поиск подсборки (**B**), в том числе выгруженные из памяти (**C**); нажать кнопку **OK** в окне;
- 5) в поле простого запроса ввести значение для поиска (в данном примере – **G0** без кавычек) и нажать кнопку **Перейти** ;
- 6) компоненты, удовлетворяющие заданному критерию поиска, будут выбраны в графическом окне и одновременно в навигаторе сборки.

Если необходимо одновременно указать несколько значений для поиска, в строке запроса их следует разделять точкой с запятой. Если до выполнения запроса в навигаторе уже были выбраны какие-либо компоненты сборки, результат выбора по запросу добавится к уже сделанному выбору. Простые запросы не сохраняются в списке запросов под именами, но доступны в раскрывающемся списке поля простого запроса. Регистр символов не учитывается.

Второй способ – составление именованного запроса, который будет сохранен под выбранным наименованием. Этот способ полезен в случаях, когда запрос необходимо периодически повторять и/или когда он состоит из набора различных критериев, которые должны выполняться одновременно.

Например, если в рассматриваемом примере необходимо выбрать все сборки, автором-конструктором которых является Иванов, то процедура создания такого составного запроса будет следующей (рис. 2.8.20):

- 1) выбрать вкладку **Выбор по запросу** в навигаторе; нажать кнопку **Создать запрос** ;
- 2) в открывшемся окне **Запрос** задать имя запроса и определить область поиска аналогично п. 4 в простом запросе;
- 3) задать первый критерий поиска: установить необходимый атрибут в поле **Атрибут** (в данном примере – «Имя»); выбрать условие в раскрывающемся списке **Условие** («содержит»); ввести значение для поиска в поле **Значение** (в данном примере – «asm» без кавычек); нажать кнопку **Добавить в список**; критерий добавится в список **Критерии для поиска**;
- 4) аналогично задать второй критерий: **Атрибут** – «Автор», **Условие** – «совпадает»; **Значение** – «Иванов» без кавычек; критерий добавится в список **Критерии для поиска** (дополнительные критерии задаются аналогично); нажать кнопку **OK** в окне;

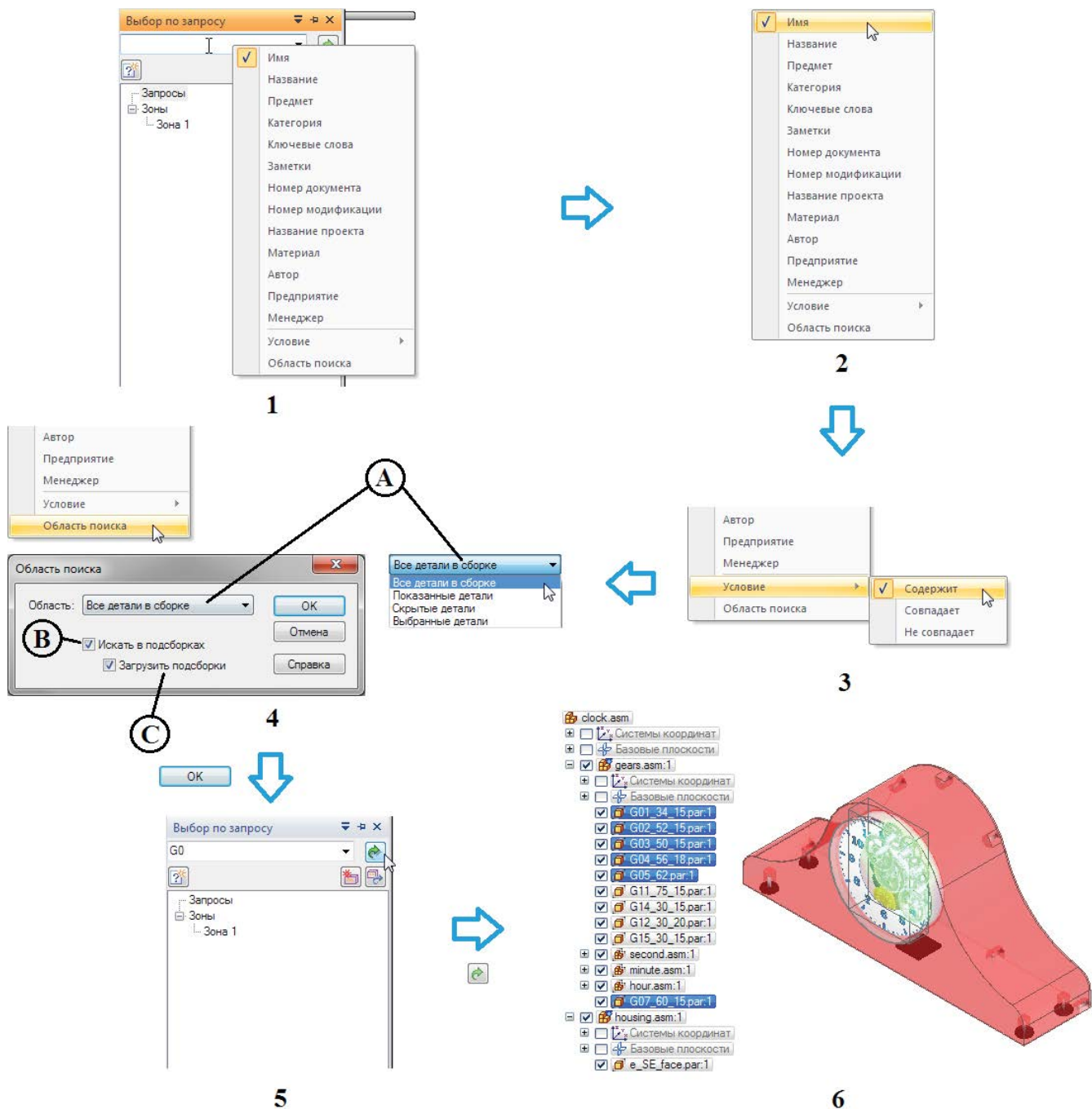


Рис. 2.8.19. Пример организации простого запроса

- 5) запрос с указанным в п. 2 наименованием будет добавлен в список на вкладке **Выбор по запросу**; активация запроса производится двойным щелчком ЛКМ по его наименованию;
- 6) компоненты, удовлетворяющие заданному критерию поиска, будут выбраны в графическом окне и одновременно в навигаторе сборки.

К набору критериев поиска в списке применяется условие «И». Чтобы создать набор запросов с условием «ИЛИ», необходимо последовательно выполнить два запроса, не снимая предыдущего выбора.

С помощью команд контекстного меню можно редактировать, удалять и переименовывать созданные запросы.

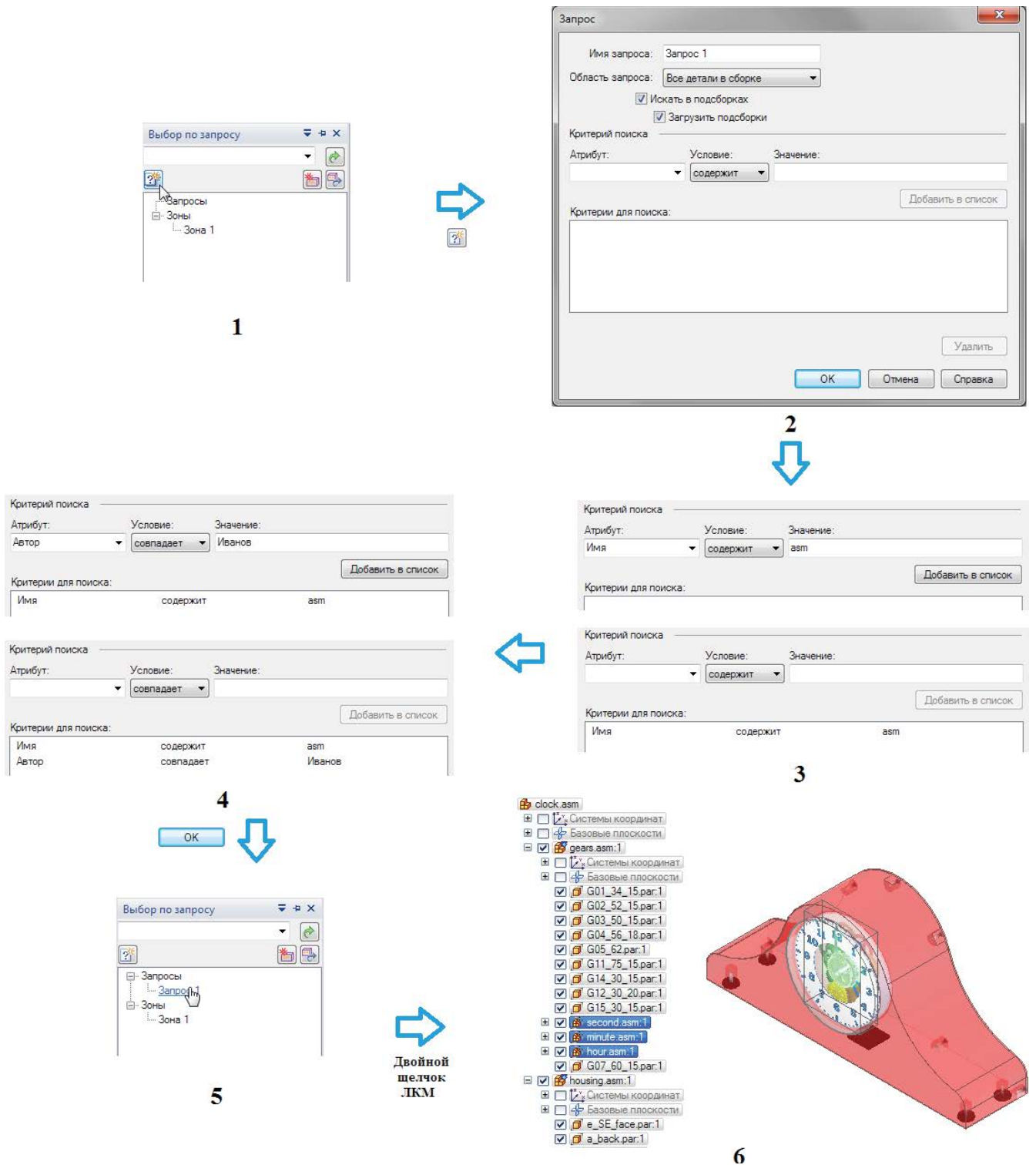


Рис. 2.8.20. Пример организации составного запроса

Дополнительные настройки Solid Edge по работе с большими сборками

Улучшить производительность работы могут помочь некоторые из глобальных параметров настройки Solid Edge. На вкладке **Общие** это параметры, приведенные на рис. 2.8.21. Например, можно отказаться от динамической правки профиля/эскиза, при этом результат правки будет отображен после завершения операции изменения геометрии.



Рис. 2.8.21. Настройки параметров Solid Edge по работе с большими сборками на вкладке **Общие**

Параметры, относящиеся к большим сборкам, располагаются также и на вкладке **Сборка** (рис. 2.8.22). Здесь можно отметить возможность автоматической деактивизации скрытых и неиспользуемых компонентов сборки через указанный промежуток времени.

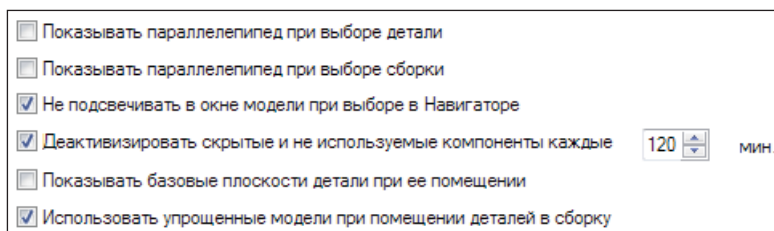


Рис. 2.8.22. Настройки параметров Solid Edge по работе с большими сборками на вкладке **Сборка**

На вкладке **Настройки открытия сборки** можно задать поведение сборки при ее открытии в зависимости от числа составляющих ее компонентов (рис. 2.8.23). Здесь можно количественно определить понятия «малая», «средняя» и «большая» сборка, а также принудительно настроить при открытии активизацию/деактивизацию всех деталей сборки, применение ко всем деталям и подсборкам рабочих или упрощенных представлений и прочее. Можно также настроить открытие сборки в соответствии с ее состоянием при последнем сохранении.

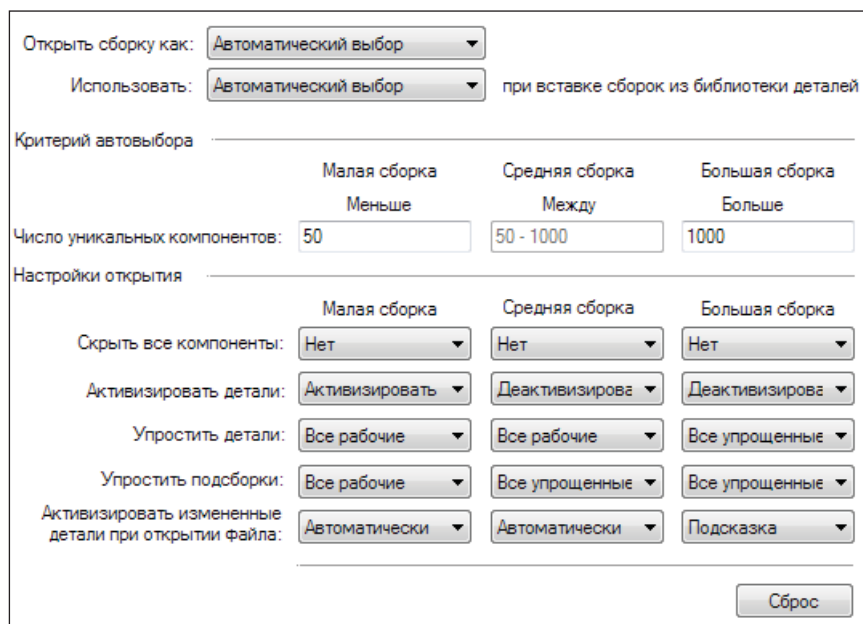


Рис. 2.8.23. Настройки поведения при открытии сборки Solid Edge на вкладке **Настройки открытия сборки**

Здесь же можно задать режим открытия сборки со всеми скрытыми деталями (параметр **Скрыть все компоненты**). В этом случае в физическую память ПК будет загружен только документ сборки, что существенно ускорит работу с ней. Это особенно эффективно при совместной работе многих конструкторов над большой сборкой, где каждый из них работает только со своим небольшим набором компонентов, который можно развернуть с помощью значка «+» либо команд **Раскрыть** и **Раскрыть все** из контекстного меню навигатора.

Применение параметров при открытии сборки

В окне открытия сборки можно сразу указать, какая зона будет отображаться либо в какой конфигурации отображения откроется сборка (рис. 2.8.24), выбрав соответствующие наименования в списках А и В. Данные настройки являются взаимоисключающими – одновременно выбрать конфигурацию отображения и зону нельзя.

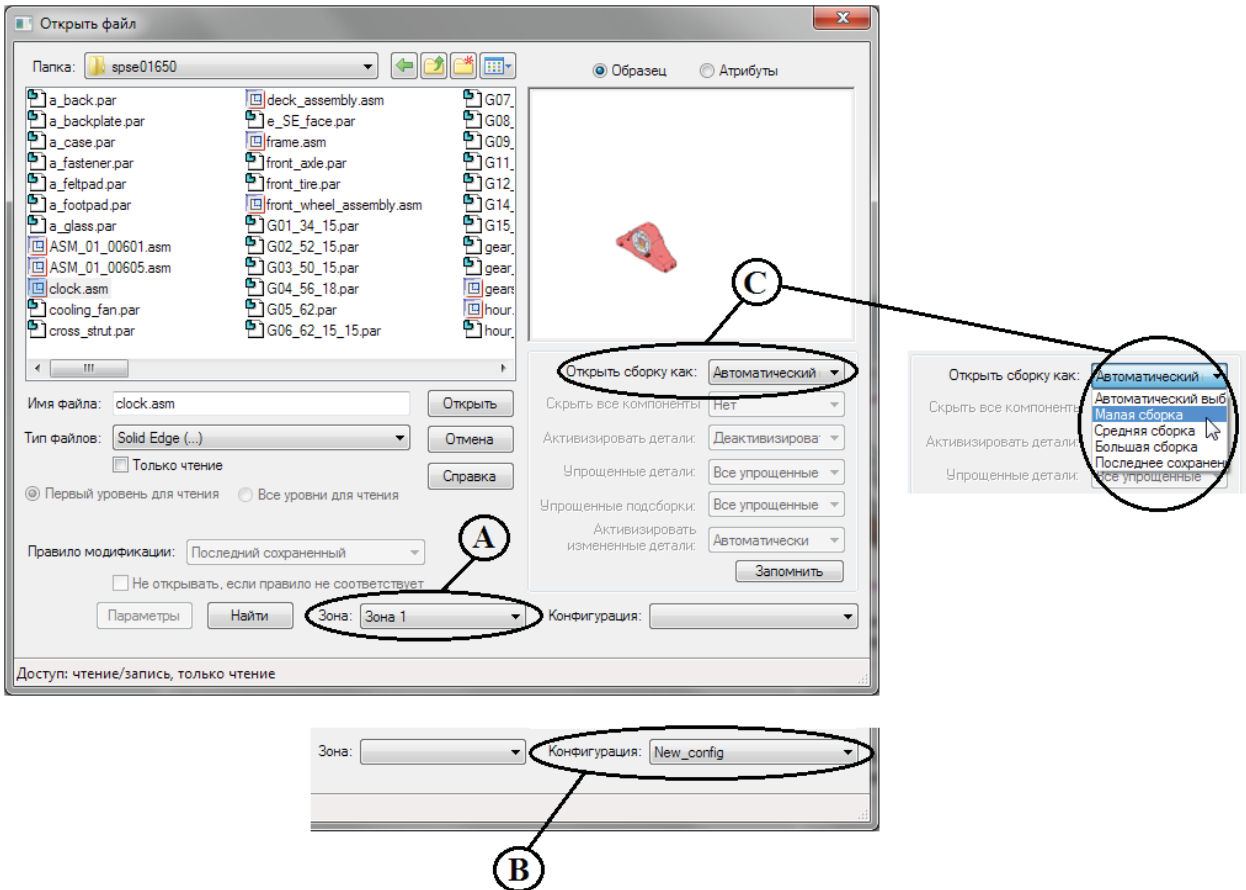


Рис. 2.8.24. Настройка параметров в окне Открыть файл сборки

Параметры начального поведения сборки, заданные на вкладке **Настройки открытия сборки** (рис. 2.8.23), также переносятся в данное окно, при этом в раскрывающемся списке **Открыть сборку как** (С) можно принудительно выбрать поведение сборки при открытии как «малой», «средней», «большой» или в соответствии с последним сохранением.

2.9. Разработка конструкторской документации

Создание и настройка параметров чертежей. Листы чертежа, слои, атрибуты, стили, шрифты. Оформление листа чертежа. Основные и второстепенные чертежные виды, их размещение на листе чертежа, управление видами. Сборочный чертеж спецификация. Проекционные, дополнительные, выносные виды. Разрезы, сечения: простой, ломаный, местный разрез; развернутое сечение, чертежные виды с разрывом. Редактирование видов. Манипулирование видами. Простановка и редактирование размеров: линейные; угловые; диаметральные; ординатные размеры. Допуски посадки на чертеже. Обозначения. Шероховатости, геометрические допуски, базы. Написание текста, выноски. Диспетчер изменений. Работа с чертежами больших сборок

Возможности создания чертежей в Solid Edge

Один из завершающих этапов проектирования изделия – оформление комплекта конструкторской документации в соответствии со стандартом ЕСКД. Система Solid Edge предоставляет развитый инструментарий создания чертежей двух основных типов:

- ассоциативные чертежные виды по 3D-модели детали или сборки;
- независимые чертежные виды по 2D-модели.

Кроме того, чертеж можно выполнить «с нуля», а также дополнить существующий чертеж построениями, не связанными с геометрической моделью детали или сборки.

По 3D-модели можно создать чертежные виды следующих типов:

- проекционные;
- дополнительные;
- выносные (зависимые и независимые);
- разрезы и сечения;
- местные разрезы (вырывы);
- виды с разрывом;
- местные виды;
- разнесенные виды сборки.

У чертежей с использованием 2D-модели существует ряд ограничений – в частности, нельзя создать виды, требующие работы с трехмерной геометрией (сечения, сечения с разрывами и выносные виды).

В общем случае процесс создания чертежа состоит из перечисленных ниже этапов:

- 1) создание нового документа «с нуля» или на основе шаблона;
- 2) компоновка чертежа – настройка чертежных листов;
- 3) продолжение компоновки – создание в зависимости от назначения чертежа:
 - вида детали;
 - вида сборки;
 - плоского вида;
- 4) завершение компоновки – создание дополнительных видов детали;
- 5) настройка отображения линий (видимых, невидимых, линий перехода);
- 6) простановка размеров, допусков, обозначений и надписей.

Ниже будет рассмотрен инструментарий Solid Edge для выполнения этих этапов.

Открытие существующего чертежа

Существующий чертеж можно открыть в двух различных режимах: с активизацией (по умолчанию) либо деактивизацией чертежных видов (рис. 2.9.1, А). В деактивизированном режиме (режиме просмотра) загружается только 2D-геометрия и не проверяется актуальность соответствия чертежных видов 3D-модели. Этот режим предназначен для просмотра и печати чертежа. Он открывается значительно быстрее, но возможности редактирования в нем ограничены – можно осуществлять только те действия, которые не затрагивают связь с 3D-моделью, то есть, например, наносить размеры, обозначения, позиции, технические требования, изменять масштаб видов, осуществлять их перемещение и компоновку на листе. Такой чертеж можно передавать без родительской 3D-модели для выполнения указанных выше действий, не опасаясь за раскрытие конфиденциальной информации. В заголовке окна документа Solid Edge у чертежа, открытого в режиме просмотра, будет надпись «Чертеж с неактивными чертежными видами», а по диагонали каждого чертежного листа будет располагаться надпись «Неактивный». В активизированном режиме виды проверяются на актуальность и соответствие 3D-модели и обновляются при отсутствии актуальности.

Режим по умолчанию при открытии чертежа устанавливается с помощью кнопки **Запомнить** в окне (В). В любое время в уже открытом документе чертежа можно переключаться между режимами с помощью группы команд **Активизация** на вкладке **Сервис** (рис. 2.9.2).

Создание чертежа

Создать новый чертеж можно с помощью команд меню приложения (рис. 2.9.3, 1):

- пустой чертеж выбираемой впоследствии детали/сборки на основе стандартного шаблона – командой **Чертеж ЕСКД (А)**;
- чертеж на основе текущей модели – командой **Создать чертеж (В)**.

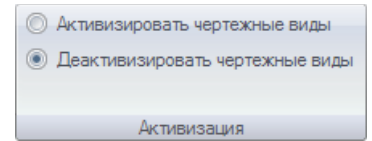
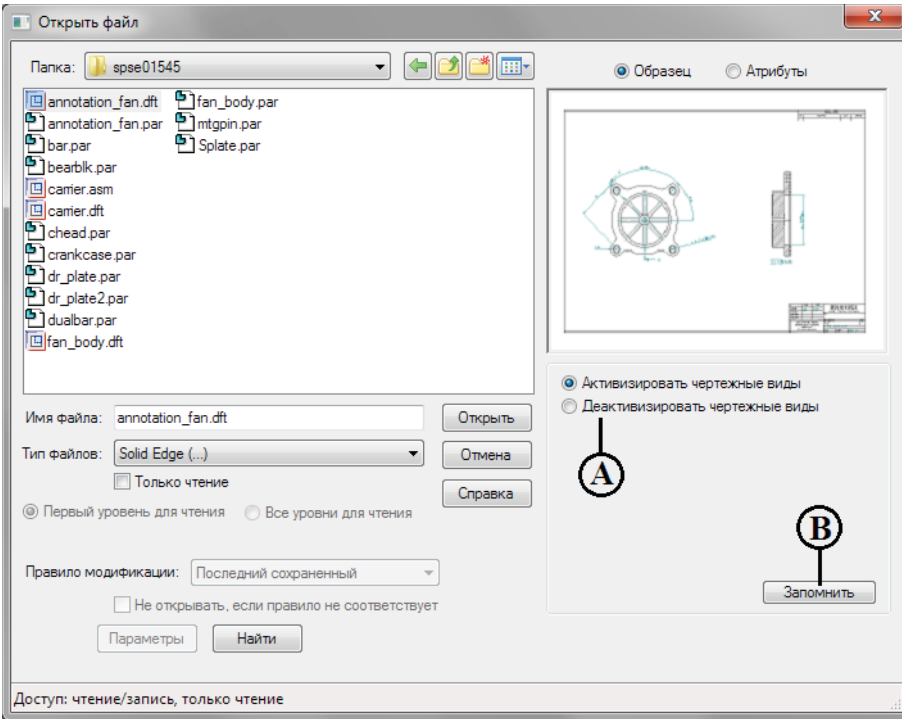


Рис. 2.9.2. Группа команд Активизация на вкладке Сервис

Рис. 2.9.1. Режимы открытия документа чертежа

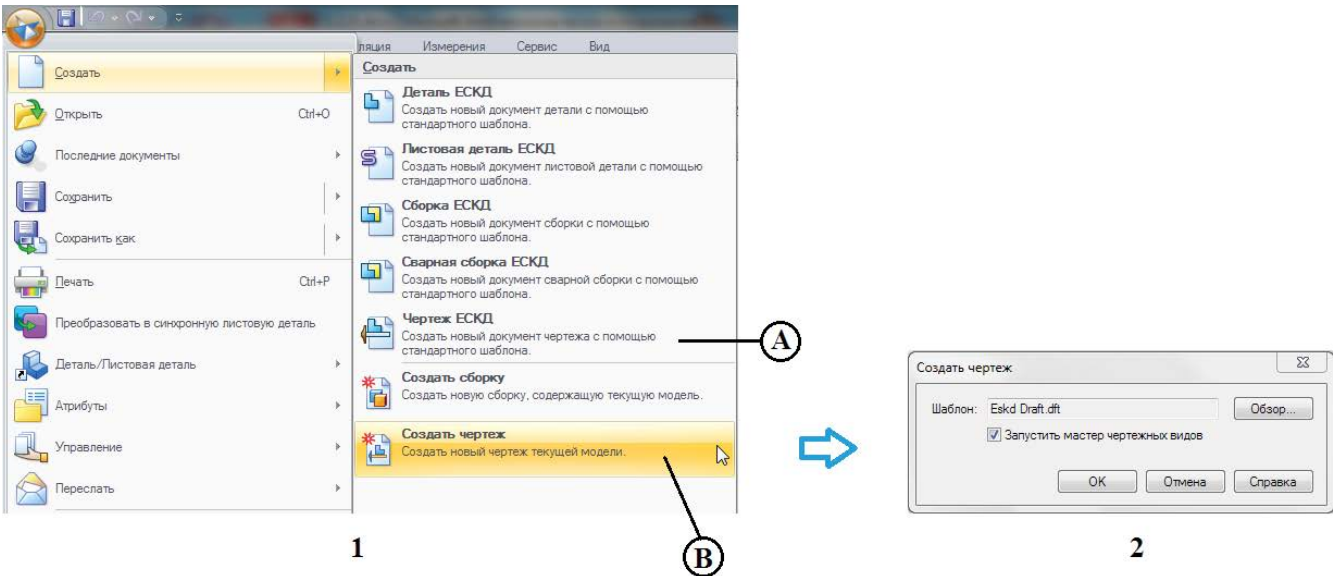


Рис. 2.9.3. Команды меню приложения для создания чертежа

Поведение команды **Создать чертеж** определяется включением/отключением параметра **Запустить мастер чертежных видов** в появившемся окне **Создать чертеж** (2). Если он включен, то запускается команда **Мастер видов** (см. ниже), если выключен, то возможны следующие варианты в зависимости от выбранного шаблона:

- если выбран шаблон быстрого чертежа, то чертежные виды и, при их наличии, спецификации для текущей модели будут созданы в соответствии с этим шаблоном;
- если выбранный шаблон не является шаблоном быстрого чертежа, а текущая модель – сборка, то создается изометрический чертежный вид;
- если выбранный шаблон не является шаблоном быстрого чертежа, а текущая модель – деталь или листовая деталь, то создаются чертежные виды сверху, спереди и справа.

Общие сведения и настройки чертежа

Файл чертежа в системе Solid Edge имеет расширение *.dft. Создание/открытие чертежа вызывает переход в специальную среду **Чертеж**.

Экран среды Чертеж

Вид окна Solid Edge в среде **Чертеж** претерпевает изменения, по сравнению со средами **Деталь** и **Сборка** (рис. 2.9,4). В левой части располагается постоянно присутствующий на экране инструмент **Выбор** с набором параметров (А), ниже его – панель (В) с переключаемыми вкладками **Библиотека**, **Группы**, **Слои** и **Запросы**. Изменяется также вид вкладки **Главная** – появляются новые либо модифицируются имеющиеся группы команд, основными из которых являются **Чертежные виды** (С), **Размеры** (D), **Обозначения** (Е) и прочие. Есть изменения и на других вкладках. В графическом окне размещаются (F) листы чертежа, в нижней части окна находится полоса с закладками отдельных листов и кнопками манипулирования листами (G) и строка сообщений (H). Область, лежащая вне области печати листа (F), также относится к чертежному листу.

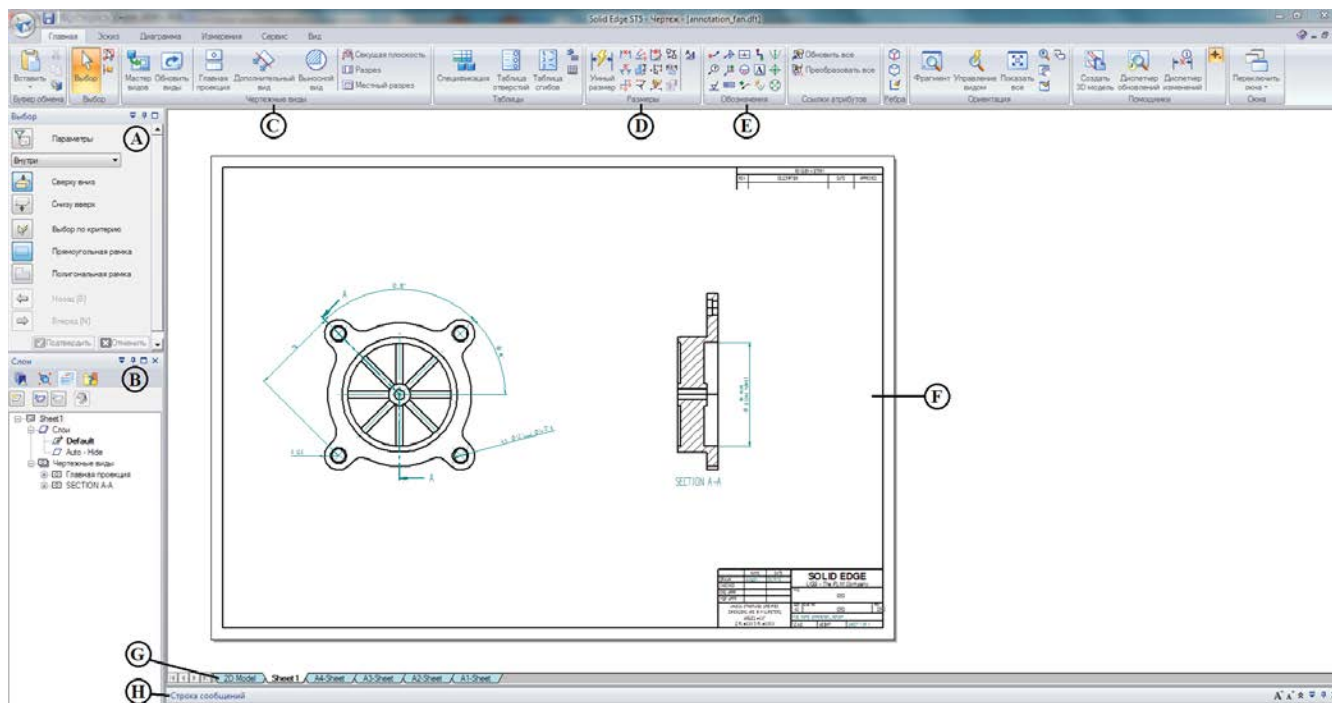


Рис. 2.9.4. Вид окна Solid Edge в среде Чертеж

При выполнении команд работы с чертежом вместо инструмента **Выбор** в левой верхней части окна открывается меню соответствующей команды.

Листы чертежа

В каждом документе чертежа содержатся три типа листов, включение/отключение отображения которых производится при помощи группы команд **Плоские виды** на вкладке **Вид** (рис. 2.9.5):

- лист 2D-модели (А);
- один или более рабочих листов (В), где размещаются ассоциативные чертежные виды по 3D-моделям либо виды 2D-модели, помещенные с помощью команды **Вид 2D-модели**;
- листы подложки (С), содержащие, как правило, рамку чертежного формата и основную надпись для рабочих листов, а также другие объекты – например, растровое изображение из внешнего файла.

Переключение между листами производится щелчком по соответствующей закладке внизу чертежа. При создании чертежа по умолчанию отображается один рабочий лист.

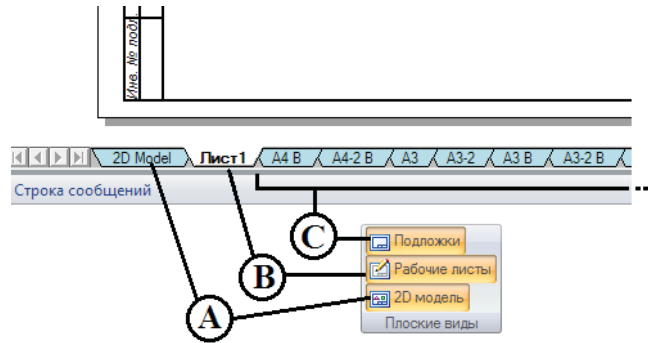


Рис. 2.9.5. Типы листов чертежа

Основные команды работы с каждым рабочим листом или подложкой располагаются в контекстном меню (рис. 2.9.6, А). С их помощью можно:

- вставить новый лист;
- удалить текущий лист;
- изменить порядок следования листов;
- переименовать текущий лист;
- задать масштаб листа;
- задать параметры листа.

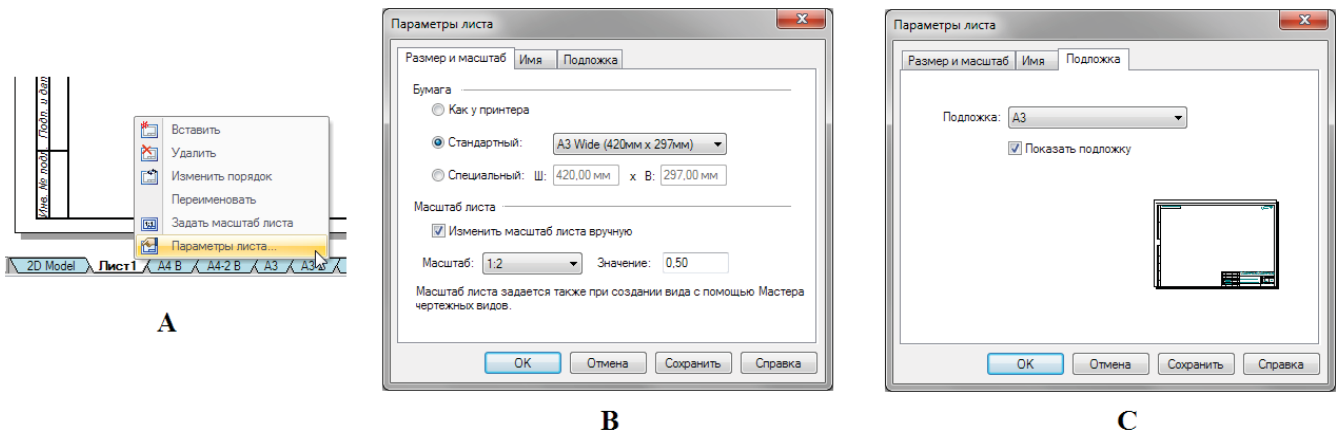


Рис. 2.9.6. Контекстное меню и окно Параметры листа для рабочего листа

Команда **Параметры листа** вызывает одноименное окно, где на закладке **Размер и масштаб** (В) можно задать размер бумаги и масштаб листа (аналогично команде контекстного меню **Задать масштаб листа**). Функционал закладки **Имя** соответствует команде **Переименовать**. На закладке **Подложка** (С) можно назначить листу подложку, выбрав ее из списка, а также настроить показ/скрытие выбранной подложки на данном рабочем листе. Размер рабочего листа автоматически становится равным размеру назначенной подложки. Изменить подложку листа можно в любой момент. Обычно для каждого стандартного листа (A0, A1 и т. д.) создается отдельная подложка.

Слои

Инструмент слоев, располагающийся на вкладке **Слои** в боковой панели (см. рис. 2.9.7), позволяет эффективно группировать отдельные элементы чертежа и управлять их отображением. Набор слоев для чертежа един – слои, созданные на одном из рабочих листов, доступны и на остальных листах, но могут управляться независимо: например, можно скрыть слой с именем **Слой 1** на одном листе, но показать на другом.

В верхней части панели располагаются иконки команд управления набором слоев. С их помощью можно создавать, показывать и скрывать слои, а также перемещать элементы со слоя на слой. Ниже располагается список текущих слоев чертежа. Слева от наименования слоя располагается значок, который отражает состояние слоя: он может быть активным (его имя отображается жирным шрифтом), занятым , пустым , скрытым или невыбираемым .

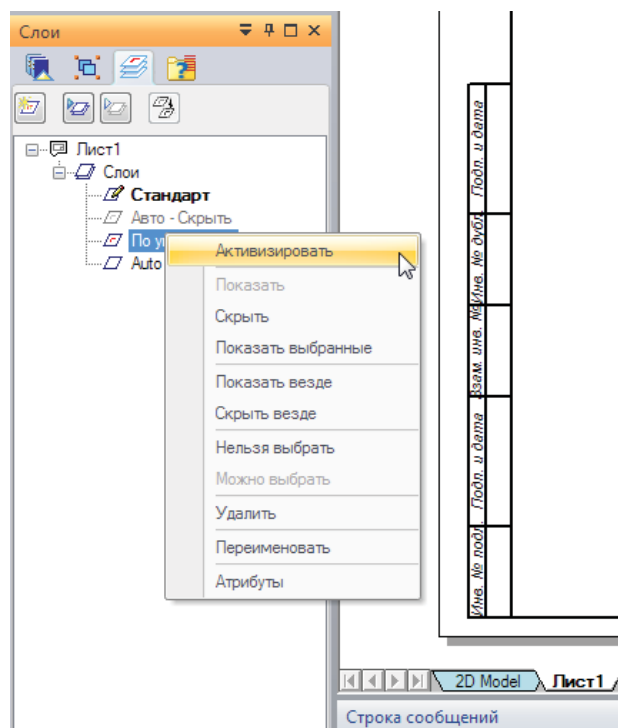


Рис. 2.9.7. Вкладка Слои

Создаваемый элемент чертежа располагается на активном слое. Каждый элемент может располагаться только на одном слое, но его можно перемещать между слоями. У каждого документа существует слой с именем **Стандарт**, который нельзя удалить.

Дополнительные команды работы со слоями располагаются в контекстном меню выбранного слоя:

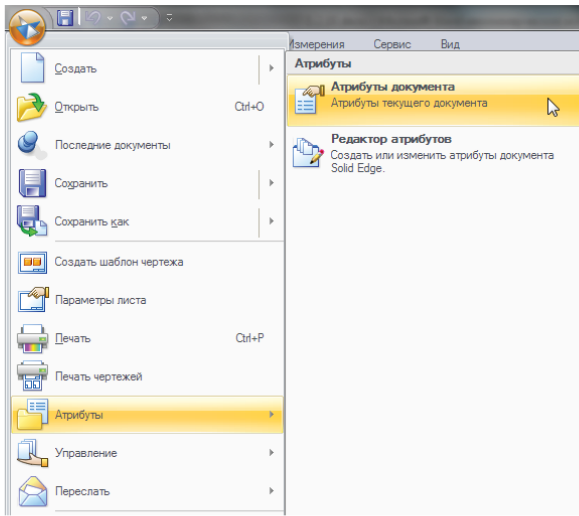
- **Активизировать** – активизировать выбранный слой, выполняется также двойным щелчком ЛКМ по имени слоя;
- **Показать выбранные** – сделать слой активным и показать только принадлежащие ему объекты;
- **Показать везде/Скрыть везде** – показать/скрыть выбранный слой на всех листах;
- **Можно выбрать/Нельзя выбрать** – сделать выбранный слой выбираемым/невыбираемым;
- **Переименовать**;
- **Удалить**;
- **Атрибуты** – отобразить окно атрибутов слоя.

Контекстное меню группы **Слои** обладает своим набором команд и позволяет дополнительно показать или скрыть все слои, а также произвести их сортировку.

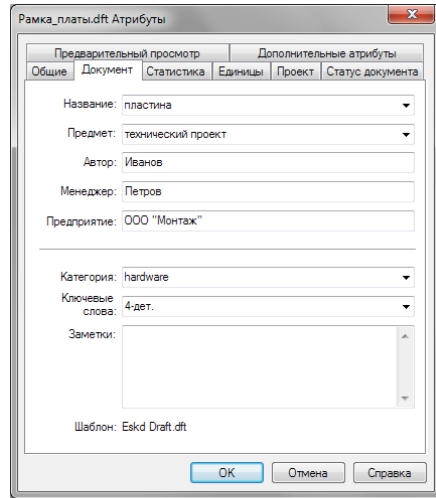
Атрибуты

У чертежа, как и у прочих документов Solid Edge, существует набор стандартных глобальных атрибутов. Их настройка осуществляется с помощью команды меню приложения **Атрибуты – Атрибуты документа** (рис. 2.9.8, А). На закладках появившегося окна можно задавать различные атрибуты документа, в частности:

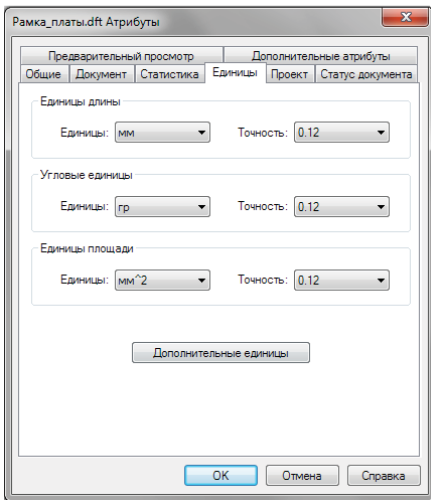
- на вкладках **Документ** (В) и **Проект** (D) – параметры, относящиеся к наименованию, стадии проектирования, автору документа, наименованию, модификации и десятичному номеру проекта (для ряда атрибутов возможен выбор значения из списка);
- на вкладке **Единицы** (С) – настройки единиц измерения длины, угла и площади, а также точности отображения размеров и допусков (указанное число знаков после запятой влияет только на отображение, а не на реальное введенное значение); кнопка **Дополнительные единицы** открывает доступ к расширенному списку единиц, среди которых – масса, сила, объем, теплофизические параметры и прочее;
- на вкладке **Дополнительные атрибуты** (Е) – расширенный набор параметров, используемых, в частности, для автоматизированного заполнения основной надписи чертежа.



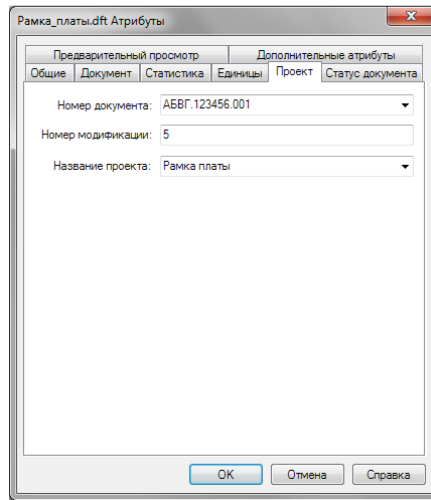
А



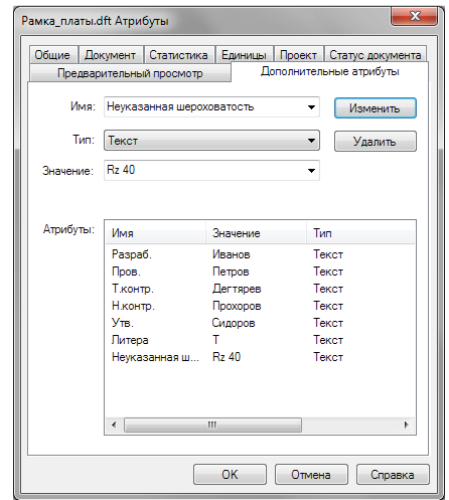
В



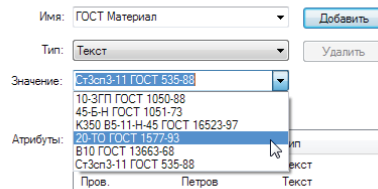
С



Д



Е



Ф

Рис. 2.9.8. Работа с атрибутами чертежа

Предустановленные шаблоны Solid Edge изначально настроены на работу с метрической системой единиц.

Атрибуты для выбора на закладке **Дополнительные атрибуты** и списки их возможных значений составляются заранее и хранятся в специальном текстовом файле propseed.txt, который по умолчанию располагается в папке **Program** каталога установки Solid Edge. Этот файл можно редактировать по своему усмотрению.

С помощью ссылок значения атрибутов извлекаются из файла модели или из текущего файла чертежа (например, номер листа, количество листов) и используются в пространстве чертежа. Существует специальная группа команд **Ссылки атрибутов** на вкладке **Атрибуты** (рис. 2.9.9).

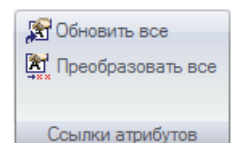



Рис. 2.9.9. Группа команд Ссылки атрибутов

Команда **Обновить все** принудительно обновляет все ссылки атрибутов в документе. Команда **Преобразовать все** преобразует все ссылки атрибутов в простой текст, после чего он теряет ассоциативность со значениями атрибутов.

Стили

Совокупность свойств, описывающих тип элемента чертежа – линию, размер, текст, заполнение (заливку и штриховку), таблицу, а также чертежный вид в целом, – задается с помощью стилей. Стили – наилучший способ упорядочить и унифицировать отображение элементов одного типа на чертеже.

Глобальное назначение стилей осуществляется с помощью шаблонов, в которых уже содержатся заранее настроенные стили. Помимо этого, у конструктора есть возможность отредактировать параметры стилей или создать собственный стиль. Для работы со стилями предназначена команда **Стиль**  – единственная команда группы **Стили** на вкладке **Вид**. Она вызывает окно, изображенное на рис. 2.9.10.

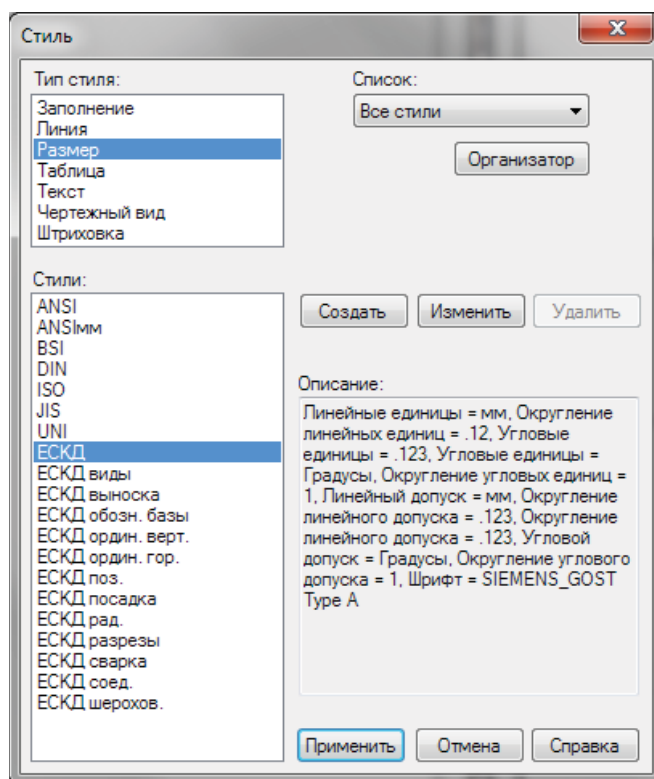


Рис. 2.9.10. Окно Стиль

В верхнем списке перечислены типы стилей для соответствующих элементов чертежа, в нижнем отображается список доступных стилей для выбранного типа. При выборе стиля справа отображается краткий перечень его настроек. Чтобы создать или изменить стиль, необходимо выбрать тип стиля/стиль и нажать кнопку **Создать** или **Изменить**. Чтобы применить стиль к отдельному элементу или группе элементов чертежа, следует выбрать элемент/группу, открыть окно **Стиль**, выбрать стиль для применения и нажать кнопку **Применить**. Альтернативный вариант – воспользоваться меню команды, где в раскрывающемся списке можно будет выбрать стиль. Однако необходимо помнить о том, что применить стиль можно только к элементам одного типа, то есть, например, невозможно применить стиль текста к размеру.

Стили в Solid Edge изначально настроены в соответствии с требованиями ЕСКД. В окне **Параметры Solid Edge**, вызываемом по кнопке приложения, существуют две закладки – **Стиль размера** (рис. 2.9.11) и **Стиль чертежного вида**, где в таблицах заранее задано соответствие элементов чертежа и стилей, настроенных по ЕСКД. Если установить параметр **Использовать соответствие стилей размеров/чертежного вида**, то при создании элементов чертежа будут приме-

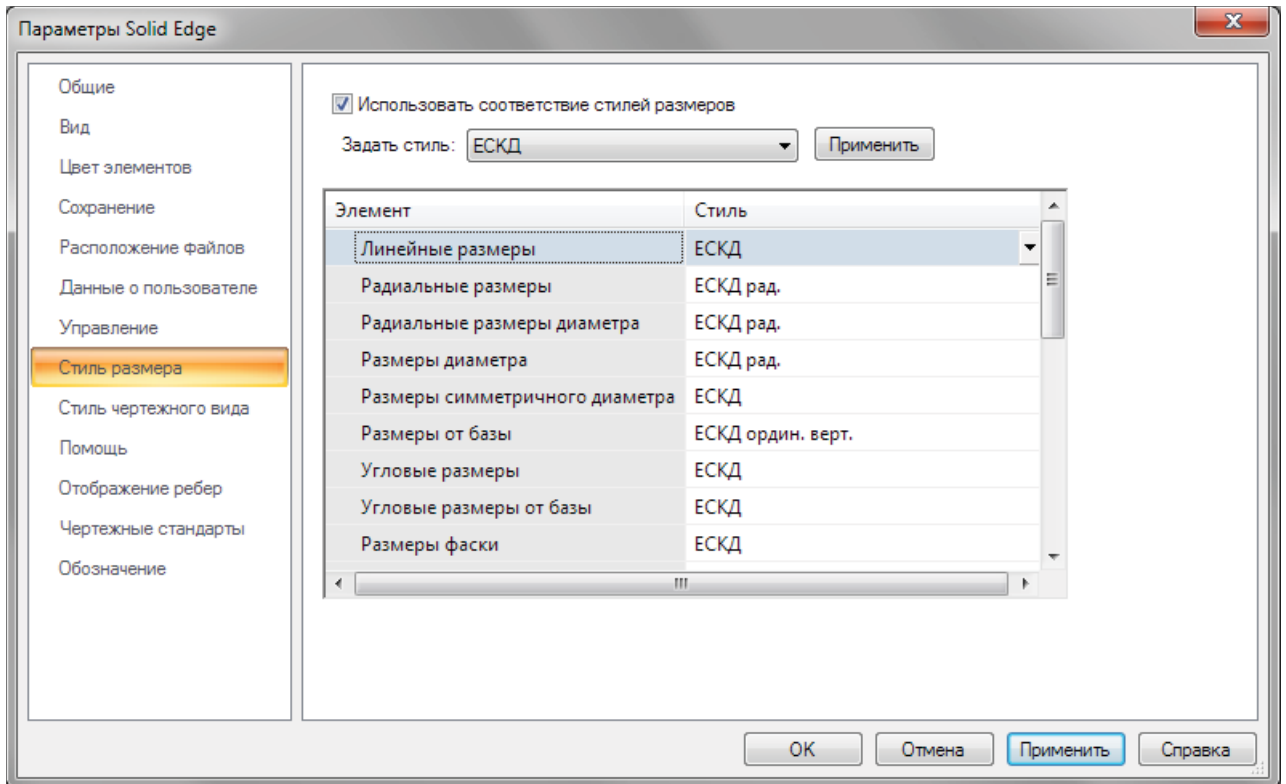



Рис. 2.9.11. Окно Параметры Solid Edge, закладка Стиль размера

няться стили из этих таблиц соответствия. При этом для размеров в меню команды размера будет включена по умолчанию кнопка **Заданный стиль размера** , делающая невозможным выбор стилей из списка. В противном случае, если параметр выключен, кнопка будет отключена, будет применяться текущий стиль, а список стилей по умолчанию будет доступен.

Шрифты

Поставляемый с САПР Solid Edge комплект инженерных шрифтов включает в себя чертежные шрифты, специальные символы, а также символы для оформления чертежей. Solid Edge поддерживает шрифты TrueType, при этом отображаемый на экране документ максимально приближен к печатной копии. Все стили элементов в шаблоне чертежа Solid Edge, содержащие текстовые надписи, настроены на использование шрифта Siemens_GOST Type A из комплекта поставки Solid Edge.

Инструмент выбора в среде чертежа

Инструмент выбора в среде чертежа имеет отличия от среды детали и сборки. Вид меню команды **Выбор** представлен на рис. 2.9.12.

Выбор осуществляется нажатием ЛКМ; если одновременно нажата клавиша **Shift** или **Ctrl**, то элемент добавляется к набору либо удаляется из него. С помощью кнопки **Параметры** настраивается набор элементов, доступных для выбора, а также слои, на которых производится выбор. Доступен выбор прямоугольной и полигональной рамкой в нескольких режимах, задаваемых с помощью раскрывающегося списка. Кнопками **Сверху вниз** и **Снизу вверх** задается порядок выбора – в первом случае сначала выбираются группы, а затем отдельные элементы, во втором – наоборот.

Существует очень полезный инструмент выбора по критерию, позволяющий одним нажатием кнопки выбрать на активном листе все элементы, имеющие одинаковые атрибуты. Инструмент работает следующим образом (рис. 2.9.13):

- 1) нажать на кнопку **Выбор по критерию** и выбрать элемент нужного типа;
- 2) в открывшемся окне выбрать один или несколько критериев (например, элементы одинакового типа);

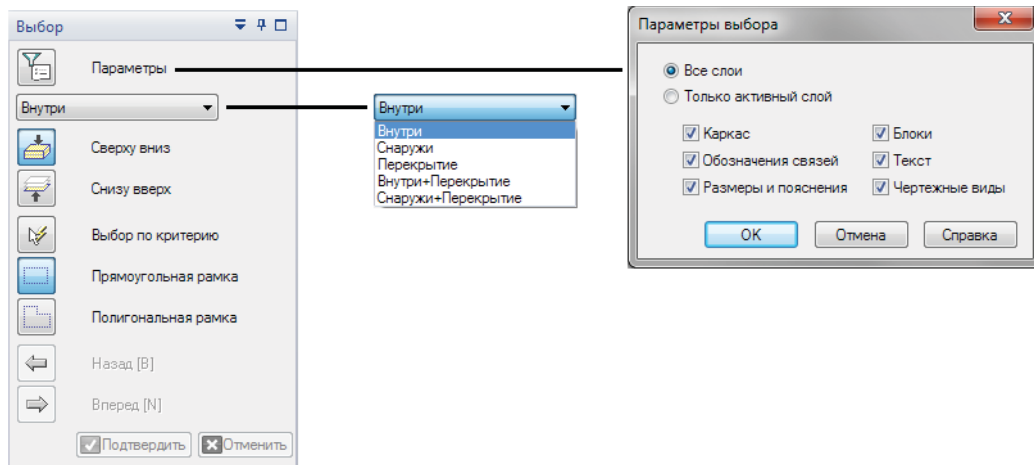


Рис. 2.9.12. Меню команды Выбор

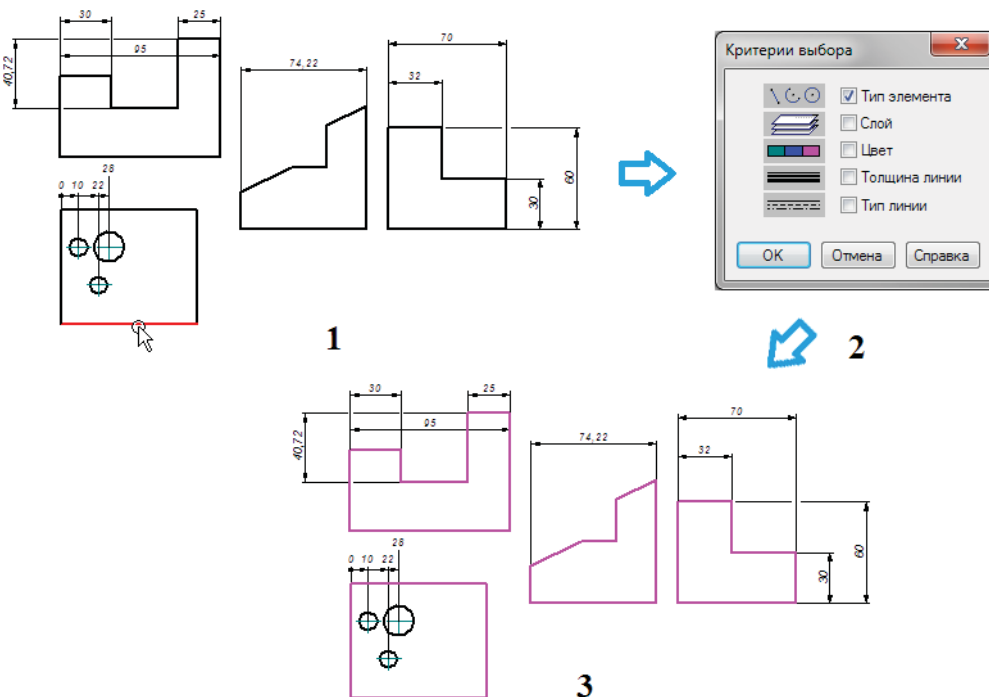


Рис. 2.9.13. Выбор элементов на активном листе чертежа по критериям

3) нажать кнопку **ОК**; элементы, удовлетворяющие заданному набору критериев, будут одновременно выбраны на активном листе чертежа.

В среде чертежа также работает инструмент быстрого выбора.

Процедура создания видов чертежа

Главный вид

Создание видов начинается с главного вида детали или сборки, который строится с помощью команды **Мастер видов** (группа команд **Чертежные виды** на вкладке **Главная**, рис. 2.9.4, С). Как правило, главным является первый вид, помещенный на чертеж. Чаще всего он является родительским для создания всех остальных видов чертежа. Процедура создания главного вида следующая (рис. 2.9.14):

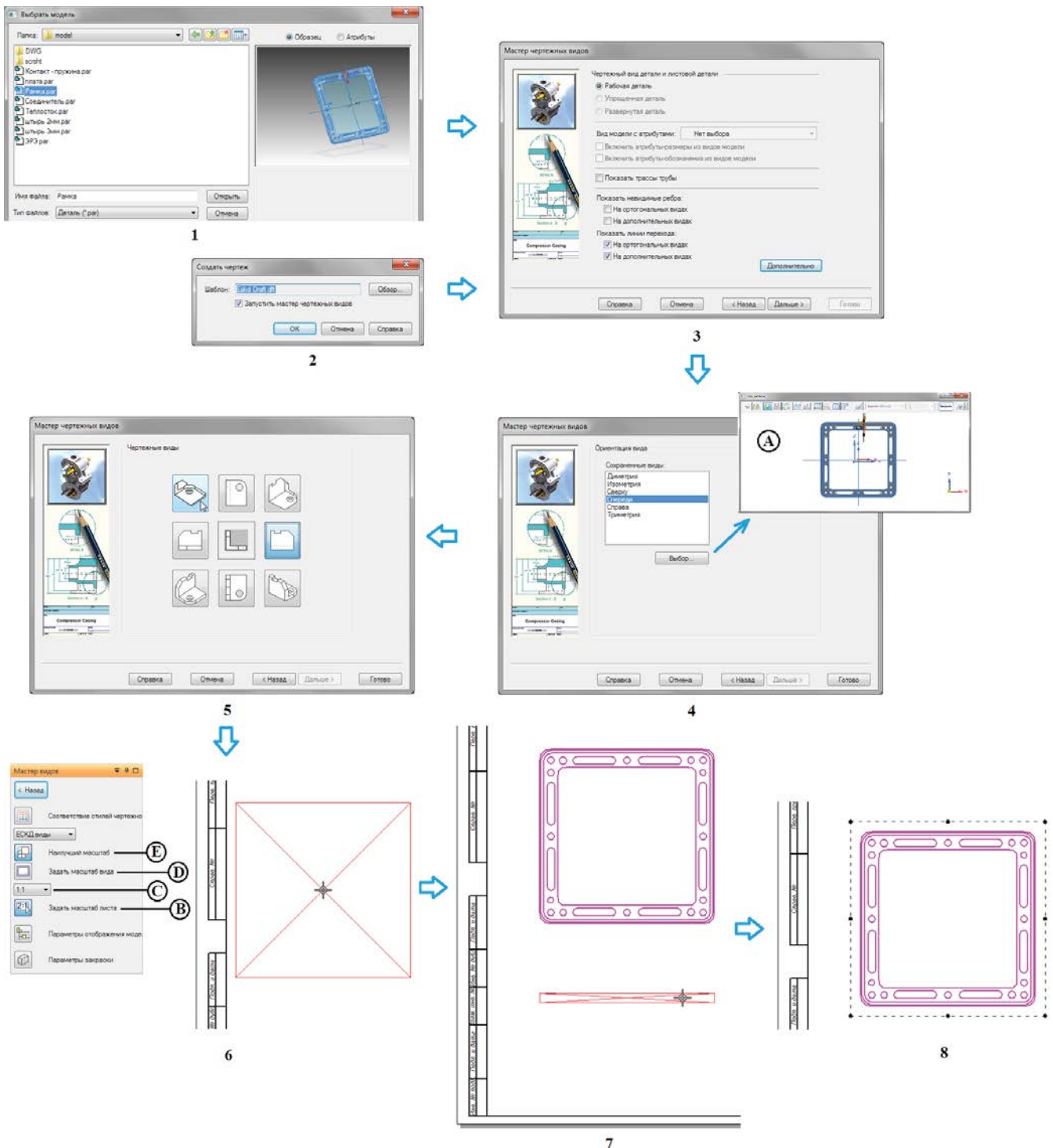


Рис. 2.9.14. Процедура создания главного вида детали

- 1) в среде чертежа выполнить команду **Мастер видов**, в появившемся окне указать файл-источник детали или сборки, нажать кнопку **Открыть**;
- 2) либо в среде детали/сборки выполнить команду **Создать – Создать чертёж** в меню приложения, после чего выбрать нужный шаблон и включить параметр **Запустить мастер чертёжных видов** в появившемся окне, нажать кнопку **ОК**;
- 3) далее будет открыто окно **Мастер чертёжных видов**, на нескольких страницах которого необходимо задать параметры чертёжного вида модели; на первой странице это тип модели (для детали это рабочая и упрощенная, если

- у детали есть упрощенное представление), параметры создания и показа ребер, показа линий перехода и прочее; после выбора параметров нажать кнопку **Дальше**;
- 4) на второй странице задается ориентация вида; ее можно выбрать из списка сохраненных либо, нажав кнопку **Выбор**, ориентировать модель необходимым образом с помощью инструментов открывшегося окна **Вид детали (A)**; нажать кнопку **Дальше**;
 - 5) на третьей странице можно выбрать дополнительные виды для размещения одновременно с главным, нажав нужные кнопки видов (кнопки выбранных видов подсвечиваются); в завершение нажать кнопку **Готово**;
 - 6) курсор мыши превращается в перечеркнутый прямоугольник, обозначающий границы размещаемого вида; разместить вид, щелкнув ЛКМ в нужном месте листа чертежа;
 - 7) главный вид размещен, система сразу же предлагает разместить проекционные виды, переключившись на выполнение команды **Главная проекция** из группы команд **Чертежные виды**, обозначая границы и расположение видов курсором в виде перечеркнутого прямоугольника; команду при необходимости можно отменить;
 - 8) в результате на чертежном листе построен главный вид.

Альтернативный способ быстро создать три стандартных вида детали – перетащить документ детали Solid Edge из библиотеки в боковой панели на чертежный лист (рис. 2.9.15). При перетаскивании документа сборки автоматически создается изометрический вид.

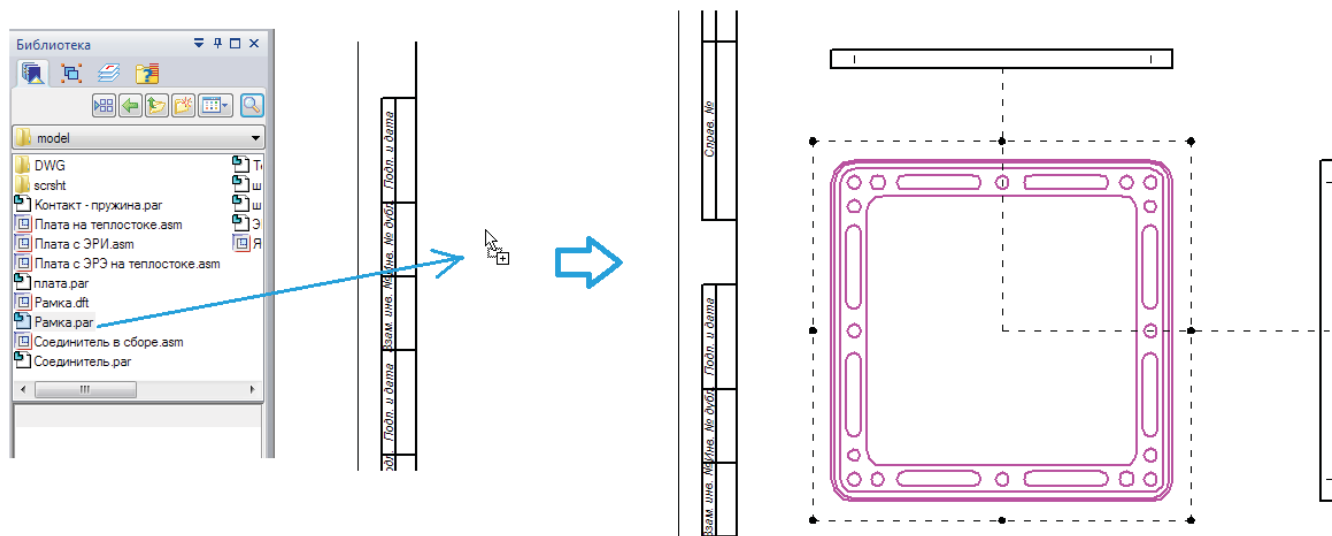



Рис. 2.9.15. Процедура создания трех стандартных видов детали перетаскиванием документа из библиотеки

Все созданные виды отображаются на вкладке **Слои** боковой панели в коллекции **Чертежные виды**.

Создание сборочного чертежа

В случае создания сборочного чертежа в мастере чертежных видов присутствуют дополнительные опции управления отображением компонентов (рис. 2.9.16).

В первую очередь это использование конфигураций, сохраненных в среде **Сборка (A)**. Выбрав из списка определенную конфигурацию (например, разнесенный вид), можно применить ее к создаваемым сборочным видам.

Управлять отображением отдельных компонентов сборки на сборочном виде можно с помощью меню команды **Мастер видов** перед непосредственным размещением вида на листе чертежа. Нажав кнопку **Параметры отображения модели** , можно в открывшемся окне атрибутов чертежного вида снять флажок **Показать** у компонентов, которые не нужно отображать на виде (рис. 2.9.17, выделен красным). Здесь же можно, в частности, изменить стиль показа ребер компонентов или показать часть из них как детали для справки. Все эти действия можно выполнить и впоследствии, выбрав в контекстном меню чертежного вида команду **Атрибуты**.

В окне мастера видов также настраиваются использование упрощенных сборок (B) и создание быстрых проекций (C) – эти приемы полезны при работе с большими сборками (см. подраздел ниже).

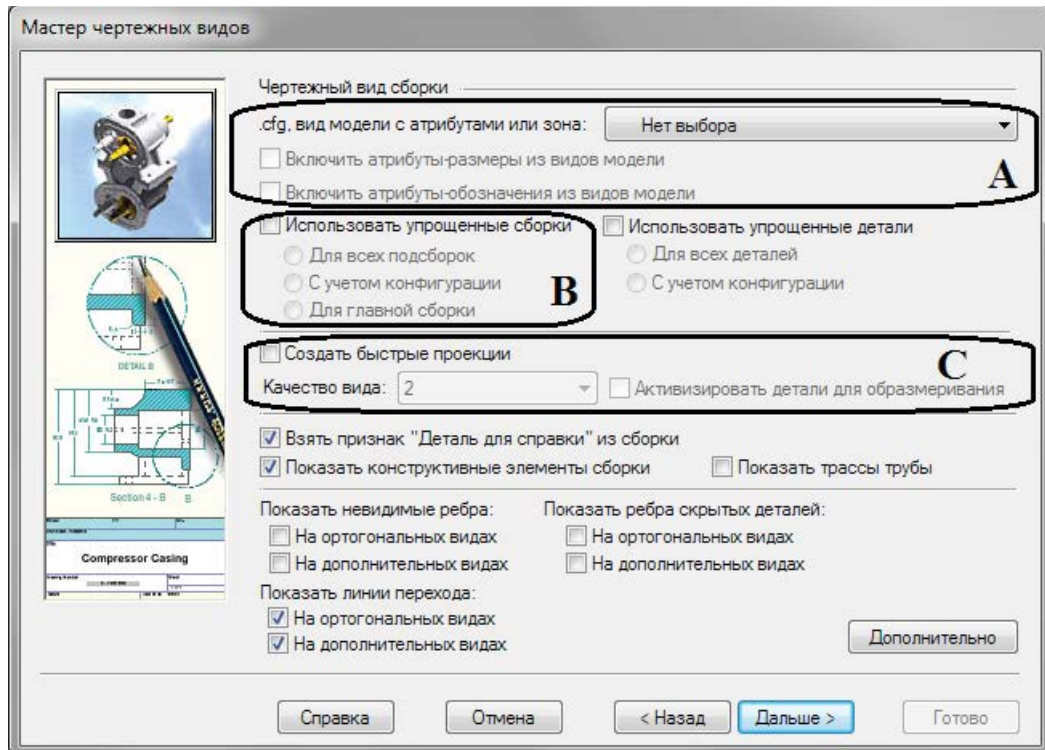


Рис. 2.9.16. Окно мастера чертежных видов для сборочного чертежа

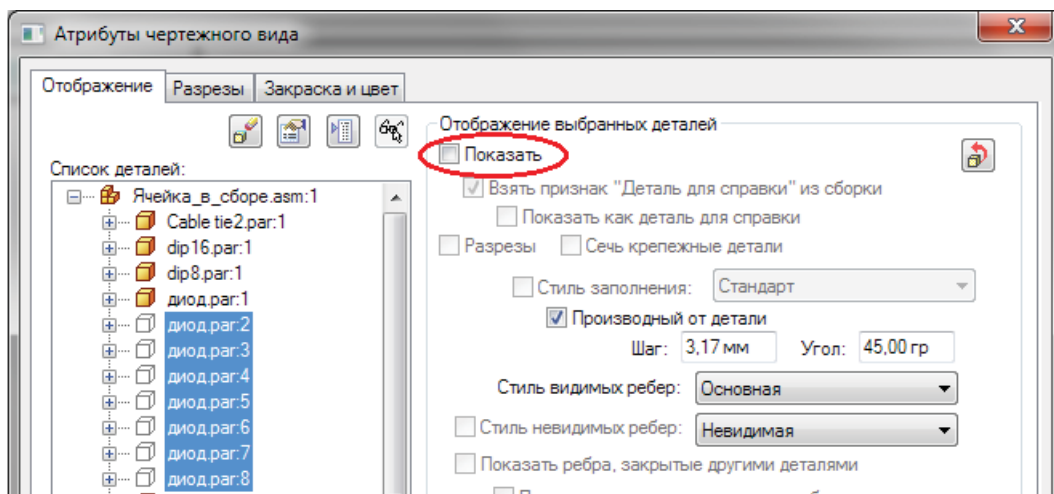



Рис. 2.9.17. Управление показом компонентов сборки с помощью окна атрибутов чертежного вида

Создание спецификации

Спецификация для сборочной единицы создается с помощью специальной одноименной команды  – первой в раскрывающемся списке команд создания различных таблиц в группе **Таблицы** (вкладка **Главная**). При выполнении команды необходимо указать чертежный вид, после чего настроить параметры в открывшемся меню команды (рис. 2.9.18):

- **Связать с активной спецификацией** – настраивается, если для одного и того же сборочного чертежа нужно создать несколько спецификаций с совместным использованием одних и тех же номеров позиций;

- **Автоматически обозначить содержание** – при его включении на выбранном чертежном виде сборочного чертежа будут автоматически проставлены обозначения с номерами позиций;
- **Создать список** – будучи включенным, создает таблицу спецификации на чертежном листе. Команду **Спецификация** с выключенным параметром **Создать список** можно применять для автоматической простановки обозначений на чертежном виде без создания таблицы спецификации.

Раскрывающийся список кнопки **Параметры** позволяет одним щелчком мыши настроить параметры спецификации в соответствии с различными стандартами, в частности ЕСКД (выбор «ГОСТ»).

Нажатие кнопки **Параметры** открывает окно (рис. 2.9.19) с детальной настройкой множества параметров таблицы спецификации, среди которых:

- на закладке **Общие** – стандарты оформления и максимальные размеры таблицы;
- на закладке **Расположение** – параметры расположения таблицы на листах чертежа;
- на закладке **Столбцы** – содержание, заголовок, формат и порядок отображения для каждого столбца таблицы;
- на закладке **Данные** – параметры шрифта и индивидуальное заполнение ячеек данных таблицы;
- на закладке **Группы** – параметры группирования данных в спецификации (документация, комплексы, сборочные единицы, детали, стандартные изделия, прочие изделия, материалы);
- на закладке **Параметры** – использование позиций сборки;
- на закладке **Позиции** – индивидуальный номер каждой позиции в спецификации;
- на закладке **Управление списком** – состав и порядок отображения подборок и деталей в спецификации;
- на закладке **Содержание и маркировка** – формат и отображение номеров позиций сборки на чертежном виде.

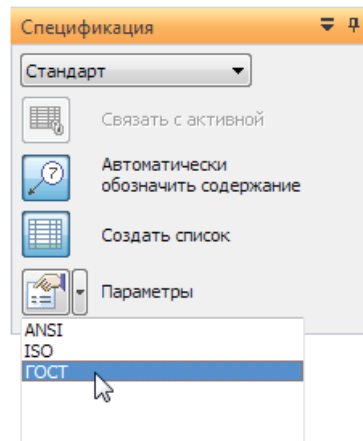


Рис. 2.9.18. Меню команды Спецификация

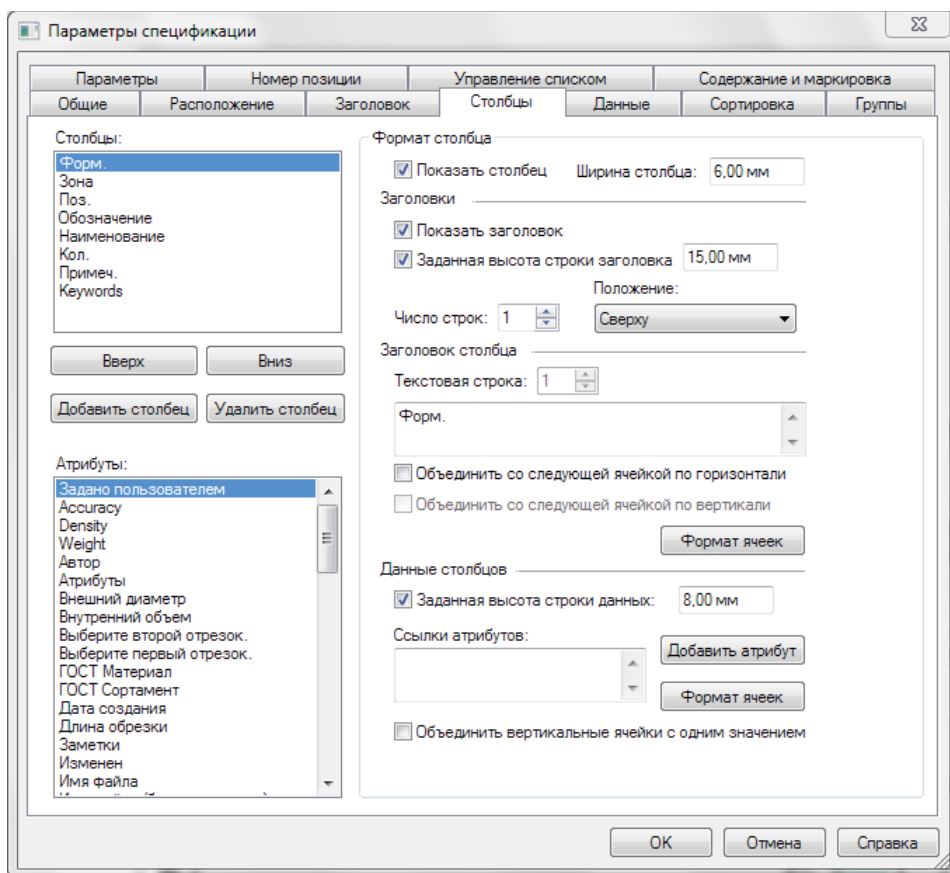


Рис. 2.9.19. Окно Параметры спецификации, закладка Столбцы


Параметры для создания спецификации извлекаются из атрибутов документов деталей и сборок. Таблицу спецификации можно создать на активном чертежном листе либо на дополнительных листах чертежа (количество листов зависит от максимальной высоты таблицы, заданной на вкладке **Общие**). По окончании работы с окном параметров спецификации она размещается на листе нажатием ЛКМ.

Подробный пример создания сборочного чертежа и спецификации на сборочную единицу рассмотрен в приложении к данному учебному пособию на CD-ROM.

Шаблоны чертежей

Шаблон – это заготовка чертежа, содержащая заранее определенные настройки текста, видов, геометрии, размеров, атрибутов, стилей и прочего и позволяющая упростить и ускорить создание однотипных документов чертежей. Фактически это обычный чертеж Solid Edge с тем же самым расширением. Предусмотренные в системе Solid Edge шаблоны уже содержат все необходимые настройки и форматы в соответствии с ЕСКД и, как правило, не требуют дополнительных настроек. Созданный на основе шаблона чертеж сохраняется под новым именем, тем самым оставляя исходный шаблон без изменений. По умолчанию шаблоны документов Solid Edge, в том числе и шаблоны чертежей, располагаются в папке <буква диска>:\Program Files\Solid Edge ST\Templates.


Также можно создать так называемый «быстрый» шаблон, содержащий набор заготовок чертежных видов, не связанных с какой-либо моделью. Для этого следует:




- создать требуемый набор чертежных видов на листе чертежа;
- назначить необходимые атрибуты видов;
- выполнить команду **Создать шаблон чертежа**  из меню приложения;
- система выдаст предупреждение об удалении всей геометрии с видов и невозможности отмены этого действия;
- ответив **Да** в окне предупреждения, в открывшемся окне указать имя и расположение шаблона и выполнить его сохранение. Шаблон готов. Геометрия видов исчезнет, заменившись на прямоугольники границ вида с обозначением наименований видов, разрезов, масштабов и прочего.

Чтобы создать чертеж по сохраненному «быстрому» шаблону, необходимо просто создать новый документ чертежа и перетащить на него с помощью мыши модель из библиотеки, аналогично показанному на рис. 2.9.15. Заданные в шаблоне виды будут созданы автоматически.

Масштаб листа

Масштабом листа называется стандартное значение масштаба для размещаемых на рабочем листе чертежных видов. Задать масштаб можно тремя способами:

- в меню команды **Мастер видов** при помещении первого вида на лист;
- в меню команды **Задать масштаб листа**  (рис. 2.9.12) из контекстного меню листа (рис. 2.9.6, А);
- в окне **Параметры листа** на вкладке **Размер и масштаб** (рис. 1.2.14.6, В), включив параметр **Изменить масштаб листа вручную**.

Когда при помещении первого вида в меню команды **Мастер видов** (рис. 2.9.14, 6) нажата кнопка **Задать масштаб листа**  (С), это означает, что масштаб листа задается автоматически по масштабу помещаемого первого чертежного вида. Сам масштаб вида можно выбрать из списка (В). Обратная операция – задание масштаба помещаемого вида равным текущему масштабу листа – выполняется при помощи кнопки **Задать масштаб вида**  (D). Система может сама подобрать масштаб вида таким образом, чтобы он лучше всего вписывался в лист. Для этого служит кнопка **Наилучший масштаб**  (E).

Второй способ, с использованием команды **Задать масштаб листа**, следует применять в случаях необходимости:

- задания масштаба листа для нового рабочего листа;
- задания масштаба, который будет помещен в штамп чертежного формата;
- создания связи с масштабом листа любого из видов чертежа, кроме размещенного первым;
- изменения чертежного вида, связанного с масштабом листа (например, разреза или выносного вида);
- просмотра, какой из видов связан с масштабом листа.

При выполнении этой команды вид, связанный с масштабом листа, подсвечивается цветом выбора (рис. 2.9.20, А). Можно пере назначить этот вид, указав его курсором. Чтобы задать масштаб листа вручную, необходимо нажать кнопку **Другой масштаб листа** (А), после чего станут доступны список **Масштаб** и поле **Значение**. Ассоциативность между каким-либо чертежным видом и масштабом листа при этом будет разорвана. Изменение масштаба листа вручную не изменяет масштаба существующего чертежного вида.

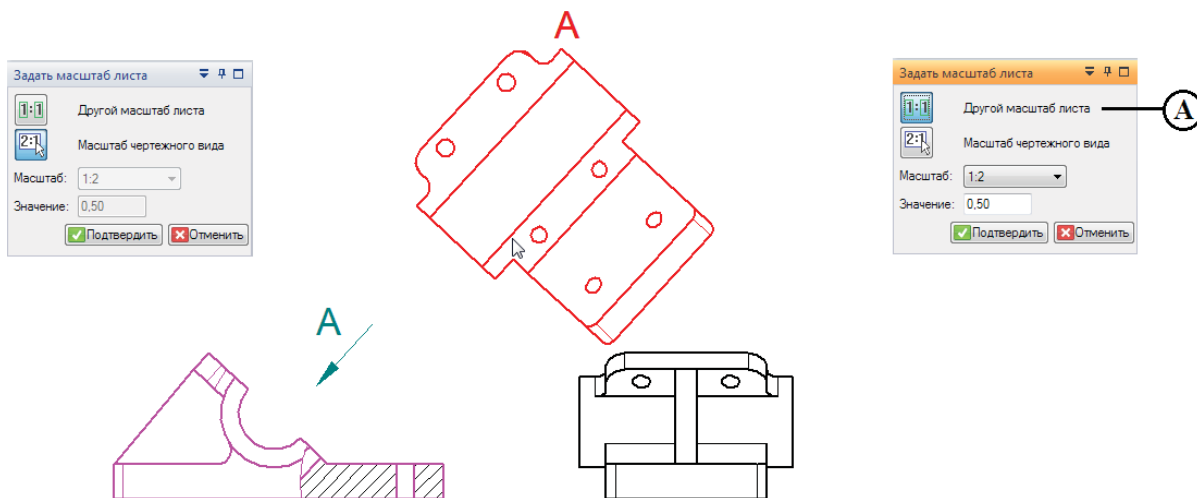


Рис. 2.9.20. Назначение масштаба листа с помощью команды Задать масштаб листа

Третий способ по своей сути аналогичен команде **Задать масштаб листа**.

Проекционные виды

Когда главный вид размещен, можно приступить к размещению дополнительных проекционных видов. Их создание выполняется с помощью команды **Главная проекция** из группы команд **Чертежные виды** следующим образом (рис. 2.9.21):

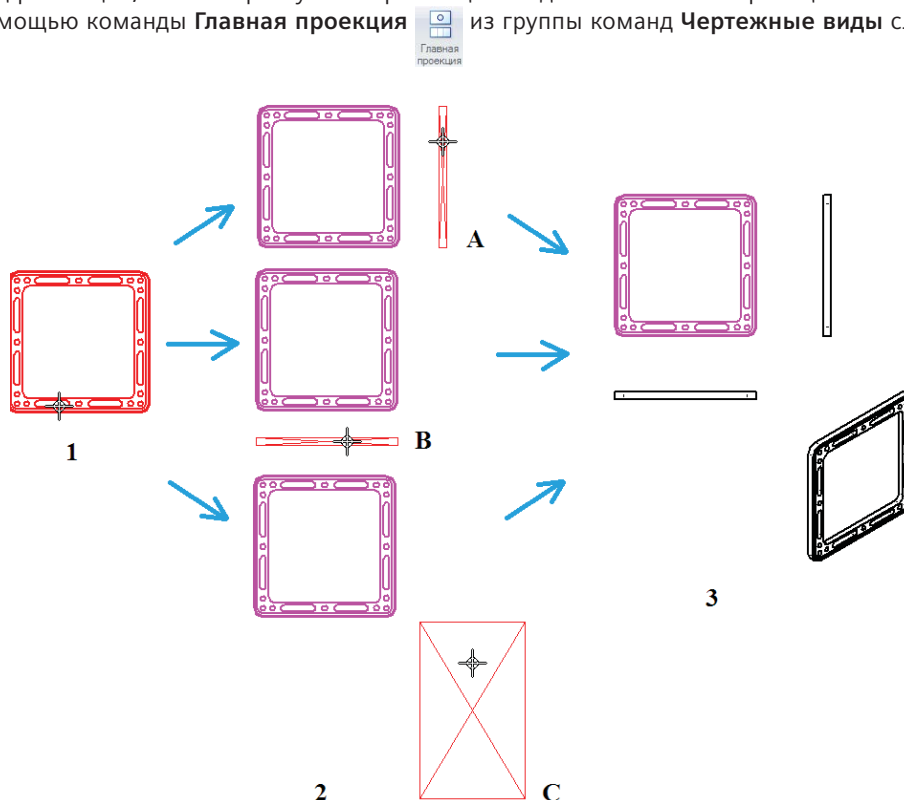



Рис. 2.9.21. Процедура создания проекционных видов

- 1) подвести курсор к виду, на основе которого будет создаваться проекция, вид подсветится красным цветом;
- 2) щелкнуть ЛКМ на виде и отвести курсор в место предполагаемого размещения проекционного вида; ориентация вида определяется положением курсора – например, вид слева (А), сверху (В) и изометрический вид (С, курсор по диагонали от главного вида);
- 3) щелкнуть ЛКМ, разместив вид; последовательно можно разместить несколько различных видов, не прерывая выполнения команды.

Команду **Главные проекции** нельзя использовать для размещения новых видов, используя в качестве основы разрез, дополнительный вид или выносной вид.

Дополнительный вид

Дополнительный вид строится с помощью одноименной команды  из группы **Чертежные виды** и получается поворотом существующего вида на 90° относительно линии направления взгляда. Линия направления взгляда может быть параллельна или перпендикулярна геометрическим элементам на существующем виде. Для построения вида необходимо (рис. 2.9.22):

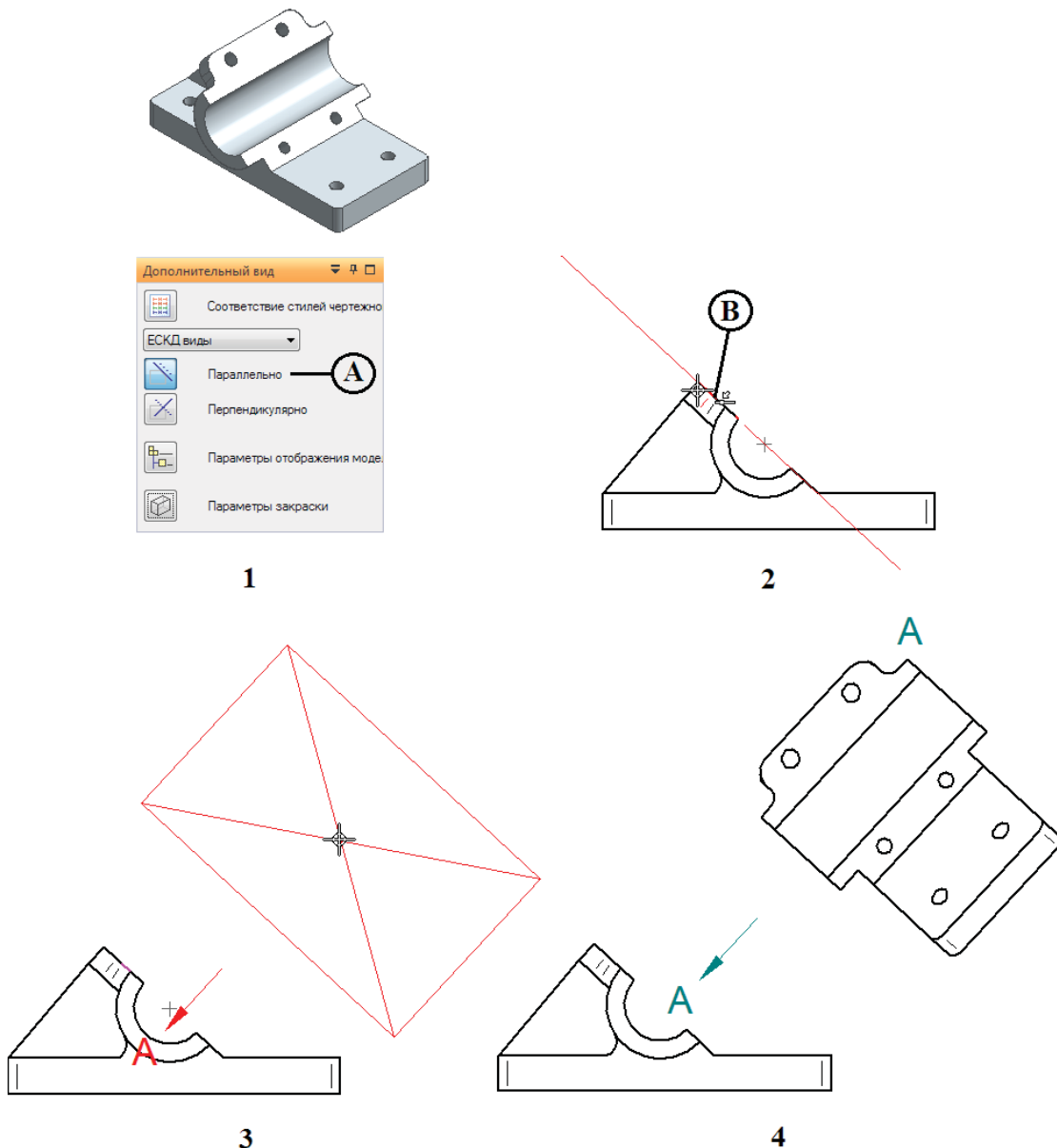


Рис. 2.9.22. Процедура создания дополнительного вида

- 1) выбрать команду **Дополнительный вид**; в меню команды выбрать расположение линии направления взгляда (в примере – параллельно, A);
- 2) указать линию направления взгляда на существующем виде – либо поместив ее поверх линейного элемента на чертеже (B), либо самостоятельно задав две характерные точки;
- 3) курсор примет форму прямоугольника, соответствующего размеру создаваемого вида; одновременно будет показано направление взгляда; следует переместить курсор в место расположения вида и щелкнуть ЛКМ;
- 4) в результате дополнительный вид будет построен относительно нормали к выбранной линии направления взгляда.

Выносные виды

Выносные виды, отражающие фрагмент существующего вида в увеличенном масштабе, строятся с помощью команды **Выносной вид**. Выносной вид заключается в рамку круглой или произвольной формы.



Выносные виды подразделяются на зависимые и независимые. Первые поддерживают ассоциативную связь с исходным видом, на вторых изменения в исходном виде не отражаются. Независимые выносные виды удобны, например, если необходимо отобразить или скрыть на этом виде отдельные элементы, которые в то же время будут скрыты или, наоборот, отображены на исходном виде. В то же время оба типа видов отражают производимые в модели изменения.

Процедура создания выносного вида заключается в следующем (рис. 2.9.23):

- 1) выбрать команду **Выносной вид**; в меню команды выбрать форму рамки (по умолчанию круглая, A или рамка произвольной формы, B) и, при необходимости, указать, что создаваемый выносной вид должен быть независимым (C);
- 2) в случае круглой рамки указать характерную точку центра щелчком ЛКМ;
- 3) динамически построить рамку движением курсора; щелкнуть ЛКМ по завершении построения;
- 4) переместить курсор с окружностью, определив место размещения выносного вида, и щелкнуть ЛКМ;
- 5) в результате будет построен выносной вид с отображением рамки и буквы вида на исходном виде.

Если необходимо построить произвольную рамку, то на шаге построения рамки необходимо в меню команды выбрать параметр **Отрезок** или **Дуга** для построения соответственно прямолинейных и криволинейных участков рамки и построить с их помощью замкнутый контур. По завершении построения на вкладке **Главная** в группе команд **Закрывать** следует выбрать команду **Закрывать выносной вид**, после чего разместить выносной вид на чертеже.

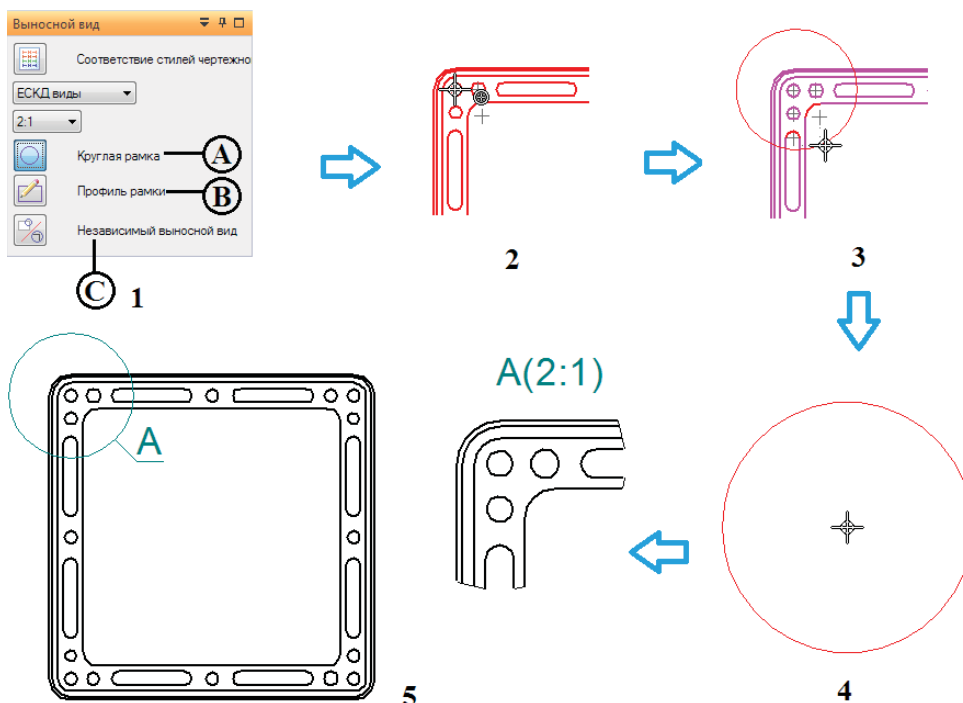
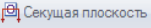



Рис. 2.9.23. Процедура создания выносного вида

Разрезы и сечения

Прежде чем создать разрез, необходимо создать линию секущей плоскости с помощью команды **Секущая плоскость**  из группы **Чертежные виды** (рис. 2.9.24):

- 1) выбрать команду **Секущая плоскость**, указать вид (основной, вспомогательный либо выносной) для построения линии щелчком ЛКМ;
- 2) построить простую линию из одного отрезка либо составную из отрезков и дуг с помощью стандартных инструментов построения 2D-геометрии (лента команд изменится соответствующим образом) и геометрических связей; по завершении построения на вкладке **Главная** в группе команд **Закрывать** выбрать команду **Закрывать секущую плоскость**  ;
- 3) указать направление взгляда на разрез щелчком ЛКМ;
- 4) в результате получена оформленная секущая плоскость.

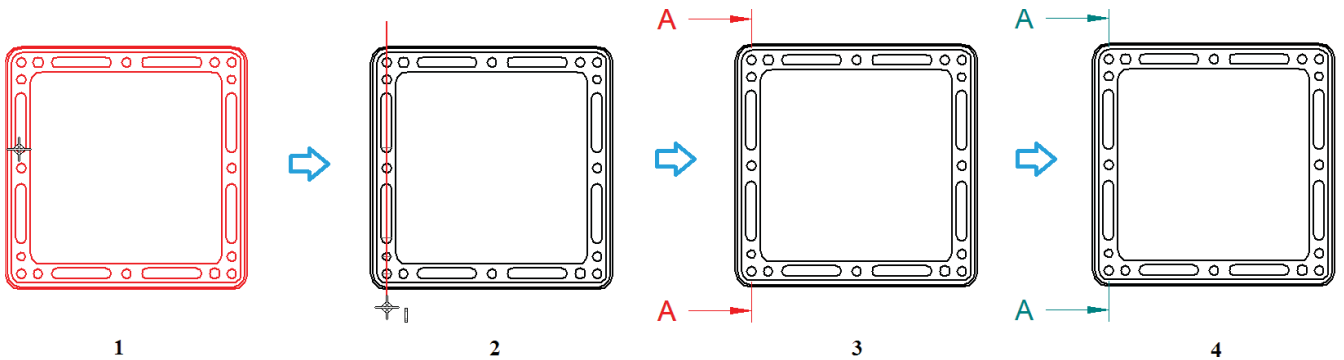


Рис. 2.9.24. Процедура создания секущей плоскости

Для составных линий существует ряд ограничений:

- сегменты линии должны соединяться в конечных точках;
- ломаная не должна быть замкнутой или иметь самопересечения;
- дуги, входящие в составную линию, не должны быть крайними элементами этой линии;
- любые дуги из линии секущей плоскости должны стыковаться с линейными отрезками с обоих концов дуги.

Чтобы редактировать линию секущей плоскости, необходимо выбрать ее в окне чертежа и нажать кнопку **Правка** в открытом меню команды.

Построив линию секущей плоскости, можно переходить к выполнению команды **Разрез**  (рис. 2.9.25):

- 1) выбрать команду **Разрез**, указать секущую плоскость щелчком ЛКМ;
- 2) в меню команды при необходимости настроить параметры штриховки: **Заполнение** (стиль), **Угол** и **Шаг** (A);
- 3) курсор примет вид прямоугольника по границам разреза, следует переместить его, определив место размещения разреза, и щелкнуть ЛКМ;
- 4) в результате построен разрез по предварительно созданной секущей плоскости.

Режим по умолчанию наследует стиль штриховки из детали, задаваемый выбранным материалом.

Существует возможность создавать развернутые разрезы – в частности, для тел вращения. Процедура их построения несколько отличается от стандартного разреза и представлена на рис. 2.9.26. Предварительно необходимо построить линию секущей плоскости, состоящую как минимум из двух отрезков, а затем выполнить команду **Разрез**:

- 1) указать секущую плоскость щелчком ЛКМ;
- 2) в меню команды при необходимости настроить параметры штриховки: **Заполнение** (стиль), **Угол** и **Шаг** (A); активировать параметр **Развернуть сечение** (B);
- 3) выбрать один из сегментов линии секущей плоскости для ориентации разреза относительно исходного вида;

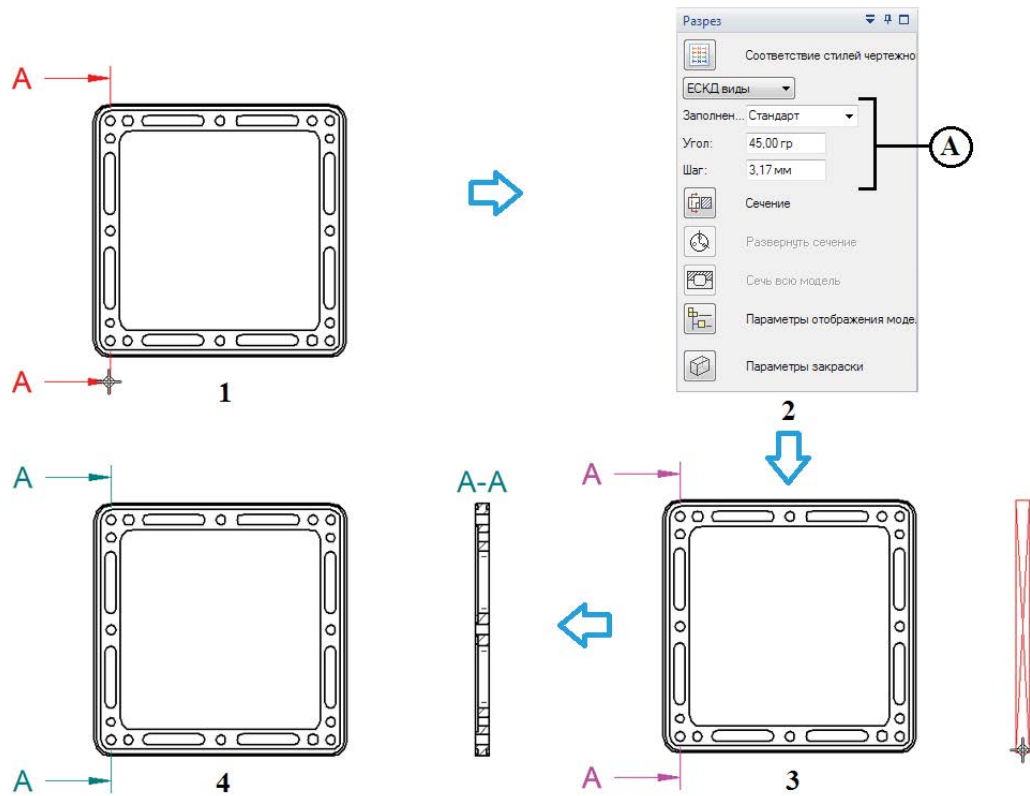


Рис. 2.9.25. Процедура создания простого разреза

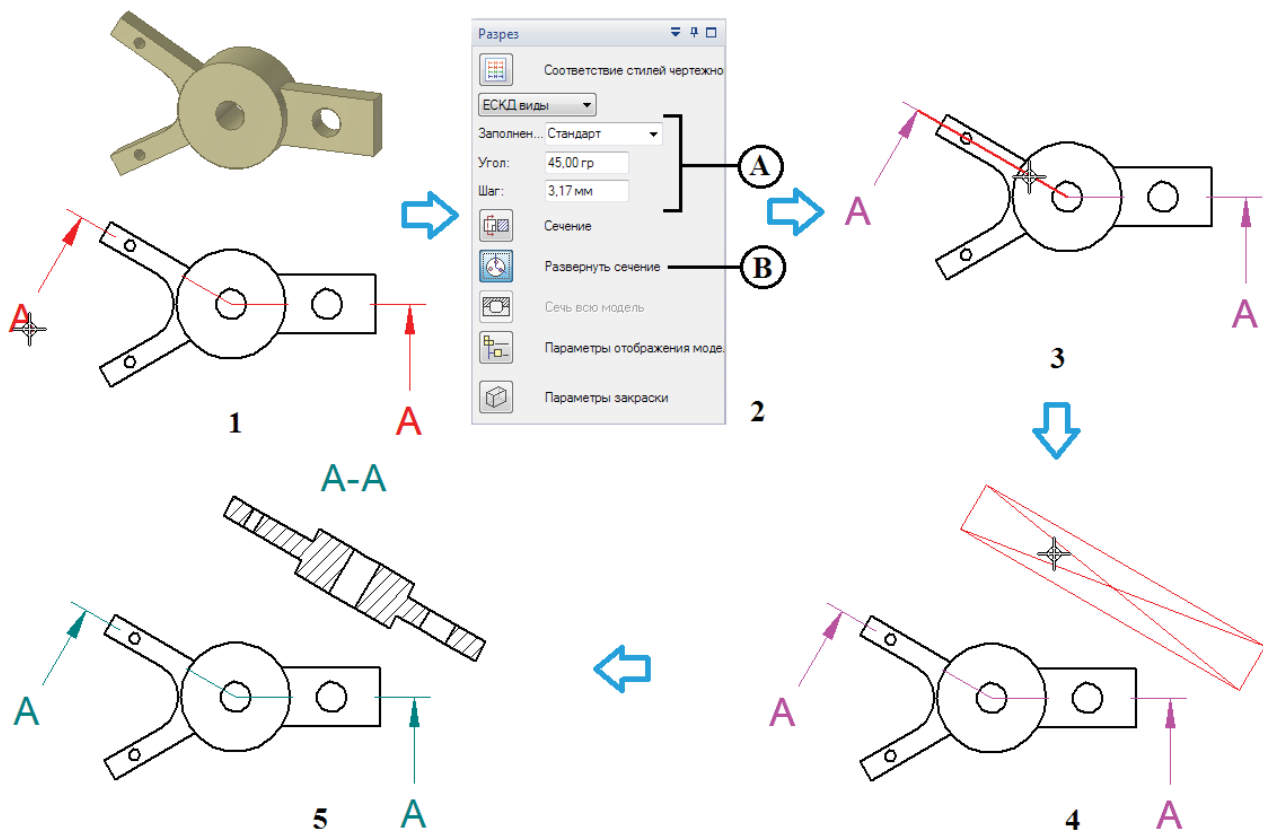



Рис. 2.9.26. Процедура создания развернутого разреза

- 4) курсор примет вид прямоугольника по границам разреза, следует переместить его, определив место размещения разреза, и щелкнуть ЛКМ;
- 5) в результате построен развернутый разрез по предварительно созданной секущей плоскости.

Режим создания развернутого разреза доступен только при построении нового разреза и не доступен при его редактировании. Если линия секущей плоскости содержит дугу, параметр **Развернуть сечение** устанавливается в меню команды автоматически и без возможности отмены.

Дуговые сегменты игнорируются при построении разрезов и сечений. Их назначение сугубо вспомогательное – обеспечить непрерывность линии секущей плоскости при переходе от одной области модели к другой. Разрезы, созданные с использованием дуговых сегментов в линии секущей плоскости, нельзя использовать для создания других разрезов.

Есть возможность также строить и сечения, для чего в меню команды **Разрез** необходимо активировать параметр **Сечение**  в меню команды (рис. 2.9.27). Под традиционным разрезом (А) показано сечение (В), при создании которого обрабатывается и отображается только геометрия, лежащая в плоскости сечения. Это полезно для улучшения читаемости чертежа, а также увеличивает производительность его обработки.

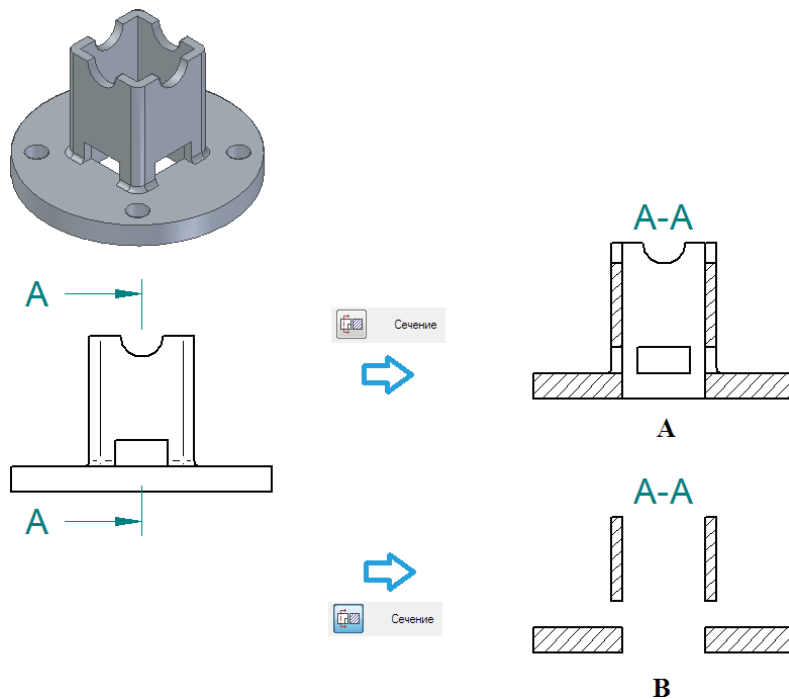

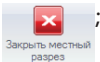


Рис. 2.9.27. Результат создания разреза (А) и сечения (В)

Аналогично разрезам можно создавать развернутые сечения. Сечение нельзя использовать для создания других разрезов и сечений.

Существует функционал построения местных разрезов для локального показа внутренней конструкции детали или сборки на имеющемся виде. Местный разрез предполагает удаление части детали на заданную глубину с помощью одноименной команды  **Местный разрез** (рис. 2.9.28):

- 1) выбрать команду **Местный разрез**, выбрать вид для построения профиля щелчком ЛКМ;
- 2) построить профиль с помощью инструментов 2D-геометрии аналогично созданию профиля выносного вида; по завершении построения на вкладке **Главная** в группе команд **Закрывать** выбрать команду **Закрывать местный разрез**



- 3) указать глубину выреза – либо в меню команды (А), либо на другом виде чертежа (В), задать при необходимости шаг штриховки в меню команды;
- 4) указать вид для построения выреза;
- 5) в результате на исходном виде построен местный разрез.

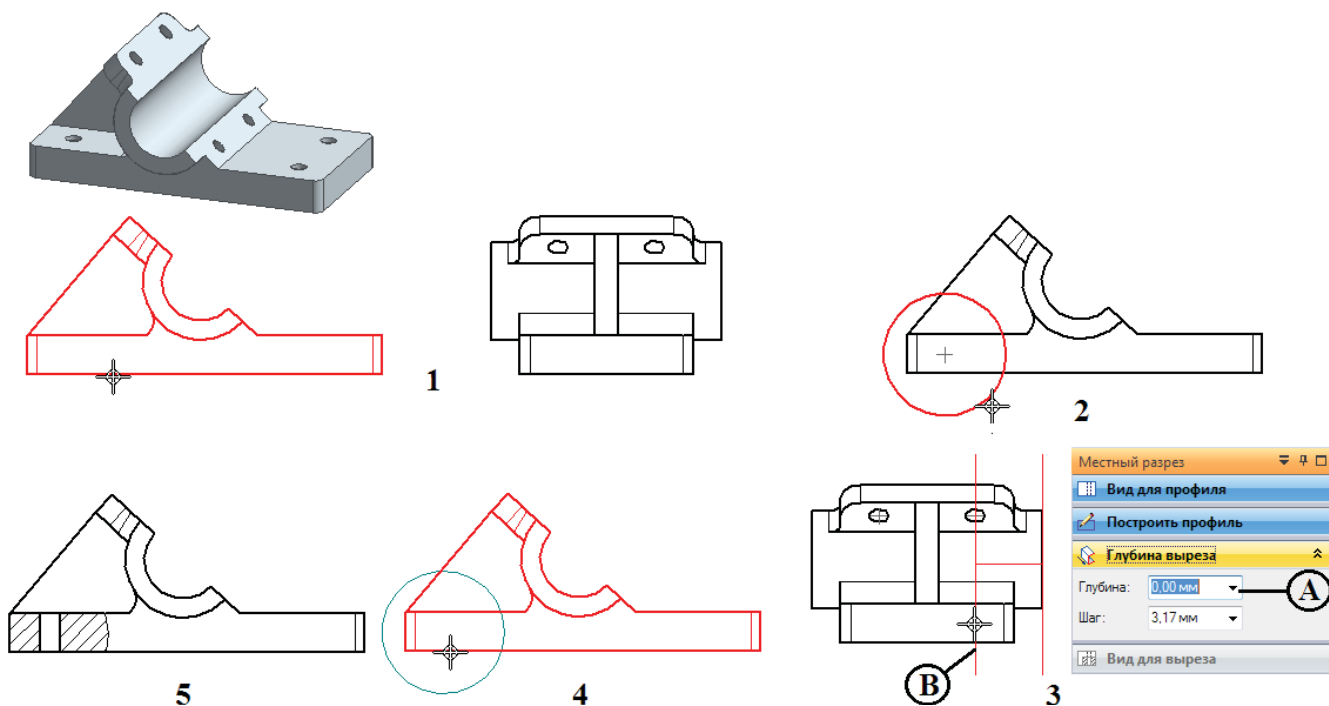


Рис. 2.9.28. Процедура создания местного разреза

Редактирование видов

Любой чертежный вид можно изменить после его создания – настроить параметры отображения, добавить разрыв, задать глубину и прочее. При выборе вида в окне чертежа инструмент **Выбор** в боковой панели заменяется командой **Правка**, относящейся к конкретному типу вида. Кроме того, у каждого чертежного вида существует контекстное меню (рис. 2.9.29), где собран ряд команд по его редактированию. Ниже будет рассмотрен ряд процедур редактирования видов, как общих, так и специфичных для отдельных типов чертежных видов.

Изменение границ вида. Местные виды

У каждого вида можно произвольно изменить границы его размещения на листе, например в целях более компактного представления вида. Это действие выполняется при помощи меню команды **Правка** данного вида, в котором необходимо выполнить команду **Изменить границы чертежного вида**. Таким образом, например, можно создать местный вид (рис. 2.9.30):

- 1) выбрать чертежный вид, выполнить команду **Изменить границы чертежного вида**;
- 2) будет осуществлен переход в среду изменения границы вида стандартными инструментами 2D-геометрии; существующая стандартная прямоугольная граница будет представлена четырьмя линейными отрезками;
- 3) построить границу местного вида в виде замкнутого контура, возможно, частично используя имеющиеся границы вида; оставшиеся линии контура необходимо удалить, например с помощью команды **Отсечь** ; по завершении построения на вкладке **Главная** в группе команд **Закреть** выбрать команду **Закреть среду границы усечения** ;

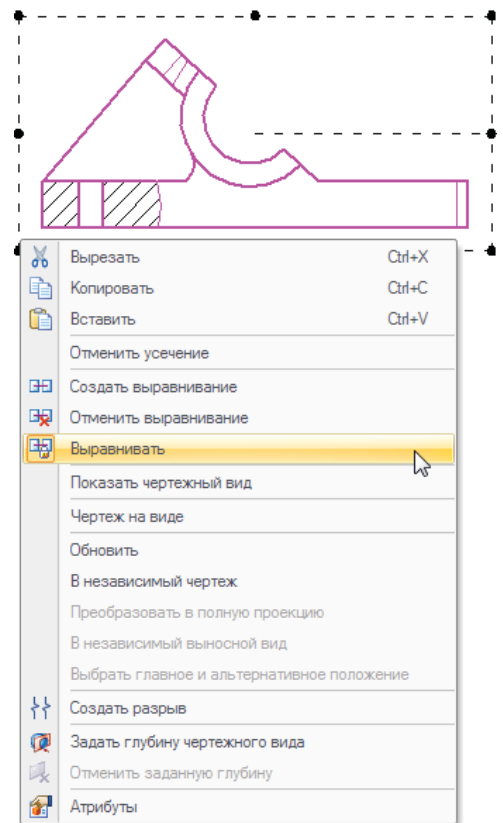


Рис. 2.9.29. Контекстное меню чертежного вида

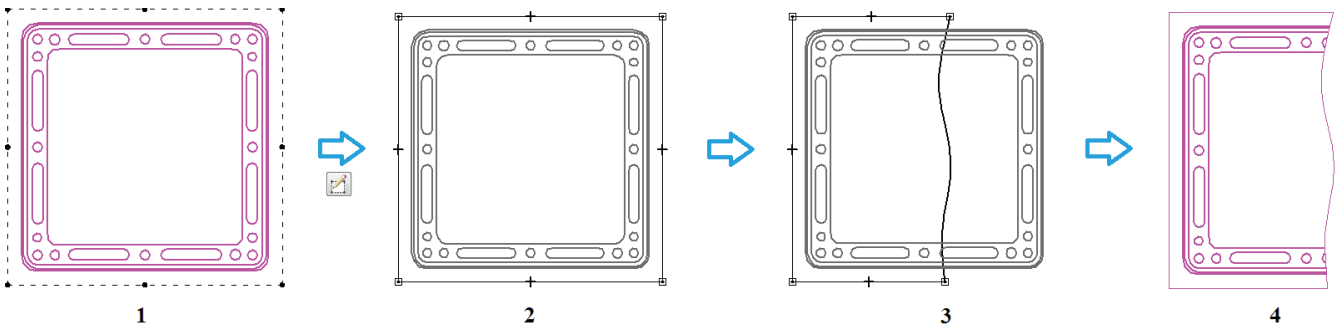


Рис. 2.9.30. Процедура создания местного вида с помощью команды Изменить границы чертежного вида

4) в результате границы вида изменяются в соответствии с вычерченным контуром, создавая местный вид.

Альтернативный способ изменить границы вида – сделать это с помощью перетаскивания мышью маркеров рамки вида (рис. 2.9.31).

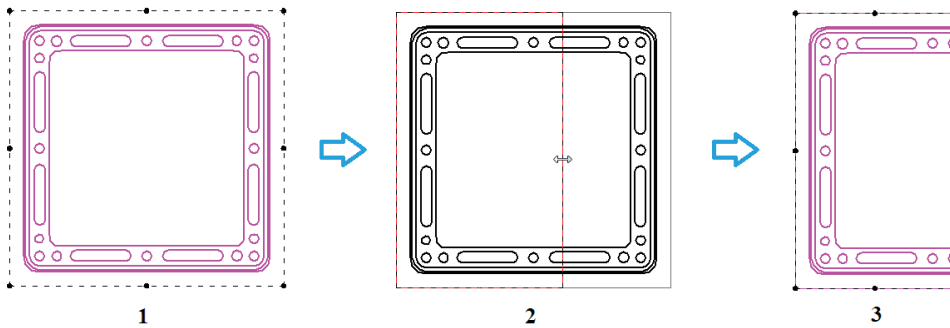




Рис. 2.9.31. Процедура изменения границ вида с помощью маркеров

Если необходимо вернуть усеченный вид к исходному состоянию, следует снова воспользоваться маркерами рамки вида либо выполнить команду **Отменить усечение** из контекстного меню усеченного вида.

Виды с разрывом

Виды с разрывом применяются для компактного отображения на чертеже длинномерных деталей и создаются при помощи команды контекстного меню вида **Создать разрыв**  (рис. 2.9.32). Для этого необходимо:

- 1) выбрать в контекстном меню нужного вида команду **Создать разрыв**;
- 2) в появившемся меню команды выбрать тип (A) и стиль (C) линии разрыва, расположение разрыва (вертикальный либо горизонтальный, B) и зазор между линиями разрыва (D);
- 3) с помощью двух красных линий указать на виде область для удаления;
- 4) разрыв будет схематично отражен в удаляемой области; далее следует нажать кнопку **Готово** в меню команды;
- 5) в результате выполнен вид с вертикальным разрывом.

Если нужно отредактировать созданный разрыв, необходимо сначала выбрать вид с разрывом, а затем в меню команды **Выбор** отключить параметр **Показать разрыв** . После этого на виде можно будет выбрать разрыв и в меню его команды **Правка** произвести необходимые настройки.

Манипулирование видами

Перемещение и фиксация вида

Чтобы переместить вид, следует щелкнуть на нем ЛКМ и, не отпуская ЛКМ, перетащить на новое место. Между видами, как правило, поддерживается проекционная связь, поэтому перемещение вида повлечет за собой изменение положения и остальных видов, находящихся с ним в такой связи. Новое положение границ видов динамически отображается красными прямоугольниками в процессе перемещения (рис. 2.9.33, A).

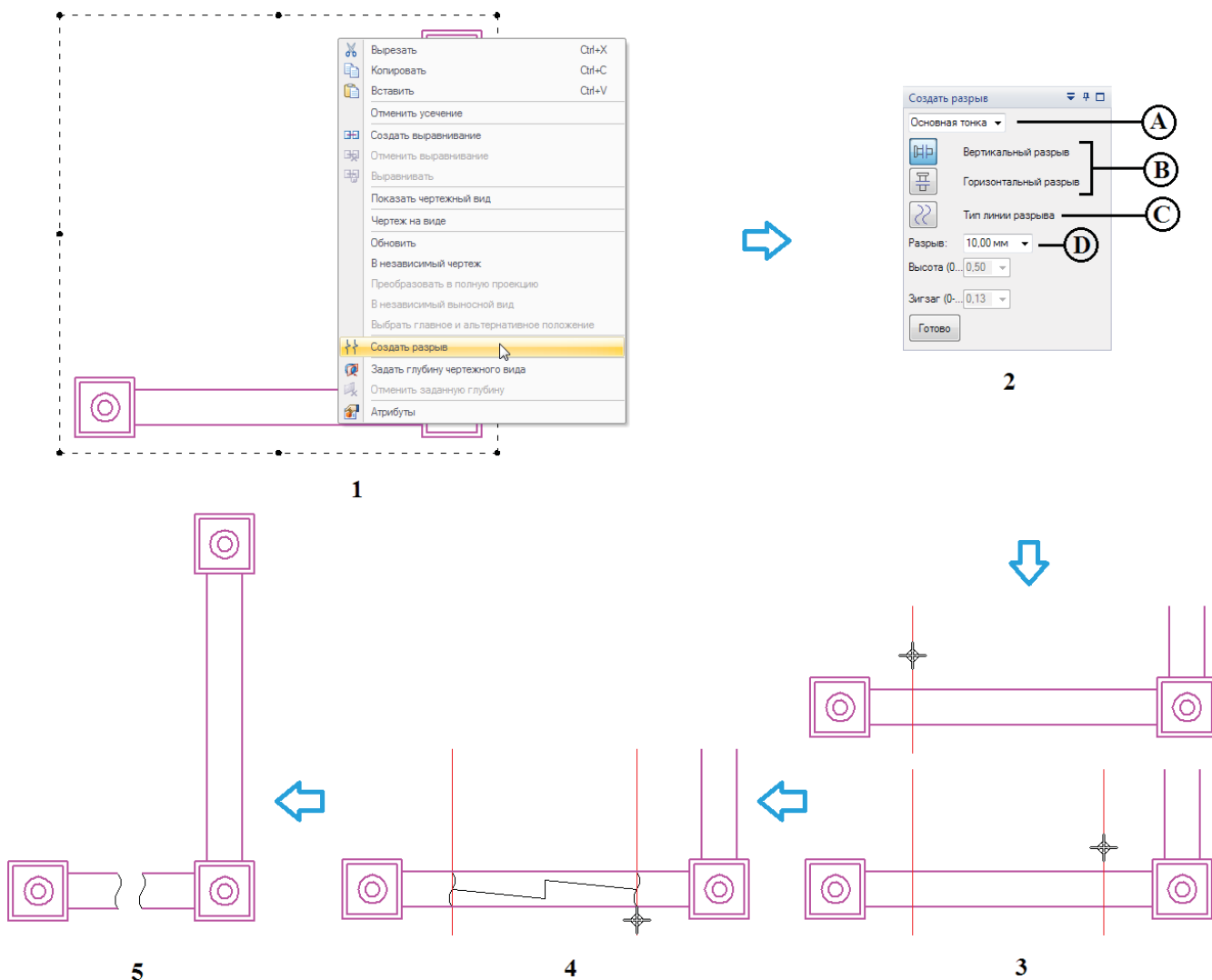


Рис. 2.9.32. Процедура создания вида с разрывом

Если вид нужно зафиксировать в текущем положении, то следует в меню команды вида нажать кнопку **Зафиксировать положение** (🔒), после чего вид будет выделяться без возможности последующего перемещения. При наведении курсора на зафиксированный вид в правом верхнем углу области вида будет отображаться соответствующий значок (B). Следует обратить внимание, что при фиксации одного из видов степени свободы перемещения остальных видов, находящихся в проекционной связи, соответственно ограничиваются при их перетаскивании (C).

Тем не менее зафиксированными чертежными видами можно определенным образом манипулировать. Например, зафиксированный чертежный вид не исключает:

- неявного перемещения с помощью команд **Создать выравнивание** и **Выровнять**;
- явное перемещение с помощью команды **Переместить** или при изменении номера листа;
- поворот, копирование, вставку или удаление вида.

Выравнивание видов

На проекционные виды, дополнительные виды, разрезы и сечения в момент их создания автоматически накладывается и впоследствии поддерживается проекционная связь. Данную связь можно отключать и включать вновь, а также отменить полностью и создать вновь по своему усмотрению с помощью команд контекстного меню вида:

- команда **Выровнять** (📏) позволяет временно отключить или повторно включить наложенное выравнивание;

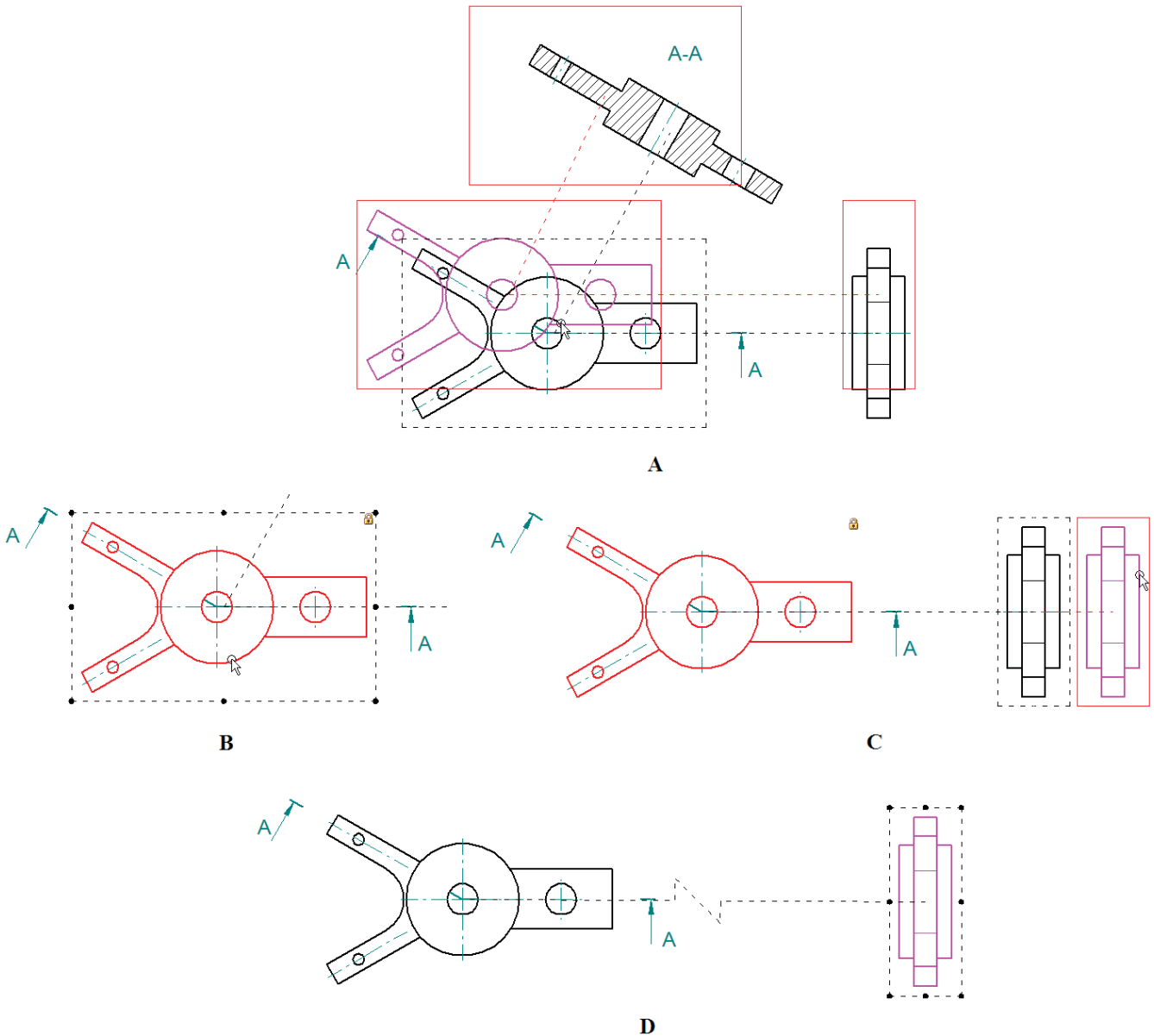




Рис. 2.9.33. Перемещение, фиксация и выравнивание видов

- команда **Отменить выравнивание**  удаляет наложенное выравнивание;
- команда **Создать выравнивание**  позволяет задать горизонтальное, вертикальное, параллельное либо перпендикулярное выравнивание по линии, соединяющей центры видов либо их характерные точки.

Между выровненными видами помещается пунктирная линия, видимая при их перемещении (рис. 2.9.33, C). Если выравнивание видов отключено, то в пунктирной линии отображается излом (D).

Масштабирование видов

Масштаб вида можно изменить в меню команды **Правка**, выбрав значение из списка либо задав его вручную при отсутствии в списке нужного значения (рис. 2.9.34, A). Еще один способ – задать значение масштаба на вкладке **Общие** в окне атрибутов вида (B).

Виды, создаваемые на основе существующих, наследуют масштаб исходных видов. Виды в проекционной связи масштабируются одновременно при изменении масштаба какого-либо из таких видов. Чтобы изменить масштаб отдельного вида, необходимо временно отключить проекционную связь с помощью команды **Отменить выравнивание**.

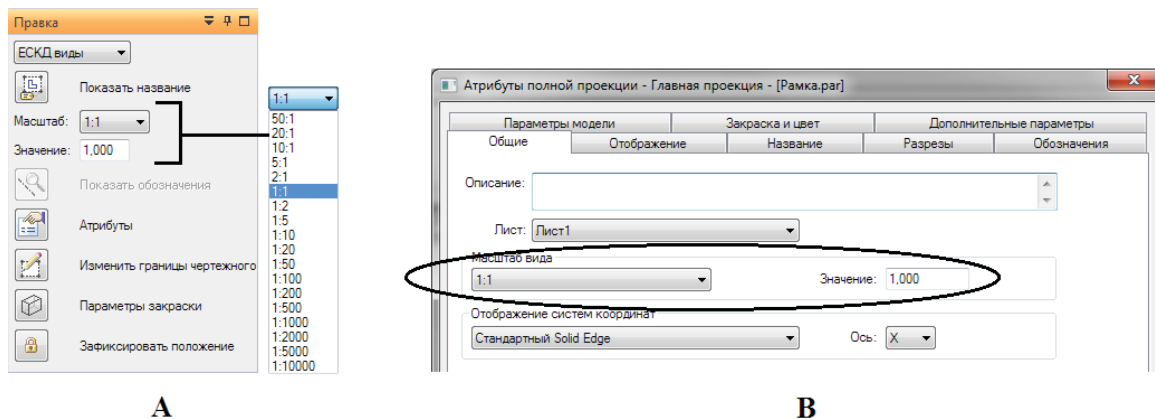


Рис. 2.9.34. Изменение масштаба видов

Поворот видов

Повернуть вид можно двумя способами. Первый – воспользоваться командой **Повернуть** из группы **Построения** на вкладке **Эскиз** (рис. 2.9.35, А, описание команды см. в разделе по работе с эскизами), второй – задать значение угла поворота на вкладке **Общие** в окне атрибутов вида (В). Уже проставленные на виде размеры поворачиваются вместе с видом. Для повернутого вида недоступны операции усечения границ и разрыва, на нем невозможно построить разрез или сделать для него выносной вид.

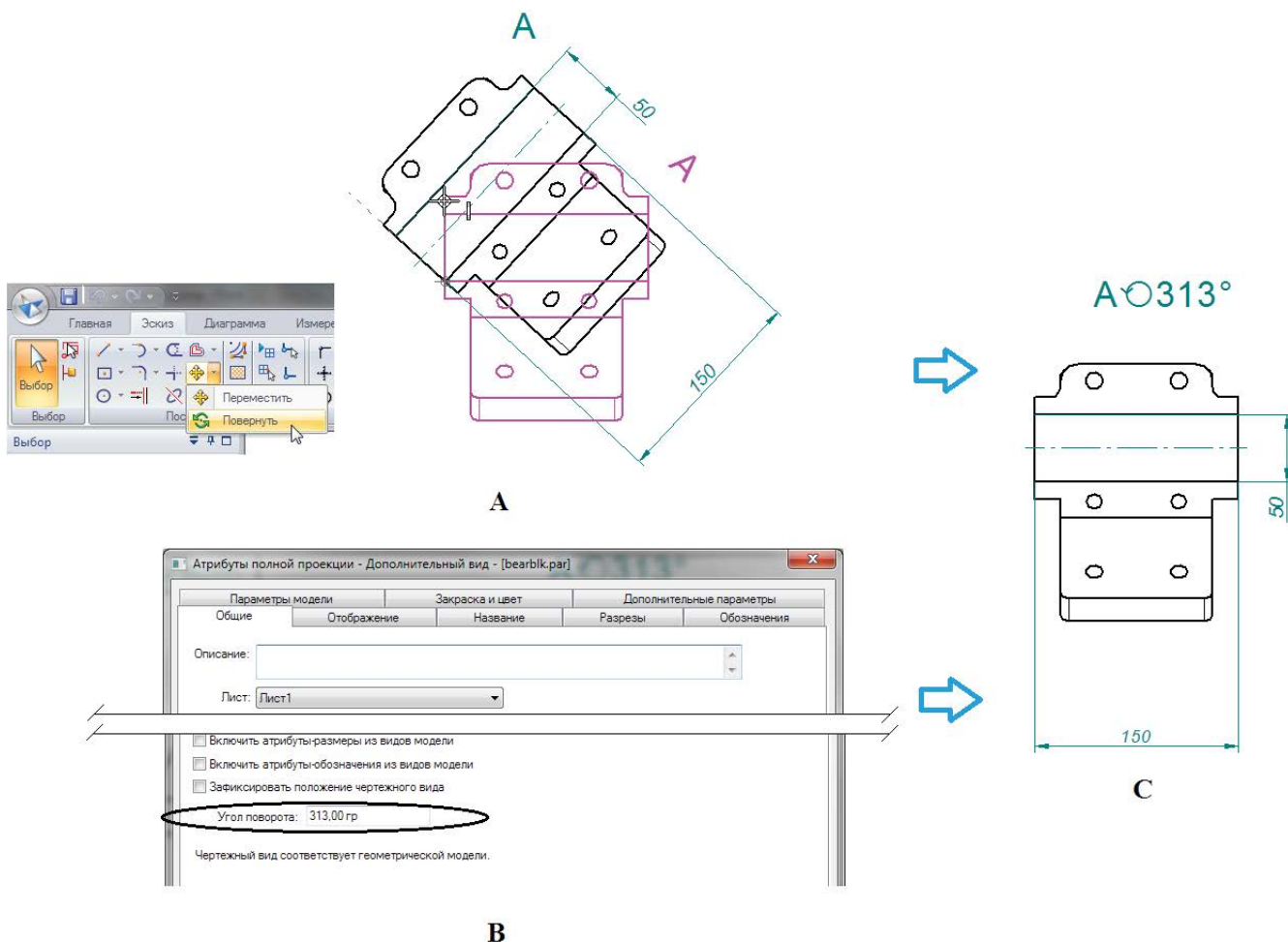



Рис. 2.9.35. Поворот видов

Создание независимых видов

Любой вид, поддерживающий ассоциативность связей с 3D-моделью, можно сделать независимым, то есть отсоединить его от 3D-модели, с помощью команды контекстного меню вида **В независимый чертеж**. Solid Edge выдаст предупреждение о необратимости этой операции – снова восстановить ассоциативность вида с 3D-моделью будет невозможно. Все дополнительные виды по отношению к этому виду также потеряют ассоциативность. Если согласиться с внесением изменений, то дальнейшие изменения 3D-модели не будут отражаться на независимом виде.

Чертеж на виде

Если необходимо построить на виде дополнительную плоскую геометрию, которая не должна быть ассоциативной с 3D-моделью, следует воспользоваться командой контекстного меню вида **Чертеж на виде**. После выполнения этой команды осуществляется переход в среду **Независимый чертеж** (отображается в заголовке окна Solid Edge), где возможны только 2D-построения, наложение двумерных связей, простановка размеров и обозначений, вставка картинок и иных объектов, а также некоторые другие действия. После завершения построений для возврата в среду чертежа необходимо выполнить команду **Закреть чертеж на виде**  на вкладке **Главная** в группе команд **Закреть**.

Ассоциативность видов и 3D-модели. Диспетчер обновлений

Изменения, произведенные в модели детали, отражаются на ассоциативно связанных чертежных видах. Если вид не соответствует текущей редакции модели, то вокруг него появляется рамка, вид которой сигнализирует о соответствии чертежного вида 3D-модели (рис. 2.9.36):

- A. Рамки нет – вид актуален, вид соответствует 3D-модели;
- B. Вокруг вида отображается серая рамка – вид неактуален (не соответствует текущему состоянию 3D-модели);
- C. Вокруг вида отображаются серые уголки – 3D-модель неактуальна (например, изменена вне контекста сборки, либо потеряны внутренние ссылки в документе детали);
- D. Вокруг вида отображается серая рамка и уголки – неактуальны одновременно и вид, и 3D-модель.

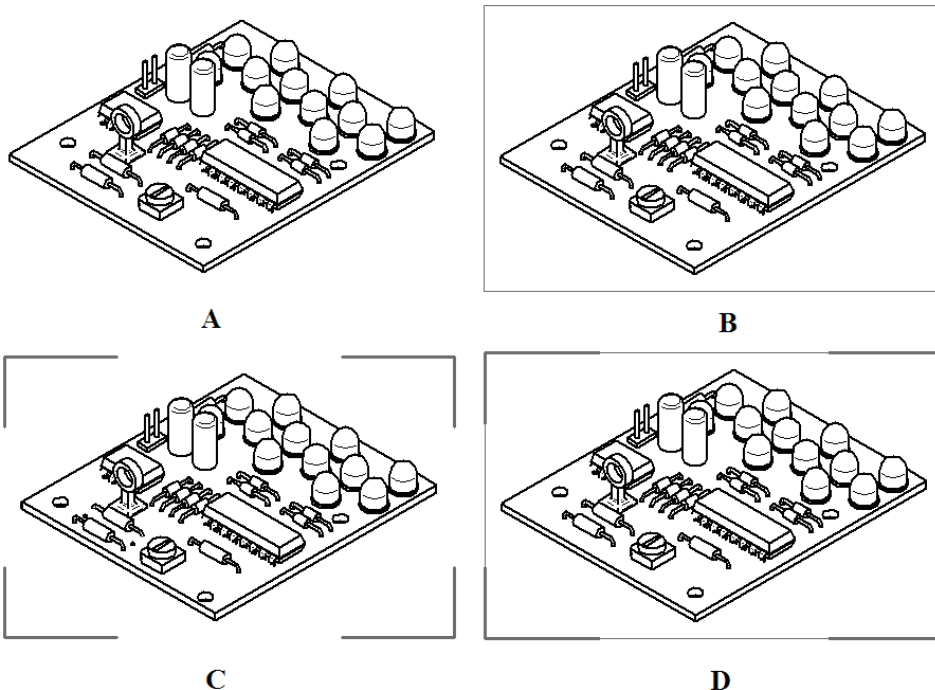




Рис. 2.9.36. Отображение актуальности вида и модели

Принудительно обновить вид и извлеченные из модели размеры можно с помощью команды **Обновить виды**  из группы **Чертежные виды** на вкладке **Главная**.

Существует также инструмент, позволяющий проводить обновления видов управляемо, – **Диспетчер обновлений**, располагающийся в группе **Помощники** на вкладках **Главная** и **Сервис**. Он особенно полезен при работе с большими сборочными чертежами, насыщенными множеством видов, разрезов, сечений и т. д. Полное обновление такого чертежа с помощью команды **Обновить виды** может занять значительное время.

Диспетчер обновлений предоставляет подробный порядок действий по устранению неактуальности модели или вида (рис. 2.9.37). Если рядом с видом в списке стоит знак , это означает, что данный вид неактуален. Контекстное меню вида в этом списке состоит из одной команды **Обновить**, с помощью которой можно обновить данный вид независимо от остальных. Полностью обновить виды, не используя диспетчер обновлений, можно с помощью кнопки **Обновить виды** (А). В поле **Рекомендации по обновлению** приводится пошаговый список предлагаемых действий. Если нажать кнопку **Подробнее**, то в нижней части окна раскроется список вызвавших проблему компонентов сборки (в примере на рисунке это удаленный из сборки компонент, оставшийся на чертежном виде).

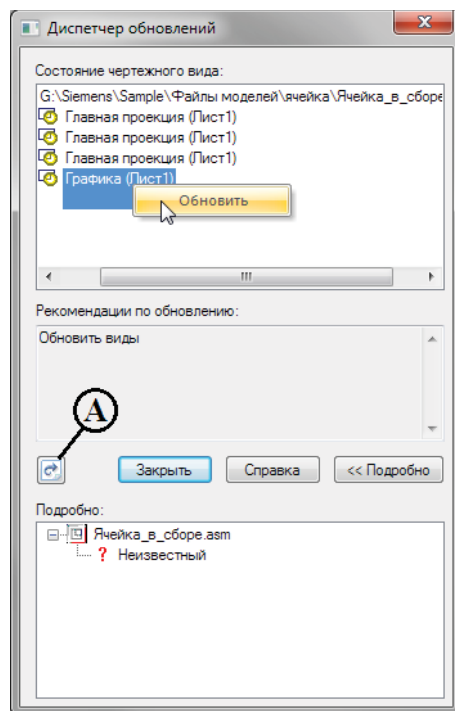




Рис. 2.9.37. Окно диспетчера обновлений

Размеры на чертеже

Проставить размеры на чертеже можно тремя основными способами:

- вручную с помощью команд простановки размеров;
- с помощью команды **Автообразмеривание**  из группы **Связи** на вкладке **Эскиз**, аналогично процедуре автоматического наложения связей и размеров при создании эскиза (см. раздел 2.2);
- с помощью команды **Извлечь размеры** , перенеся тем самым размеры из 3D-модели на чертежные виды.


Команды создания размеров находятся в группе команд **Размеры** на вкладках **Главная** и **Эскиз**. С их помощью на чертеже можно построить линейные и угловые размеры, радиальные/диаметральные размеры, цепочки размеров линейного и углового смещения от базы, размеры симметричного диаметра и фаски. Процедуры построения размеров аналогичны описанным в разделе 2.2 для создания эскизов.

Все индивидуальные параметры созданного размера и его отображения на виде можно настроить с помощью меню команды, появляющегося при выборе размера, а также окна атрибутов, вызываемого из контекстного меню данного размера. Если требуется особое оформление нескольких размеров, то следует выбрать их, а затем применить к ним стиль с помощью команды **Стиль** (вкладка **Вид**, группа **Стили**). Простановка размера в соответствии с ГОСТ обеспечивается выбором predetermined style **ЕСКД** (установлен по умолчанию) на шаге **Формат** в меню команды размера.

Цвет размеров на чертеже устанавливается соответствующим стилем (и по умолчанию установлен как черный для управляющих (зафиксированных) и темно-голубой для зависимых (управляемых, или свободных) размеров).

Простановка размеров

При построении размера можно выравнивать его размерную линию коллинеарно уже построенному размеру. Для этого достаточно в процессе перетаскивания нового размера коснуться построенного – произойдет привязка и отобразится пунктирная линия (рис. 2.9.38). Этот механизм действует и для линейных, и для угловых размеров.

Если необходимо выравнивать текст уже построенных линейных размеров относительно базового размера, следует воспользоваться командой **Выровнять текст**  (рис. 2.9.39) из группы **Размеры**, задав в меню команды нужный вариант выравнивания и, при необходимости, смещение текста (1). Указав в качестве варианта **Точка излома по горизонтали/вертикали** (А), можно выравнивать размеры по точкам выносной линии, а не по тексту размера. Далее необходимо выбрать базовый размер (2) и выравниваемый размер (3, один или несколько, доступен выбор рамкой), после чего размеры будут выровнены (4).

Если необходимо построить размер, параллельный или ортогональный выбранному произвольному отрезку, необходимо применить команду **Ось размера**, выбрав в меню команды построения размера параметр **По оси размера**

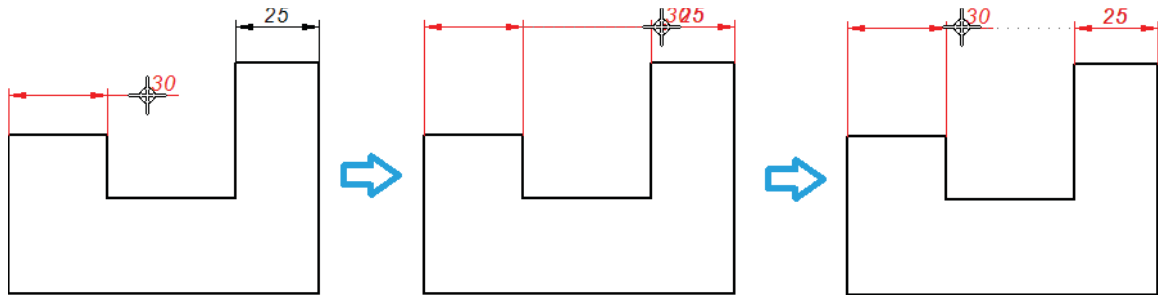


Рис. 2.9.38. Выравнивание размеров в процессе построения

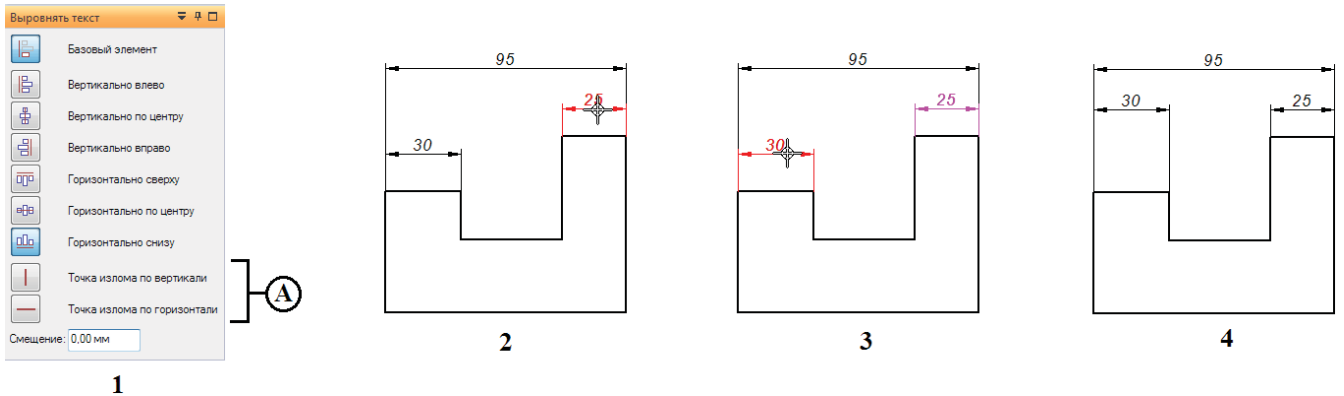


Рис. 2.9.39. Выравнивание текста размеров

(рис. 2.9.40, 3), после чего нажать кнопку (A) и выбрать на чертежном виде элемент, которому должна быть параллельна или перпендикулярна новая ось размера (B). Выбранный элемент выделится штриховой линией. Затем указывается собственно образмериваемый элемент. На рис. 2.9 40 показаны отличия результатов построения размера при применении параметров **Горизонталь/Вертикаль** (1), **По двум точкам** (2) и **По оси размера** (3).

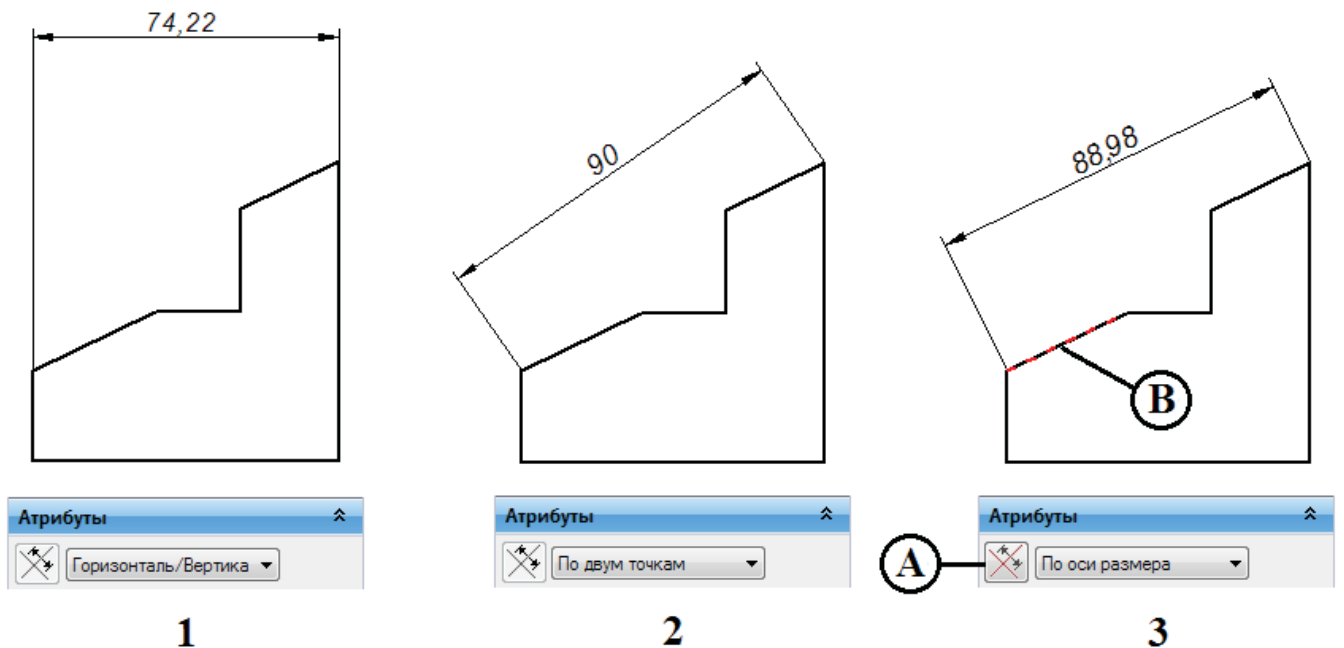


Рис. 2.9.40. Определение новой оси размера

С помощью команды **Добавить разрыв** из контекстного меню размера можно разорвать выносную линию размера в месте ее пересечения с другими объектами чертежа (рис. 2.9.41). Размер разрыва настраивается в атрибутах размера на вкладке **Линии и координаты**, группа **Выносная линия**, параметр **Разрыв**. Для удаления разрывов предназначена команда **Удалить разрыв**.

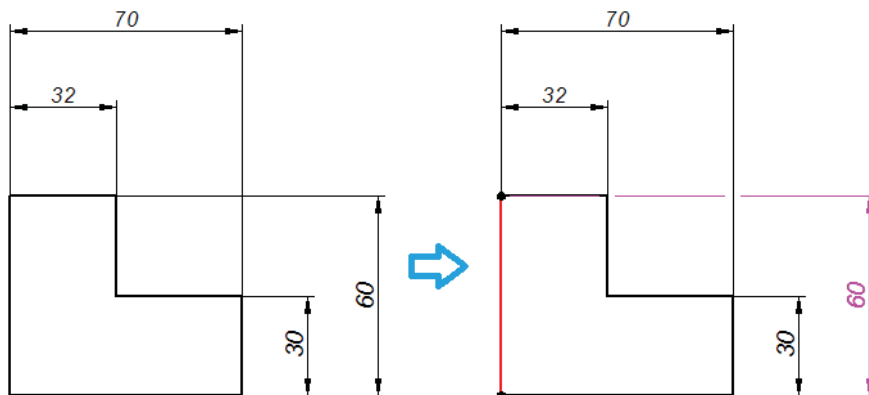



Рис. 2.9.41. Добавление разрывов выносной линии

Часто бывает удобно строить цепочку размеров на чертеже (линейных и угловых) от общей базы. Например, чтобы построить цепочку линейных размеров, необходимо, выбрав команду **Смещение от базы**  в группе **Размеры** (рис. 2.9.42):

- 1) указать общую базу;
- 2) подтвердить положение общей базы;
- 3) указать первый образмериваемый элемент цепочки;
- 4) построить первый размер от базы;
- 5) продолжить построение для остальных элементов цепочки.

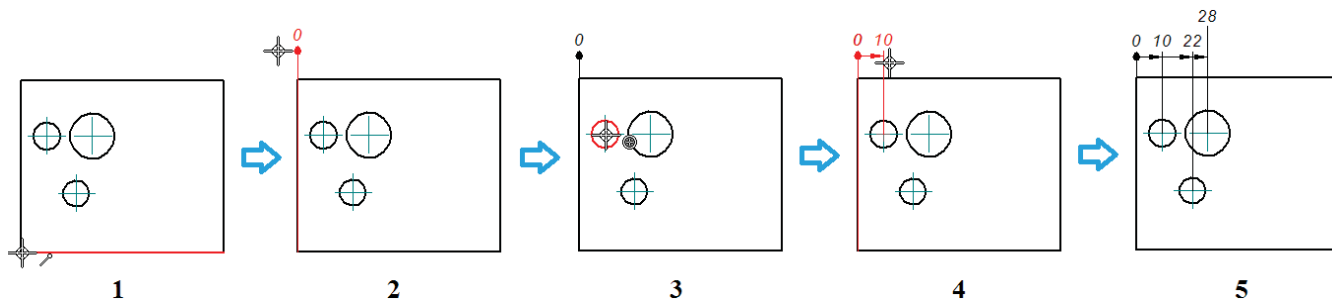


Рис. 2.9.42. Построение линейных размеров от общей базы

Повысить читаемость чертежа, сведя к минимуму пересечения выносных линий с другими элементами чертежа, можно с помощью добавления изломов к выносным линиям. Чтобы добавить излом, необходимо щелкнуть выносную линию в месте предполагаемого излома, удерживая при этом нажатой клавишу **Alt**. В выносной линии появится излом с маркерами, положение которых можно впоследствии менять, перетаскив маркер мышью (рис. 2.9.43).

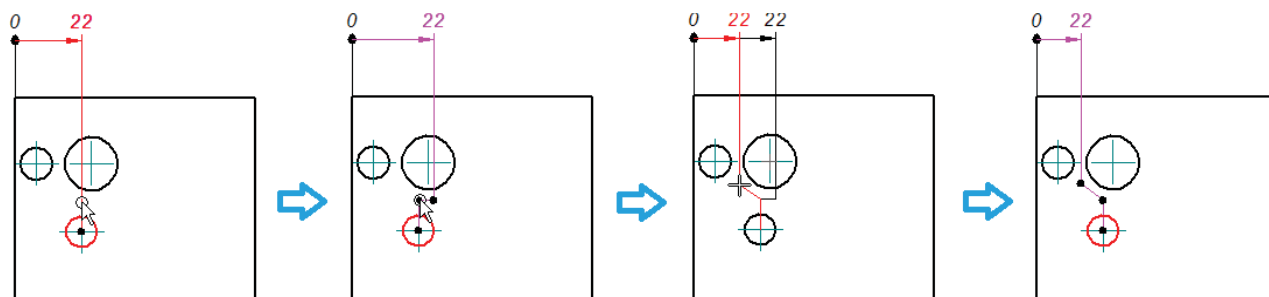



Рис. 2.9.43. Добавление излома к выносной линии

Удалить все изломы можно, нажав кнопку **Удалить изломы** на шаге **Атрибуты**  в меню команды размера.

Допуски и посадки

При необходимости можно отображать размеры с допусками и посадки. Настройка отображения производится на шаге **Допуск** в меню команды **Размер** (рис. 2.9.44). Тип размера настраивается с помощью соответствующей кнопки-списка (выделена красным) и может принимать следующие основные значения:

- A) номинальный;
- B) с допуском;
- C) квалитет;
- D) диапазон значений;
- E) основной;
- F) справочный.

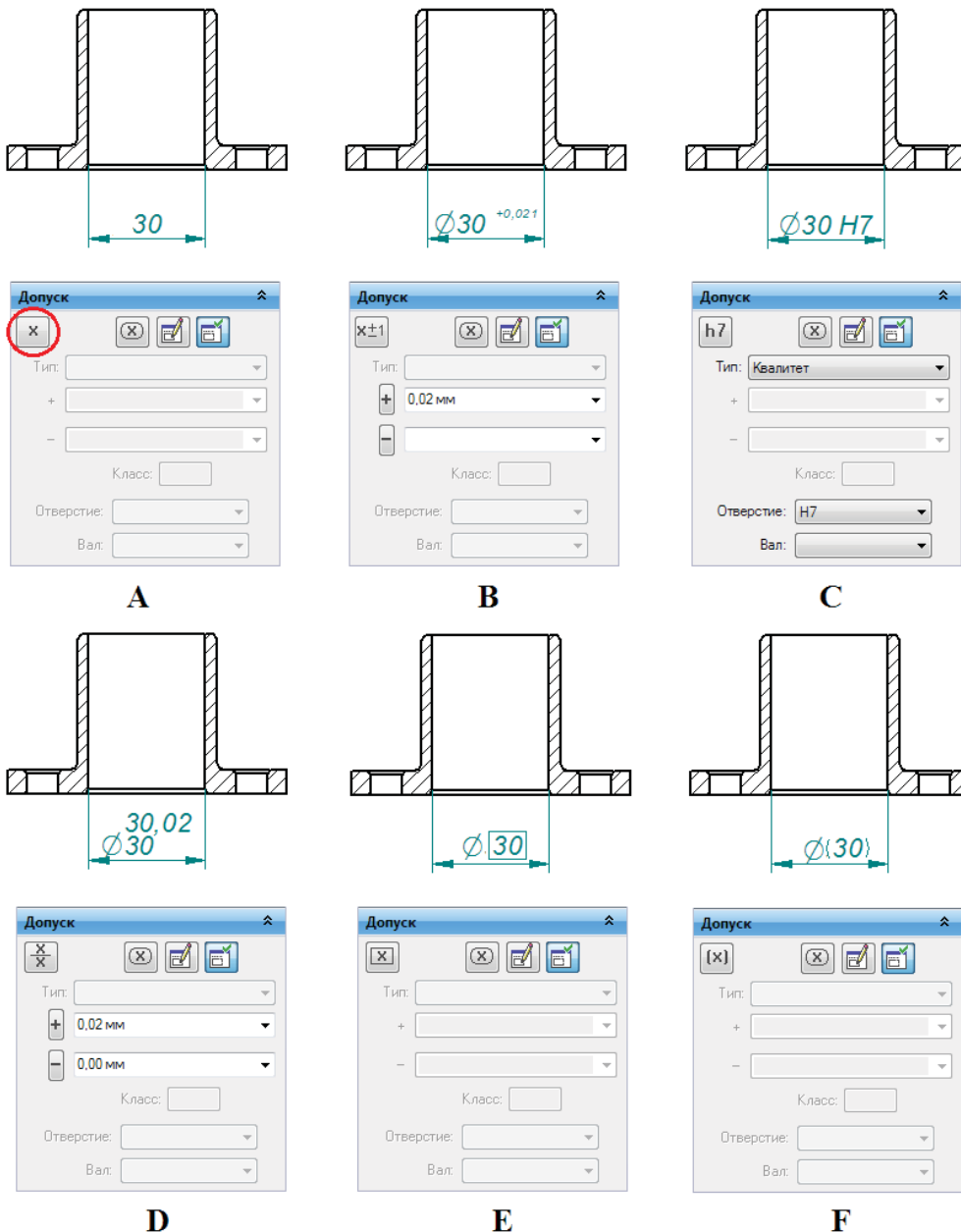


Рис. 2.9.44. Настройка отображения размера в соответствии с типом

Выбрав тип размера **Квалитет** (рис. 2.9.44, С), можно дополнительно настроить отображение размера в системе **Отверстие – вал** с помощью раскрывающегося списка **Тип предельного отклонения** (см. рис. 2.9.45, выделен красным). Значения квалитетов выбираются в раскрывающихся списках ниже:

- A) квалитет;
- B) только допуски;
- C) квалитет и допуски;
- D) квалитет и пределы;
- E) квалитет отверстие/вал;
- F) квалитет отверстие/вал (только допуск);
- G) квалитет отверстие/вал (с допуском).



Рис. 2.9.45. Настройка отображения размера типа Квалитет в соответствии с типом предельных отклонений

Параметры оформления размеров задаются в окне атрибутов размера на вкладке **Текст**, группа **Текст допусков**. Здесь указываются разделитель квалитетов/допусков, способ центрирования квалитетов/допусков по вертикали относительно номинала размера и другие параметры. Параметр **Выравнивание** служит для выравнивания значений верхнего и нижнего допусков по положению десятичной точки или знака $+/-$. Примеры различного оформления размеров приведены на рис. 2.9.46.

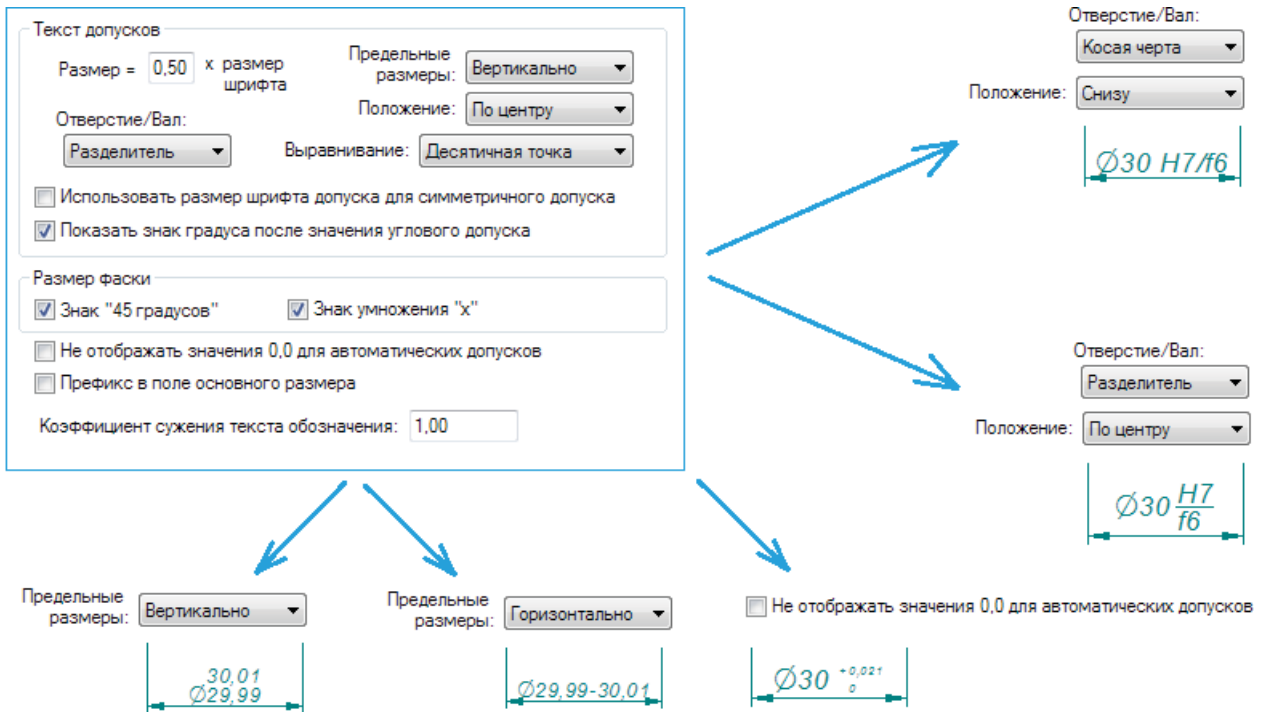



Рис. 2.9.46. Примеры различного оформления размеров

Поддержка стандартов ANSI и ISO для размеров с допусками и квалитетами обеспечивается тремя текстовыми ASCII-файлами, расположенными по умолчанию в папке Solid Edge/Program:

- SE-LimitsAndFitsTableANSIinch.txt;
- SE-LimitsAndFitsTableANSIMetric.txt;
- SE-LimitsAndFitsTableISO.txt.

Файлы допускают редактирование.

Префикс размера

Чтобы добавить дополнительный текст сверху (A), перед (B), после (D) или снизу 1 (E, над размерной линией) и снизу 2 (F, под размерной линией) относительно значения размера (C), необходимо воспользоваться окном **Префиксы** (рис. 2.9.47), которое вызывается соответствующей кнопкой  на шаге **Допуск** в меню команды размера. В появившемся окне представлен набор специальных символов, включая, например, обозначение диаметра, длины дуги, градуса, \pm и т. д.

Обозначения

Помимо размеров, в Solid Edge существует развитый инструментарий дополнения чертежных видов обозначениями – осевыми линиями и метками центра, текстовыми надписями, выносками, позициями, базами, допусками формы и расположения, символами обработки и т. д. Команды простановки обозначений располагаются на вкладках **Главная** и **Эскиз** в группе **Обозначения** (рис. 2.9.48). Основные обозначения приведены в табл. 2.9.1. В меню соответствующих команд обозначений настраиваются параметры текста и его расположение, формат полки, выносной линии и ее законцовки и т. п. В текст можно вставлять специальные символы и ссылки на атрибуты. В ряде команд обозначений можно сохранить настройки в текстовом файле для последующего быстрого вызова.

Таблица 2.9.1. Команды простановки основных обозначений на чертеже

Команда	Наименование	Пример	Комментарий
	Обозначение		Создает аннотацию, поясняющую надпись или обозначение, присоединенное к элементу/точке на чертежном виде с помощью выносной линии. Можно выполнять упрощенное обозначение отверстий по ГОСТ 2.318–81
	Содержание и маркировка		Создает обозначение содержания, маркировки, позиции на сборочном чертеже, присоединенное к элементу/точке на чертежном виде с помощью выносной линии
	Шероховатость		Размещает знак шероховатости, присоединенный к элементу на чертежном виде. Можно создавать знаки шероховатости без указания значения, а также знаки без полки, указывать направления неровностей. Поддерживаются многострочные знаки
	Обозначение базы		Создает обозначение базы для элемента на чертежном виде, которое впоследствии используется в допусках формы и расположения поверхностей
	Допуск формы		Задает и строит обозначение допуска формы и расположения элементов на чертежном виде
	Текст	1. Неуказанные предельные отклонения размеров H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$	Размещает на чертеже текстовое многострочное поле или текстовую строку
	Осевая линия		Создает осевую линию по двум отрезкам или двум точкам
	Метка центра		Создает метку центра дуги, окружности или в характерной точке. Метка может снабжаться осевыми линиями
	Автоматические осевые и центры		Автоматически добавляет/удаляет метки центра и линии проекции, а также осевые линии в настраиваемом наборе элементов чертежного вида
	Центровая линия		Строит центровую окружность по центру и радиусу или трем точкам

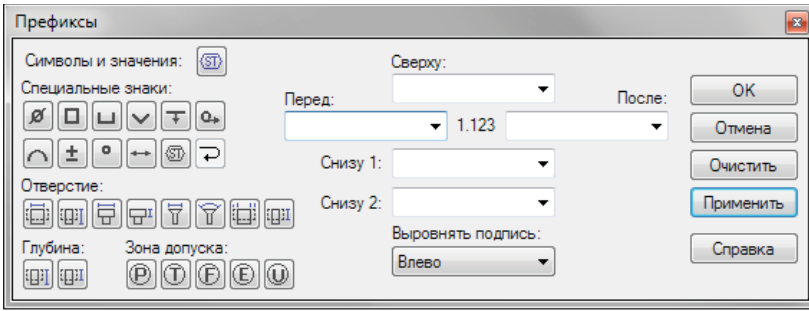


Рис. 2.9.48. Группа команд Обозначения на вкладках Главная и Эскиз

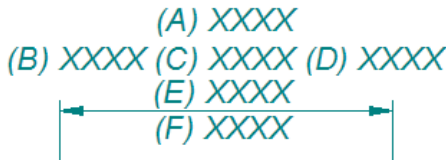


Рис. 2.9.47. Окно Префиксы, расположение префиксов относительно номинала размера

Диспетчер изменений

Если чертежный вид обновляется, а ассоциативно связанная с ним модель претерпела изменения с момента последнего обновления, то можно отследить, какие размеры и обозначения были удалены на чертеже вследствие изменения модели. Для этой цели служит инструмент **Диспетчер изменений**, вызываемый одноименной командой на вкладке **Сервис** в группе **Помощники**.



Каждый измененный размер или обозначение отмечается на чертеже специальным знаком, а в диалоговом окне диспетчера изменений – в виде таблицы.

В примере на рис. 2.9.49 после изменения расположения базового отверстия платы и последующего обновления видов чертежа диспетчер изменений сигнализирует об изменении двух элементов – обозначения метки центра и линейного размера от центра отверстия до края платы. На вкладке **Отчет** в таблице диспетчера изменений дополнительно указана причина показа элемента, предыдущее и текущее значения (для размеров), а также лист, где обнаружены изменения. На чертежном виде измененный элемент обозначается рамкой с номером изменения внутри. Выбранный в таблице элемент подсвечивается на чертеже. Списком изменений можно управлять с помощью расположенных над таблицей кнопок **Очистить**, **Найти**, **Копировать** и **Новая модификация**. Команда **Новая модификация** открывает новое окно, где можно принять изменение и пометить измененный размер.

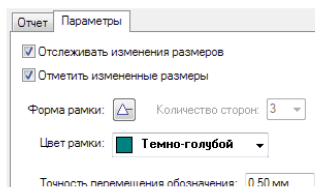
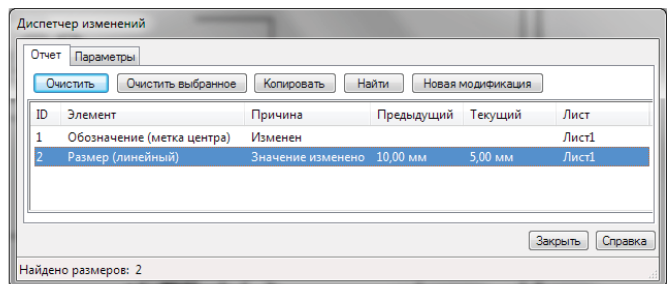
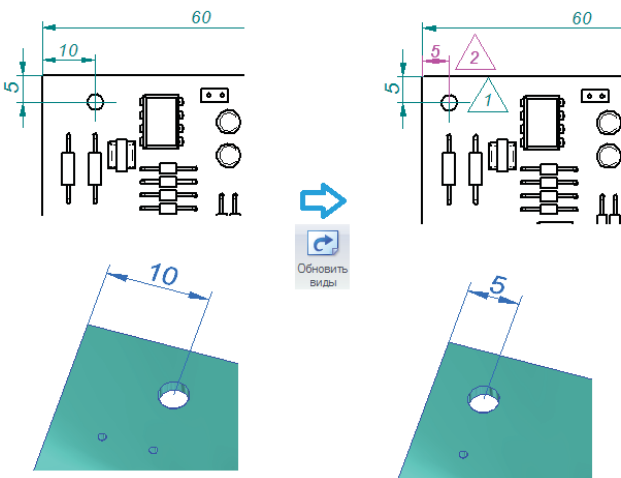


Рис. 2.9.49. Работа с диспетчером изменений

На закладке **Параметры** можно настроить, отслеживать ли размеры, нужно ли отмечать измененные размеры на чертеже, а также выбрать форму рамки меток изменений.

Извлечение размеров и обозначений

Можно перенести размеры и обозначения из модели детали или сборки на чертежный вид либо удалить уже перенесенные элементы, используя команду **Извлечь размеры** . Для этого необходимо (рис. 2.9.50):

- 1) выполнить команду **Извлечь размеры**, на шаге **Атрибуты** настроить набор извлекаемых элементов в меню команды – линейные, угловые размеры, радиусы, обозначения и прочие, на шаге **Добавить/Удалить** нажать кнопку добавления или удаления элементов;
- 2) указать чертежный вид;
- 3) набор элементов будет перенесен на чертежный вид.

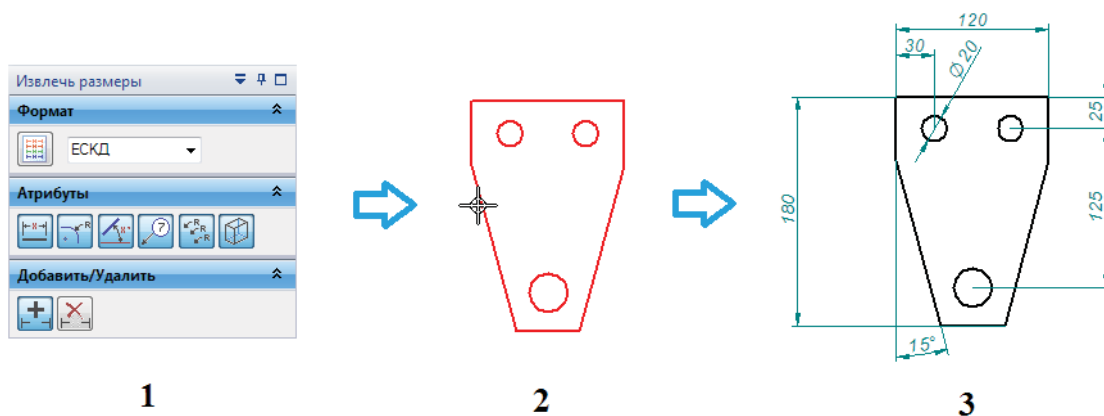


Рис. 2.9.50. Процедура извлечения размеров из модели детали


Работа с чертежами больших сборок

Чертежи больших сборок, если создавать их без применения специальных инструментов и параметров, могут потребовать больших вычислительных ресурсов и затрат времени, что в результате серьезно затруднит работу над проектом. При создании и редактировании таких чертежей следует:

- использовать для создания чертежных видов упрощенные сборки (настройка производится в мастере чертежных видов и в атрибутах вида, см. выше рис. 2.9.16, В);
- создавать виды чернового качества – быстрые проекции (настройка производится в мастере чертежных видов, рис. 2.9.16, С).

В таких видах генерируются только видимые линии, что в 5–10 раз ускоряет создание видов. Функционал подобных видов остается широким – можно проставлять позиции, создавать спецификации, наносить обозначения. Такие виды можно использовать в качестве исходных для создания главных проекций, вспомогательных видов, секущих плоскостей, разрезов и сечений. При включении параметра **Создать быстрые проекции** в мастере чертежных видов становится доступен параметр **Активировать детали для образмеривания**. При его включении детали загружаются в память для простановки размеров и выполнения других действий, требующих большой точности.

Преобразовывать быстрые проекции в полные следует только на этапе окончательной проработки – например, перед выводом на чистовую печать. Это выполняется с помощью команды контекстного меню вида **Преобразовать в полную проекцию**:

- создавать начальные виды с неактивными деталями, активируя отдельные детали на виде чернового качества при необходимости с помощью команды **Активировать деталь**  (вкладка **Главная**, группа команд **Выбор**);
- применять предварительно созданные конфигурации отображения (рис. 2.9.16, А), в которых, в частности, скрыты те детали сборки, которые на создаваемом виде перекрываются другими деталями;
- создавать чертеж большой сборки в момент, когда сама сборка закрыта;

- чтобы не тратить ресурсы ПК на обновление областей сборки, которые не видны на данном виде, использовать для видов и разрезов команду **Задать глубину чертежного вида** из контекстного меню;
- оптимизировать настройки мастера чертежных видов и атрибутов вида, наиболее критичные к производительности:
 - на закладке **Дополнительные параметры – Упрощение b-сплайновых ребер (Да)** и **Пересечения деталей (Не обрабатывать пересечения)**;
 - на закладке **Отображение** – снять флажки с параметров **Стиль невидимых ребер** и **Стиль линий перехода**, полностью отменив их отображение;
- в окне открытия чертежа включить опцию **Деактивизировать чертежные виды**, что существенно ускорит его открытие.

В этом случае чертеж откроется без связи с 3D-моделью и без возможности редактировать все таблицы, связанные с атрибутами 3D-модели (таблицы семейства, спецификации). В любой момент такой чертеж можно активировать с помощью переключателя **Активизировать чертежные виды** в группе команд **Активизация** на вкладке **Сервис** (см. выше рис. 2.9.2).

2.10. Работа с внешними данными

Импорт, экспорт и преобразование данных. Автоматическое добавление связей. Восстановление геометрии 3D-модели по 2D-чертежам. Распознавание отверстий. Проверка и оптимизация геометрии

Импорт, экспорт и преобразование данных

В условиях современного проектирования и производства зачастую возникает необходимость объединять в рамках работы над одним проектом специалистов, пользующихся различными САПР и, соответственно, создающих и редактирующих документы в различных форматах. Нередки также случаи, когда в модель, полученную, например, от заказчика, необходимо внести ряд изменений, при этом сама модель предоставлена им в формате, который отличается от собственного формата данных Solid Edge. Для решения таких задач и организации эффективной работы над разнородными данными проекта в САПР Solid Edge существует несколько инструментов, которые будут рассмотрены в этом разделе.

Преобразование документов при открытии и сохранении

Первый и наиболее простой способ преобразовать документы других форматов в документы Solid Edge – просто открыть их в Solid Edge с помощью команды **Открыть** (рис. 2.10.1, 1). Формат открываемого документа выбирается при помощи списка **Тип файлов (A)**, где перечислены доступные для открытия типы документов (2). При открытии документа можно задать набор параметров преобразования, нажав кнопку **Параметры (B)**. Вид окна задания параметров представлен на рис. 2.10.1, 3.

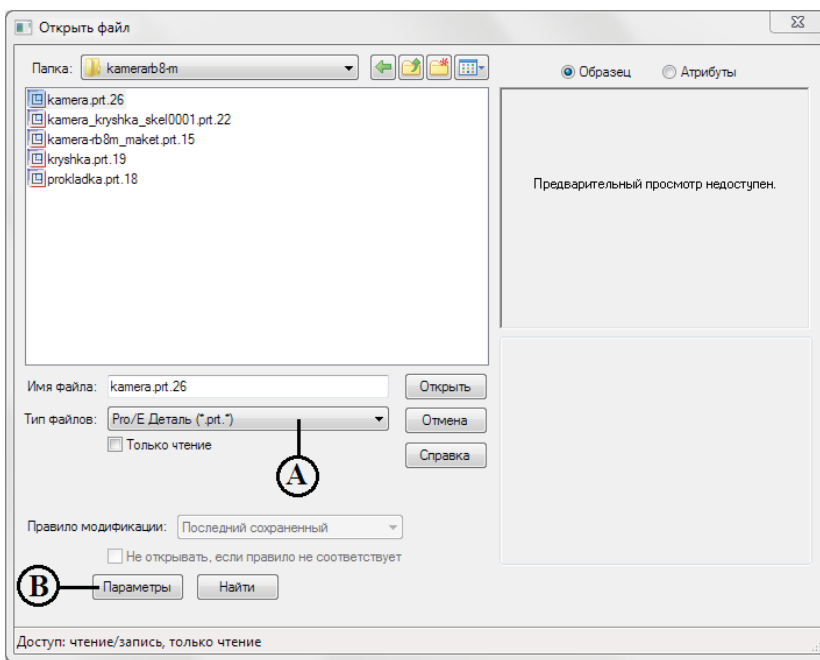
Для ряда форматов существует мастер, который в пошаговом режиме готовит данные для преобразования. Значения параметров преобразования извлекаются из внешнего файла с расширением *.ini, который соответствует данному типу документов и располагается в папке Solid Edge/Program. Значения параметров можно задавать непосредственно из среды Solid Edge либо редактировать соответствующий файл *.ini вручную.

Аналогично с помощью команды **Сохранить как** (рис. 2.10.2, 1) можно сохранить модель в выбранном формате (A) из списка (2). Нажатие кнопки **Параметры (B)** открывает соответствующее окно с набором параметров преобразования (3), который может отличаться в зависимости от выбранного формата. Для некоторых форматов нажатие на эту кнопку открывает пошаговый мастер преобразования. Настройки преобразования также сохраняются в файлах *.ini с соответствующими именами.

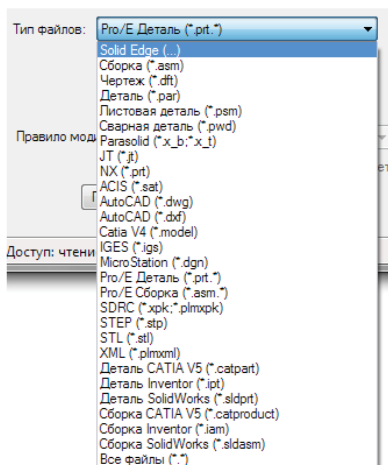
Преобразование с помощью утилит пакетного импорта

Если нужно одновременно преобразовать множество файлов в формат Solid Edge, удобно воспользоваться утилитами пакетного преобразования данных. С их помощью можно преобразовать данные файлов деталей, сборок и чертежей САПР других производителей: Mechanical Desktop и Inventor (Autodesk), Pro/Engineer (PTC) – в версии SolidEdgeST5, а также дополнительно SolidWorks (Dassault Systemes) в версии ST6.

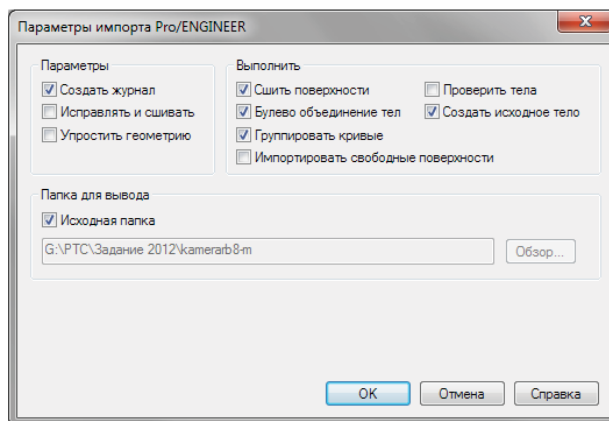
Необходимым условием является наличие установленной САПР другого производителя на том же самом ПК, что и САПР Solid Edge, либо на ПК, доступ к которому обеспечивается по локальной сети.



1



2

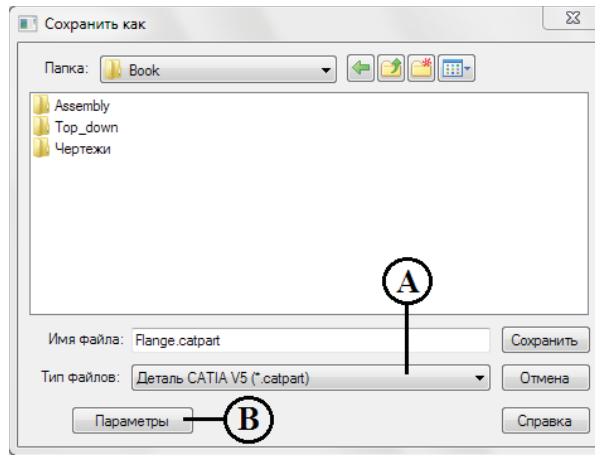


3

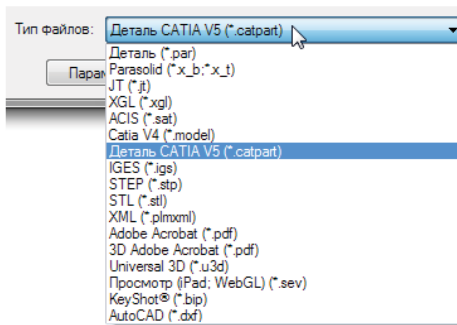
Рис. 2.10.1. Окно Открыть файл и настройка преобразования документов из других форматов

Утилита преобразования данных имеет клиент-серверную архитектуру. Серверное приложение ProeServer (название не зависит от того, документы какой именно САПР преобразуются) должно быть установлено на ПК с САПР другого производителя. Чтобы его установить, необходимо щелкнуть ЛКМ пункт **Преобразование данных** на стартовом экране оболочки-навигатора по программным продуктам Solid Edge (см. рис. 1.2.15.1 в разделе «Администрирование САПР») либо запустить вручную установочный файл Solid Edge DataMigrationComponent.msi из папки дистрибутива «DataMigration» и далее следовать подсказкам мастера установки. Доступ к серверному приложению осуществляется через панель управления Windows согласно следующему пути: **Панель управления – Система и безопасность – Администрирование – Службы компонентов – Компьютеры – Мой компьютер – Приложения Com+ – ProeServer.**

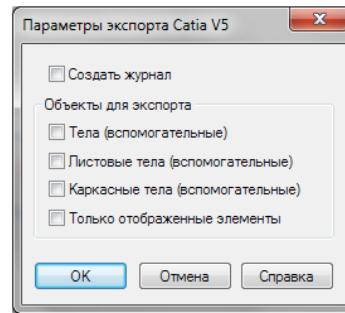
После установки необходимо включить Distributive COM и выключить Access Checks для приложения ProeServer. Для этого в окне свойств **Мой компьютер** (в редакторе **Службы компонентов**) на вкладке **Свойства по умолчанию** включить параметр **Разрешить использование DCOM на этом компьютере** (рис. 2.10.3, 1), а в окне свойств приложения ProeServer, вызываемого из контекстного меню нажатием ПКМ, на вкладке **Безопасность** необходимо отключить параметр **Принудительная проверка доступа для приложения** (2).



1

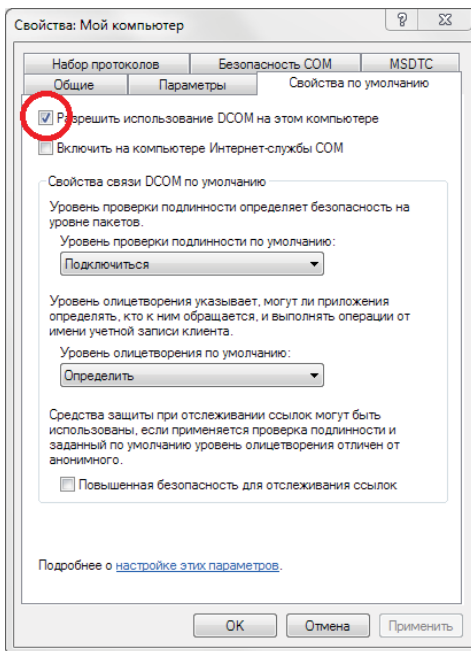


2

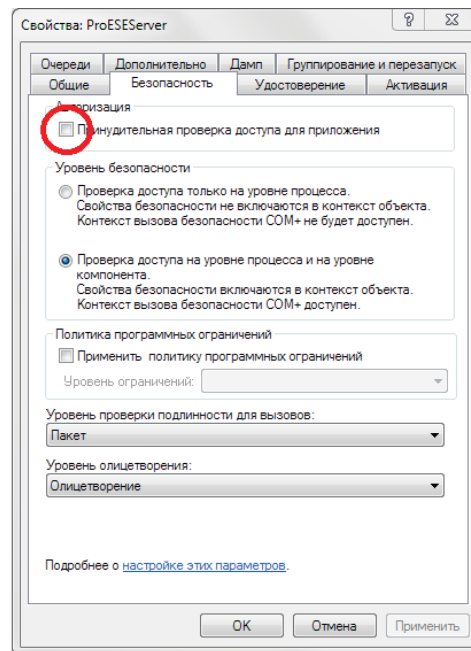


3

Рис. 2.10.2. Окно Сохранить как и настройка преобразования документов в другие форматы



1



2

Рис. 2.10.3. Настройка системных параметров после установки серверного приложения ProeServer

Запустить утилиты преобразования можно следующим образом: **Пуск – Программы – Solid Edge ST5 – Преобразование данных – Преобразование данных Inventor/MDT/pro-e** (в зависимости от конкретной САПР).

Процесс пакетного преобразования будет рассмотрен на примере трансляции файлов Pro/Engineer. Транслятор поддерживает документы ProE версий 18, 17, 18, 19, 2000, 2000i, 2001, 2000i2, а также Wildfire версий 1, 2, 3, 4, 5.

Перед выполнением преобразования необходимо настроить текстовый файл конфигурации PROE2SE.ini, указав вместо ProeStartup=Proe2001 реальный полный путь расположения файла proe.exe (например, G:\PTC\WF3\proewf30\bin\proe.exe). Также для правильной работы утилиты преобразования данных Pro/E нужно средствами используемой операционной системы задать переменную среды PRO_COMM_MSG_EXE, указав в качестве ее значения полный путь для файла pro_comm_msg.exe (например, G:\PTC\WF3\proewf30\i486_ntlobj\pro_comm_msg.exe).

Сам процесс преобразования выполняется следующим образом (рис. 2.10.4):

- 1) запуск соответствующей утилиты (в данном примере – **Преобразование данных pro-e**); откроется окно первого шага мастера, где необходимо указать:
 - **Узел Pro/E** – имя ПК, на котором установлен Pro/Engineer, кнопка **Обзор** открывает список доступных ПК в сети;
 - **Тип преобразования 3D** – тип преобразования деталей или сборок при импорте в Solid Edge в режимах STEP или Pro/E;
 - **Рабочая папка Pro/E** – имя и расположение папки Pro/Engineer, где находятся документы, которые нужно преобразовать в формат Solid Edge (папка должна обязательно находиться на ПК, где установлен Pro/Engineer и который указан в качестве узла Pro/E, при этом к папке необходимо обеспечить совместный доступ, а выполняющий преобразование пользователь должен иметь полный контроль над этой папкой);
 - **Папка Solid Edge** – имя и расположение папки для сохранения преобразованных документов Solid Edge;
 - **Шаблон детали, Шаблон сборки, Шаблон чертежа** – имя и расположение файлов, содержащих, соответственно, шаблон документа детали, сборки и чертежа, которые будут использоваться при импорте файлов Pro/Engineer;
 - **Файл конфигурации Pro/E** – имя и расположение файла конфигурации Pro/Engineer, который будет использоваться в процессе преобразования (по умолчанию используется файл Pro2SE.ini, расположенный в папке Solid Edge/Program);
 - **Журнал** – расположение папки, содержащей журнал преобразования данных, после чего нажать кнопку **Дальше** для перехода на следующий шаг мастера;
- 2) на втором шаге выбрать в левом списке файлы для преобразования и нажать кнопку **Добавить (Добавить все)**, перенеся необходимые файлы в правый список;
- 3) на третьем шаге можно сохранить сделанные настройки либо в исходном файле конфигурации, либо в другом файле, выбрать который в проводнике можно, нажав кнопку **Копировать** (если указать имя несуществующего файла, он будет создан); нажатие кнопки **Готово** завершает работу мастера и запускает процесс преобразования файлов.

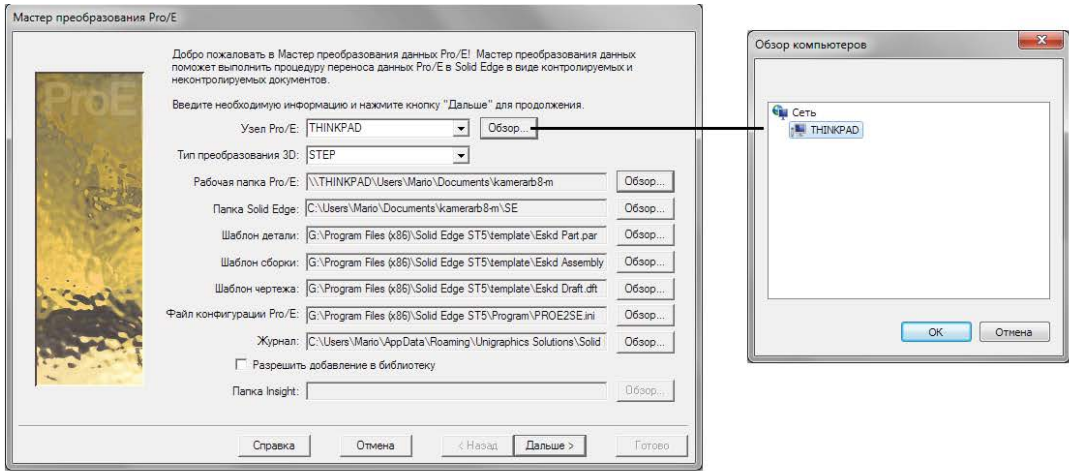
В результате в указанной папке будет создан набор преобразованных документов Solid Edge.

Еще одна возможность обмена файлами между различными САПР – специальные утилиты пакетного преобразования данных в промежуточный формат Parasolid (*.x_t). Существуют утилиты для большинства распространенных САПР (CATIA, Pro/Engineer, Inventor, ACIS), а также для форматов STEP и IGES. Они могут помочь в случае, если другая САПР не установлена на ПК. Ряд утилит обеспечивает двунаправленный обмен – импорт документов другой САПР в формат Parasolid и обратный экспорт. С их помощью экспорт данных можно произвести, не запуская Solid Edge. Все утилиты в виде *.exe-файлов располагаются в папке Program, их наименование начинается с букв SE, например seCATIA.exe, seSTEP.exe и т. д.

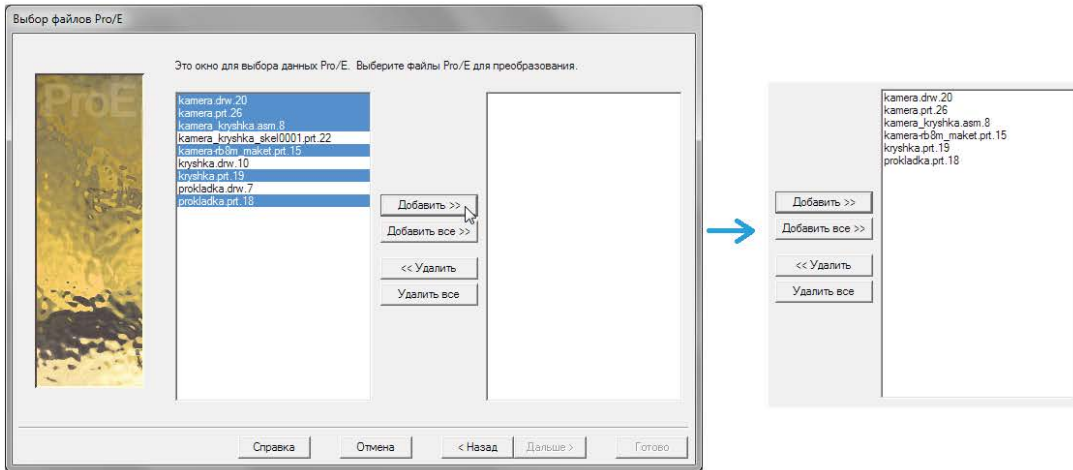
Порядок работы с утилитами одинаков (на рис. 2.10.5 приведена утилита импорта/экспорта файлов STEP) – после запуска exe-файла необходимо нажать кнопку задачи – импорт или экспорт документов (1), после чего в появившемся окне следует выбрать обрабатываемые файлы (A), настроить при необходимости наименование подпапки, в которую будут помещаться создаваемые файлы (B), и нажать кнопку **Process**. После появления (C) в строке **Action** (Действие) статуса **ConversionComplete** (Преобразование завершено) преобразованные документы появятся в указанной подпапке.

Экспорт моделей в формате 3D PDF

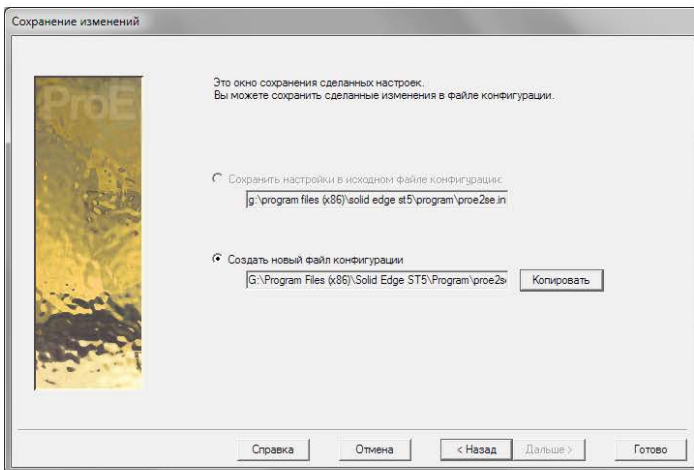
Нередко бывает необходимо организовать обмен данными без возможности их редактирования – например, с целью защиты конфиденциальной информации. Аналогично зачастую возникает требование, чтобы респондент имел возможность визуализации модели в 3D-формате на ПК или мобильном устройстве, не оснащенном САПР Solid Edge или специализированным средством просмотра рабочих файлов моделей. В этом случае удобным инструментом обмена



1



2



3

Рис. 2.10.4. Работа с мастером преобразования данных Pro/Engineer

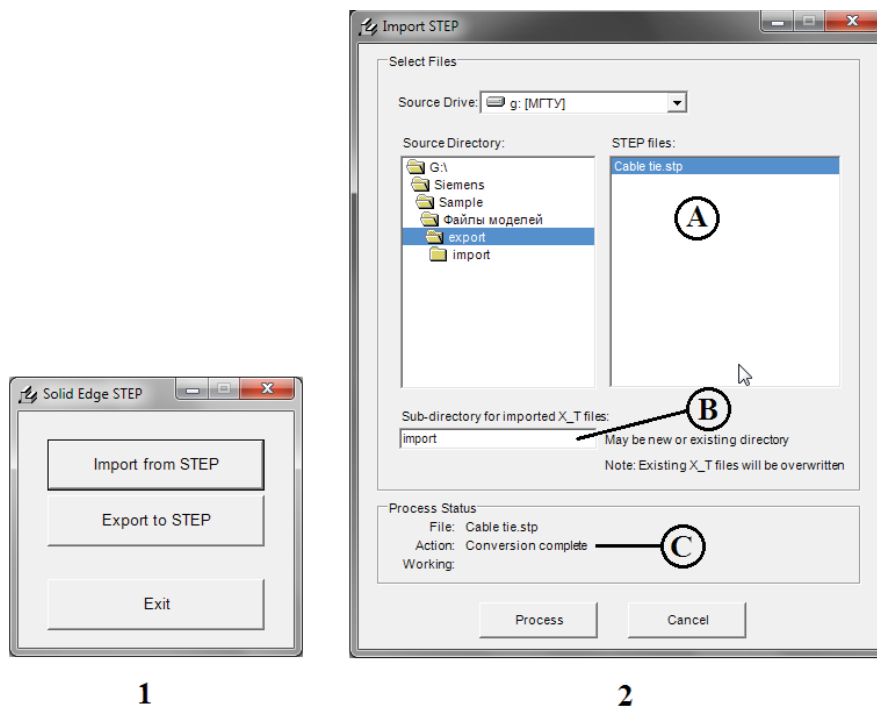


Рис. 2.10.5. Работа с утилитами преобразования данных в формат Parasolid

информацией служит формат 3D Adobe Acrobat (pdf). С помощью команды **Сохранить как** деталь или сборку Solid Edge можно сохранить в этом формате. При открытии в приложении Adobe Acrobat/Reader модель можно рассматривать в 3D под различными углами, пользуясь набором типовых видов или пользовательскими видами из документа Solid Edge, которые также сохраняются в данном файле. Название, автор, предмет и ключевые слова также будут перенесены в документ pdf при сохранении файла.

Кроме того, при просмотре можно работать с деревом модели, которое выводится слева в панели Adobe Reader (**Просмотр – Показать/Скрыть – Области навигации – Дерево моделей**). При выборе элемента в дереве он будет подсвечен на трехмерном виде модели. Для файла сборки в дереве можно отключить/включить показ отдельных компонентов сборки. В дереве также отображается раздел PMI (product manufacturing information – производственная информация об изделии), где пользователь может управлять отображением размеров, допусков, обозначений и прочим. Пример представления сборки Solid Edge в окне программы AdobeReader представлен на рис. 2.10.6.

Автоматическое добавление связей

Прежде чем начать работу с импортированной из другой САПР сборкой, необходимо восстановить сборочные связи, которые существовали в исходной сборке и были утеряны при импорте. Существенно облегчить выполнение этой задачи может команда Solid Edge **Автодобавление сборочных связей**, располагающаяся на вкладке **Главная** в группе **Связи**. Команда работает в полуавтоматическом режиме – конструктор выбирает набор деталей, для которых создаются связи, определяет допустимый набор типов накладываемых связей, а система предлагает готовые связи, которые можно оставить в сборке либо отключить. Работа с командой производится следующим образом (рис. 2.10.7):

- 1) после активации команды открывается окно **Параметры автодобавления связей**, в котором необходимо выбрать состав наборов 1 и 2, для добавления связей между всеми деталями сборки можно отметить параметр **Только набор 1**; нажать кнопку **ОК**;
- 2) выбрать, например рамкой, необходимые либо все детали в сборке; после выбора нажать кнопку **Подтвердить** в меню команды или ПКМ;
- 3) в открывшемся окне **Настройка автодобавления связей** выбрать допустимые для назначения типы связей, после чего нажать кнопку **Выполнить**;
- 4) система наложит связи из допустимого набора и отобразит их включенными в окне **Настройка автодобавления связей**; просмотреть связи и отключить ненужные, нажать кнопку **Подтвердить** для принятия связей или **Сброс** для их отмены.

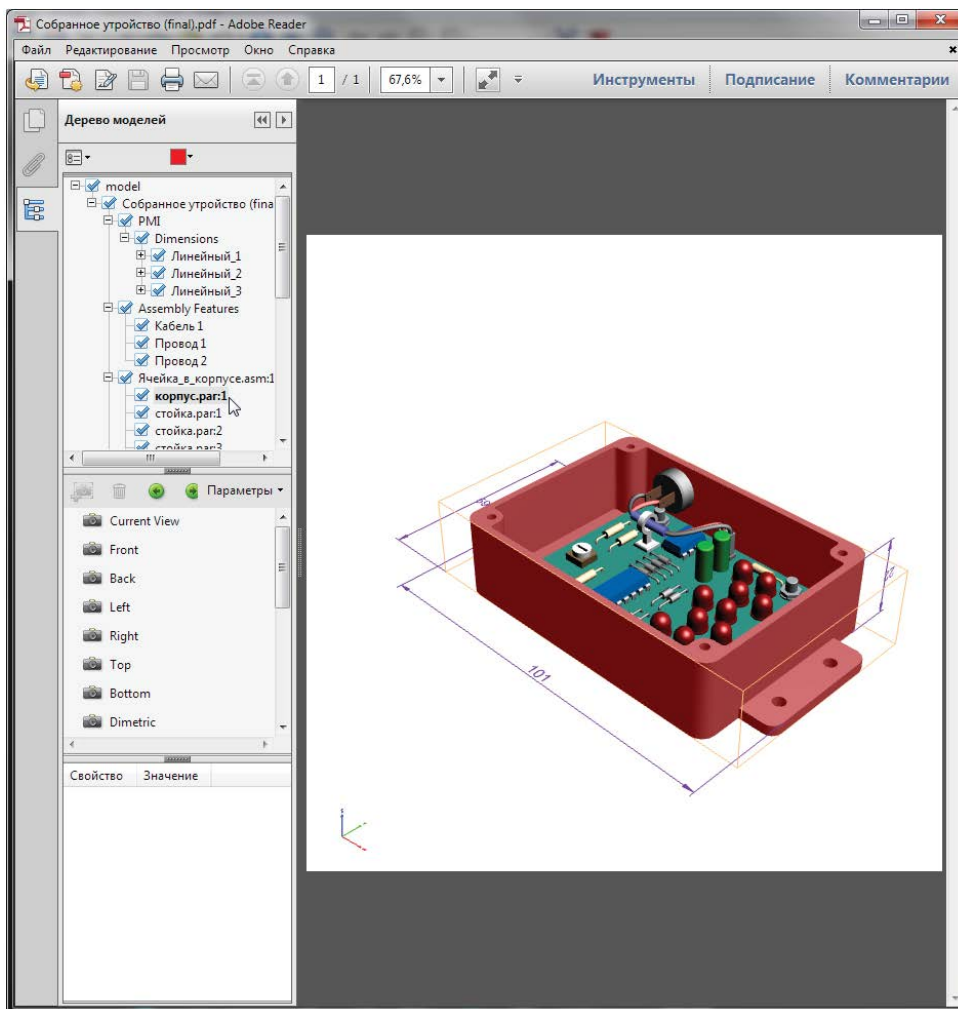



Рис. 2.10.6. Представление модели сборки Solid Edge в программе Adobe Reader (формат 3D Adobe Acrobat)

При выделении связи в окне она подсвечивается в графическом окне и навигаторе сборки. Так как связь накладывается на две детали, то каждая связь отображается в окне дважды. При отключении связи у одной детали она одновременно снимается и у другой. Связи можно отключать по одной, снимая соответствующий флажок, либо отключить связи для всей детали, сняв флажок рядом с ее именем;

- 5) нажатие на кнопку **Закрыть** в окне **Настройка автодобавления связей** закрывает окно; теперь можно увидеть в навигаторе сборки все наложенные связи.

Создание 3D-моделей по 2D-чертежам

В повседневной практике конструирования иногда приходится обращаться к конструкторской документации на деталь, данные о которой существуют на ПК исключительно в виде 2D-чертежей. Такая документация была либо изначально создана в двумерной САПР, либо, возможно, была переведена в компьютерный формат из ранее выполненных бумажных чертежей. Вручную интегрировать в разрабатываемую 3D-модель такую деталь достаточно трудоемко и затратно по времени. В Solid Edge существует инструмент, позволяющий в полуавтоматическом режиме создать 3D-модель на основе 2D-чертежа – команда **Создать 3D-модель** , которая в среде **Чертеж** располагается на вкладке **Сервис** в группе команд **Помощники**. Команда создает в среде модели набор образмеренных эскизов, соответствующих геометрии выбранных конструктором чертежных видов с сохранением их взаимной ориентации в пространстве. Впоследствии, применяя к этим эскизам операции построения трехмерной геометрии, можно полностью восстановить искомую 3D-модель. Команда работает с относительно несложными 2D-чертежами.

Функционирование команды рассмотрено на примере чертежа кронштейна, представленного на рис. 2.10.8.

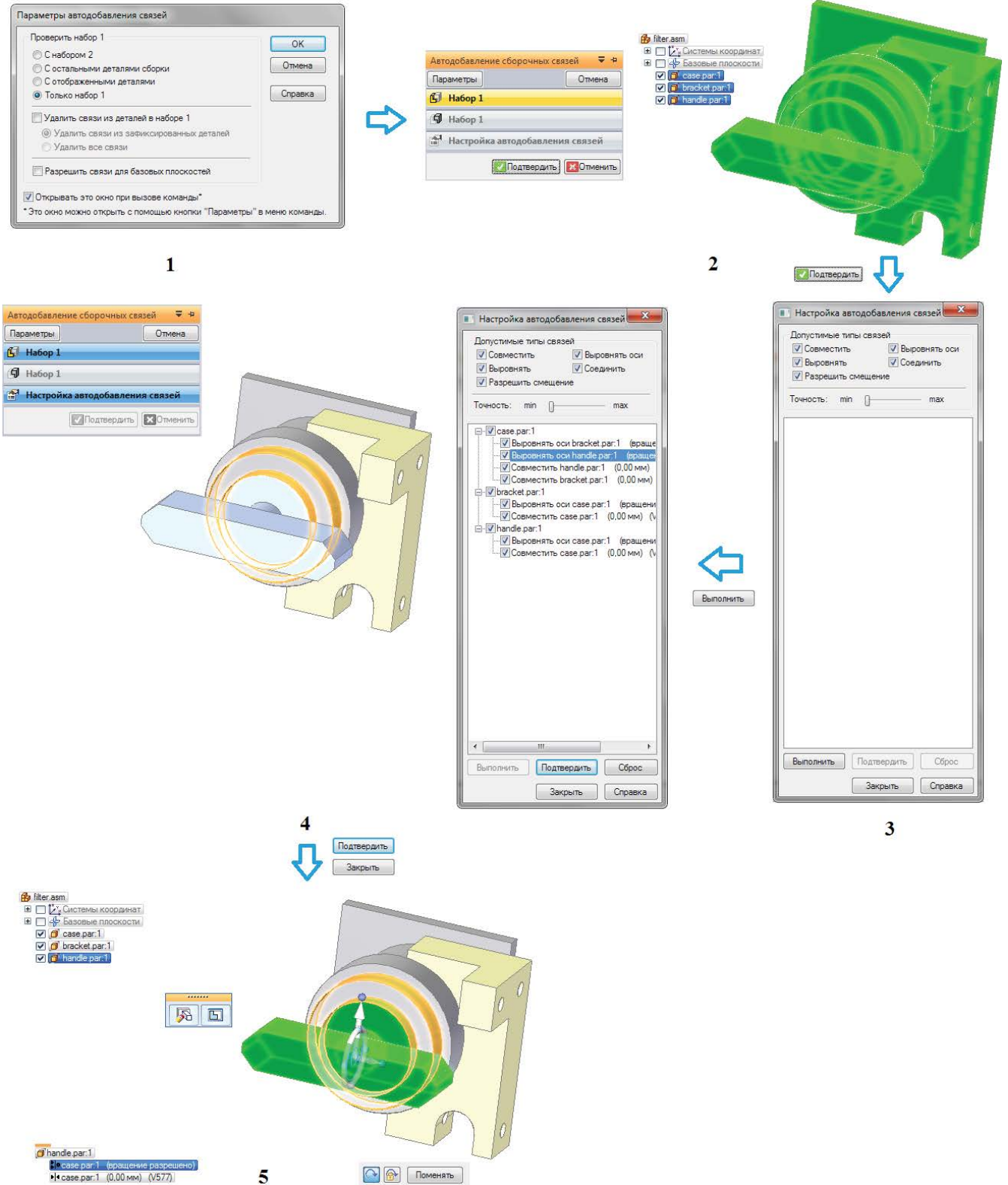


Рис. 2.10.7. Процедура автодобавления связей

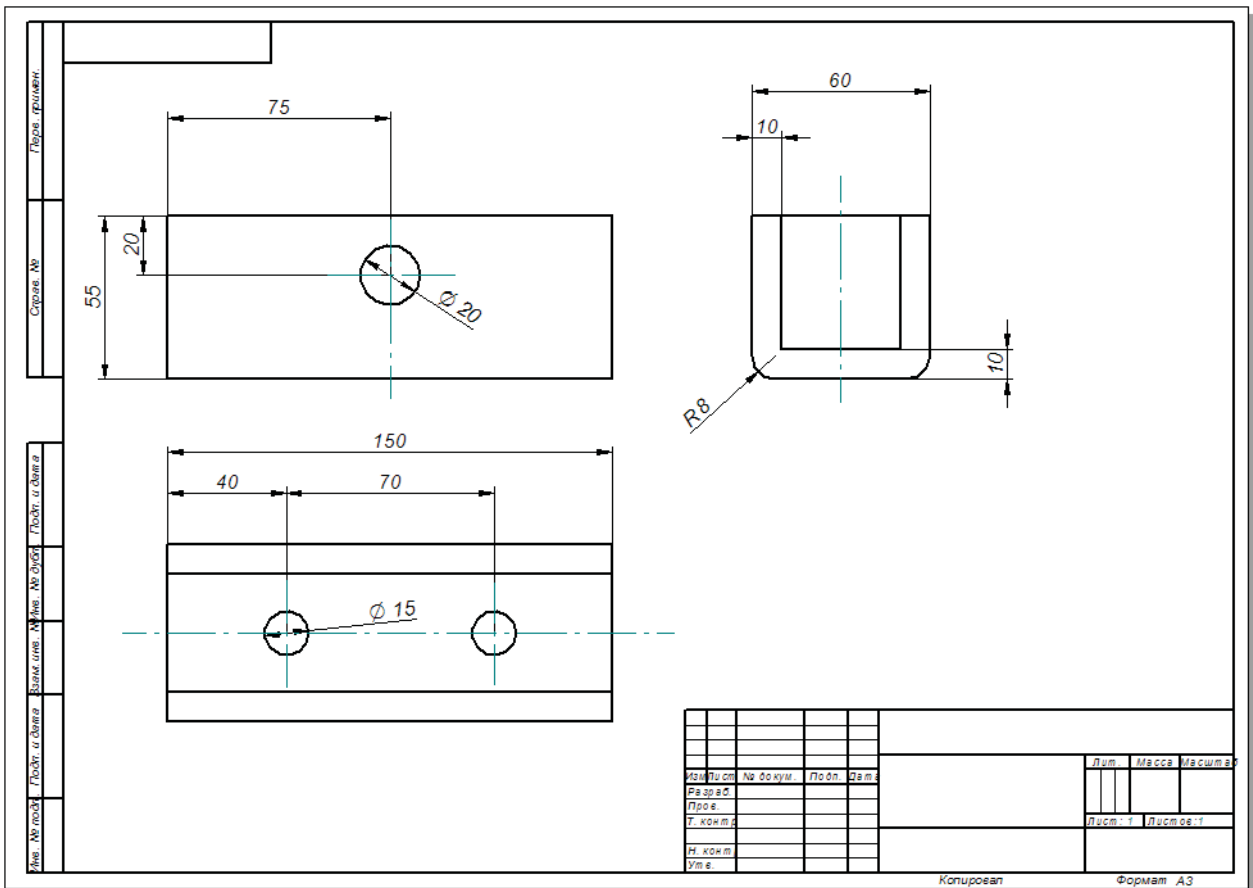


Рис. 2.10.8. Чертеж кронштейна для преобразования в 3D-модель

Порядок работы с командой **Создать 3D-модель**, организованной в виде мастера, следующий (рис. 2.10.9):

- 1) выполнить команду, в появившемся окне можно увидеть подсказку – описание пошагового процесса выполнения команды; здесь необходимо указать (А) опцию создания 3D-модели в новом файле (**Добавить в новый файл**); выбрать файл шаблона (В), на основе которого будет создаваться деталь/сборка, а также задать параметры в дополнительном окне (С) – выбрать настройку четверти проекции и задать типы размеров для включения в эскиз; после выполнения всех настроек нажать кнопку **Дальше**;
- 2) на следующем шаге выбрать **Главные проекции** (С), указать ориентацию главного вида (D), выбрать из списка или указать вручную масштаб вида (E), далее выбрать в области чертежа геометрию первого (главного) вида с помощью рамки или выделяя последовательно каждый элемент щелчком ЛКМ с нажатой клавишей **Shift** (включая при необходимости размеры на виде); нажать кнопку **Дальше** для перехода к указанию нового вида;
- 3) продолжить добавлять виды, указывая их в качестве главных проекций, дополнительных видов либо простого копирования, при необходимости задавая масштаб; после окончания задания всех видов нажать кнопку **Готово**.
Здесь главные проекции – это ортогональные виды, выровненные с основным видом; дополнительные виды – виды, требующие для корректного восприятия указания линии или ребра, использованных для поворота вида. Опция **Просто копировать** используется для указания видов, неортогональных и не имеющих проекционной связи с главной проекцией. Эти виды помещаются в виде эскизов на ту же плоскость, что и последний главный вид в документе.
С помощью кнопки **Задать линию проекции** (F) задается линия или точка на ортогональном или дополнительном виде, определяющая линию проекции (с целью правильной ориентации эскизов действие доступно только после выбора геометрии вида, не являющегося главным);
- 4) осуществляется переход в среду 3D-модели, в которой геометрия выбранных видов представлена в виде образмеренных эскизов; каждый эскиз размещается в своем пользовательском наборе с именем **Создать 3D-модель N**, где N – порядковый номер набора; последний набор в списке представляет собой группу из всех имеющихся наборов; при необходимости можно настроить положение эскиза и связанных размеров-атрибутов модели с помощью колеса управления;

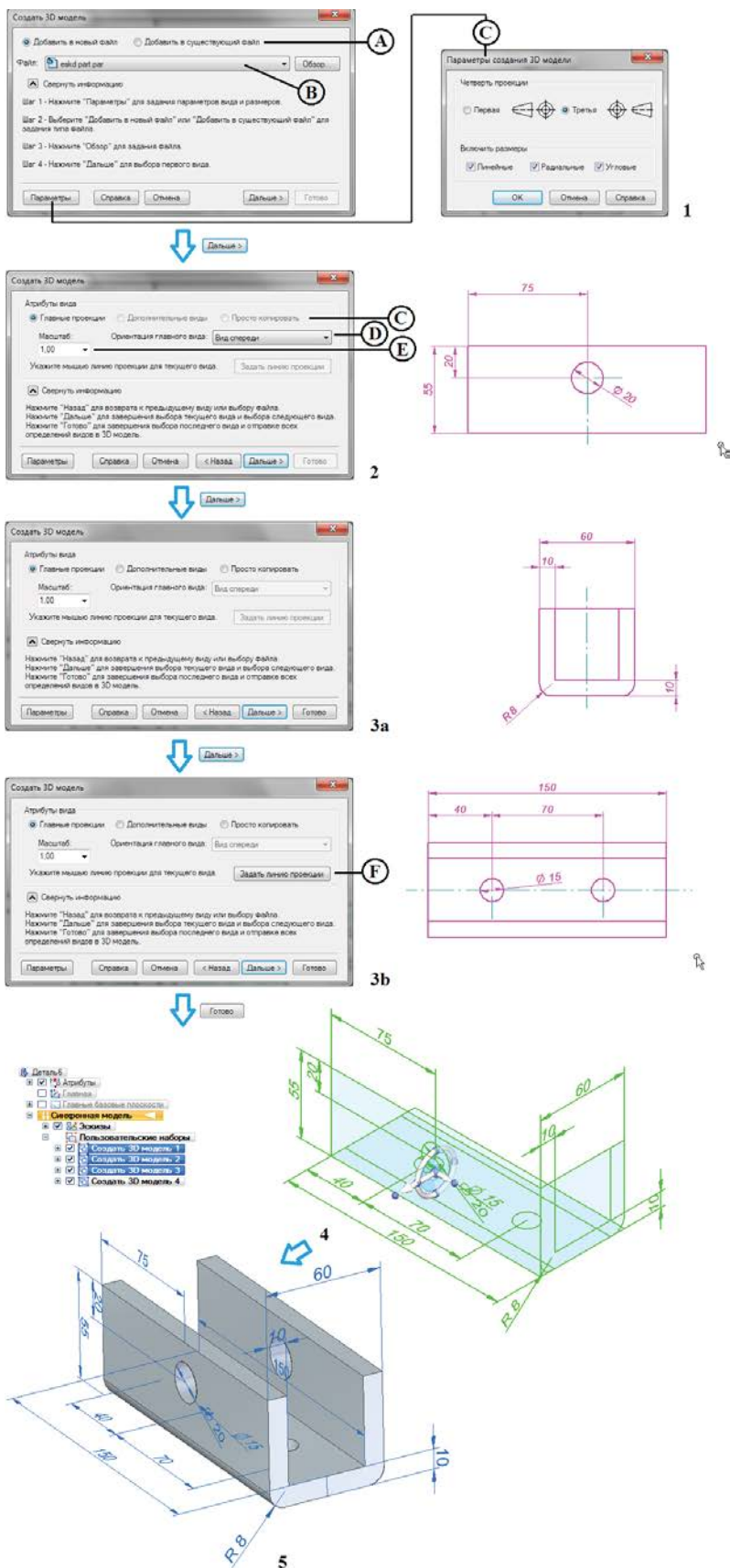


Рис. 2.10.9. Процесс создания 3D-модели из 2D-чертежных видов

- 5) 3D-геометрия детали восстанавливается с использованием соответствующих команд построения среды **Деталь**; в результате получена полноценная 3D-модель с присоединенными к геометрии размерами-атрибутами.

Еще один сценарий применения этой команды – ситуация, когда у конструктора наличествует импортированная из сторонней САПР готовая 3D-модель, а также чертеж на нее в электронном виде. Задача состоит в том, чтобы перенести 2D-размеры из чертежа на готовую 3D-модель, присоединив их к геометрии модели и сделав управляющими.

Для этого необходимо выполнить действия, аналогичные рассмотренным выше в пп. 1–3 (рис. 2.10.9), за исключением того, что в п. 1 (А) следует выбрать опцию **Добавить в существующий файл**, после чего выбрать виды и нужные размеры на них. После нажатия кнопки **Готово** и перехода в среду 3D-модели необходимо последовательно выбирать пользовательские наборы **Создать 3D-модель N** и в их контекстных меню выполнять команду **Присоединить атрибуты модели** (рис. 2.10.10, 1). На рис. 2.10.2, 2 показан окончательный результат присоединения размеров. Размеры присоединены к геометрии и отныне управляют ею (рис. 2.10.2, 3).

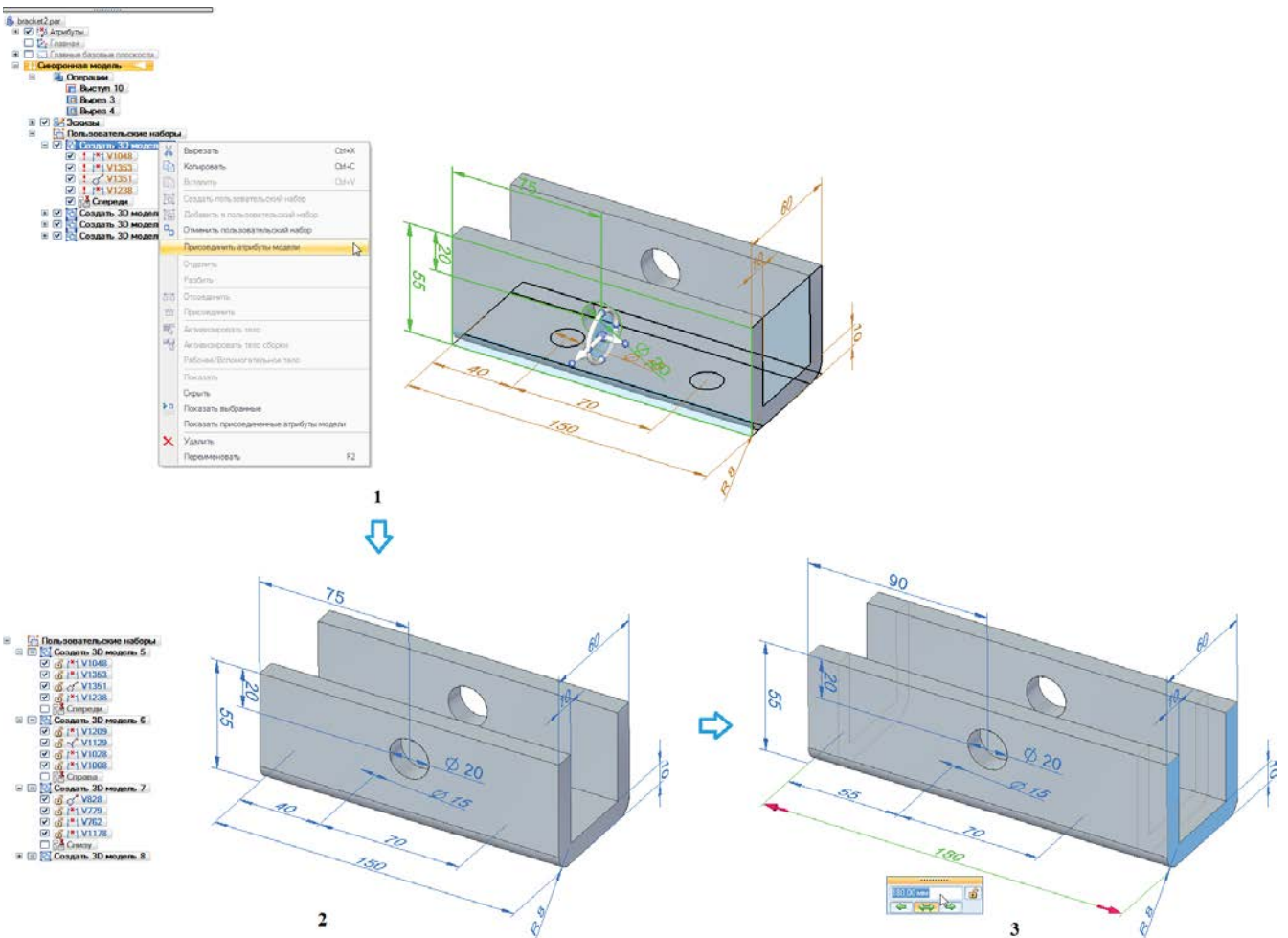



Рис. 2.10.10. Применение команды **Создать 3D-модель** для переноса 2D-размеров из чертежа на готовую 3D-модель

Распознавание отверстий

В импортированной детали отверстия будут изначально представлены в виде цилиндрических граней. Чтобы точнее соответствовать требованиям конструкции, а также в целях повышения удобства дальнейшей работы над моделью эти грани в ряде случаев следует преобразовать в конструктивные элементы **Отверстие**. В Solid Edge для автоматизации выполнения этой операции предусмотрена специальная команда **Распознать отверстия**  **Распознать отверстия**, которая располагается в раскрывающемся списке **Отверстия** группы команд **Тела** на вкладке **Главная**, а также продублирована на вкладке **Измерения** в группе команд **Вычислить**.

Команда автоматически определяет элементы-кандидаты в отверстия во всем теле модели или на выбранной грани и заменяет их на конструктивные элементы **Отверстие**, позволяя одновременно уточнить тип отверстия (например, простое, с зенковкой, с резьбой и прочее). Поиск отверстий ведется среди круговых и конических вырезов. Команда доступна в средах детали и сборки.

Порядок выполнения команды следующий (рис. 2.10.11):

- 1) после выполнения команды появляется окно **Распознавание отверстий**, где в табличной форме построчно выводятся все распознанные группы схожих отверстий с возможной настройкой их распознавания:

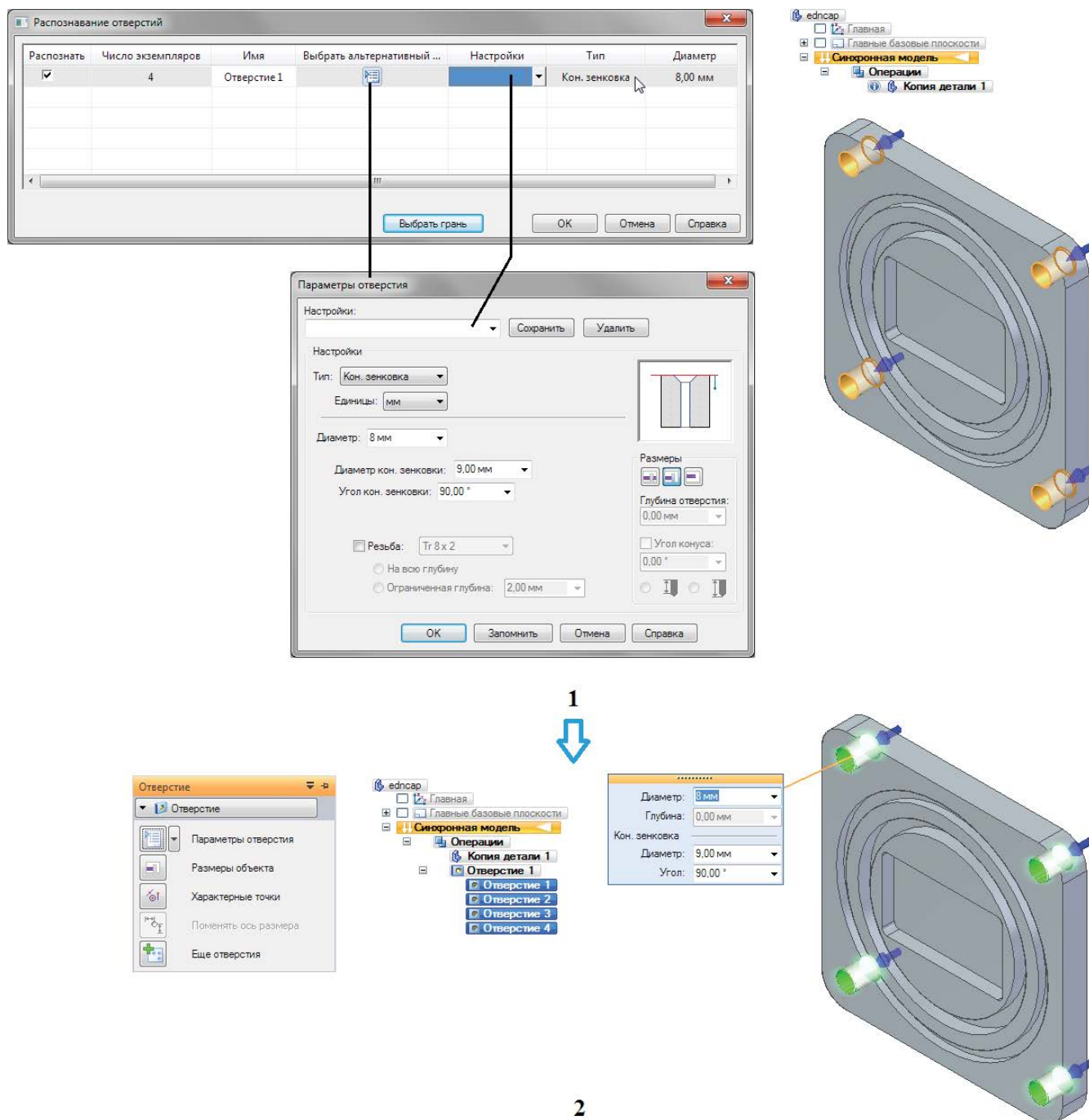


Рис. 2.10.11. Процесс распознавания отверстий

- если снять флажок в столбце **Распознать**, то грани данной группы не будут заменяться на отверстия;
- в столбце **Число экземпляров** приводится количество схожих отверстий, образующих данную группу;
- в столбце **Имя** выводится наименование, данное по умолчанию группе отверстий (можно изменить);
- в столбце **Выбрать альтернативный тип отверстия** находится кнопка, открывающая стандартное диалоговое окно **Параметры отверстия**, где можно изменить тип и параметры отверстий данной группы (диаметр, глубина, параметры зенковки, резьбы и прочее);
- с помощью раскрывающегося списка в столбце **Настройки** можно быстро применить заранее запомненную конфигурацию отверстия (соответствует списку **Настройки** в окне **Параметры отверстия**);
- в столбце **Тип** отображается распознанный тип отверстия;
- в столбце **Диаметр** выводится номинальный диаметр отверстия в группе.

С помощью кнопки **Выбрать грань** можно распознать отверстия только на выбранной грани, отменив распознавание отверстий на прочих гранях модели. Завершается настройка параметров отверстий нажатием на кнопку **ОК**;

- 2) в результате в навигаторе создается группа, содержащая схожие распознанные отверстия. Все грани обнаруженных отверстий расходуется и заменяются на конструктивные элементы **Отверстие**.

Полученные в результате элементы можно редактировать с помощью стандартных команд работы с отверстиями.

Уже распознанные отверстия можно дополнительно распознать в виде массива с помощью команды **Распознать массив отверстий**, находящейся в раскрывающемся списке команд создания массивов в группе **Массивы** на вкладке **Главная** (рис. 2.10.12). Команда доступна, когда в детали присутствуют хотя бы три конструктивных элемента-отверстия, которые образуют круговой или прямоугольный массив.

Для объединения отверстий в массив необходимо (рис. 2.10.13):

- 1) выполнить команду **Распознать массив отверстий**, после чего выбрать отверстия для распознавания (доступен выбор рамкой), нажать ПКМ или клавишу **Enter**;
- 2) в появившемся окне **Распознать массив отверстий** отметить флажками массивы для преобразования; нажать **ОК** в окне **Распознать массив отверстий**.

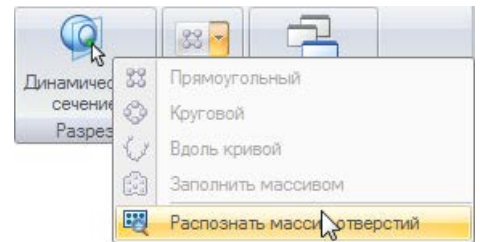


Рис. 2.10.12. Команда **Распознать массив отверстий** в группе **Массивы** на вкладке **Главная**

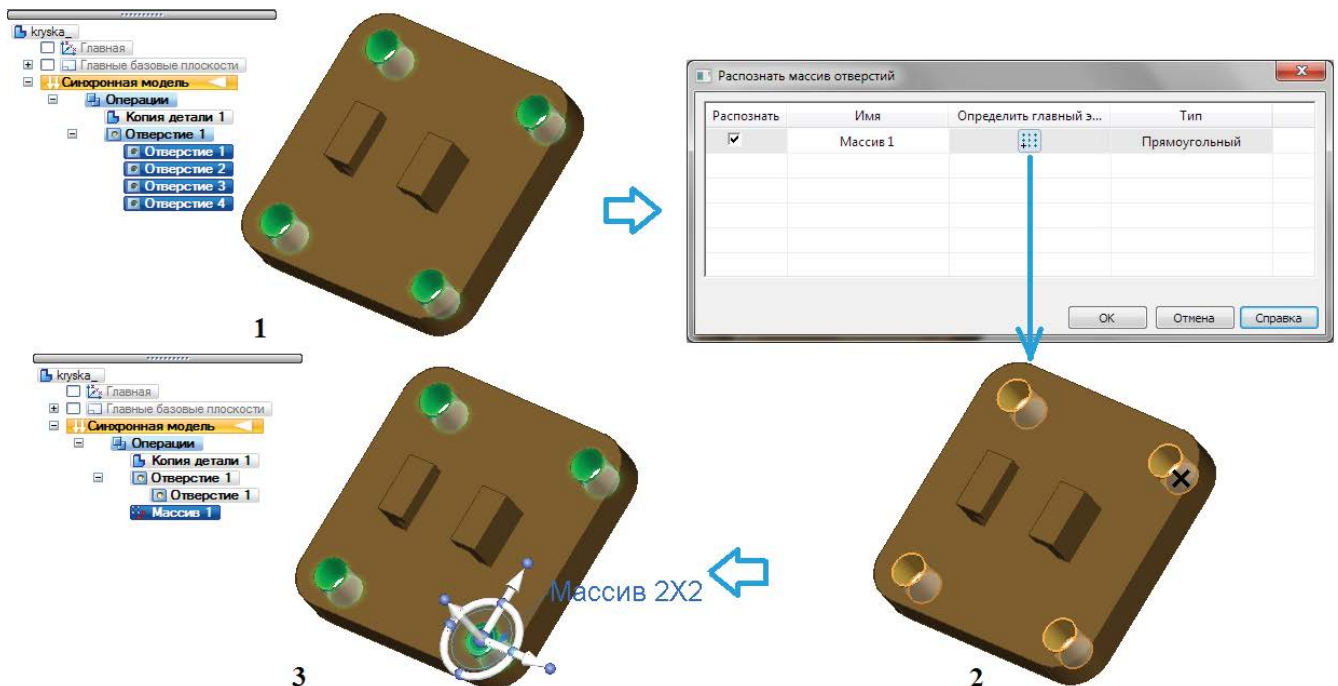



Рис. 2.10.13. Процесс распознавания массивов отверстий

Если флажок массива в столбце **Распознать** снят, то отверстия выделяются красным цветом. Здесь же опционально с помощью кнопки в столбце **Определить главный элемент** можно выбрать в графическом окне щелчком ЛКМ главный элемент массива (отмечен крестом);

- 3) в результате сформированы один или несколько массивов, которые в дальнейшем можно редактировать как процедурный элемент Solid Edge.

Проверка геометрии

Импортированная геометрия может содержать ошибки – например, содержать вырожденные элементы, самопересечения геометрии, вершины, не лежащие на кривой или ребре, и прочее. С помощью процедуры проверки геометрии в Solid Edge можно обнаружить эти дефекты и в ряде случаев исправить их, подготовив тем самым модель к синхронному редактированию.

Команда **Проверить геометрию**  **Проверить геометрию** располагается на вкладке **Измерения** в группе команд **Вычислить**. При выполнении команды появляется окно (рис. 2.10.14, 1), в котором необходимо выбрать (А) объекты для проверки (по умолчанию проверка проводится для всех активных моделей), указать (В), проводить ли проверку на дефекты геометрии (флажок **Ошибки**) и/или определять ли очень мелкие элементы, которые могут вызвать проблемы в процессе конечно-элементного анализа (при установке флажка **Мелкие элементы** откроется доступ к заданию параметров поиска мелких элементов, С), после чего нажать кнопку **Выполнить**.

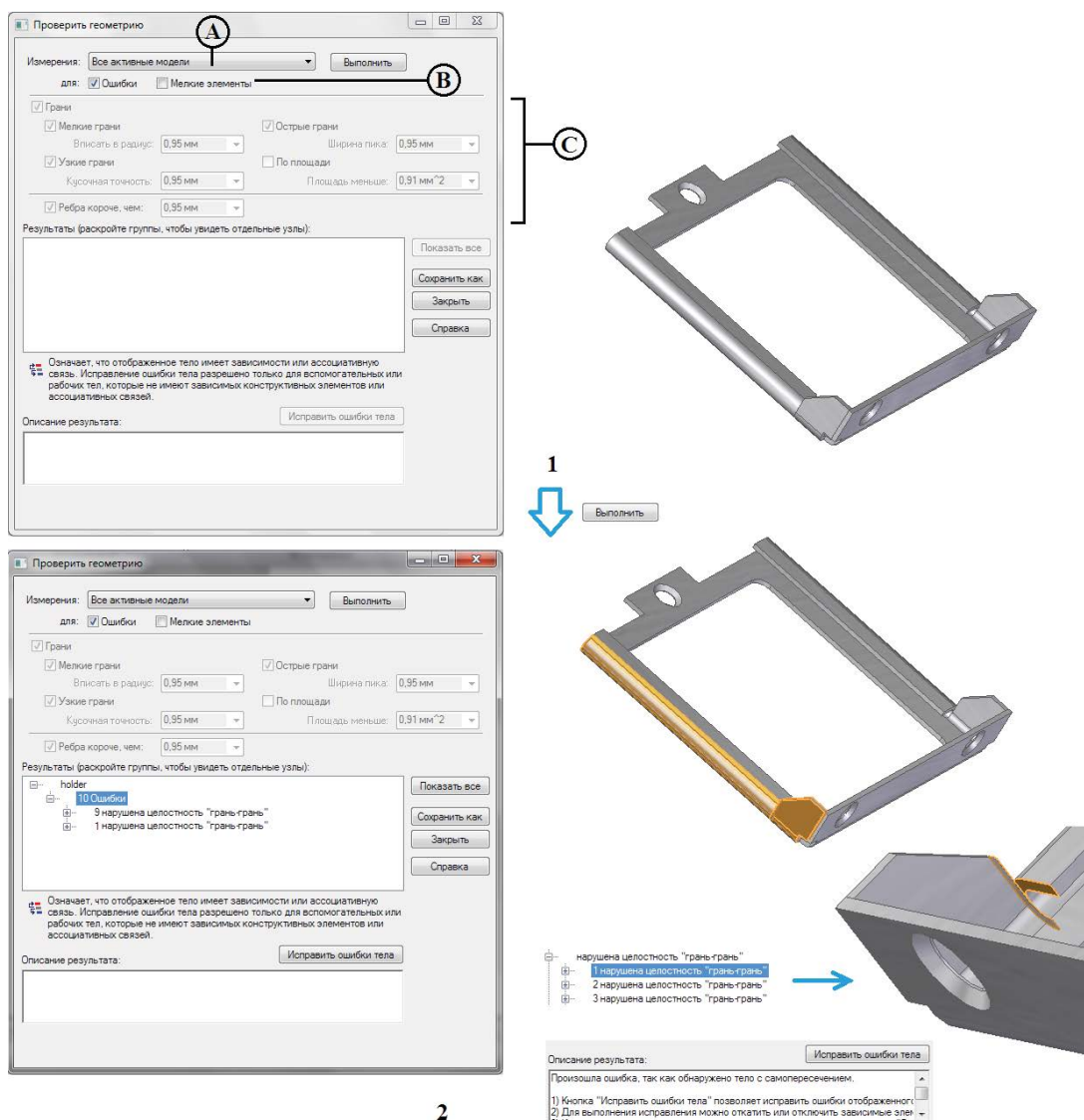




Рис. 2.10.14. Проверка геометрии модели с помощью команды Проверить геометрию

Произведя проверку, Solid Edge отобразит в поле **Результаты** сгруппированную по узлам информацию о найденных в геометрии ошибках и мелких элементах. При выборе ошибки в списке она подсвечивается в графическом окне, а в поле **Описание результата** выводится описание проблемы.

Для рассматриваемого примера найдено 10 ошибок, которые можно локализовать на модели, подсветив группу ошибок или каждую ошибку по отдельности (2). На рисунке более крупно представлена одна из ошибок, связанная с обнаружением тела с самопересечением. На модели подсвечены две пересекающиеся грани тела.

Если ошибки обнаружены, то далее можно исправить их, нажав кнопку **Исправить ошибки тела**. Это действие доступно для вспомогательных или рабочих тел, не имеющих зависимых конструктивных элементов или ассоциативных связей. Если исправление элемента невозможно, в окне результатов рядом с ним располагается значок . Описание ошибок можно сохранить в текстовом файле, нажав кнопку **Сохранить как**.

Оптимизация геометрии

Существует возможность улучшить качество и точность, а также устранить избыточность геометрии импортированной модели с помощью команды **Оптимизация** , также располагающейся на вкладке **Измерения** в группе команд **Вычислить**.

Нажатие кнопки **Параметры** в меню команды (рис. 2.10.15, А) открывает окно **Параметры оптимизации**, где выполняются следующие настройки (В):

- при установке флажка **Очистить тело** геометрия модели будет очищена от самопересечений и циклических петель (необходимо задавать перед полной оптимизацией тела);
- параметр **Только упростить тело** упрощает тела, заменяя В-сплайны на аналитические элементы, если можно, задает точность ребер и объединяет или удаляет избыточные грани;
- параметр **Оптимизировать все тело** дополнительно находит В-сплайновые поверхности, похожие на поверхности сопряжения, и заменяет их на В-сплайновые поверхности сопряжения типа «катящегося шара» Parasolid;
- флажок **Отчет** вызывает диалоговое окно со списком граней и ребер, найденных до и после оптимизации; содержание отчета можно скопировать в буфер обмена.

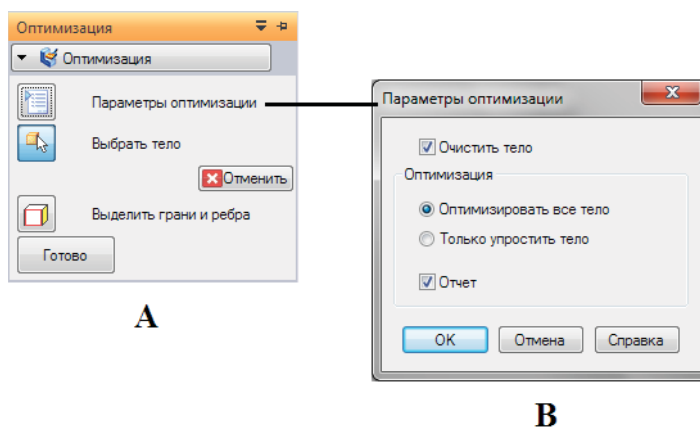


Рис. 2.10.15. Меню команды и окно параметров оптимизации геометрии модели

Включение параметра **Выделить грани и ребра** в меню команды позволяет отобразить допустимые ребра и В-сплайновые поверхности другим цветом.

Нажатие кнопки **Готово** запускает процесс оптимизации.

Так, например, на рис. 2.10.16 показан процесс оптимизации, заключающийся в восстановлении непрерывного набора касательных граней скругления с целью последующего изменения радиуса скругления за один прием у всех граней набора.

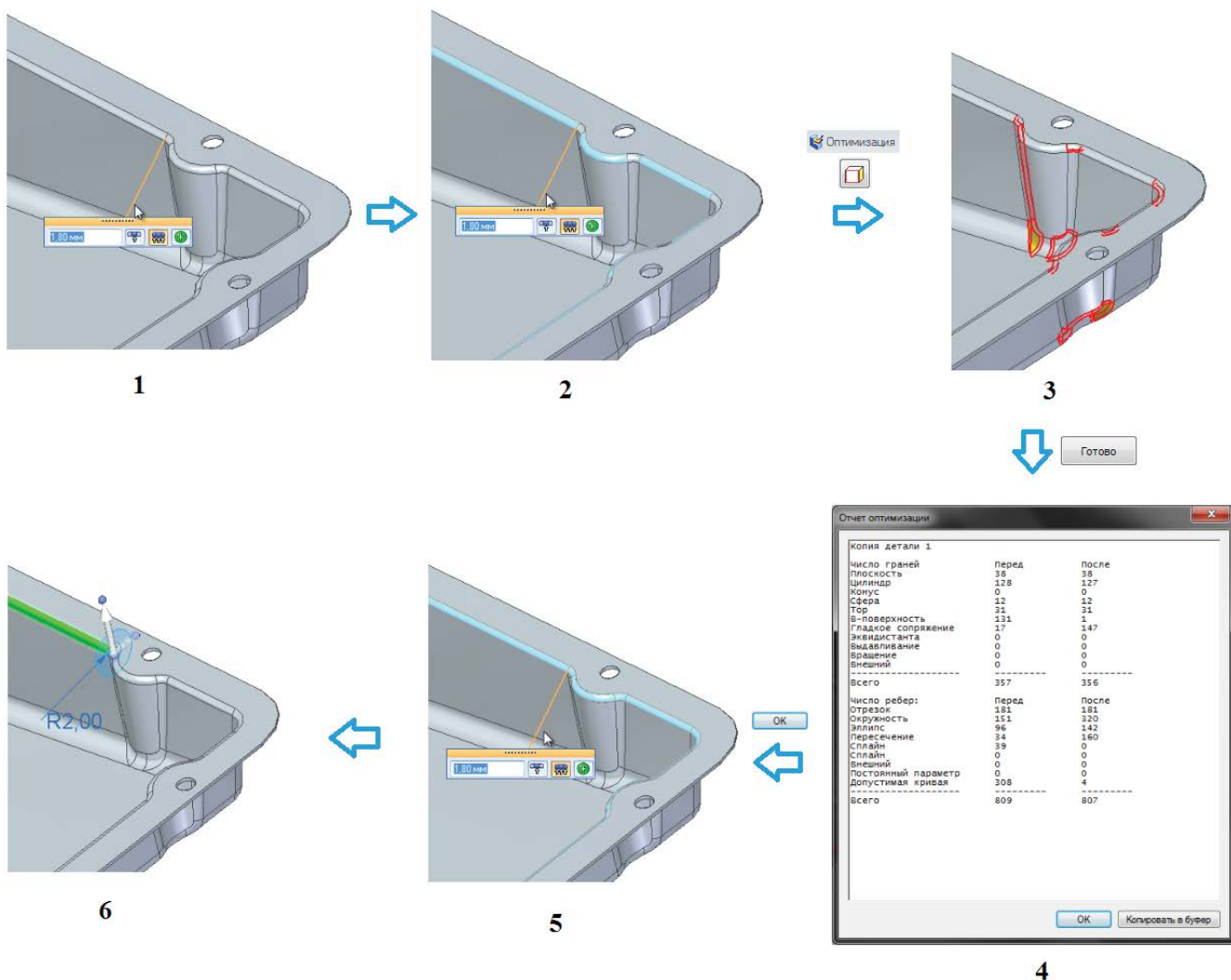


Рис. 2.10.16. Оптимизация модели с восстановлением непрерывности набора граней

После проведения оптимизации пользователю выдается отчет, содержащий информацию о количестве геометрических элементов модели до и по результатам оптимизации.

2.11. Организация совместной работы над механической и электронной частями изделия

Обмен данными в формате IDF. Состав и назначение файлов IDF. Типовой процесс совместного проектирования механической и электронной частей изделия. Передача информации об электронной части изделия в САПР Solid Edge и обратный экспорт данных в ECAD-систему. Подключение библиотек электронных компонентов. Партнерские приложения Solid Edge

Как уже упоминалось в разделе 1.1.1, разработка современных сложных изделий электроники предполагает тесную интеграцию процедур разработки электронной и механической частей изделия. Такая интеграция позволяет обеспечить параллельное проектирование механической и электронной частей изделия, значительно ускоряя тем самым процесс разработки и вывода изделия на рынок с одновременным улучшением качества и сокращением количества возможных ошибок, вызванных несовершенством механизма обмена данными.

В современной отрасли разработки изделий электроники де-факто отраслевым стандартом стал формат IDF (Intermediate Data Format), специально предназначенный для обмена данными между САПР механической (MCAD) и электрон-

ной (ECAD) частей изделия, а также CAE-системами и организации параллельной работы над проектом в этих САПР (рис. 2.11.1). Он поддерживается большинством производителей ECAD-систем. Важной и полезной особенностью формата IDF, в отличие от ряда прочих форматов, является поддержка двустороннего обмена данными между ECAD- и MCAD-системами, что позволяет при необходимости многократно передавать модель друг другу, внося в нее соответствующие изменения.



Рис. 2.11.1. Назначение формата IDF

В процессе проектирования разработчику ECAD-части изделия требуется информация о геометрии монтажного основания (например, печатной платы) – габаритных размерах, толщине, контуре платы, запрещенных зонах для размещения компонентов, предпочтительных областях размещения отдельных важных компонентов и т. п. В свою очередь, для разработчика MCAD-части изделия информация о сборке на печатной плате может оказаться необходимой для проектирования корпусных деталей, проведения компоновочных расчетов и определения массогабаритных характеристик, проверки зазоров и отсутствия взаимного пересечения деталей, подготовки модели и проведения инженерного анализа конструкции на механические и тепловые воздействия с помощью CAE-модулей САПР. Кроме того, данные ECAD в MCAD-системе могут понадобиться в целях подготовки конструкторской документации, а также 3D-изображений модели для выполнения, например, технических иллюстраций в презентациях, руководствах по эксплуатации, обслуживанию и ремонту и т. д.

Эту и подобную информацию может предоставить формат IDF. Следует, однако, помнить, что данный формат не может обеспечить полного представления о собранном электронном модуле на печатной плате в части его функций, электрических характеристик и не является законченным средством обмена данными для выполнения производства, сборки, контроля и создания полного комплекта КТД на изделие. Он также не предназначен для создания архивных копий конструкций электронных модулей.

Используемые в настоящее время редакции стандартов 2.0 и 3.0 изданы в 1993/96 гг. Данные об электронном модуле на печатной плате в этих форматах представлены в трех файлах:

- **файл платы (Board File)**, содержит физическое описание контура и толщины платы, контура трассировки, контура размещения компонентов, запрещенных зон для трассировки, отверстий и компонентов, координат, диаметров и металлизации отверстий, координат и углов поворота размещаемых на плате компонентов и прочего с учетом слоев и сторон платы;
- **файл библиотеки (Library File)**, содержит описания компонентов в составе одной или нескольких сборок на печатных платах, включая высоту, контур и электрические характеристики;
- **(опционально) файл панели (Panel File)**, содержит описание мультиплицированной панели, включая ее форму, топологию, данные по размещению плат в панели, координаты и диаметр технологических отверстий, координаты и углы поворота размещаемых на плате компонентов.

С примерами файлов платы и библиотеки можно ознакомиться в документе [2].

Если плата не мультиплицирована, то данные в формате IDF 2.0 и 3.0 состоят из двух компонентов: файла платы и файла библиотеки. Расширения этих пар файлов зависят от используемой ECAD-системы и могут быть следующими: .emn/.emp (по умолчанию); .brd/.lib; .brd/.pro; .bdf/.ldf; .idb/.idl.

Данные в файлах организованы по разделам, отделяемым ключевыми словами, записям в разделах и полям в записях.

По данным файла библиотеки (контур и высоту) система MCAD строит упрощенные 3D-модели компонентов методом выдавливания. Эти модели могут быть заменены на точные представления конкретных типоразмеров компонентов, хранящиеся в библиотеке самой системы MCAD. Такая замена выполняется системой MCAD, а не форматом IDF как таковым, и ее реализация зависит от возможностей конкретной САПР.

Предварительная редакция стандарта IDF 4.0 была выпущена в 1998 г. Формат IDF 4.0 вместо двух использует один файл с расширением .idf. С помощью этой версии можно описать конструкцию электронного модуля более точно, с учетом, в частности, следующих моментов:

- компонентов сложной формы;
- компонентов, размещаемых в полостях монтажного основания и/или встроенных в него;
- схемных обозначений компонентов;
- топологии печатного рисунка, включая проводники, контактные площадки, полигоны;
- слоев шелкографии, паяльной маски, реперных знаков;
- привязки отверстий к цепям, компонентам и соединяемым слоям (для переходных отверстий);
- расширенных возможностей задания запрещенных зон вокруг отверстий;
- возможности задания мультиплицированных субпанелей в составе общей панели;
- возможности построения полной тепловой модели компонента с учетом материала и прочего.

Тем не менее, несмотря на очевидные преимущества по сравнению с предыдущими версиями, редакция 4.0 не получила широкого распространения, и в настоящее время в электронной отрасли наиболее широко применяются редакции 2.0 и (преимущественно) 3.0.

В САПР Solid Edge нет встроенных средств экспорта/импорта данных в формате IDF, однако всегда есть возможность воспользоваться средствами сторонних разработчиков дополнительных модулей. Примером такого модуля, расширяющего функционал Solid Edge в части поддержки формата IDF, является модуль Solid Edge IDF Modeler австралийской компании Desktop EDA [5]. Он устанавливается как обычное приложение Windows, интегрируя свою группу команд в интерфейс ленточного меню Solid Edge. На примере данного модуля будет рассмотрено автоматизированное создание сборки на печатной плате по данным ECAD-системы в формате IDF, а также процесс обратного экспорта сборки в формат IDF для использования в ECAD-системе. В настоящее время существуют версии Solid Edge IDF Modeler для Solid Edge ST4, ST5 и ST6. Модуль имеет англоязычный интерфейс.

После инсталляции модуля на закладке **Компоненты** в среде сборки появится группа команд IDF Modeler (Assembly) (рис. 2.11.2).

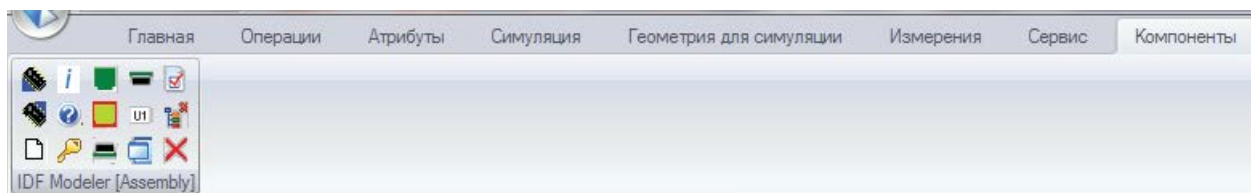



Рис. 2.11.2. Группа команд модуля Solid Edge IDF Modeler в среде сборки

Импорт сборки из ECAD-системы в Solid Edge

Процесс импорта IDF-данных с построением модели сборки производится следующим образом:

- Выбором команды **IDF Import**  запустить модуль Solid Edge IDF Modeler, открыв окно выбора файла платы **Select IDF Board File** (рис. 2.11.3).
Здесь необходимо выбрать файл данных платы с одним из перечисленных выше расширений. Откроется основное окно модуля Import IDF с номером версии, где на различных закладках задаются параметры импорта.
- На закладке **Import (Импорт)**, (рис. 2.11.4) необходимо задать/уточнить пути к файлам платы (Board File), файлу библиотеки (Library File) и создаваемой сборке (Assembly).
Если установлен флажок **Assembly Path from IDF Files**, сборка будет автоматически создана в папке с файлами IDF, в противном случае путь можно задать вручную.
Кнопка **Create Assembly (Создать сборку)** имеет два состояния, выбираемых в раскрывающемся списке, – собственно **Create Assembly**, при нажатии которой создается сборка с компонентами из файлов IDF, и **Create Board Outline Part (Создать плату)**, по которой создается только пустая плата без компонентов. Кнопка **Update (Обновить)** позволяет обновить существующую сборку, созданную ранее в папке с выбранными файлами IDF с именем, совпадающим с наименованиями файлов IDF.
- На закладке **Settings (Настройки)**, (рис. 2.11.5) необходимо указать, следует ли при создании моделей компонентов осуществлять поиск в библиотеке готовых моделей.

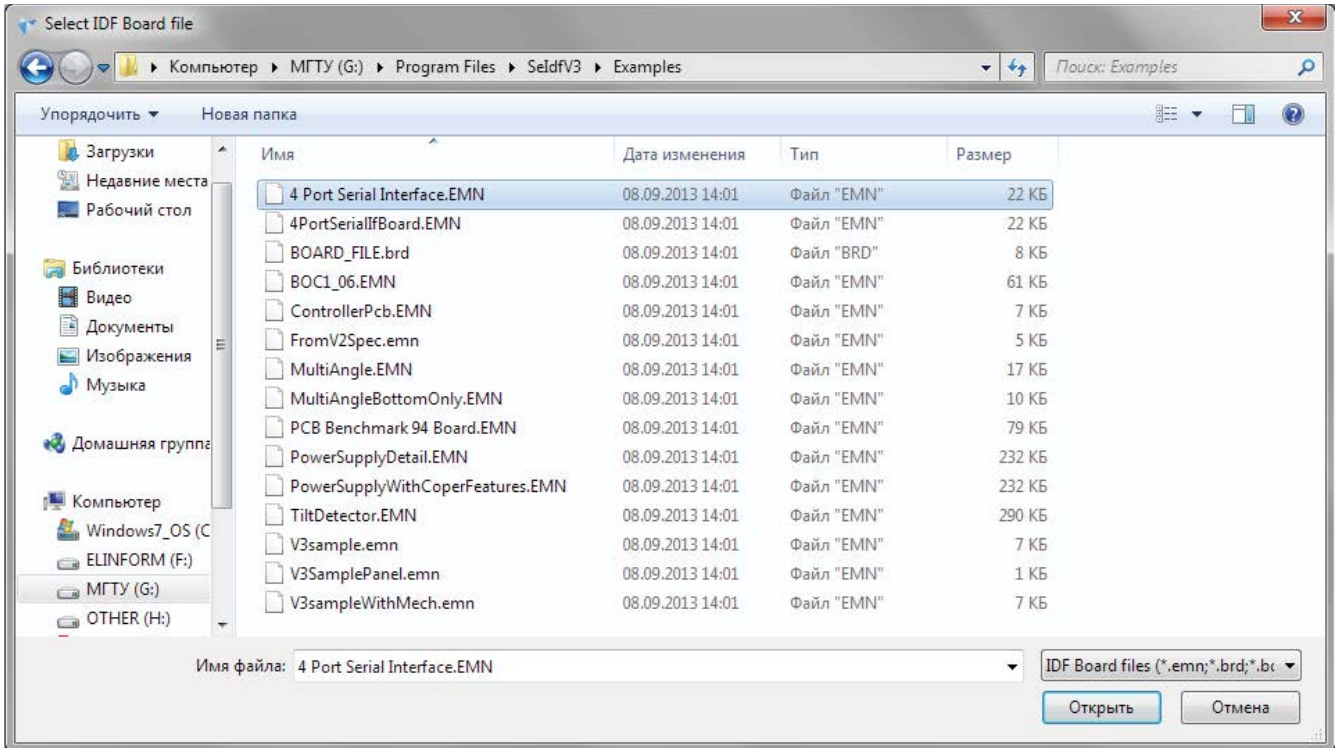


Рис. 2.11.3. Окно выбора файла платы для импорта

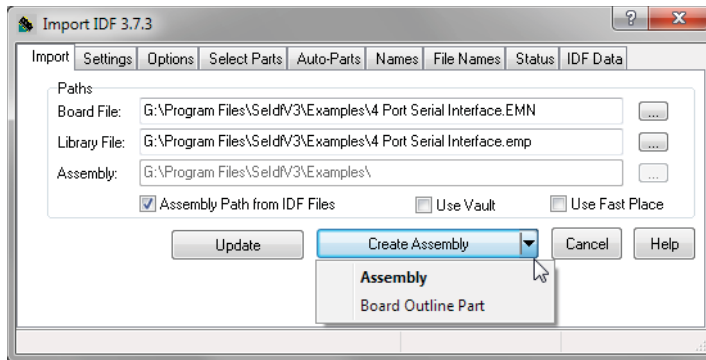


Рис. 2.11.4. Закладка Import (Импорт) окна импорта сборки в формате IDF

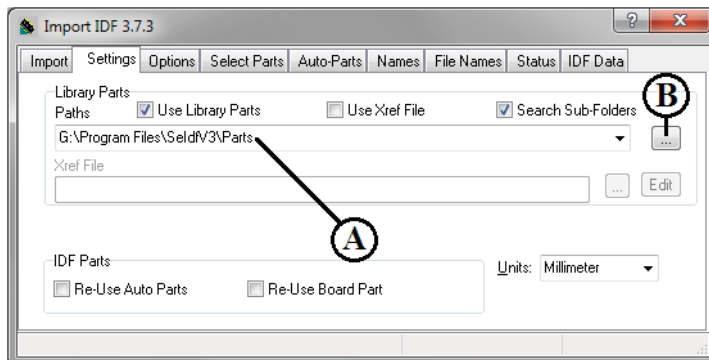


Рис. 2.11.5. Закладка Settings (Настройки) окна импорта сборки в формате IDF

Если отметить флажок **Use Library Parts (Использовать библиотечные компоненты)**, модуль будет осуществлять поиск в библиотеке компонентов, расположенной по задаваемому в поле (A) пути, и при совпадении наименования файла в библиотеке с наименованием компонента из файла платы библиотечная модель будет добавлена в сборку. Пример библиотеки поставляется вместе с модулем и располагается в подпапке **Parts** папки установки модуля. Кнопка (B) открывает отдельное окно **Part Search Path** (рис. 2.11.6), где можно добавлять/удалять отдельные пути расположения библиотек для случая, когда библиотека размещена в нескольких папках.

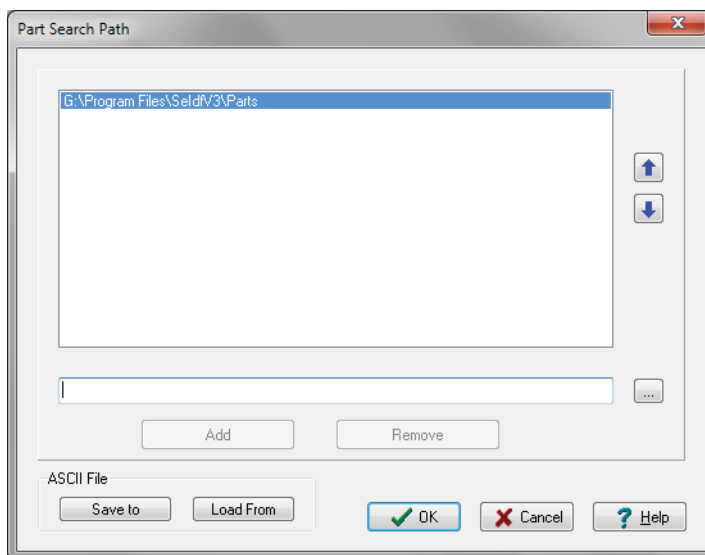


Рис. 2.11.6. Окно подключения библиотек моделей компонентов

Флажок **Search Sub-Directories (Поиск в подпапках)** позволяет задействовать поиск во всех подпапках указанных папок библиотек.

Флажки в группе **IDF parts (Компоненты по данным IDF)** управляют повторным созданием компонентов (**Re-use Auto Parts**) и платы (**Re-use Board Parts**). Если соответствующие флажки установлены, то при наличии файлов компонентов/платы в папках компонентов/сборки их повторное создание будет пропущено.

В списке **Units (Единицы измерения)** настраиваются единицы измерения, используемые в течение всего процесса преобразования.

- На закладке **Options (Опции, рис. 2.11.7)** настраивается включение в сборку отверстий, разрешенных/запрещенных зон и прочего.

Группа **Holes (Отверстия)** управляет выполнением отверстий в плате. Если данный тип отверстий присутствует в файле платы, то соответствующий флажок будет доступен. Отдельно указываются металлизированные (Plated) и неметаллизированные отверстия (Non-Plated). Обозначение Pin соответствует монтажным отверстиям, Via – переходным, MTG – крепежным, Tooling – технологическим. Отверстия будут выполнены в детали платы Solid Edge в виде вырезов.

Альтернативный вариант выбора – задействовать фильтр (**Hole Filter**), отобрав отверстия по глубине (\geq / \leq), либо, нажав кнопку **Filter Holes by Designator**, выбрать отверстия, связанные с конкретными компонентами согласно их схемным обозначениям (**Designators**).

Разделы **Keepouts (Запрещенные зоны)** и **Outlines (Разрешенные зоны)** позволяют включить в сборку данные зоны для трассировки (**Route**), установки компонентов (**Place**) и прочего в случае, если параметры этих элементов описаны в файлах IDF. Зоны будут выполнены в виде элементов выдавливания (выступов).

В разделе **Board (Плата)** в поле **Thickness** задается толщина создаваемой платы.

Флажок **Ignore Regional Decimal Point Settings**, будучи установленным, вызывает принудительное использование точки в качестве разделителя целой и дробной частей, вне зависимости от системных настроек.

Кнопка **Show Parts (Показать компоненты)** позволяет в отдельном одноименном окне (рис. 2.11.8) показать список компонентов, которые будут использованы в сборке, с указанием схемного обозначения (**Designator**), наименования (**Package Name**) из файлов IDF, а также наименования файла компонента и пути к нему (**Part Name**). Файлы могут браться из библиотек (при совпадении поля **Package Name** в файле IDF с наименованием файла в библиотеке) либо создаваться в папке с файлами IDF или другой папке в зависимости от настроек, выполненных на закладке

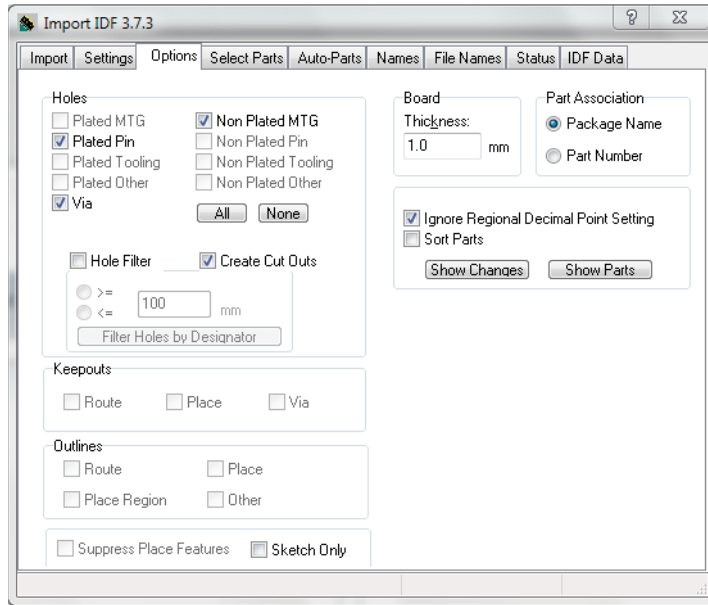


Рис. 2.11.7. Закладка Options (Опции) окна импорта сборки в формате IDF

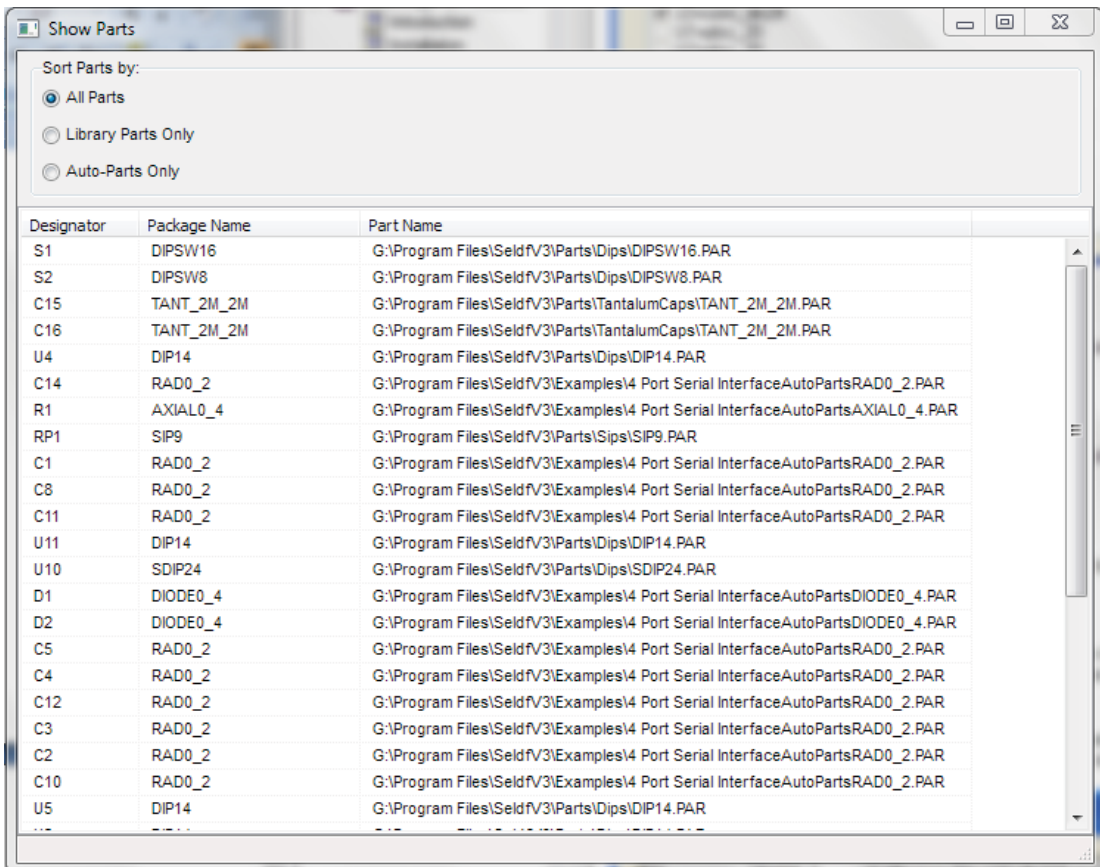


Рис. 2.11.8. Окно со списком компонентов, которые будут использованы в сборке

Import (Импорт). Можно фильтровать компоненты в списке с помощью переключателя в верхней части окна, показывая все компоненты (**All Parts**), только компоненты из библиотеки (**Library Parts Only**) либо только создаваемые компоненты (**Auto-Parts Only**).

- На закладке **Select Parts** (**Выбрать компоненты**, рис. 2.11.9) отбираются конкретные компоненты для включения в сборку.

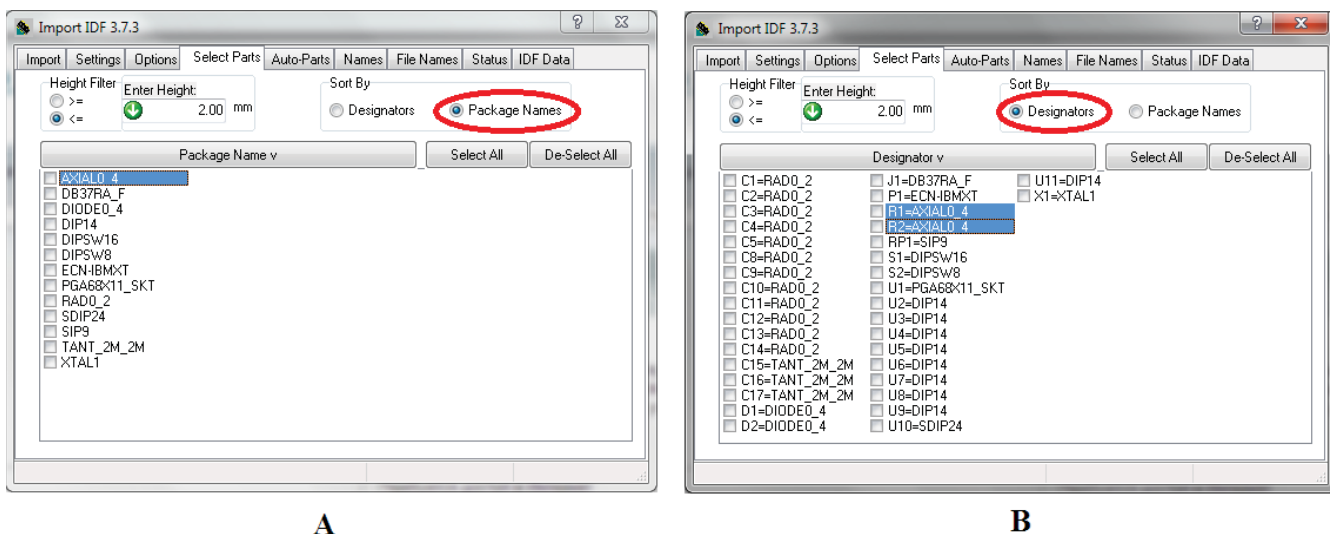


Рис. 2.11.9. Закладка **Select Parts** (**Выбрать компоненты**) окна импорта сборки в формате IDF

Если в списке компонентов отметить хотя бы один, то только отмеченные компоненты будут включены в сборку. Отбор можно производить по наименованиям компонентов в файлах IDF, установив переключатель **Sort By** (**Сортировать по...**) в положение **Package Names** (A), либо по схемным обозначениям (**Designators**, B). В последнем случае есть возможность включить в сборку только выбранные компоненты схемы с данным типоразмером корпуса. Фильтрация компонентов по высоте (\geq / \leq) осуществляется с помощью переключателя **Height Filter**.

- На закладке **Auto Parts** (**Автоматически создаваемые компоненты**, рис. 2.11.10) можно задать высоту (**Height**) и выбрать цвет (**Colours**) граней для автоматически создаваемых компонентов.

Если в файле библиотеки высота компонента = 0, то его высота будет принята в соответствии с параметром **Default Height** (**Высота по умолчанию**).

Цвета соответствуют первой букве схемного обозначения (например, грани всех компонентов, схемное обозначение которых начинается с R, будут красными). Если флажок **Show All Designator Prefixes** снят, то будут показаны только цвета, ассоциированные со схемными обозначениями компонентов в загруженных файлах IDF.

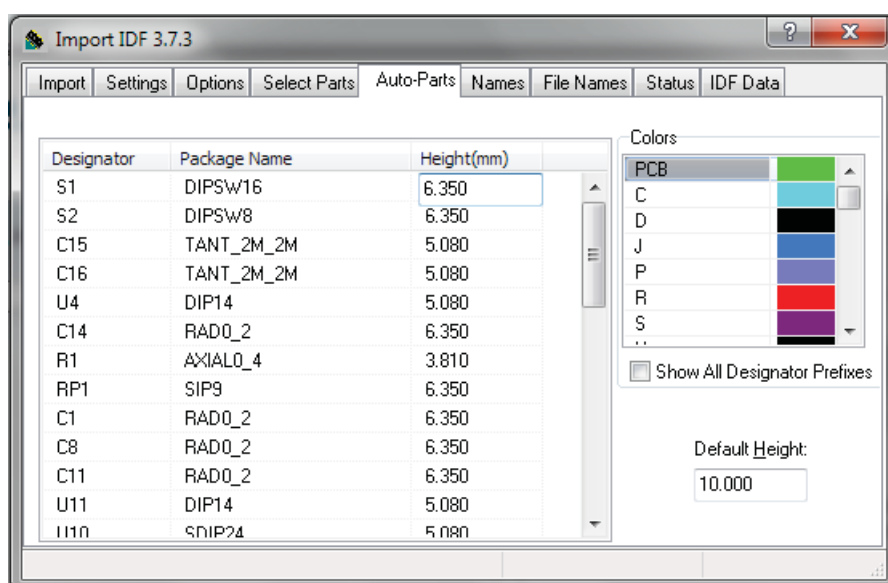


Рис. 2.11.10. Закладка **Auto Parts** (**Автоматически создаваемые компоненты**) окна импорта сборки в формате IDF

- На закладке **Names (Наименования)**, рис. 2.11.11) задаются имена всех создаваемых модулем элементов. Нажатие кнопки **Default** возвращает имена по умолчанию.

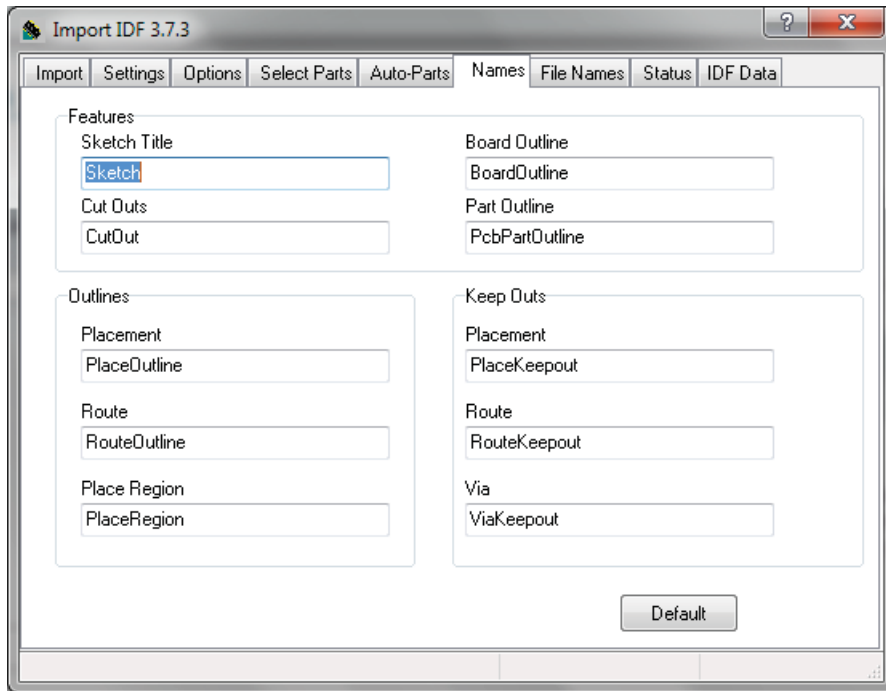


Рис. 2.11.11. Закладка **Names (Наименования)** окна импорта сборки в формате IDF

- На закладке **File Names (Имена файлов)**, рис. 2.11.12) задаются имена файлов создаваемых моделей – сборки (**Assembly**) и платы (**Board Outline**).
Здесь же задается папка для размещения автоматически создаваемых компонентов (**Auto Parts Folder**).
При установленном флажке **Create Project File on Import** модуль будет автоматически создавать файл настроек данного проекта в файле, путь к которому указан в поле ниже. Этот файл привязан к файлу платы, используемому в процессе импорта данных IDF. Пользуясь кнопкой (A), можно подгрузить уже имеющийся файл настроек.

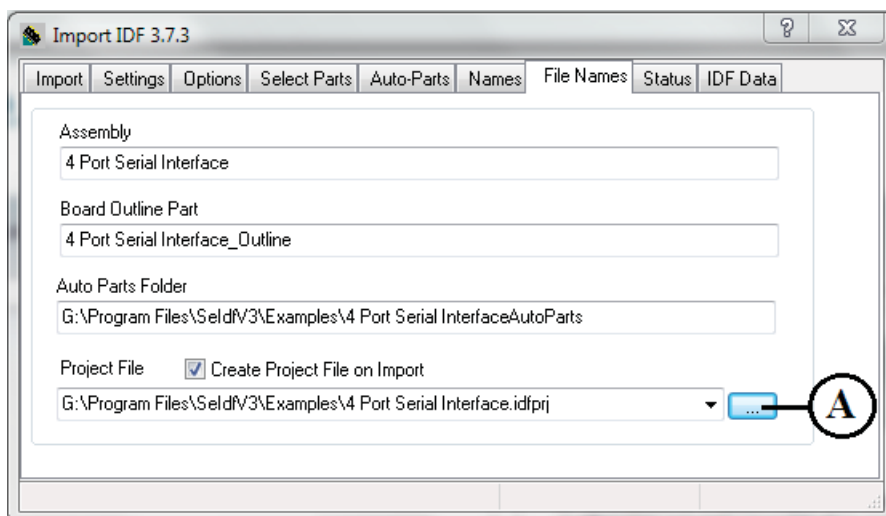
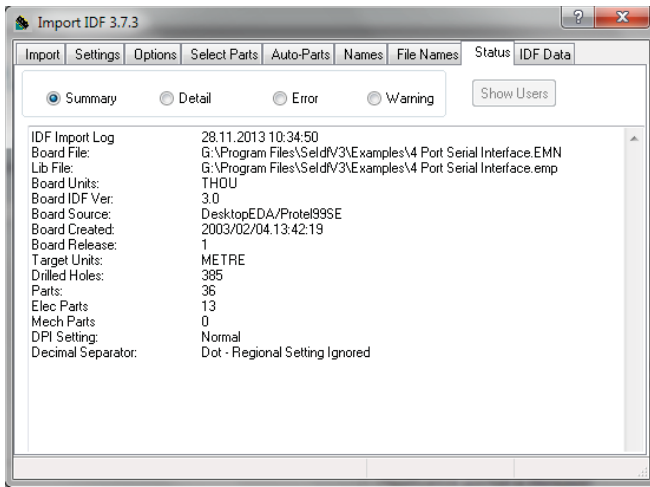
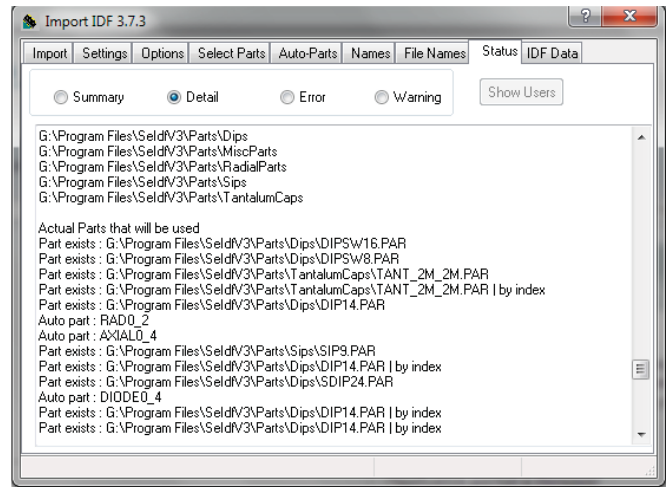


Рис. 2.11.12. Закладка **File Names (Имена файлов)** окна импорта сборки в формате IDF

- На закладке **Status (Состояние)**, рис. 2.11.13) приводится информация о процессе импорта.



A



B

Рис. 2.11.13. Закладка Status (Состояние) окна импорта сборки в формате IDF

С помощью переключателей **Summary** (A) и **Detail** (B) можно вывести, соответственно, краткую и подробную информацию по файлам IDF, в частности наименование ECAD-системы, в которой была создана плата (Board source), количество отверстий (**Drill Holes**) и компонентов (**Parts**). В конце списка **Detail** выводится перечень используемых компонентов (**Actual Parts that will be used**) с указанием, будет ли компонент создан автоматически (**Auto part**) либо взят из библиотеки (**Part exists**) с указанием пути.

С помощью переключателей **Errors** и **Warnings** отображаются соответственно ошибки и предупреждения, выявленные модулем в процессе импорта данных IDF и создания сборки.

- На закладке **IDF Data** (Данные IDF, рис. 2.11.14) можно просмотреть содержимое файлов платы и библиотеки в виде дерева.

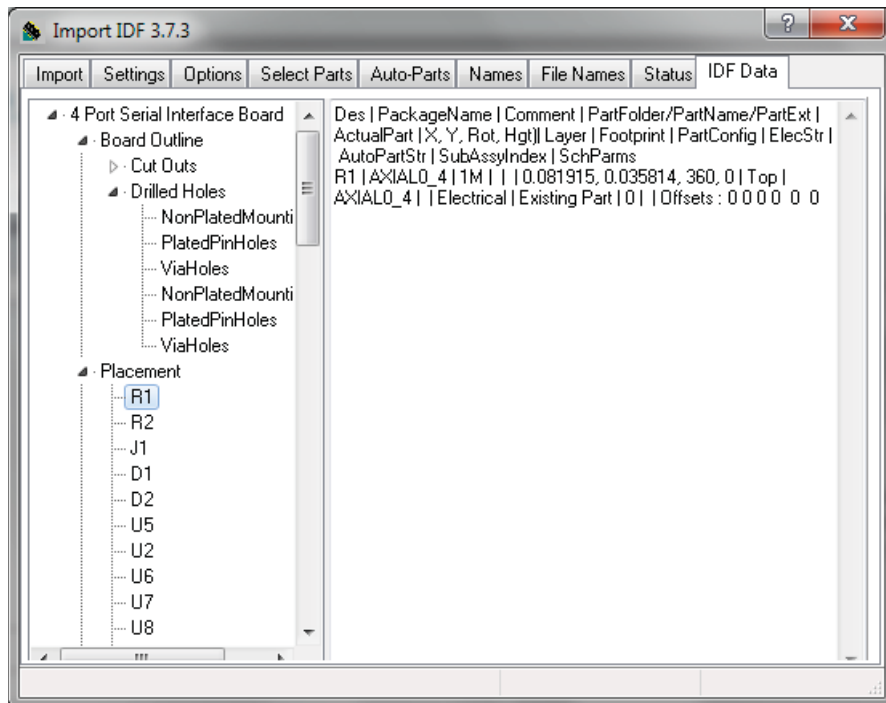


Рис. 2.11.14. Закладка IDF Data (Данные IDF) окна импорта сборки в формате IDF

Задав значения всех параметров импорта, можно запускать непосредственный процесс создания сборки, нажав кнопку **Create Assembly (Создать сборку)** на первой закладке **Import (Импорт)**. Пройдя несколько этапов создания, связанных с созданием модели платы, выполнением отверстий, созданием отдельных моделей компонентов и размещением их в сборке, процесс будет завершен с выдачей информационного сообщения **Import Completed Without Errors** (в случае отсутствия ошибок). Нажав **OK** в окне сообщения и закрыв окно настроек модуля, конструктор получает доступ к созданной сборке, внешний вид которой для рассматриваемого примера представлен на рис. 2.11.15.

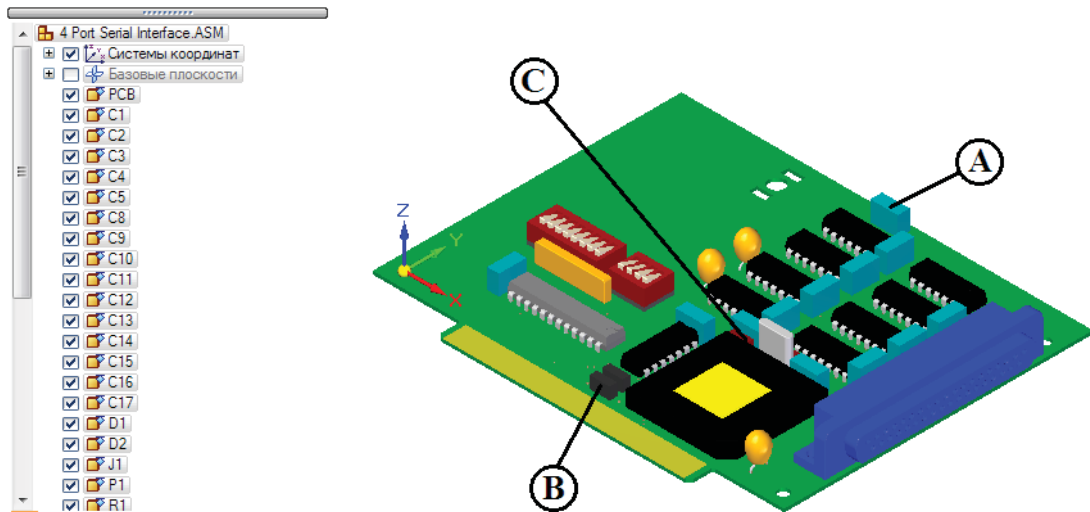


Рис. 2.11.15. Внешний вид импортированной модели сборки в графическом окне Solid Edge

Следует обратить внимание, что автоматически созданные компоненты (конденсаторы (A), диоды (B) и резисторы (C)), в отличие от взятых из библиотек, построены в виде параллелепипедов, для построения которых из данных IDF взяты контуры и выдавлены на заданную высоту. Компоненты на плате установлены с помощью связи **Зафиксировать**. Плата и компоненты – элементы сборки созданы в виде обычных деталей.

В плате (деталь PCB), отображенной на рис. 2.11.16 и 2.11.17, с помощью соответствующих вырезов выполнен набор металлизированных монтажных (**Plated Pin Holes, A**) и переходных (**Via Holes, B**) отверстий, а также неметаллизированных крепежных отверстий (**Non Plated Mounting Holes, C**). Само тело платы построено с помощью элемента выдавливания **Board Outline** по контуру (D), заданному в файле платы.

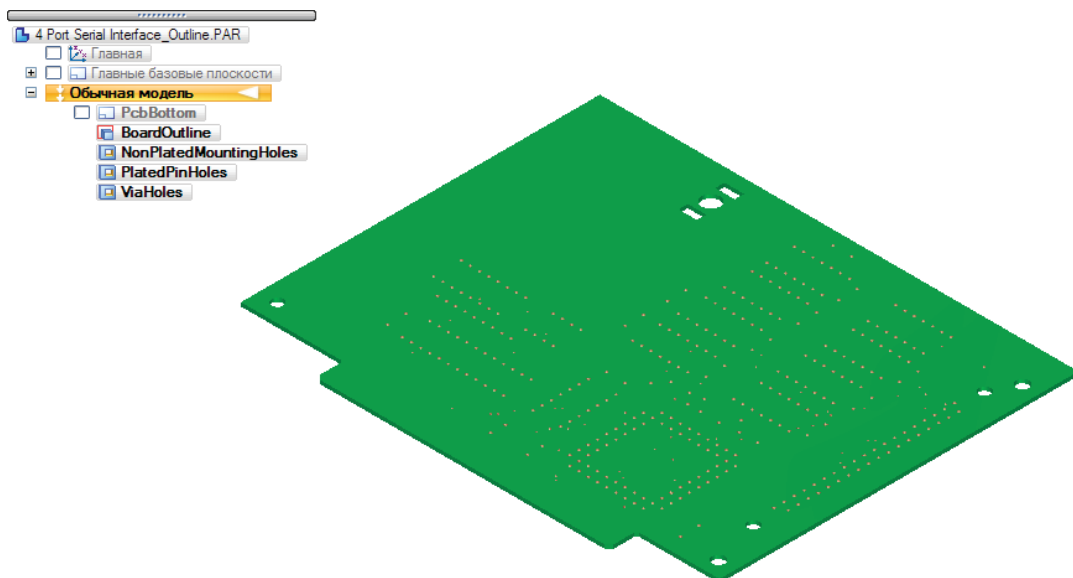


Рис. 2.11.16. Импортированная деталь Печатная плата (общий вид)

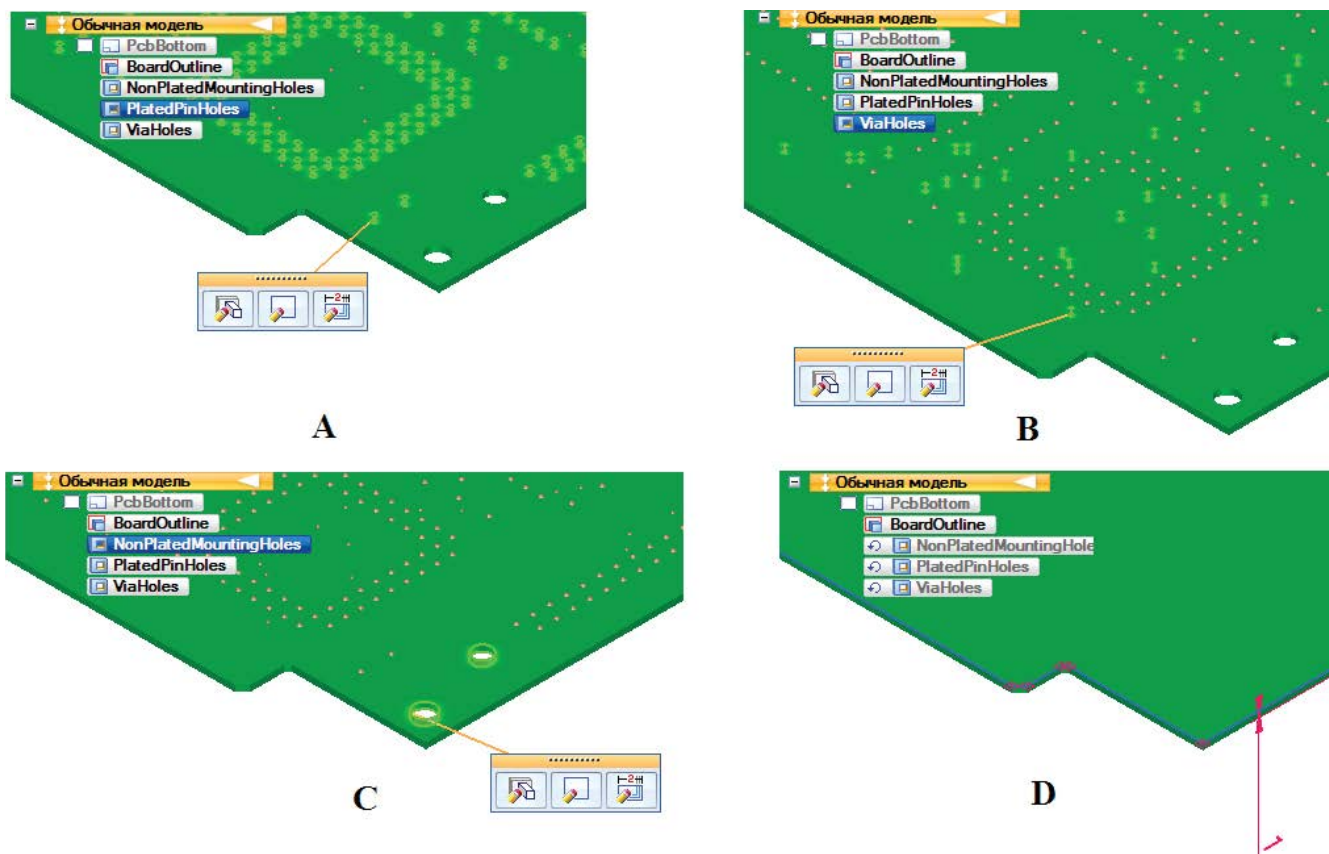


Рис. 2.11.17. Импортированная деталь Печатная плата (укрупненный вид отверстий различного типа и контура платы)

Экспорт сборки на печатной плате из Solid Edge

После изменения конструкции сборки в Solid Edge она может быть экспортирована обратно в ECAD-систему для отражения внесенных изменений. Задачу экспорта выполняет команда **IDF Export** из группы команд модуля Solid Edge IDF Modeler.

В открывшемся окне (рис. 2.11.18), в заголовке которого выводится имя экспортируемой сборки, необходимо задать:

- путь и имя файла платы для сохранения (в поле **Save Path**);
- наименование платы, которое будет указано в разделе заголовка файла платы (в поле **Board Name**);

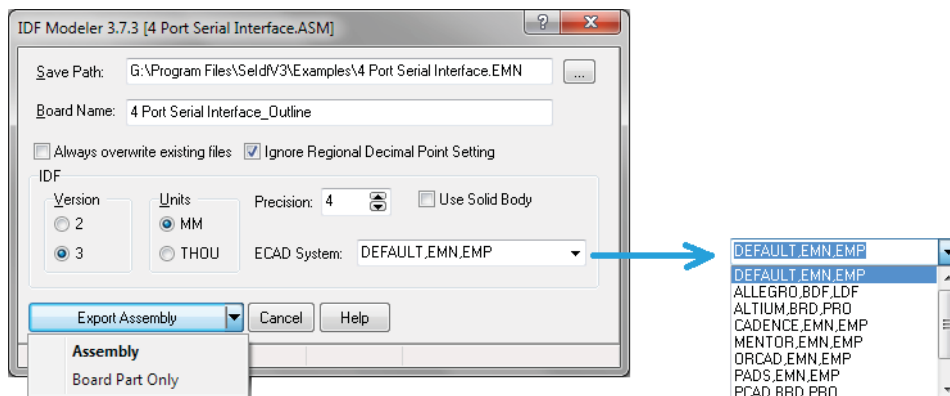


Рис. 2.11.18. Окно параметров экспорта сборки в формате IDF

- версию формата IDF (2.0/3.0) – **IDF, Version**;
- единицы измерения – **IDF, Units**;
- точность представления данных в файлах (число знаков после запятой) – **IDF, Precision**;
- ECAD-систему, в которую будет выполнен экспорт (в раскрывающемся списке ECAD System) – этим будут определяться расширения файлов платы и библиотеки.

Аналогично процедуре импорта, можно экспортировать сборку целиком (раскрывающаяся кнопка **Assembly**) либо только плату (**Board Part Only**).

В результате экспорта в указанной папке будут сформированы файлы платы и библиотеки, которые затем можно импортировать в ECAD-систему.

Создание детали – печатной платы в Solid Edge

Зачастую конструктору механической части изделия на начальном этапе проектирования бывает необходимо создать деталь – печатную плату в Solid Edge и наделить ее атрибутами формата IDF для последующего экспорта в ECAD-систему. Для этого следует выполнить приведенные ниже действия. Приводимый пример относится к модулю Solid Edge IDF Modeler, однако подобные действия в целом относятся и к другим подобным приложениям. Важно отметить, что во избежание ошибок работы Solid Edge все процедуры создания элементов платы должны производиться в среде обычной детали. Порядок действий следующий.

1. Построить будущее тело печатной платы с помощью команды **Выдавливание** по профилю, повторяющему контур платы без внутренних вырезов, указав необходимую толщину (рис. 2.11.19).

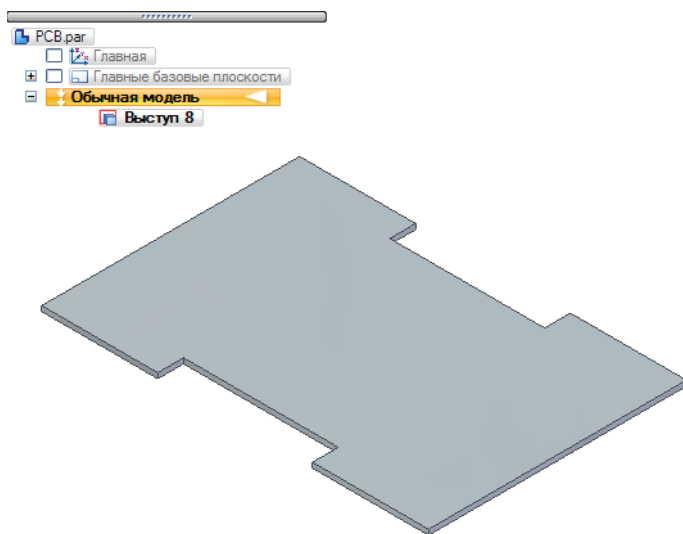



Рис. 2.11.19. Построенный выступ – будущее тело печатной платы без внутренних вырезов

2. С помощью команды **Assign PCB Outline (Задать плату)**  из группы команд модуля Solid Edge IDF Modeler в появившемся окне (рис. 2.11.20) сопоставить элементу – плате (**Board Outline**) созданный в п. 1 геометрический элемент – выступ, выбрав его из списка (если таких элементов в модели несколько), нажать кнопку **OK**.

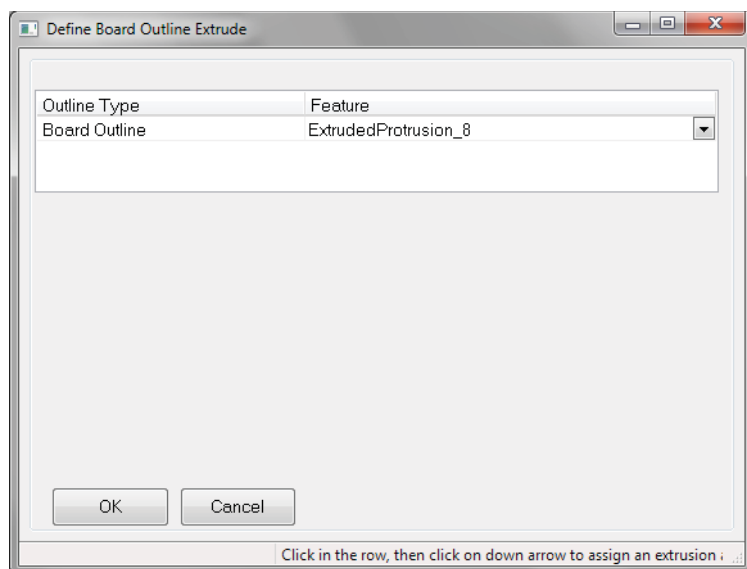


Рис. 2.11.20. Окно сопоставления выступа элементу – печатной плате

Наименование выступа изменится на BoardOutline, а цвет – на зеленый (по умолчанию). Одновременно построится плоскость с именем PcbBottom, совпадающая с нижней поверхностью платы (рис. 2.11.21). Соответствующие атрибуты IDF будут назначены плате.

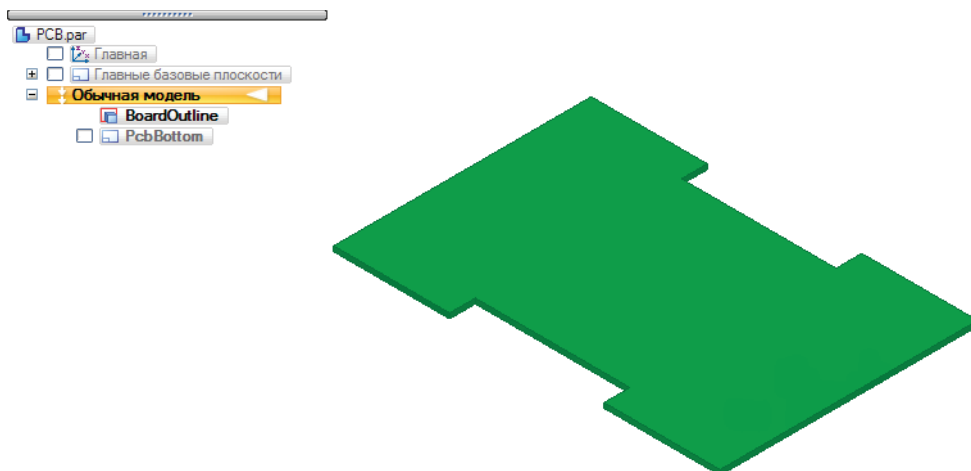


Рис. 2.11.21. Результаты задания платы

3. При необходимости выполнить вырезы в плате с помощью инструмента **Вырез** (рис. 2.11.22).
4. Выполнить крепежные отверстия в плате с помощью инструмента **Вырез** (рис. 2.11.22).

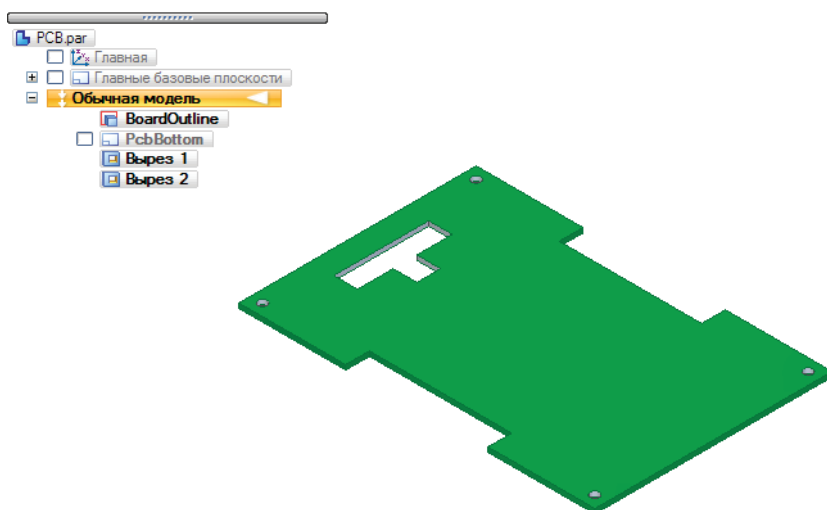




Рис. 2.11.22. Плата с выполненным внутренним вырезом и крепежными отверстиями

Чтобы корректно задать в файле IDF информацию по высверливанию отверстий и вырезам в плате, эскизы вырезов должны располагаться в одной плоскости с контуром платы, так как в файле IDF отверстия и вырезы привязываются к верхней плоскости платы (**Top Plane**). Все контуры крепежных отверстий в плате должны помещаться в один геометрический элемент – вырез.

5. Назначить атрибуты формата IDF для вырезов в плате с помощью команды **Assign Cut-Out Features (Задать элементы-вырезы)** , установив в появившемся окне (рис. 2.11.23) флажки рядом с наименованиями элементов, которые должны рассматриваться в качестве вырезов в плате, после чего нажать кнопку **ОК**. Наименования вырезов изменятся на CutOut_x, где x = 0, 1... – порядковый номер выреза.
6. Назначить атрибуты формата IDF для крепежных отверстий в плате с помощью команды **Assign Hole Features (Задать элементы-отверстия)** , выбрав в появившемся окне (рис. 2.11.24) в раскрывающемся списке напротив обозначения **Non-Plated Mounting Holes (Неметаллизированные крепежные отверстия)** тот вырез, который содержит крепежные отверстия в плате, после чего нажать кнопку **ОК**. Наименование выреза изменится на NonPlatedMountingHoles.

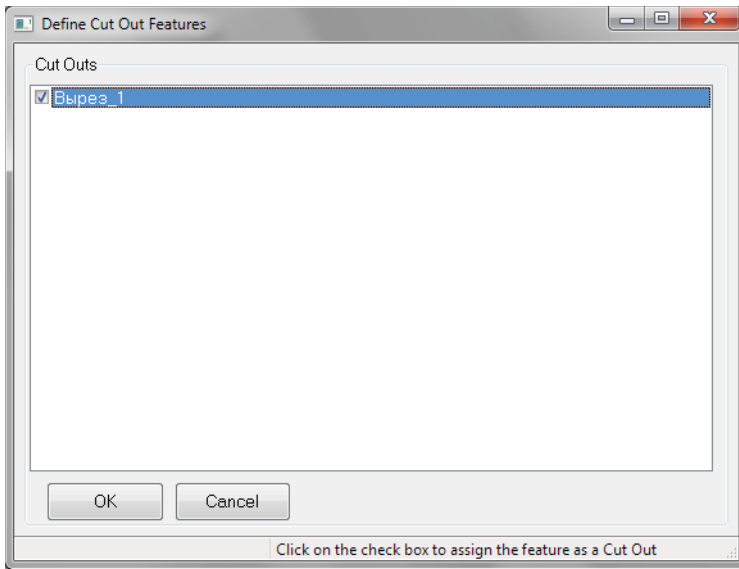


Рис. 2.11.23. Окно назначения атрибутов IDF вырезам

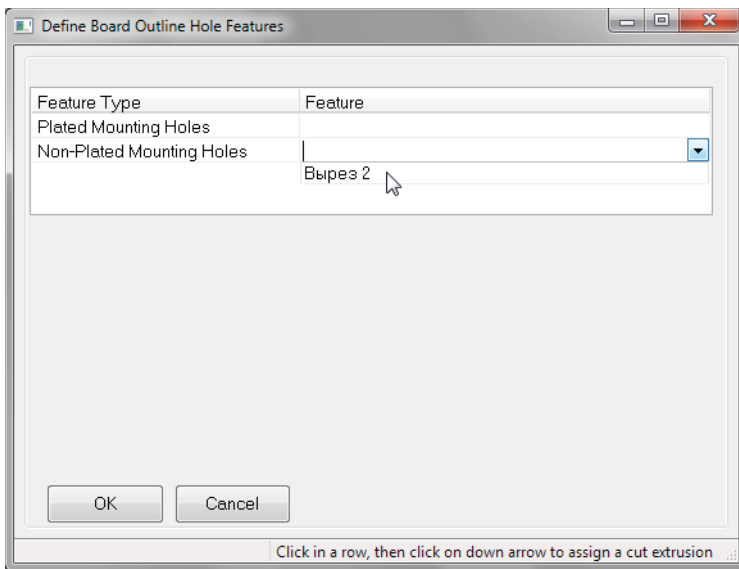
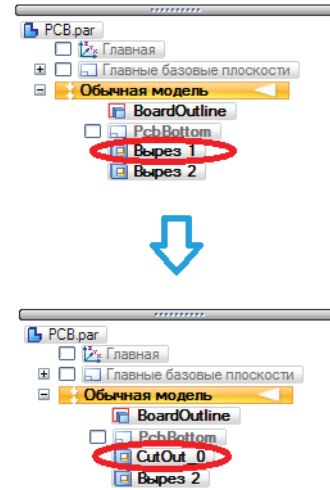
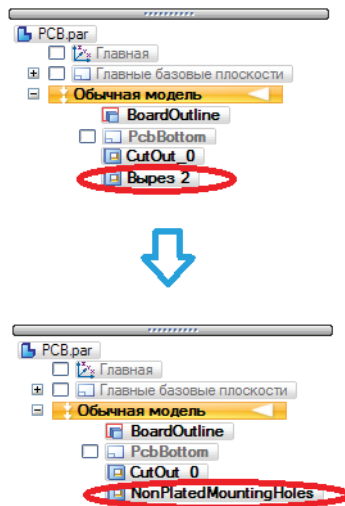


Рис. 2.11.24. Окно назначения атрибутов IDF крепежным отверстиям



Аналогично, при необходимости, можно выполнить и назначить атрибуты монтажных металлизированных отверстий, выбрав в появившемся окне нужный вырез напротив обозначения **Plated Mounting Holes (Металлизированные монтажные отверстия)**.

7. Построить на плате запрещенные зоны для установки компонентов в виде выступов (рис. 2.11.25). Чтобы не скрывать геометрию платы, в стиле граней данных выступов можно настроить прозрачность и шаблон отображения ребер.
8. Назначить атрибуты формата IDF запрещенных зон для установки компонентов на плату с помощью команды **Assign Outline/Keepout Features (Задать разрешенные/запрещенные зоны)**, выбрав в появившемся окне (рис. 2.11.26) в раскрывающемся списке напротив наименований необходимых выступов **PlaceKeepout (Запрещенная зона для установки компонентов)**, после чего нажать кнопку **ОК**. Наименования выступов изменятся на **PlaceKeepout_x_Top**, где $x = 0, 1 \dots$ – порядковый номер выступа.

Аналогично выполняются разрешенные (Outline) и/или запрещенные (Keepout) зоны для таких элементов, как проводящий рисунок (Route), переходные отверстия (Via), прочие элементы (Other) на верхней (Top) и нижней (Bottom) сторонах платы.

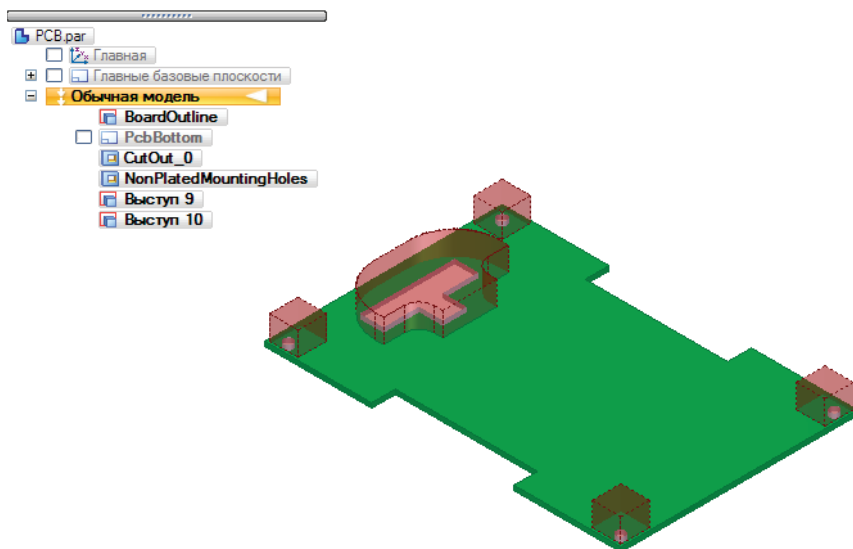


Рис. 2.11.25. Плата с построенными запрещенными зонами для установки компонентов

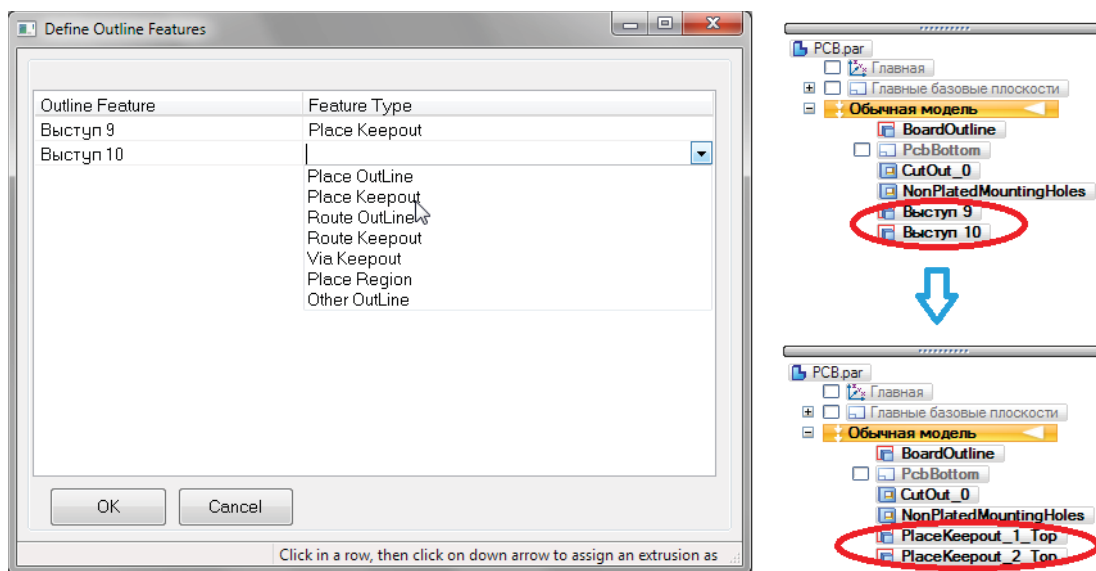


Рис. 2.11.26. Окно назначения атрибутов IDF запрещенным зонам для установки компонентов

Чтобы проверить назначение детали атрибутов формата IDF, можно воспользоваться командой **Show Part Features (Показать элементы детали)**, которая выведет в окне (рис. 2.11.27) список всех элементов детали, которым назначены эти атрибуты.

Удалить неправильно назначенные атрибуты можно с помощью команды **Clear Selected Features (Удалить атрибуты выбранных элементов)**, выбрав предварительно необходимые элементы в графическом окне или навигаторе модели детали, а также команды **Clear All Features (Удалить атрибуты всех элементов)**.

Типовая последовательность работы конструкторов при совместной разработке MCAD/ECAD-частей изделия

Ниже будет рассмотрен типовой порядок действий, обеспечивающих совместную работу конструкторов над электронной и механической частями изделия, на примере подборки изделия – интерфейсного модуля, служащего для обмена информацией между вычислительным модулем бортовой спутниковой системы и внешними устройствами.

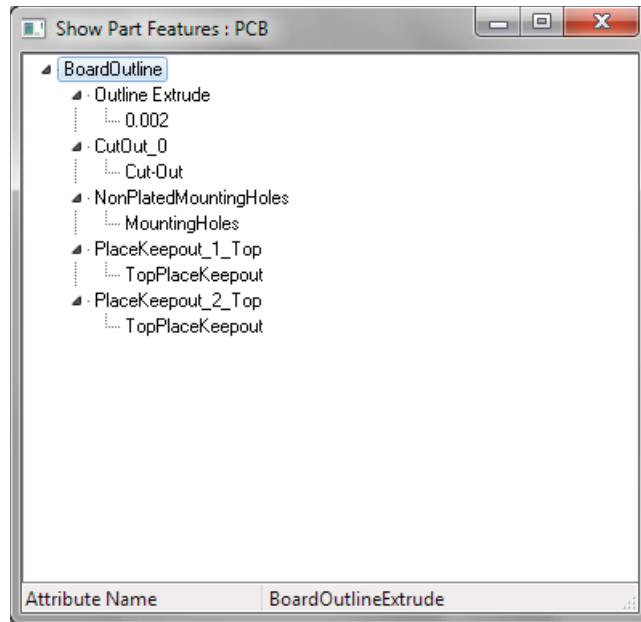


Рис. 2.11.27. Окно показа элементов с назначенными атрибутами IDF

1. Конструктор механической части изделия (далее – MCAD-конструктор) создает печатную плату средствами Solid Edge как составную часть электронно-механического изделия, руководствуясь требованиями ТЗ на проектирование, заложенными в PLM-систему (например, Teamcenter). В рамках этой работы, в частности, выполняется создание:
 - контура платы, включая вырезы и крепежные отверстия;
 - тела платы необходимой толщины;
 - разрешенных/запрещенных зон для размещения компонентов, трассировки проводящего рисунка и прочего на обеих сторонах платы.

Данная процедура с применением модуля Solid Edge IDF Modeler описана выше в п. «Создание детали – печатной платы в Solid Edge». Пример подготовленной платы представлен на рис. 2.11.28.

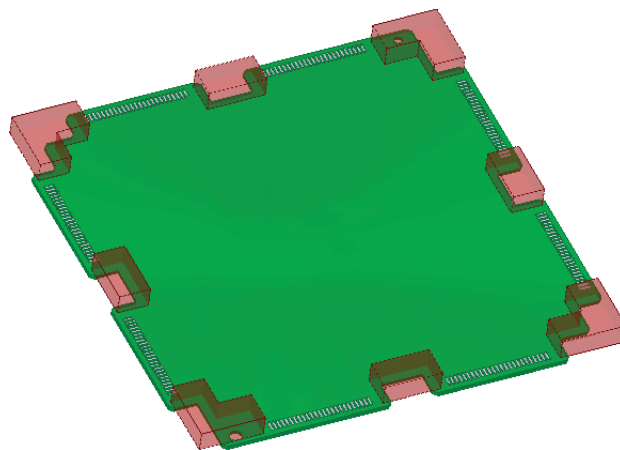


Рис. 2.11.28. Созданная в Solid Edge модель детали – печатной платы с назначенными атрибутами IDF

2. Выполняется экспорт детали – печатной платы в формат IDF с помощью утилиты IDF Modeller или подобной с последующим импортом в ECAD-систему (например, Altium Designer). Процедура экспорта описана выше в п. «Экспорт сборки на печатной плате из Solid Edge».

3. Конструктор электронной части изделия (далее – ECAD-конструктор) разрабатывает модуль на печатной плате на основе ТЗ на конструирование модуля, полученных от MCAD-конструктора данных в формате IDF и прочих материалов. Выполняется электрическая схема, создаются компоненты, проводятся компоновка слоев платы, послойная трассировка рисунка проводников, контактных площадок, монтажных, переходных и технологических отверстий, размещаются компоненты, создаются слои финишного покрытия, защитной маски, маркировки и прочего. Пример созданной топологии платы приведен на рис. 2.11.29.

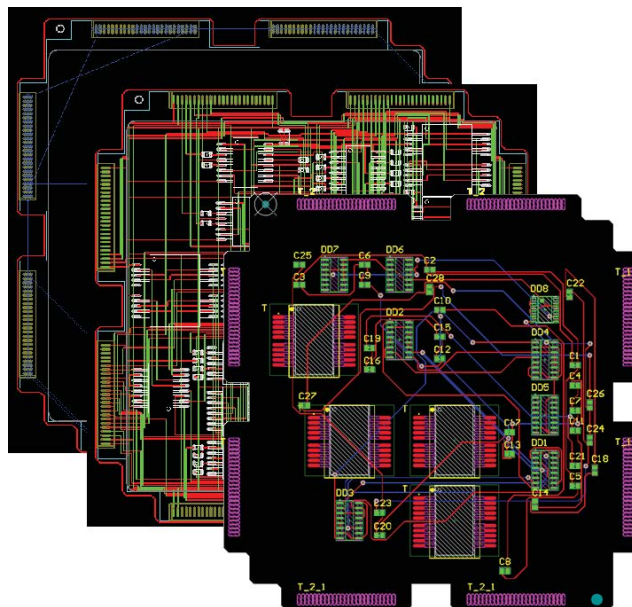


Рис. 2.11.29. Пример созданной топологии платы

4. При необходимости доработки модель сборки (возможно, с уже размещенными компонентами) снова экспортируется в формат IDF и затем импортируется в MCAD-систему (пример см. на рис. 2.11.30).

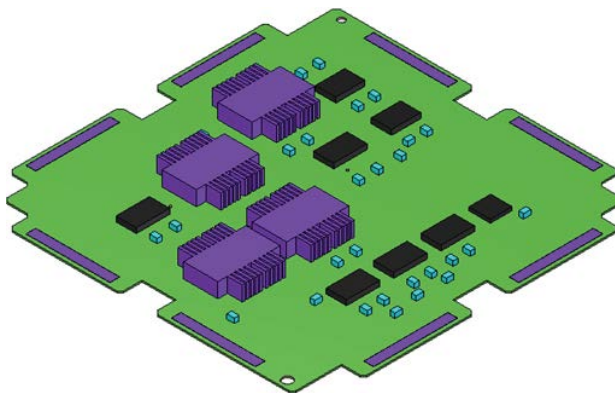


Рис. 2.11.30. Пример импортированной в Solid Edge сборки на печатной плате с автоматически созданными компонентами

5. MCAD-конструктор помещает сборку в качестве подсборки в общую модель сборки изделия и проводит необходимые доработки подсборки (например, изменяя конструкцию платы, расположение крепежных отверстий и/или компонентов и прочее). На этом этапе возможно (при необходимости) создание более точных и детальных 3D-моделей компонентов, если они отсутствуют в библиотеке.
6. MCAD-конструктор проводит компоновочные расчеты сборки изделия, выполняет анализ собираемости, определяет зазоры между деталями подсборки на плате и другими элементами изделия, вычисляет массогабаритные характеристики. На этом этапе возможны дополнительные доработки как подсборки на плате, так и изделия в целом.

7. В результате после нескольких возможных итераций обмена данными в формате IDF MCAD-конструктор получает готовую модель под сборки на печатной плате для дальнейшего использования в составе модели изделия, выпуска конструкторской документации и проведения инженерного анализа.

Пример собранного интерфейсного модуля, а также его компонентов и устройства из двух соединенных модулей с выполненным 3D-разрезом представлена на рис. 2.11.31.

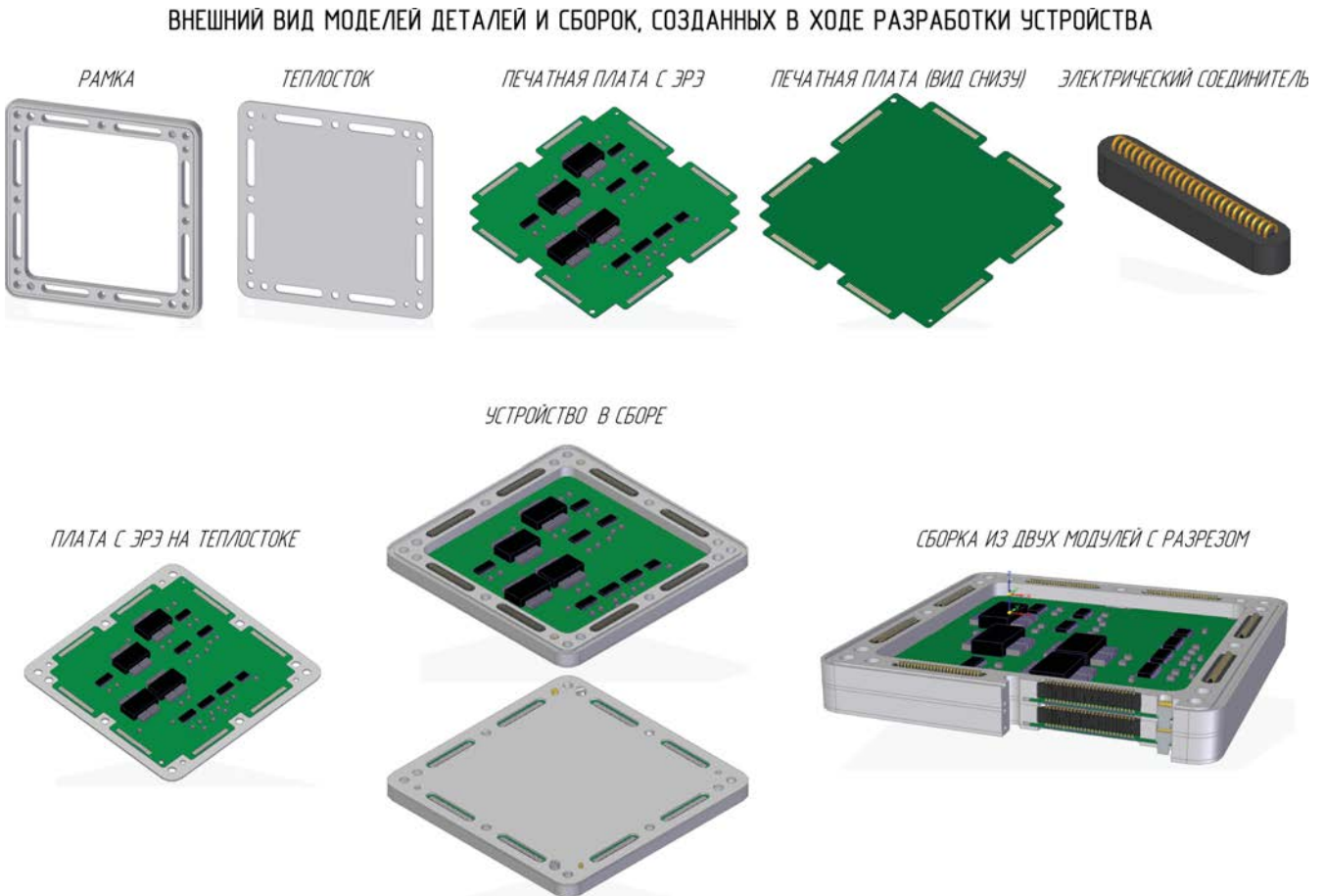


Рис. 2.11.31. Готовый интерфейсный модуль и его компоненты

Общий алгоритм взаимодействия ECAD- и MCAD-конструкторов представлен на рис. 2.11.32, а процесс совместной работы над проектированием модуля в рамках САПР Solid Edge и Altium Designer – на рис. 2.11.33.

Источники:

1. Intermediate Data Format. Mechanical Data Exchange Specification for the Design and Analysis of Printed Wiring Assemblies. Version 2.0. Revision 3 (Final), January 5, 1993.
2. Intermediate Data Format. Mechanical Data Exchange Specification for the Design and Analysis of Printed Wiring Assemblies. Version 3.0. Revision 1, October 31, 1996.
3. Intermediate Data Format (IDF) Version 4.0. Data Exchange Specification for the Mechanical Design, Electrical Layout, and Physical Analysis of Printed Circuit Assemblies. Revision A (Pre-implementation Draft) July 17, 1998.
4. Dave Kehmeier, Intermedius Design Integration, LLC. An Overview of IDF 4.0.
5. Материалы сайта компании DesktopEDA: <http://www.desktop-eda.com.au/>.
6. DesktopEDA. Руководства по работе с модулем Solid Edge IDF Modeler.

Алгоритм совместной работы разработчиков и конструкторов электронной и механической частей устройства в ECAD Altium Designer и MCAD Solid Edge

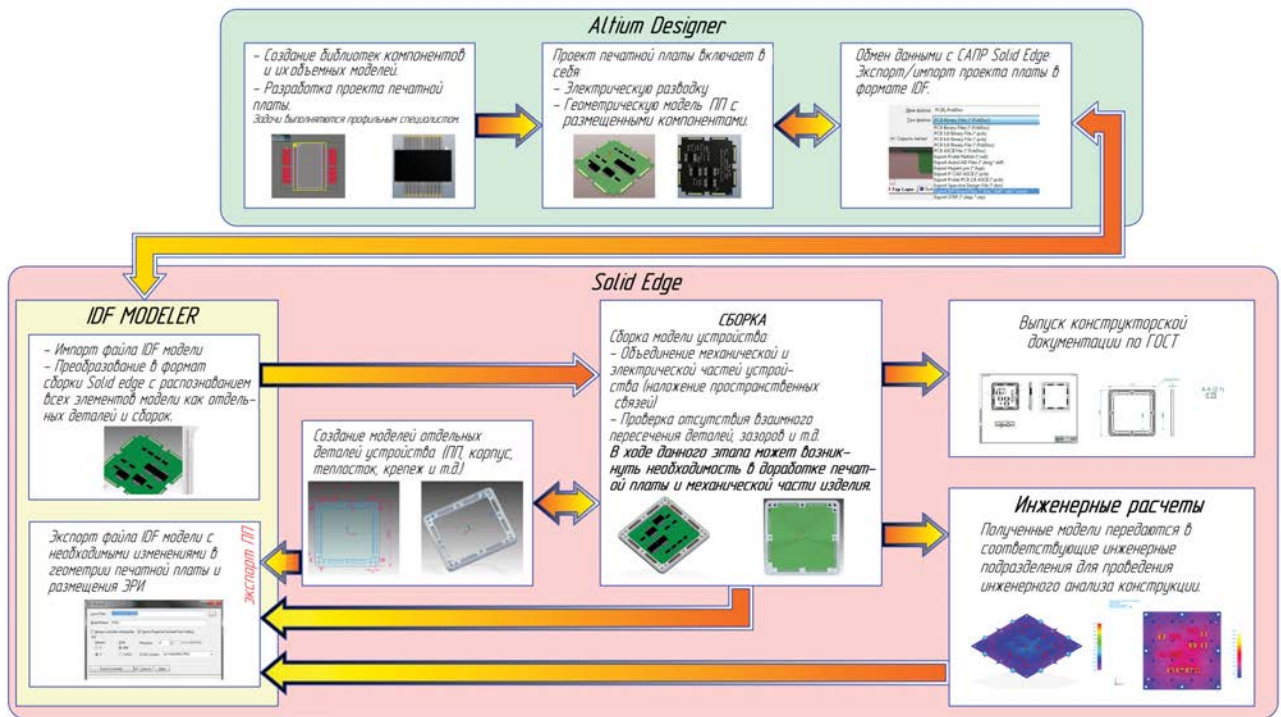


Рис. 2.11.32. Алгоритм совместной работы конструкторов электронной и механической частей устройства в ECAD Altium Designer и MCAD Solid Edge

ПРОЦЕСС СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ В САПР ALTIUM DESIGNER И САПР SOLID EDGE НА ПРИМЕРЕ УСТРОЙСТВА "МОДУЛЬ ИНТЕРФЕЙСНЫЙ"

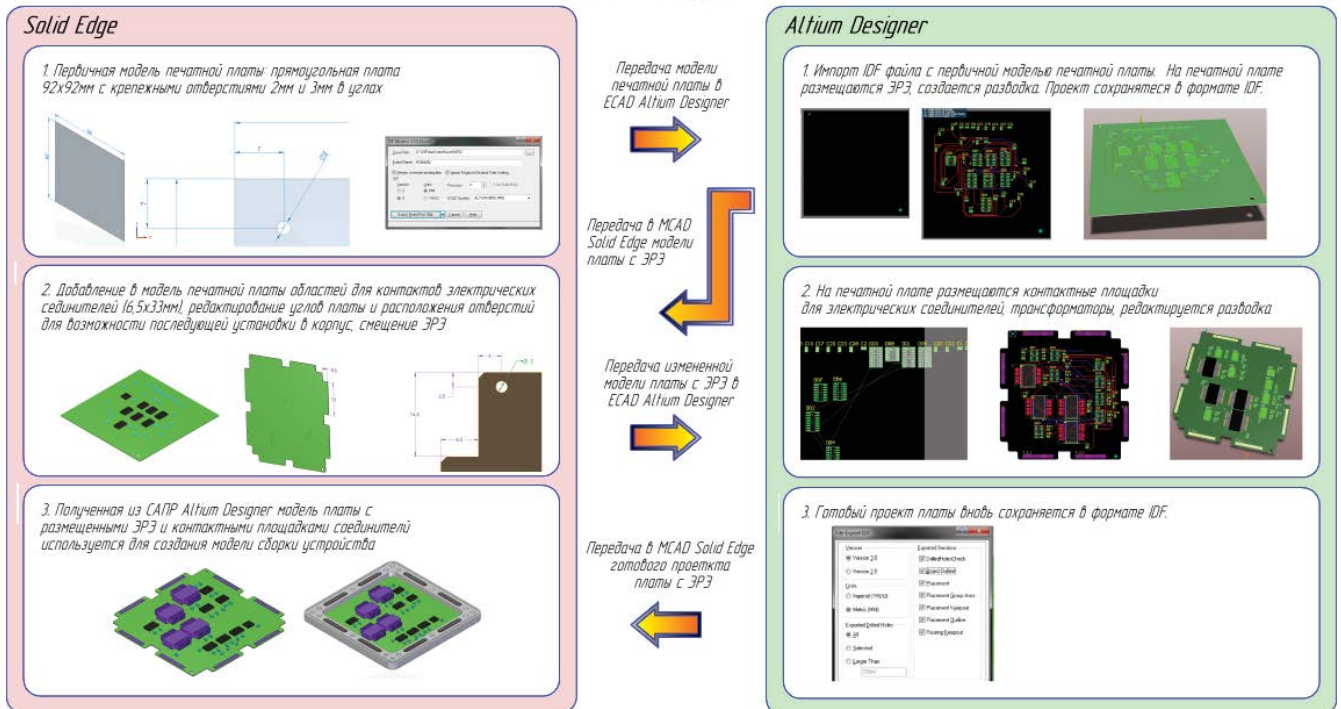


Рис. 2.11.33. Процесс совместной работы в ECAD Altium Designer и MCAD Solid Edge на примере устройства Модуль интерфейсный

2.12. Создание проводных, кабельных и жгутовых соединений

Работа в специализированной среде «Электропроводка». Автоматический и ручной режимы создания электропроводки. Файлы компонентов и соединений. Создание трасс, проводов, кабелей и жгутов. Редактирование и настройка показа электропроводки. Связь с ECAD-системами и электротехническими САПР, экспорт и импорт данных электропроводки. Работа с монтажным столом. Создание видов разъемов, таблиц контактов и проводников. Отчеты об электропроводке

Среда «Электропроводка»

Специализированная среда Solid Edge «Электропроводка» предназначена для создания электрической проводки – проводов, кабелей и жгутов, соединяющих компоненты сборки между собой. Чтобы начать работу с проводкой, необходимо перейти в данную среду с помощью команды **Электропроводка**, располагающейся в группе **Среды** на вкладке **Сервис** (рис. 2.12.1).

При переходе в среду **Электропроводка** вид вкладки **Главная** меняется на представленный на рис. 2.12.2. Выход из среды осуществляется при помощи команды **Закрыть среду "Электропроводка"** в группе **Закреть**.

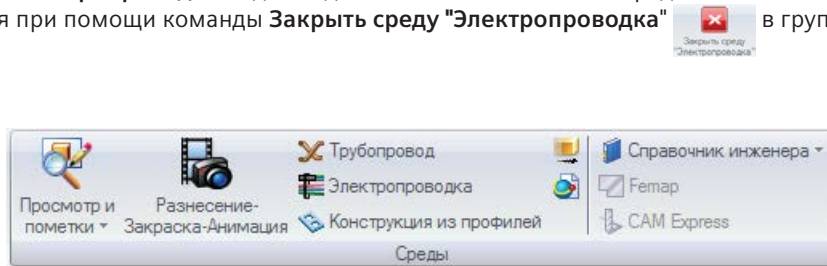


Рис. 2.12.1. Команды группы Среды на вкладке Сервис

Среда **Электропроводка** работает только с круглыми проводниками и не поддерживает работу с плоскими кабелями. Количество круглых проводников не ограничено.

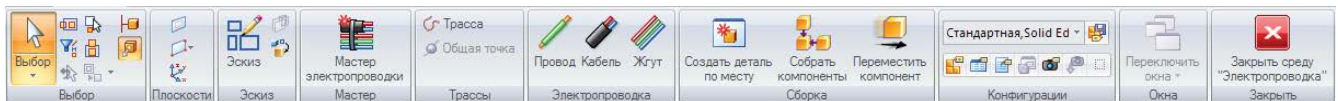



Рис. 2.12.2. Группы команд на вкладке Главная в среде Электропроводка

Процедура создания проекта электропроводки предусматривает два режима: ручной и автоматический, которые отличаются способом назначения параметров проводки – в первом случае они назначаются вручную, а во втором данные о компонентах и соединениях извлекаются из соответствующих файлов. Ниже будут рассмотрены оба режима создания проводки.

Последовательность действий в общем случае следующая:

- 1) в автоматическом режиме: создать списки компонентов и соединений [вручную или в САПР электрических/электронных изделий (далее – ECAD)], импортировать их в Solid Edge, автоматически назначив компоненты и соединения и получив в результате электропроводку из проводов; в ручном режиме – создать необходимые провода вручную с указанием трассы, терминалов и параметров провода;
- 2) объединить провода в кабели и/или жгуты (при необходимости);
- 3) создать отчеты;
- 4) создать трехмерное представление электропроводки.

Независимо от используемого режима необходимо сначала вручную назначить компоненты, которые будут задействованы в проекте электропроводки, а также назначить для них терминалы.

Для этого следует в среде детали (как правило, эта деталь представляет собой разъем, контактную колодку, группу контактных штырей, клемм и т. д.) выполнить команду **Назначить терминалы**  Назначить терминалы из группы **Помощники** на

вкладке **Сервис** и далее выполнить следующие действия (рис. 2.12.3):

- 1) в появившемся окне **Назначить терминалы** ввести имя компонента, к которому в дальнейшем будут привязываться создаваемые проводные соединения (в рассматриваемом примере – **Гнездо питания**);
- 2) нажать кнопку **Создать** и задать имя первого терминала (Pos), после чего щелкнуть ЛКМ в поле **Статус** (изначально – **Не задано**) и нажать кнопку **Задать**;
- 3) выбрать круговое ребро контакта для назначения терминала и щелкнуть ЛКМ;
- 4) к центральной точке кругового ребра подсоединится выносная линия с обозначением имени терминала; статус терминала изменится на **Задан**;
- 5) назначить остальные терминалы аналогичным способом, повторив пп. 2 и 3, приведен результат для рассматриваемого примера.

Автоматический режим

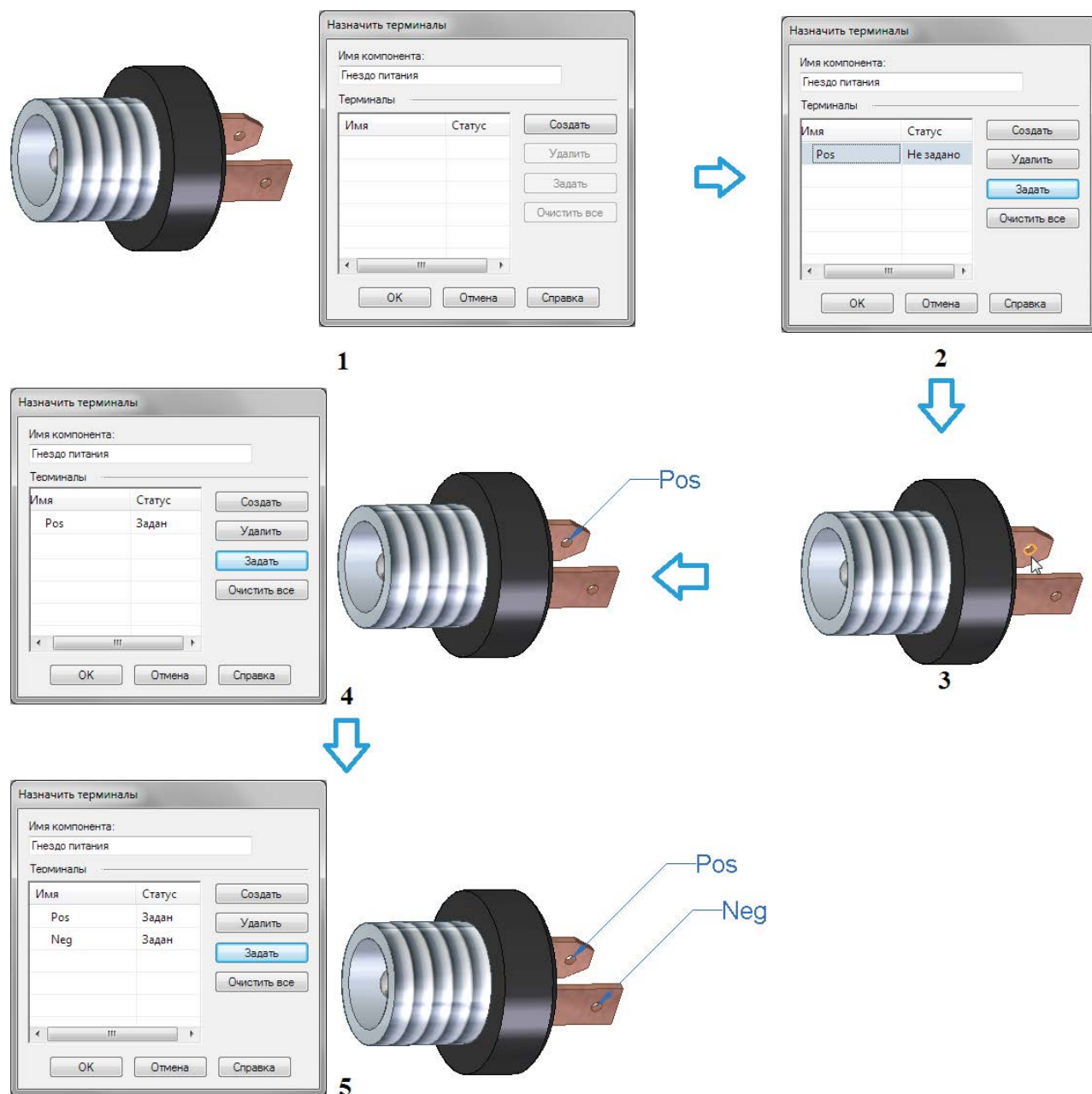



Рис. 2.12.3. Назначение компонента и его терминалов

Автоматический режим создания электропроводки реализуется с помощью мастера, запускаемого командой **Мастер электропроводки**  из группы **Мастер** на вкладке **Главная** (рис. 2.12.2).

Мастер состоит из трех шагов.

Первый шаг мастера электропроводки

В окне на данном шаге определяются формат файлов компонентов и соединений ECAD (A), документ с данными по компонентам (B) с расширением *.cmp/*.cmp_xml и документ с данными по соединениям (C) с расширением *.con/*.con_xml (рис. 2.12.4). Оба документа являются текстовыми файлами и могут составляться и редактироваться пользователем непосредственно.

Форматы данных файлов *.cmp и *.con описываются в текстовом файле SEHarness.txt, располагающемся в папке Prog-

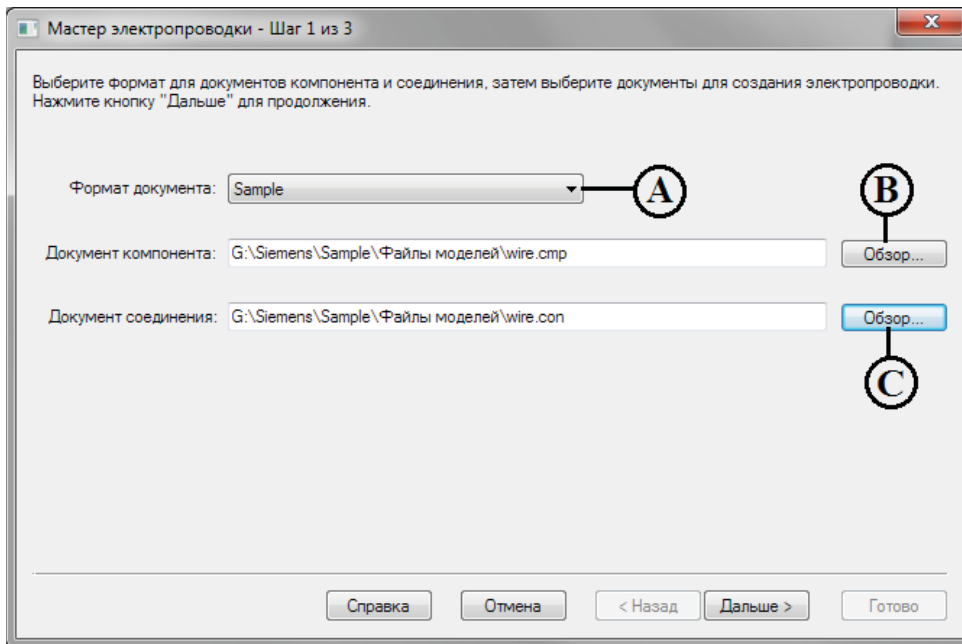


Рис. 2.12.4. Первый шаг мастера электропроводки

ram системы Solid Edge. Каждое описание формата состоит из трех разделов:

- 1) название компании или формата, как оно отображается в окне мастера (A);
- 2) порядковые номера столбцов полей списка компонентов (B);
- 3) порядковые номера столбцов полей списка соединений (C).

Все параметры будут выводиться в соответствующих таблицах на втором и третьем шагах мастера. В заголовке файла SEHarness.txt приведена подробная расшифровка полей обоих файлов и ограничителей разделов, а также приведены принципы их заполнения.

Поля наименования компании приведены в табл. 2.12.1.

Таблица 2.12.1. Формат полей и значений наименования компании в файле SEHarness.txt

Поле и значение	Обяз./опц.	Определяет столбец для:
Companyname="строка"	обязательно	наименования компании или формата данных
Delimiter="симв."	обязательно	разделителя столбцов, обычно ","
DecimalDelimiter="симв."	опционально	разделителя целой и дробной части, обычно "."

симв. = символ, строка = строка символов

В рассматриваемом примере данный блок в файле SEHarness.txt выглядит следующим образом:

```
Companyname="Sample"
FieldDelimiter=","
DecimalDelimiter="."
```

Поля списка компонентов и пример блока в файле приведены в табл. 2.12.2.

Таблица 2.12.2. Формат полей и значений списка компонентов в файле SEHarness.txt

Поле и значение	Обяз./опц.	Определяет столбец для:
ComponentID=x	обязательно	уникального ID каждого компонента
ComponentName=x	обязательно	имени компонента
ComponentDescription=x	опционально	описания компонента

x = целое число, номер столбца

```
ComponentID=1
ComponentName=2
ComponentDescription=3
```

Поля списка соединений приведены в табл. 2.12.3.

Таблица 2.12.3. Формат полей и значений списка соединений в файле SEHarness.txt

Поле и значение	Обяз./опц.	Определяет столбец для:
WireID=x	обязательно	уникального ID каждого провода
FromComponentID=x	обязательно	имени компонента «От»
FromComponentTerminal=x	опционально	терминала компонента «От»
ToComponentID=x	обязательно	имени компонента «До»
ToComponentTerminal=x	обязательно	терминала компонента «До»
CableID=x	опционально	уникального ID каждого кабеля
WireDiameter=x	обязательно/ опционально	диаметра провода в метрах
WireGage=x	обязательно/ опционально	калибра провода
WireColor=x	опционально	значения цвета
WireMaterial=x	опционально	материала
WireType=x	опционально	типа материала
WireDescription=x	опционально	описания провода
CutLength=x	обязательно	длины провода в метрах

x = целое число, номер столбца

```
WireID=1
FromComponentID=2
FromComponentTerminal=3
ToComponentID=4
ToComponentTerminal=5
CableID=6
WireDiameter=7
WireGage=8
WireColor=9
WireMaterial=10
WireType=11
WireDescription=12
CutLength=13
```

Для рассматриваемого примера файлы *.cpr и *.con будут выглядеть следующим образом:

Компоненты (wire.cmp):

236,Разъем питания,
315,Разъем на кабель,

Здесь 236 и 315 – уникальные идентификаторы компонентов, которые может назначать сам пользователь, описания компонентов опущены.

Соединения (wire.con):

Провод 1,236,Pos,315,Pos,,0.00040,26,255,Copper,Solid,26-gage Solid Copper Red,0.15
Провод 2,236,Neg,315,Neg,,0.00040,26,0,Copper,Solid,26-gage Solid Copper Black,0.15

Здесь опущен ID кабеля (кабель будет формироваться в самой среде **Электропроводка**). Одинаковые (Pos, Pos и Neg, Neg) в данном примере значения имен терминалов From Component Terminal и To Component Terminal у разных компонентов в общем случае могут быть различными.

Значения параметров Wire Diameter, Wire Gage, Wire Color, Wire Material, Wire Type и Wire Description соответствуют списку проводов, кабелей и жгутов, predeterminedных в специальном файле SEConductors.txt, который также располагается в папке **Program** системы Solid Edge. Все элементы проводки и их параметры будут браться системой Solid Edge из данного файла. Пример фрагмента этого файла приведен ниже:

```
// Провода
BeginWires
10-gage Solid Copper Red; 0.00259; 10; ; 0.00341; ; Solid; Copper; 0.04713; 0.00259; 255
10-gage Solid Copper Orange; 0.00259; 10; ; 0.00341; ; Solid; Copper; 0.04713; 0.00259; 33023
10-gage Solid Copper Yellow; 0.00259; 10; ; 0.00341; ; Solid; Copper; 0.04713; 0.00259; 65535
10-gage Solid Copper Green; 0.00259; 10; ; 0.00341; ; Solid; Copper; 0.04713; 0.00259; 65280
10-gage Solid Copper Blue; 0.00259; 10; ; 0.00341; ; Solid; Copper; 0.04713; 0.00259; 16711680
...
14-gage Solid Aluminum Black; 0.00163; 14; ; 0.00245; ; Solid; Aluminum ; 0.00563; 0.00163; 0
14-gage Solid Aluminum White; 0.00163; 14; ; 0.00245; ; Solid; Aluminum ; 0.00563; 0.00163; 16777215
14-gage Solid Aluminum Gray; 0.00163; 14; ; 0.00245; ; Solid; Aluminum ; 0.00563; 0.00163; 9737364
14-gage Solid Aluminum Cyan; 0.00163; 14; ; 0.00245; ; Solid; Aluminum ; 0.00563; 0.00163; 16776960
EndWires
// Кабели
BeginCables
10/2-gage Solid Copper White; 0.00259; 10; ; 0.00969; 2; Solid; Copper; 0.09426; 0.00969; 16777215
10/3-gage Solid Copper White; 0.00259; 10; ; 0.01187; 3; Solid; Copper; 0.14139; 0.01187; 16777215
12/2-gage Solid Copper White; 0.00206; 12; ; 0.00770; 2; Solid; Copper; 0.05944; 0.00770; 16777215
...
24/11-gage Stranded Copper Gray; 0.00051; 24; ; 0.00448; 11; Stranded; Copper; 0.01464; 0.00448; 9737364
24/15-gage Stranded Copper Gray; 0.00051; 24; ; 0.00523; 15; Stranded; Copper; 0.02745; 0.00523; 9737364
EndCables

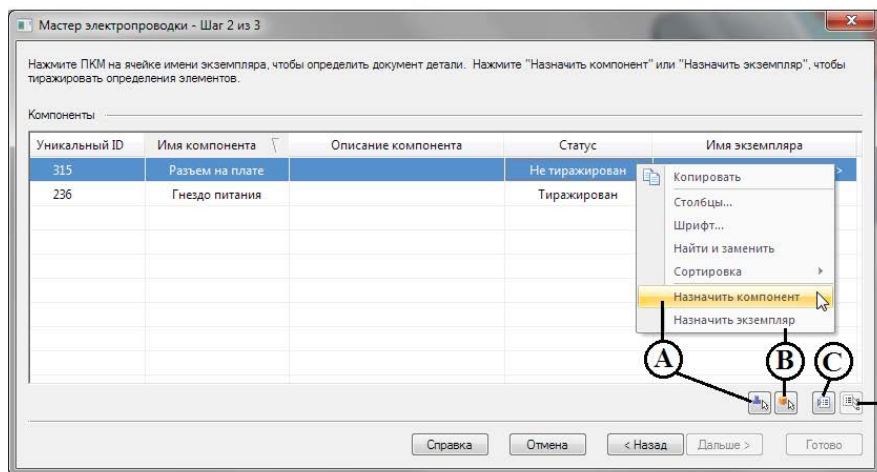
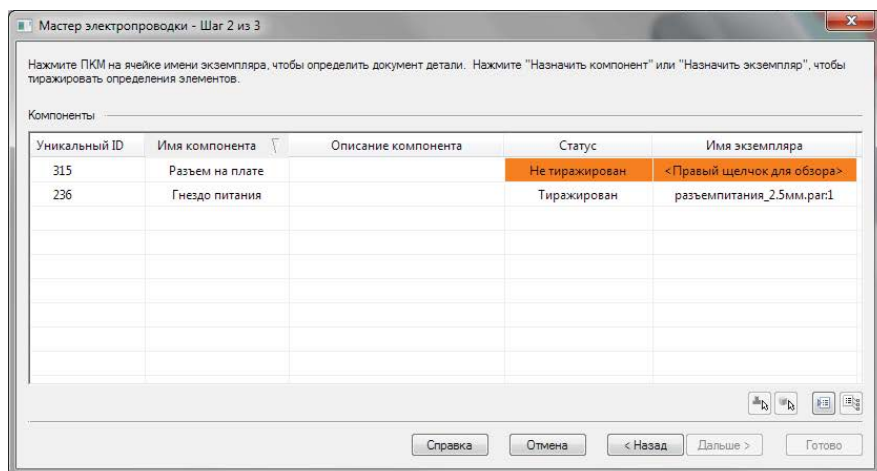
// Жгуты
BeginBundles
None; 0.00000; ; ; 0.00000; ; ; 0.00000; 0.00000; 0
1/2-inch Flexible Steel Shielding Gray; ; ; ; 0.01270; ; ; ; 0.10000; 0.01270; 9737364
1/4-inch Flexible Steel Shielding Gray; ; ; ; 0.00635; ; ; ; 0.05000; 0.00635; 9737364
1/2-inch Flexible Plastic Shielding Black; ; ; ; 0.01270; ; ; ; 0.04000; 0.01270; 0
1/4-inch Flexible Plastic Shielding Black; ; ; ; 0.00635; ; ; ; 0.02000; 0.00635; 0
EndBundles
```

Калибры соответствуют американской системе калибрования толщины проводов AWG. Материал проводов: **Copper (Медь)** или **Aluminum (Алюминий)**. Тип материала: **Solid (Одножильный)** или **Stranded (Многожильный)**. Значение цвета задается по RGB (от 0 до 16 млн оттенков). Длина провода в метрах вычисляется системой Solid Edge самостоятельно.

Нажатие кнопки **Дальше** переводит мастер на шаг 2.

Второй шаг мастера электропроводки

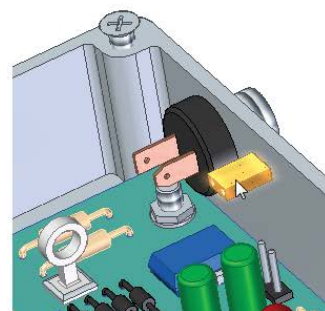
На данном шаге отображается таблица компонентов согласно параметрам, извлеченным из файла *.cpr (рис. 2.12.5, 1).



2

Уникальный ID	Имя компонента	Статус	Имя экземпляра
315	Разъем на плате	Тиражирован	разъем2.ppr:1
236	Гнездо питания	Тиражирован	разъемпитания_2,5мм.ppr:1

4



3

Рис. 2.12.5. Второй шаг мастера электропроводки

На данном шаге возможно:

- назначить компоненты, если они не были назначены до запуска мастера;
- назначить экземпляры файлов компонентов деталей в сборке;
- тиражировать компоненты в сборке.

В рассматриваемом примере второй компонент (**Разъем на кабель**), описанный в файле `wire.cmp`, не был назначен до запуска мастера, поэтому в окне мастера его статус и имя экземпляра подсвечены оранжевым (1). Для назначения компонента не обязательно выходить из мастера – достаточно выделить строку с еще не назначенным компонентом и выбрать из контекстного меню строки команду **Назначить экземпляр** или нажать соответствующую кнопку (A) в правой нижней части окна (2), после чего указать компонент в сборке (3, обведено красным). В таблице появится имя экземпляра компонента, его статус изменится на **Тиражирован** и больше не будет подсвечиваться оранжевым (4).

Третий шаг мастера электропроводки

В окне третьего шага отображается информация о соединениях на основе второго шага и данных файла `*.con` (рис. 2.12.6).

На данном шаге возможно:

- назначить терминалы для компонентов;
- удалить соединение из электропроводки;
- назначить атрибуты для провода или кабеля;
- просмотреть создаваемую электропроводку.

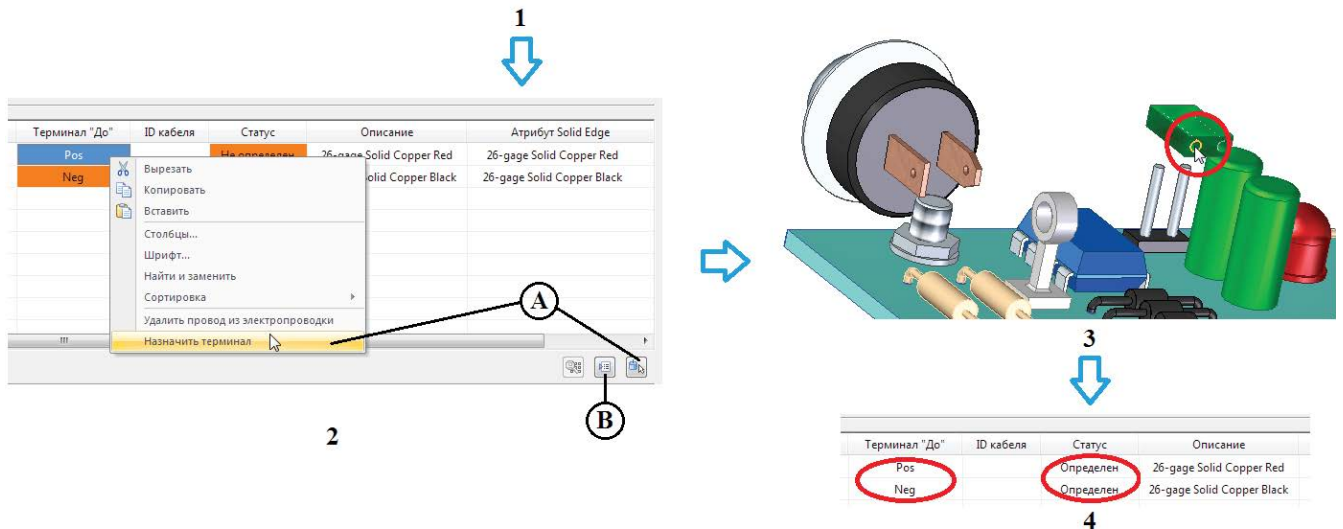
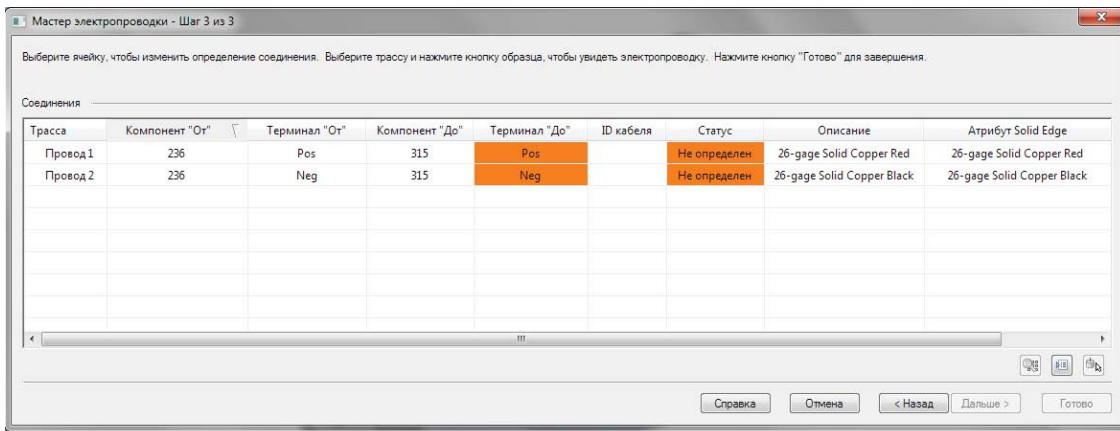


Рис. 2.12.6. Третий шаг мастера электропроводки

В рассматриваемом примере для компонента **Разъем на кабель** не были назначены терминалы, поэтому поля **Терминал До** и **Статус** не определены и подсвечены оранжевым (1). Аналогично назначению компонента, для назначения терминалов необходимо выбрать в контекстном меню команду **Назначить терминал** или нажать соответствующую кнопку (A) в правой нижней части окна (2), после чего указать на выделенном зеленом компоненте в сборке круговое ребро, соответствующее назначаемому терминалу (3, обведено красным). В результате произведенных

действий над обоими терминалами статус соединений в таблице изменится на **Определен** и оранжевая подсветка исчезнет (4). В окне **Параметры соединения**, вызываемом по нажатию кнопки (B), можно задать число точек редактирования для каждого провода и длину участка изоляции для удаления с обоих концов (в %).

Значение параметра **Wire Description**, который объединяет в себе калибр (**Wire Gauge**), цвет (**Wire Color**), материал (**Wire Material**) и тип материала (**Wire Type**) кабеля, можно изменить, выбрав его из раскрывающегося списка в заголовке столбца **Атрибут Solid Edge** (рис. 2.12.7). Содержимое списка соответствует файлу SEConductors.txt. Опция **Отменить фильтр** позволяет вывести в списке провода всех калибров, а не только соответствующих уже выбранному проводу или кабелю.

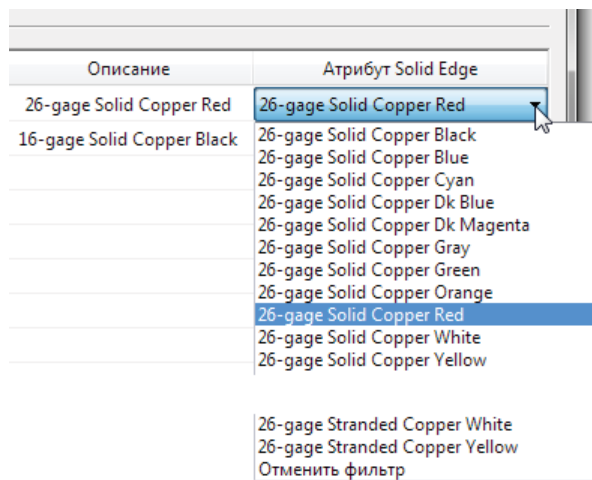
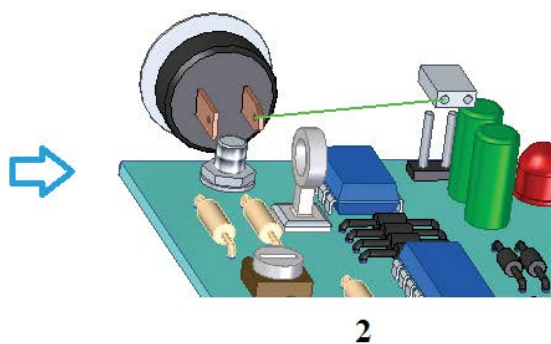
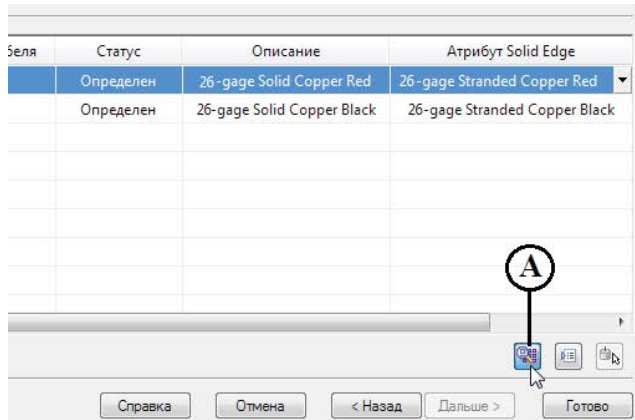


Рис. 2.12.7. Изменение параметров провода в мастере электропроводки

Можно также просмотреть результат создания каждого соединения в виде прямой линии, соединяющей соответствующие терминалы (рис. 2.12.8). Для этого необходимо выбрать соединение в таблице (1) и нажать (2) кнопку **Результат** (A). Можно посмотреть результат для нескольких соединений, выбрав их с помощью клавиш **Ctrl** и **Shift**.



1

Рис. 2.12.8. Просмотр соединения электропроводки

Удалить соединение можно с помощью команды контекстного меню **Удалить провод из электропроводки**.

Нажав кнопку **Готово**, можно увидеть окончательный результат автоматического создания электропроводки (рис. 2.12.9, 1). Важно отметить, что при изменении положения вилки разъема (как и любого другого задействованного в проводке компонента) трассы проводов будут автоматически перестроены системой (2).

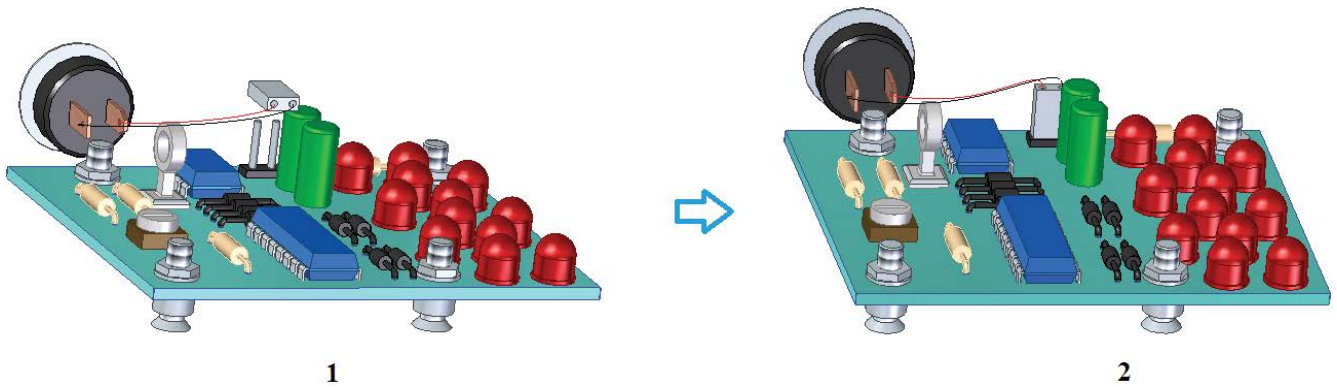



Рис. 2.12.9. Результат автоматического создания электропроводки и ее перестройка при изменении положения задействованных компонентов

После создания электропроводки навигатор сборки дополняется в своей нижней части специальным блоком **Электропроводка**, где перечислены созданные трассы, провода, кабели и жгуты. Примеры наполнения навигатора электропроводки см. ниже в описании ручного режима и редактирования проводки.


Ручной режим

Помимо использования мастера, можно строить провода и в ручном режиме. В этом случае для провода нужно определить трассу, создав ее заранее либо определив непосредственно во время создания провода.

Создание трассы

Трасса представляет собой линию, вдоль которой можно построить провод, кабель или жгут. Она создается с помощью команды **Трасса**  из группы **Трассы**. Построение трассы будет рассмотрено на примере пропускания проводов питания уже рассмотренной выше сборки через стойку.

Для этого необходимо (рис. 2.12.10):

- 1) выполнить команду **Трасса**, после чего на ее первом шаге **Выбрать точки** необходимо построить саму траекторию трассы по точкам в реальном времени.
Трассу можно строить, выбрав характерные точки (А) либо круговой вырез (В), по центральной линии которого пройдет трасса. В качестве точки можно, в частности, выбрать любую точку в пространстве, указав в списке характерных точек параметр **Точка XYZ**  Точка XYZ. После этого можно указать абсолютные/относительные координаты точки в системе координат сборки. В рассматриваемом примере необходимо сначала выбрать стартовую точку трассы в центре кругового ребра терминала гнезда питания (активировав параметр **Характерные точки**). Появятся характерные красные точки построенного отрезка трассы; трасса потянется далее за курсором мыши.
После выбора первой точки становится доступным параметр **Относительное/Абсолютное положение**, позволяющий задать координаты относительно последней указанной точки или относительно глобальной системы координат;
- 2) выбрать внутреннюю цилиндрическую поверхность стойки, активировав предварительно параметр **Круговой вырез**. В режиме кругового выреза направление трассы зависит от стороны выбранной цилиндрической поверхности. Для начальной точки трассы надо выбирать ближнюю часть выреза;
- 3) выбрать конечную точку трассы в центре кругового ребра терминала разъема на кабель, снова активировав параметр **Характерные точки**.
С помощью кнопки **Переопределить точку** (С) можно переопределить положение уже созданных точек трассы. Нажатие кнопки **Подтвердить** переводит создание трассы на второй шаг **Граничные условия**;
- 4) здесь можно задать наименование трассы. Нажатие кнопки **Готово** завершает работу с командой;
- 5) построенная трасса отображается в графическом окне и в навигаторе электропроводки.

Можно изменить уже построенную трассу. Если трасса уже использована для построения провода, вместе с ней перестроится и провод (см. ниже в п. «Провод»).

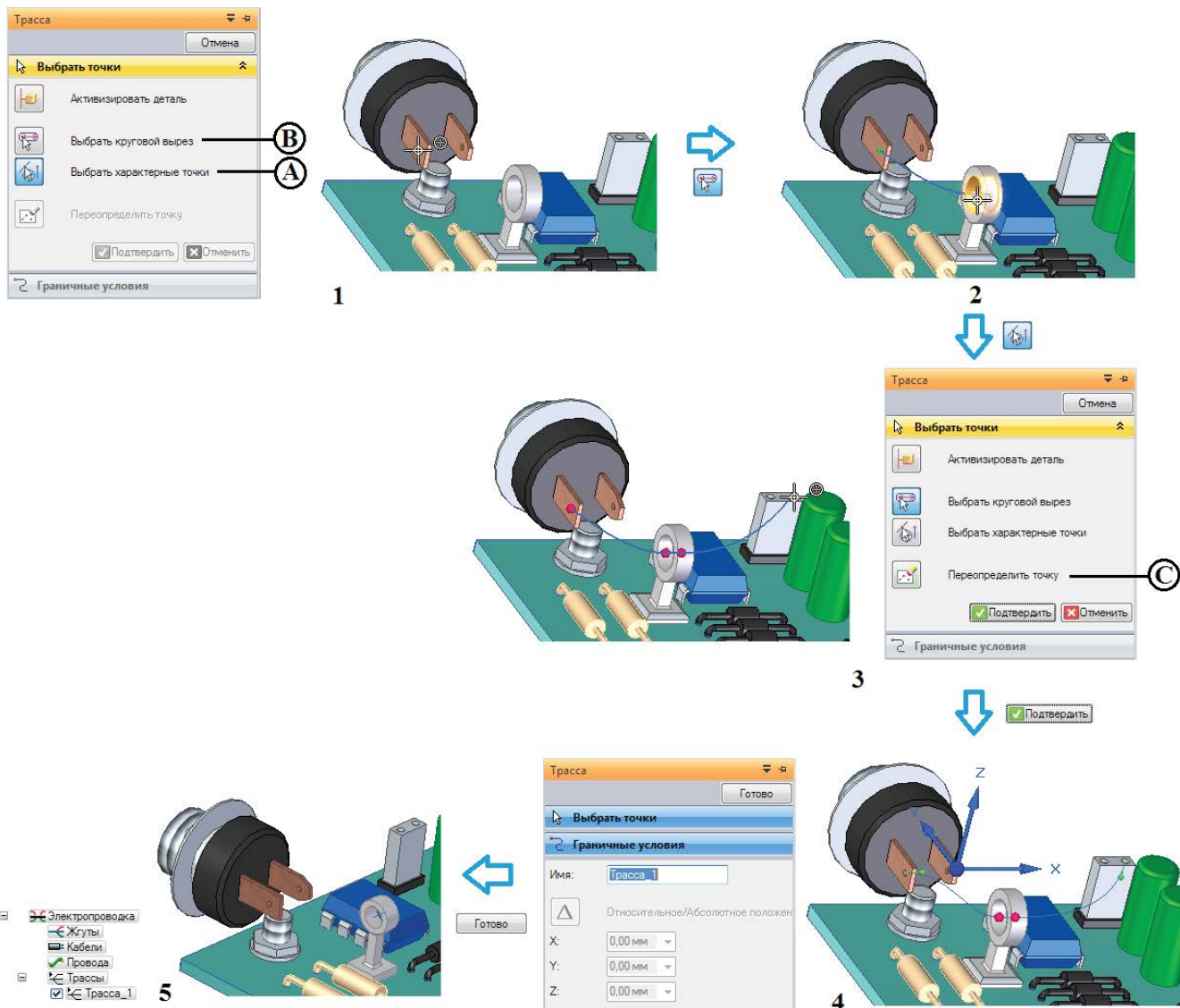



Рис. 2.12.10. Создание трассы электропроводки

Создание провода

Создание провода выполняется с помощью команды **Провод**  из группы команд **Электропроводка** и выполняется за два шага:

- определение трассы провода;
- определение параметров провода.

Трассу провода можно построить (в этом случае порядок действий аналогичен описанному выше при создании трассы) либо выбрать уже существующую трассу. Ниже представлен процесс создания провода для рассматриваемого примера в режиме использования существующей трассы (рис. 2.12.11):

- 1) выбрать команду **Провод**; на первом шаге **Трасса** выбрать режим – **Создать трассу** (A) или **Существующая трасса** (B в данном примере);
- 2) выбрать ранее построенную трассу; при наведении курсора на трассу будет показана ее начальная точка; нажать кнопку **Подтвердить** или ПКМ; осуществляется переход на шаг **Параметры проводника**;
- 3) выбрать типоразмер провода с предустановленными параметрами (из файла SEConductors.txt) из списка (C) либо, нажав кнопку **Параметры** (D), задать параметры провода вручную в открывшемся окне **Параметры – Провод**.

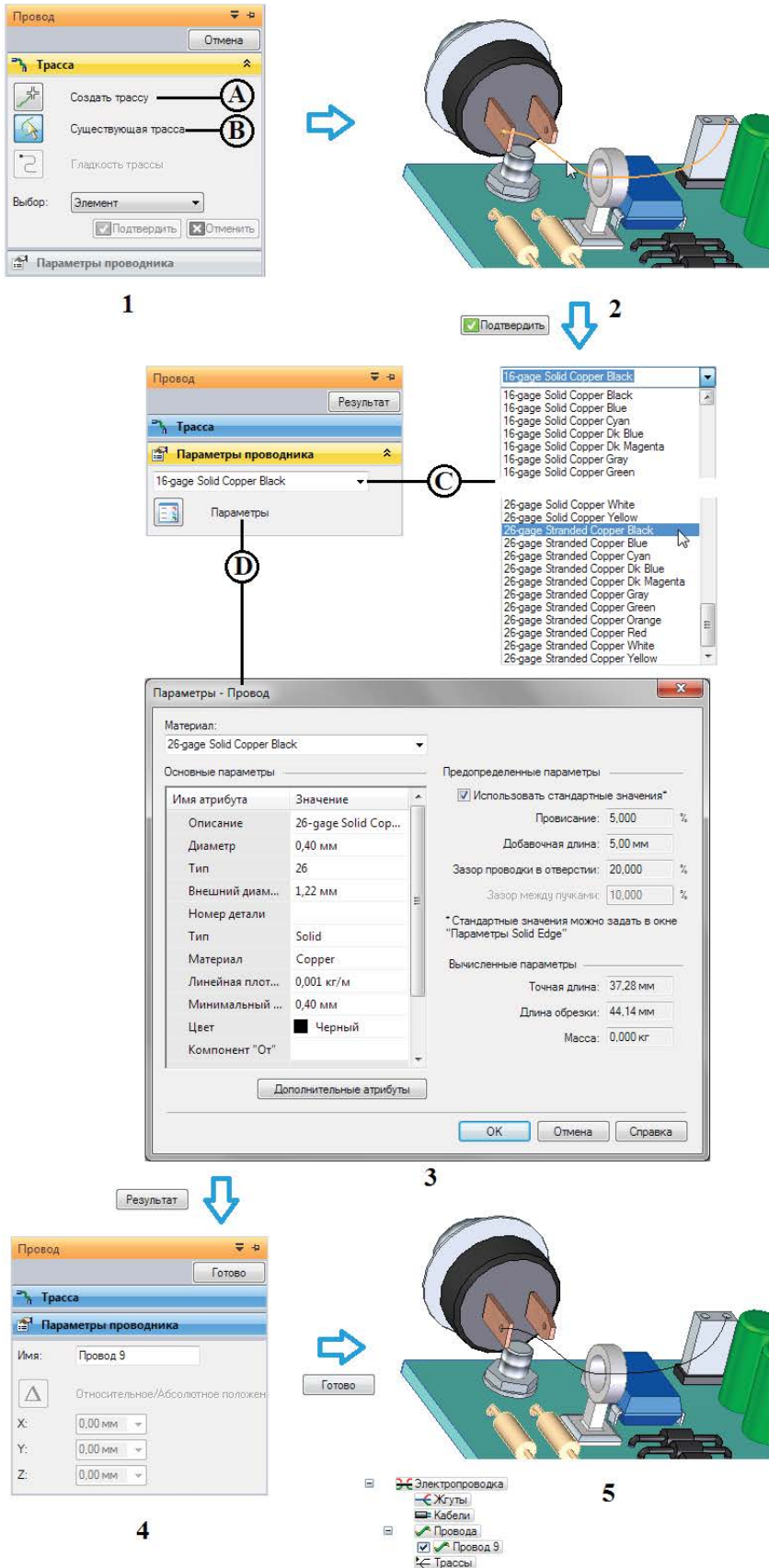


Рис. 2.12.11. Создание провода

В левой части окна (**Основные параметры**) задаются все параметры, описанные в п. «Автоматический режим», включая материал, диаметр, тип, цвет провода и т. д. Можно выбрать типоразмер провода из списка **Материал** в верхней части окна (содержимое файла SEConductors.txt) либо настроить значения параметров вручную.

В правой верхней части окна (**Предопределенные параметры**) задаются дополнительные параметры. Если установлен флажок **Использовать стандартные значения**, то эти параметры будут браться из глобальных параметров среды Solid Edge, устанавливаемых на вкладке **Электропроводка** окна **Параметры Solid Edge** (вызывается по кнопке приложения, см. рис. 2.12.12), в противном случае их можно задать индивидуально для каждого провода. Здесь задаются следующие параметры:

- **Провисание** – процент на провисание, который надо добавить к истинной длине провода при вычислении длины обрезки;
- **Добавочная длина** – фиксированное значение провисания;
- **Зазор проводки в отверстиях** – процентное значение для вычисления зазора между проводом электропроводки и стенками отверстия, через которое он проходит (по умолчанию равно 20%, то есть диаметр отверстия должен быть в 1,2 раза больше, чем диаметр провода);
- **Зазор между пучками** – процентное значение для вычисления зазора между жгутом и проводом, входящим в жгут (по умолчанию равно 10%, то есть внутренний диаметр оплетки жгута должен быть в 1,1 раза больше, чем сумма диаметров проводов электропроводки).

В правой нижней части окна (**Вычисленные параметры**) приводятся параметры, вычисленные системой Solid Edge:

- **Точная длина** – длина элемента электропроводки без компенсации на провисание;
- **Длина обрезки** – длина обрезки элемента электропроводки, вычисляемая как сумма точной длины элемента электропроводки и компенсирующей длины на провисание, заданной в процентах или фиксированным значением;
- **Масса** – масса элемента электропроводки, вычисляемая как произведение длины обрезки на линейную плотность.

С помощью кнопки **Дополнительные атрибуты** можно добавить пользовательские атрибуты провода/кабеля;

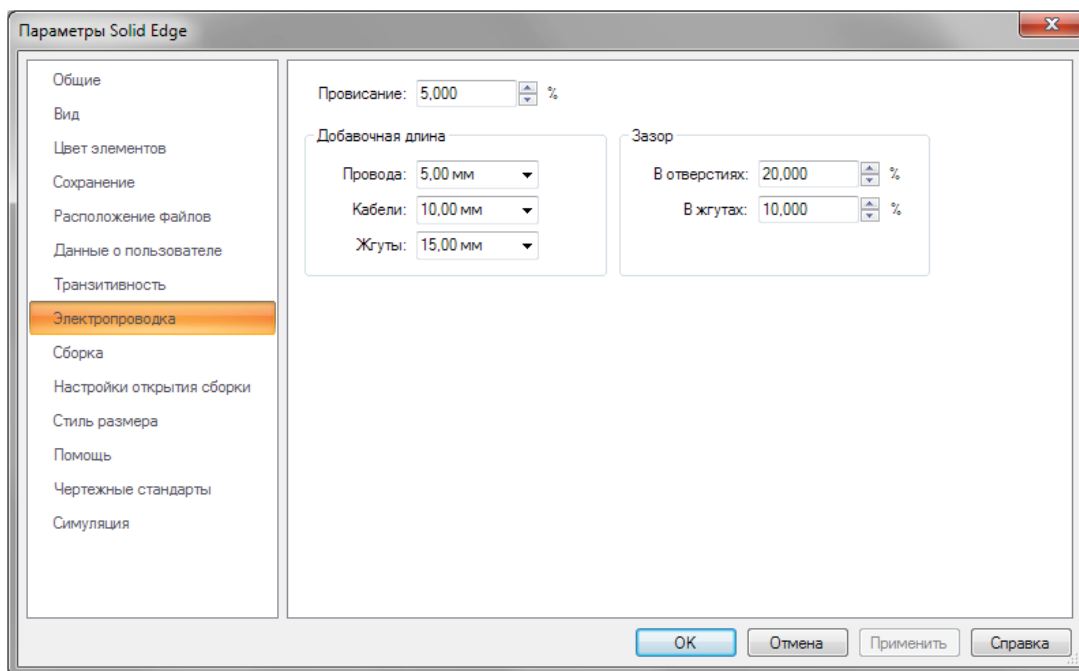


Рис. 2.12.12. Параметры электропроводки, задаваемые в окне **Параметры Solid Edge**

- 4) нажатие на кнопку **Результат** переводит команду на шаг **Параметры проводника**, где можно задать наименование провода;
- 5) по нажатии кнопки **Готово** в графическом окне и в навигаторе электропроводки отображается новый построенный провод.

Чтобы изменить трассу уже проложенного провода, следует (рис. 2.12.13):

- 1) выбрать необходимую трассу с помощью инструмента быстрого выбора (**Трасса_5** в данном примере);
- 2) нажать кнопку **Правка** в быстром меню;
- 3) зацепить мышью один из зеленых маркеров трассы и, перетаскивая маркер, изменить положение провода;
- 4) выйти из команды редактирования трассы, нажав ПКМ или кнопку **Готово** в меню команды.

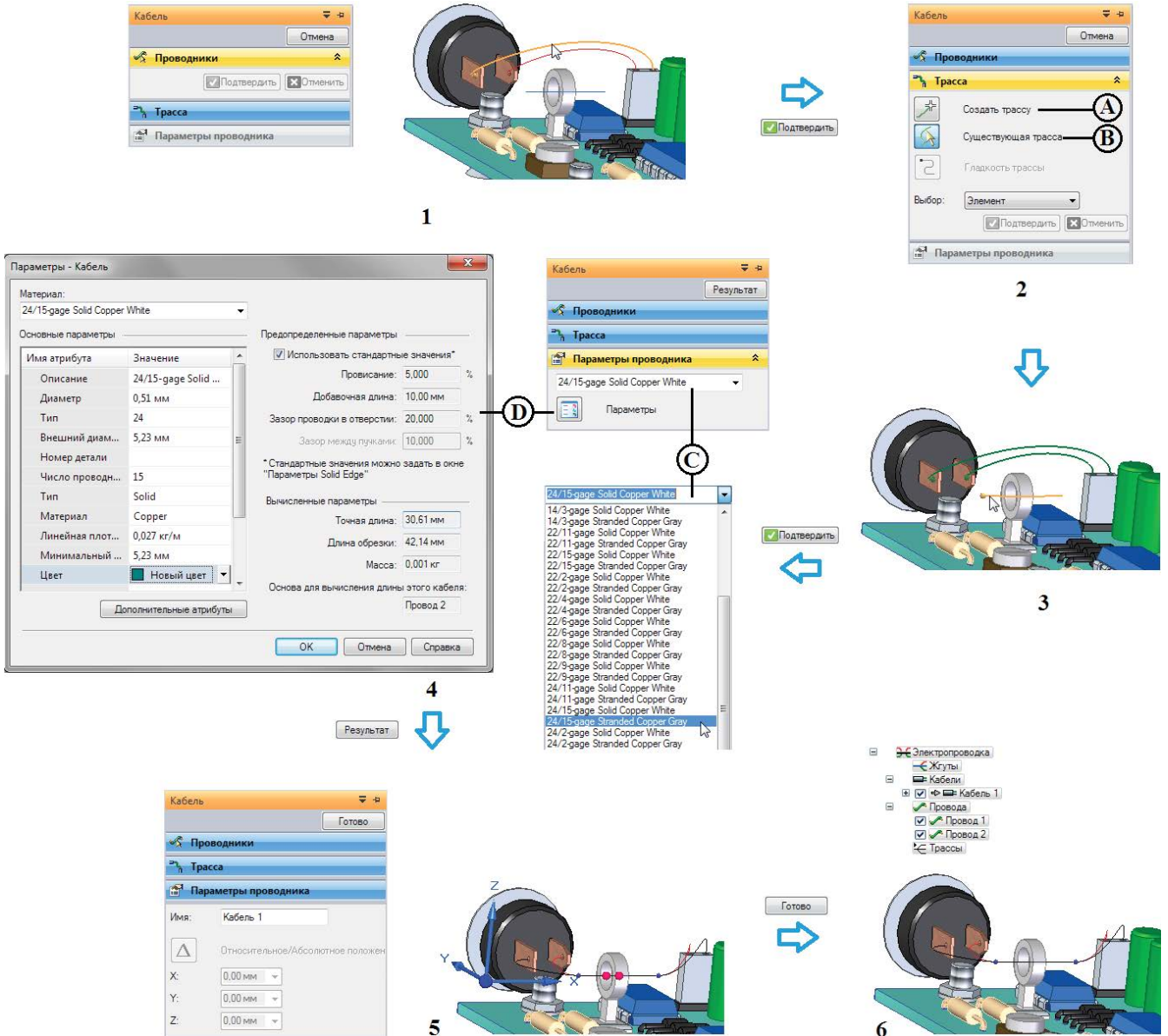



Рис. 2.12.13. Редактирование трассы провода

Создание кабеля

Кабель объединяет набор проводов и прокладывается вдоль пространственной трассы. Кабель создается с помощью команды **Кабель**  из группы команд **Электропроводка** и выполняется за три шага:

- объединение проводов, которые должны входить в кабель;
- определение трассы кабеля;
- определение параметров кабеля.

Аналогично проводу, при создании кабеля можно проложить новую трассу или выбрать существующую.

Ниже рассмотрен пример создания кабеля из двух проводов с использованием построенной заранее трассы. Для этого необходимо (рис. 2.12.14):

- 1) выбрать команду **Кабель**; на первом шаге **Проводники** выбрать в графическом окне или навигаторе электропроводки проводники, входящие в кабель; подтвердить выбор, нажав кнопку **Подтвердить** или ПКМ. Можно сразу перейти на шаг **Трасса**, не выбирая провода, чтобы создать кабель без проводов. Добавить провода в кабель можно при его последующем редактировании;
- 2) на шаге **Трасса** выбрать режим **Создать трассу (A)** или **Существующая трасса (B)** в данном примере);
- 3) выбрать ранее построенную трассу; при наведении курсора на трассу будет показана ее начальная точка; нажать кнопку **Подтвердить** или ПКМ; осуществляется переход на шаг **Параметры проводника**;
- 4) аналогично созданию провода выбрать типоразмер кабеля с предустановленными параметрами (из файла SEConductors.txt) из списка (C) либо, нажав кнопку **Параметры (D)**, задать параметры провода вручную в открывшемся окне **Параметры – Кабель**;
- 5) нажатие на кнопку **Результат** переводит команду на шаг **Параметры проводника**, где можно задать наименование кабеля;
- 6) по нажатии кнопки **Готово** в графическом окне и в навигаторе электропроводки отображается новый построенный кабель, объединяющий выбранные провода на участке трассы.

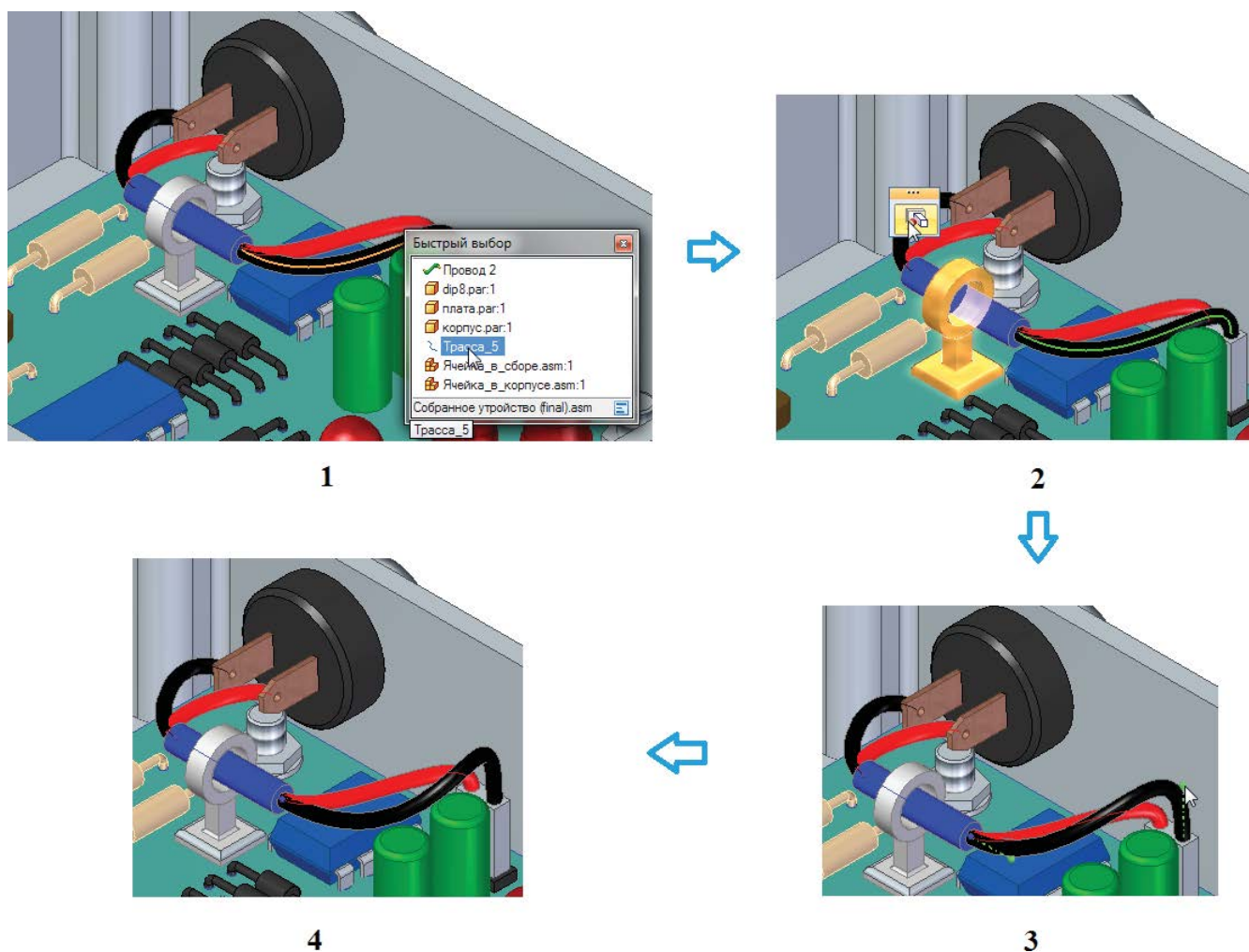



Рис. 2.12.14. Создание кабеля

При создании кабеля или жгута в точке, где провода встречаются с кабелем или жгутом, создается общая точка, которую впоследствии можно переместить, изменив трассу жгута или кабеля.

Создание жгута

Жгут объединяет любое сочетание проводов и/или кабелей в виде единой пространственной трассы. Жгут создается с помощью команды **Жгут**  из группы команд **Электропроводка** и выполняется за три шага:

- объединение проводов/кабелей, которые должны входить в жгут;
- определение трассы жгута;
- определение параметров жгута.

Все изложенные выше соображения по прокладке новой и использованию существующей трассы справедливы и для жгута.

Ниже рассмотрен пример создания жгута из кабеля и трех проводов по построенной заранее трассе между двумя кабельными стойками. Для этого необходимо (рис. 2.12.15):

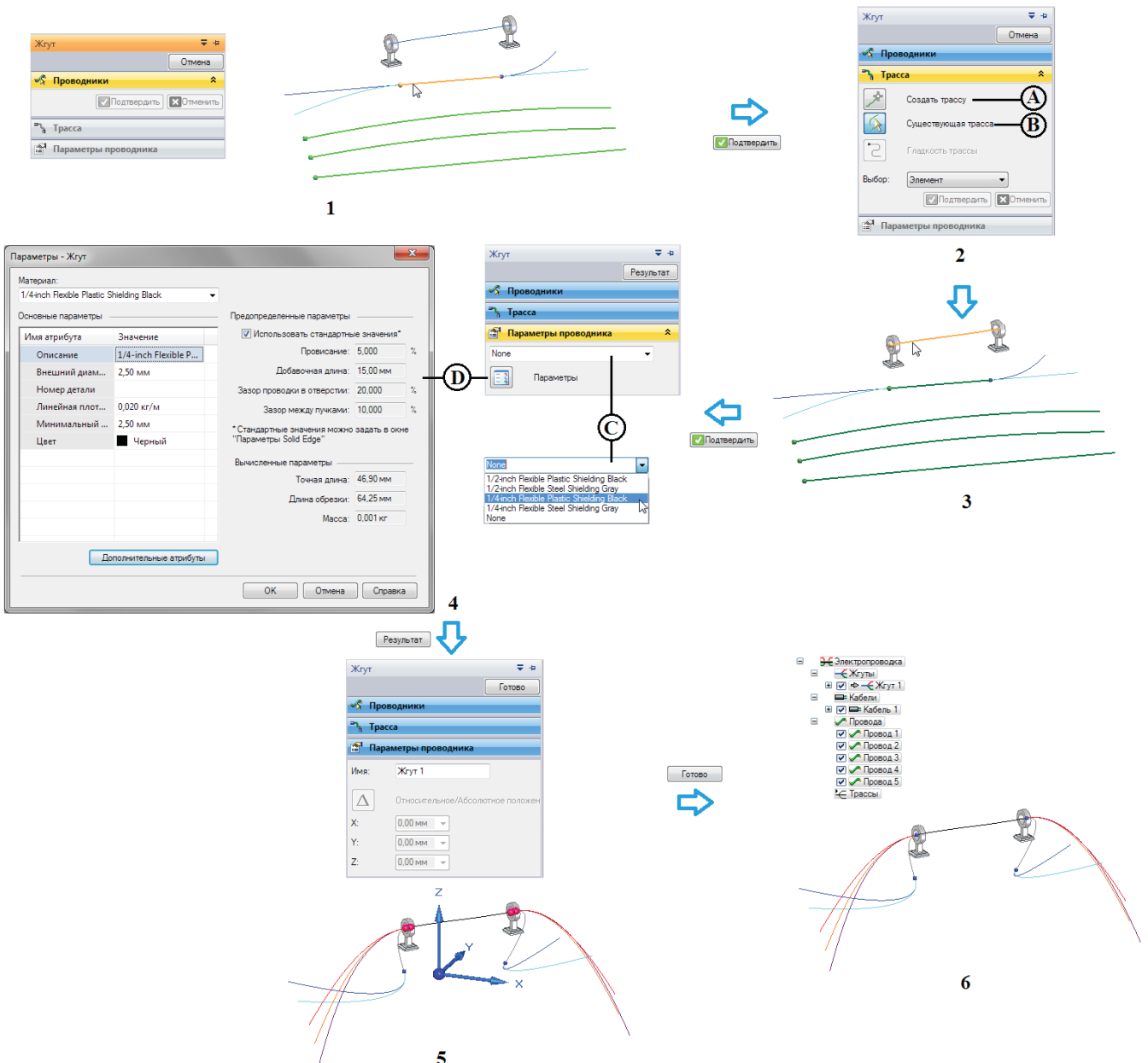


Рис. 2.12.15. Создание жгута

- 1) выбрать команду **Жгут**; на первом шаге **Проводники** выбрать в графическом окне или навигаторе электропроводки проводники и/или кабели, входящие в жгут; подтвердить выбор, нажав кнопку **Подтвердить** или ПКМ;
- 2) на шаге **Трасса** выбрать режим **Создать трассу (A)** или **Существующая трасса (B)** в данном примере);
- 3) выбрать ранее построенную трассу; при наведении курсора на трассу будет показана ее начальная точка; нажать кнопку **Подтвердить** или ПКМ; осуществляется переход на шаг **Параметры проводника**;
- 4) аналогично созданию провода/кабеля выбрать типоразмер жгута с предустановленными параметрами (из файла SEConductors.txt) из списка (C) либо, нажав кнопку **Параметры (D)**, задать параметры провода вручную в открывшемся окне **Параметры – Жгут**;
- 5) нажатие на кнопку **Результат** переводит команду на шаг **Параметры проводника**, где можно задать наименование жгута;
- 6) по нажатии кнопки **Готово** в графическом окне и в навигаторе электропроводки отображается новый построенный жгут, объединяющий выбранные провода/кабели на участке трассы.

Отображение и редактирование электропроводки

Для настройки отображения и редактирования элементов электропроводки предназначен специальный навигатор **Электропроводка**, располагающийся под основным навигатором сборки. В нем иерархически представлены провода, кабели, жгуты и трассы проводки.

Выделение элемента проводки в навигаторе с помощью ЛКМ вызывает появление быстрого меню с единственной командой **Правка** (рис. 2.12.16). Следует обратить внимание, что один и тот же элемент может входить в различные иерархические группы (например, провод – быть элементом одного или нескольких кабелей/жгутов), поэтому при выделении одного экземпляра элемента в навигаторе одновременно выделяются и остальные.



Рис. 2.12.16. Выделение элемента электропроводки в графическом окне при выборе в навигаторе

Нужно обратить внимание, что подсвеченный при выделении в графическом окне провод выделяется сплошным цветом до места, где он становится частью кабеля, – начиная с этого места, он выделяется пунктирной линией. Цвет пунктирной линии изменяется в месте, где кабель и провода становятся частью жгута.

При помещении курсора мыши на кабель в навигаторе он подсвечивается в графическом окне сплошным цветом, а жгут, содержащий кабель, выделяется пунктирной линией. При этом включенные в кабель провода не подсвечиваются. Аналогично не подсвечиваются провода и кабели, включенные в жгут, при выделении жгута.

Если наводить курсор на элементы проводки в графическом окне, то в навигаторе они будут обводиться сплошной красной рамкой, причем при этом пунктирной рамкой будут выделяться элементы более высокого иерархического уровня, куда входит элемент под курсором (рис. 2.12.17).

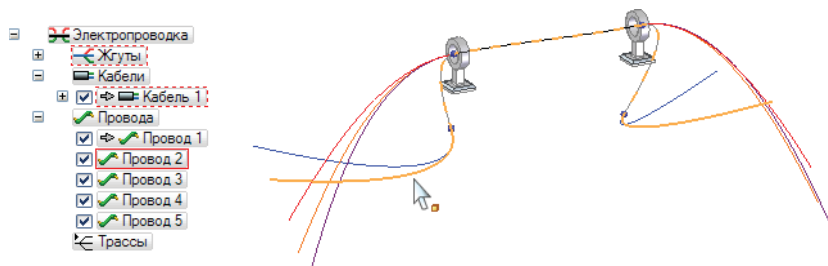


Рис. 2.12.17. Выделение элемента электропроводки в навигаторе при выборе в графическом окне

Щелчок ПКМ на любом элементе проводки или выбранном наборе элементов в навигаторе либо графическом окне открывает контекстное меню (пример приведен на рис. 2.12.18), содержащее, помимо традиционных команд управления объектами, несколько специфичных команд работы с электропроводкой:

- команда **Удалить элемент** удаляет все вхождения элемента из объектов электропроводки;
- команда **Показать соединенные компоненты** отображает все ранее скрытые компоненты сборки, которые соединяются выбранным элементом проводки;
- команда **Создать физический проводник** создает 3D-представление элемента проводки – провода, кабеля или жгута. Чтобы создать физический проводник, необходимо (рис. 2.12.19):
 - 1) выбрать в навигаторе один или несколько проводников (возможно, разнородных); в контекстном меню набора проводников выбрать команду **Создать физический проводник**;
 - 2) в результате выполнения команды в сборке появятся трехмерные представления элементов проводки, выполненные на основе заданных при их построении геометрических параметров.

При этом значок в навигаторе проводки изменяется, указывая на 3D-отображение проводника. Следует отметить, что создание физического проводника – кабеля не означает автоматического создания физических проводников – входящих в него проводов, и наоборот. На 3D-вид проводника влияют значения таких его атрибутов, как **Цвет** и **Внешний диаметр**;

- команды **Показать физический проводник**, **Скрыть физический проводник** соответственно отображают и временно скрывают 3D-представление элемента проводки;

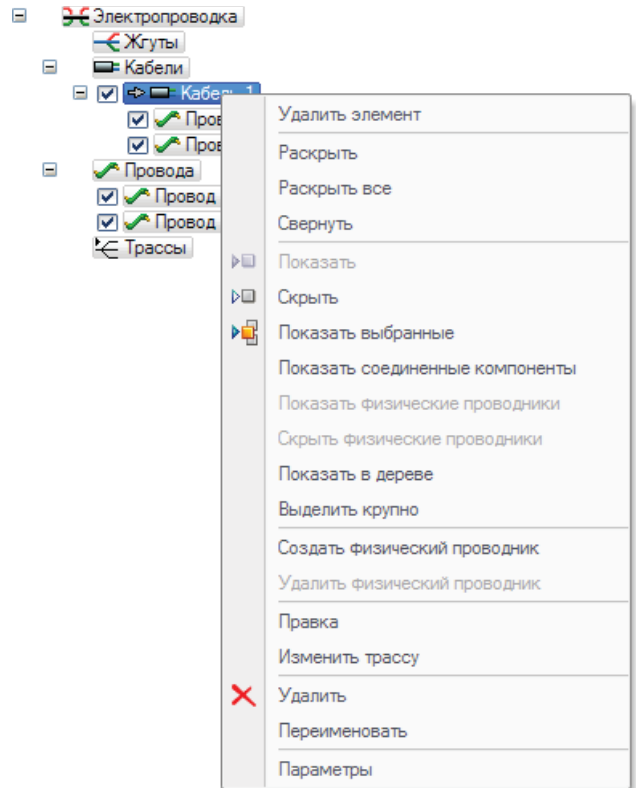


Рис. 2.12.18. Контекстное меню элемента электропроводки

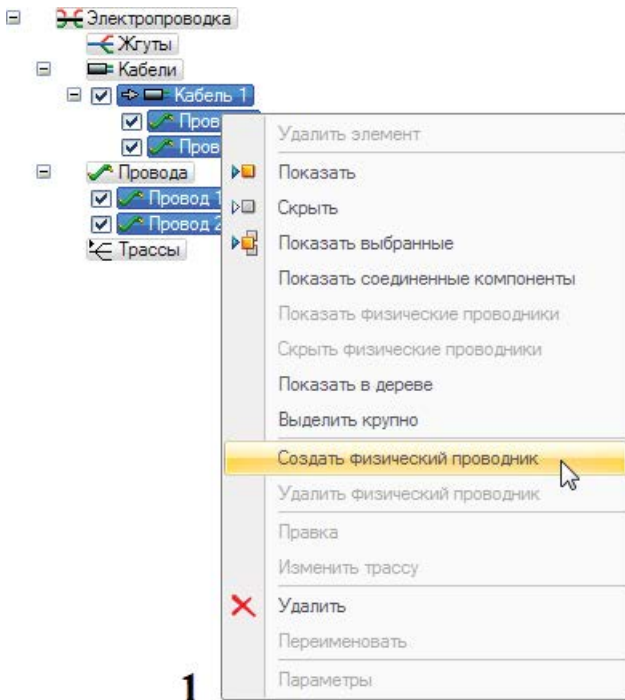


Рис. 2.12.19. Создание физических проводников

- команда **Удалить физический проводник** удаляет 3D-представление проводника, но оставляет сам проводник;
- команда **Правка** вновь вызывает команду создания выбранного элемента проводки, где можно обратиться к любому шагу создания элемента и изменить его параметры;
- команда **Изменить трассу** снова вызывает команду **Трасса**, где можно переопределить образующие ее точки;
- команда **Параметры** открывает окно параметров элемента (см. рис. 2.12.11, 3 и 2.12.14, 4).

Проверка минимального радиуса сгиба и зазора в отверстиях

Команды **Провод**, **Кабель** и **Жгут** проверяют построенные элементы проводки на минимальный радиус сгиба (задается в основных параметрах проводника, параметр **Минимальный радиус**) и зазор в отверстиях (в предопределенных параметрах, параметр **Зазор проводки в отверстиях**). При нарушении заданных условий в навигаторе у данного элемента электропроводки отображается соответствующий значок, а место нарушения в графическом окне выделяется красно-желтым кружком. При наведении курсора на элемент отображается подсказка по исправлению (рис. 2.12.20).

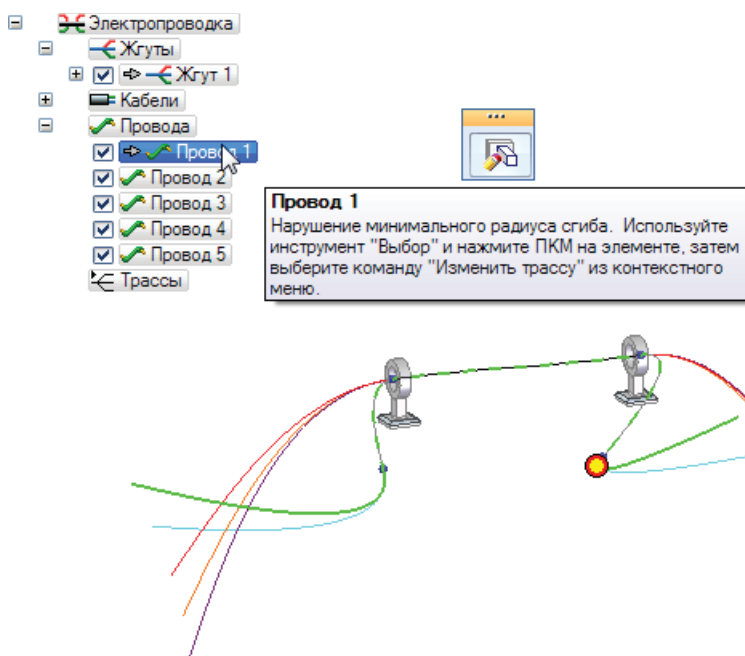


Рис. 2.12.20. Провод с нарушенным радиусом сгиба

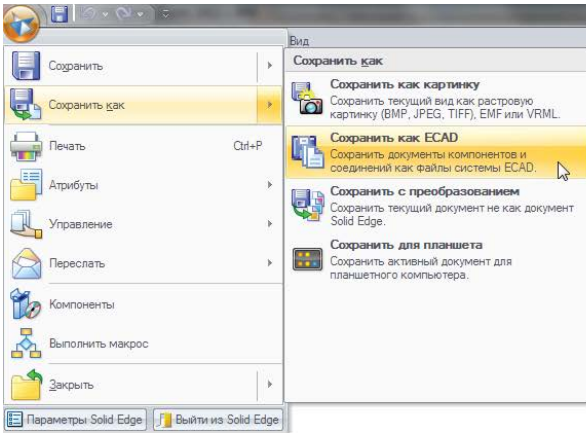
Экспорт данных электропроводки

С помощью команды **Сохранить как ECAD** можно сохранить информацию о компонентах и соединениях электропроводки для их дальнейшего использования в Solid Edge или ECAD-системах/электротехнических САПР. После выполнения команды (рис. 2.12.21, А) открывается окно (В), соответствующее первому шагу мастера электропроводки. Здесь в списке **Формат** необходимо выбрать формат представления данных в экспортируемом файле (соответствует файлу SEHarness.txt), а также указать путь и наименование документов компонентов и соединений. Нажатие на кнопку **Сохранить как** (С) открывает окно с выбором в проводнике имени файла и пути к нему для сохранения, а также типа файла (*.cmp, *.cmp_xml для компонентов и *.con, *.con_xml для соединений).

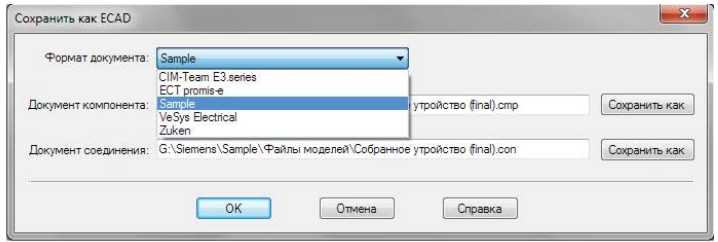
Данная возможность предназначена в первую очередь для передачи вычисленных в Solid Edge точных длин обрезки проводников в ECAD-систему/электротехническую САПР с целью подготовки рабочей конструкторской документации.

Отчеты об электропроводке

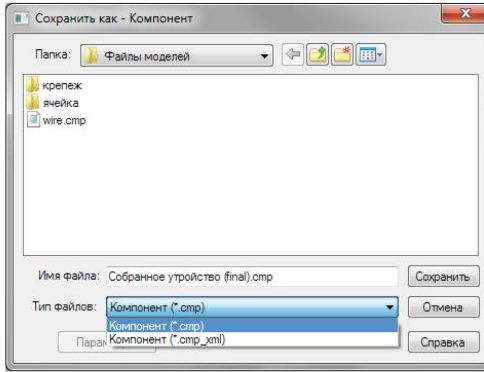
По результатам создания электропроводки можно создать отчет – таблицы, содержащие компоненты электропроводки и их соединения в сборке. Создание таблиц выполняется с помощью команды **Отчет об электропроводке** (Отчет об электропроводке), расположенной в группе команд **Помощники** на закладке **Сервис**. В рассматриваемом примере для этого необходимы следующие действия (рис. 2.12.22):



A

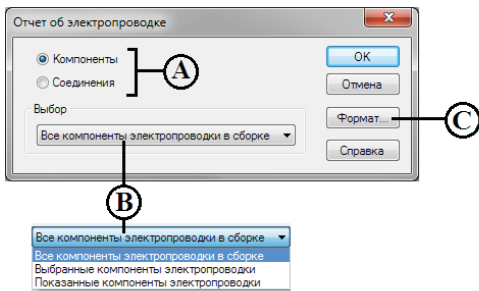


B

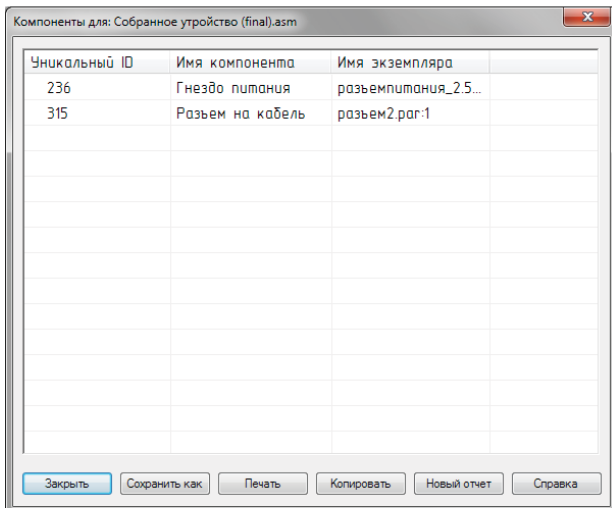
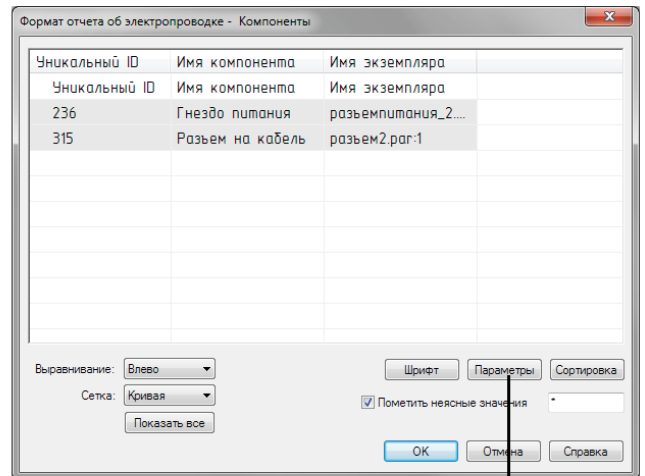


C

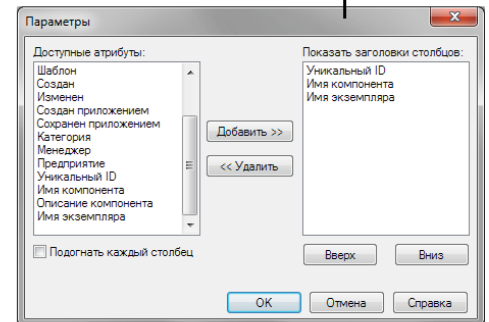
Рис. 2.12.21. Экспорт данных электропроводки с помощью команды Сохранить как ECAD



1



3



2

Рис. 2.12.22. Создание отчета об электропроводке (Компоненты)

- 1) выбрать команду **Отчет об электропроводке**; в открывшемся окне выбрать (A), таблицу каких элементов создавать – компонентов или соединений (рассмотрен пример для таблицы компонентов), здесь же в списке **Выбор** (B) указать, какие компоненты электропроводки включать в отчет – все, выбранные или показанные;
- 2) нажав кнопку **Формат** (C) и в открывшемся окне **Формат отчета об электропроводке – Компоненты**, просмотреть предварительный вид таблицы отчета и при необходимости настроить параметры – выравнивание, шрифт, показ сетки.

Если необходимо добавить в таблицу дополнительные столбцы, следует воспользоваться кнопкой **Параметры** (D), открыв окно со списком доступных атрибутов, которые можно перенести в список заголовков столбцов;

- 3) нажать кнопку **ОК** в окне формата; откроется окно созданного отчета, который можно сохранить в текстовом формате (с помощью команды **Сохранить как**), скопировать в буфер обмена (**Копировать**) или распечатать (**Печать**).

Содержимое ячеек таблицы отчета можно редактировать вручную, если это необходимо.

Работа с монтажным столом

Монтажный стол – это развертка на плоском столе 3D-представления электропроводки, взятой из сборки с выполненным проектом электропроводки. Помимо самой электропроводки в составе проводов, кабелей и жгутов, на монтажном столе могут размещаться виды разъемов, а также таблицы с данными проводников, контактов и дополнительной информацией.

Команды работы с монтажным столом доступны в среде **Чертеж** на вкладке **Диаграмма** в группах команд **Вид**, **Изменить** и **Таблицы** (рис. 2.12.23).

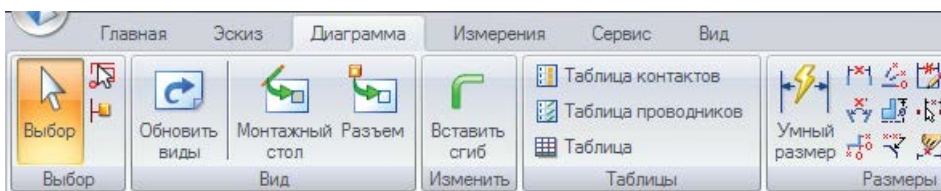



Рис. 2.12.23. Команды работы с монтажным столом в среде Чертеж

Создание видов монтажного стола

Чтобы развернуть пространственную электропроводку на плоскую поверхность монтажного стола, необходимо воспользоваться командой **Монтажный стол**  из группы **Вид**. Порядок работы с командой (рис. 2.12.25) будет рассмотрен на примере электропроводки, состоящей из нескольких проводов, объединенных в кабель и жгут (рис. 2.12.24):

- 1) выбрать команду **Монтажный стол**, в открывшемся окне выбрать файл сборки, содержащий электропроводку (в данном примере – harness.asm), нажать кнопку **Открыть**;

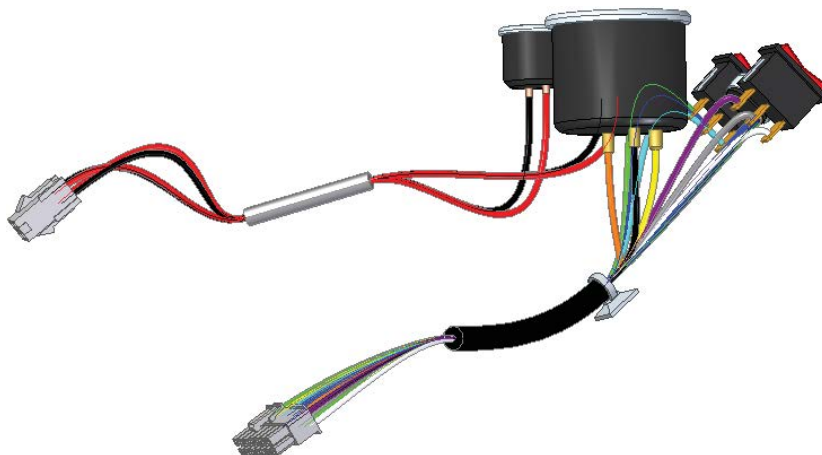


Рис. 2.12.24. Сборка индикаторной панели с электропроводкой

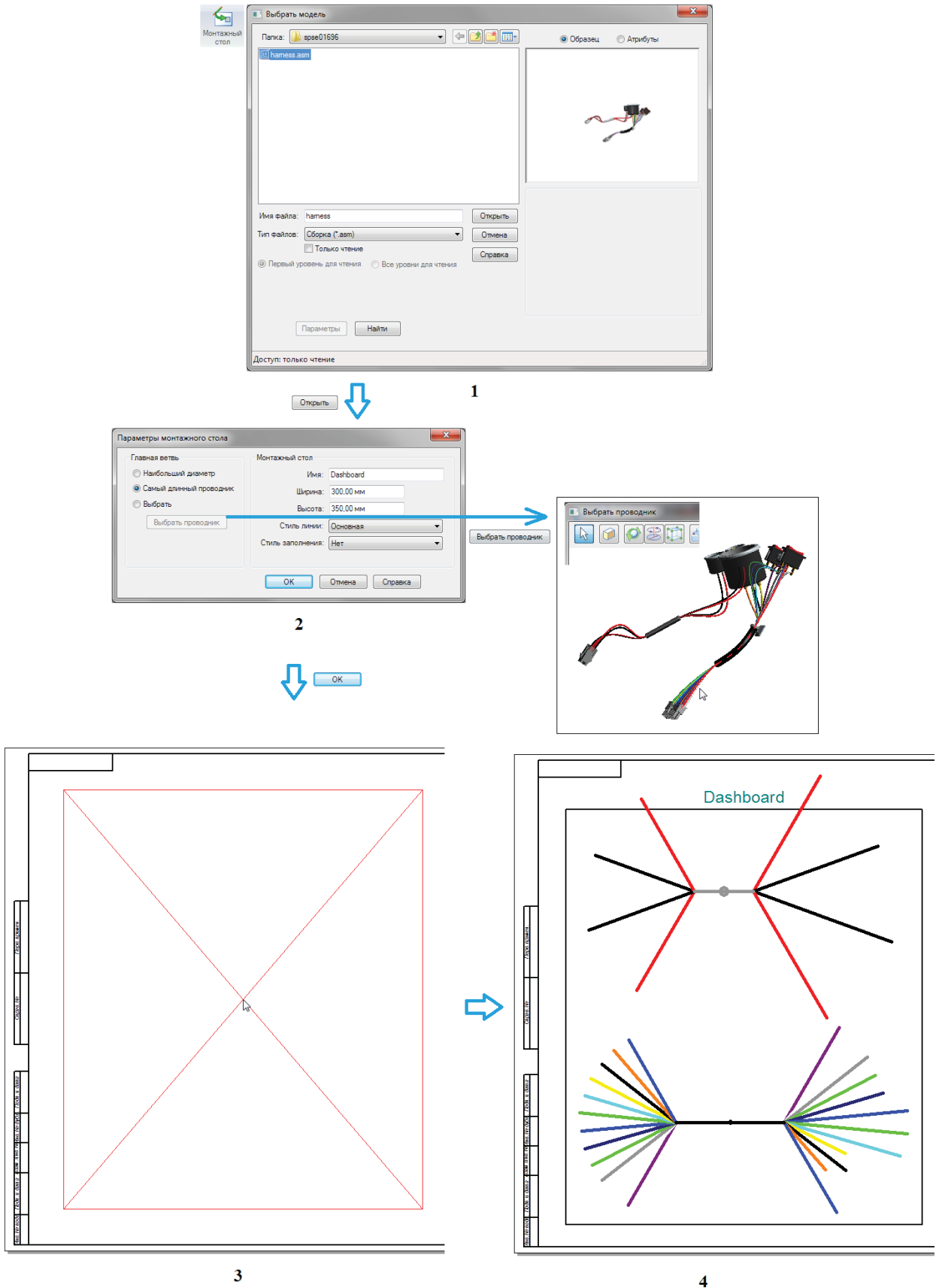


Рис. 2.12.25. Создание вида монтажного стола

- 2) в следующем окне **Параметры монтажного стола** настроить параметры развертки:
 - **Главный канал** – здесь определяется главный канал на монтажном столе, в качестве которого можно выбрать проводник с наибольшим диаметром, с наибольшей длиной, либо выбрать конкретный проводник в дополнительном окне **Выбрать проводник**;
 - **Монтажный стол** – здесь задается имя стола, отображаемое в качестве его заголовка; размеры прямоугольника стола (ширина и высота), а также стиль линии рамки и стиль заполнения фона прямоугольника стола;
- 3) нажать кнопку **ОК** и поместить центр прямоугольника стола в нужную точку на чертеже;
- 4) в результате на чертеже появится плоская развертка электропроводки в прямоугольнике монтажного стола.

Длина, цвет и толщина линий электропроводки на монтажном столе соответствуют атрибутам выполненного проекта электропроводки. Электропроводка помещается на монтажный стол в масштабе 1:1. Если электропроводка состоит из нескольких не связанных между собой ветвей (как в рассмотренном примере), то отдельные ветви выстраиваются на монтажном столе вертикально.

Монтажный стол обладает односторонней ассоциативностью – при изменении сборки и добавлении, удалении либо объединении отдельных элементов электропроводки вид монтажного стола соответственно изменяется.

Редактирование развернутой геометрии

К атрибутам монтажного стола можно обратиться в любой момент, выделив стол в пространстве чертежа щелчком ЛКМ (рис. 2.12.26). С помощью меню команды **Правка** можно скрыть/показать название стола (A), зафиксировать/разблокировать положение стола в пространстве чертежа (B), а также открыть окно атрибутов стола (C), где на закладке **Общие** настраиваются параметры, заданные ранее в окне **Параметры монтажного стола**, на закладке **Отображение** можно посмотреть атрибуты каждого элемента электропроводки и отключить/включить его отображение на столе с помощью флажка слева от наименования (обведено красным), на закладке **Название** – настроить показ имени монтажного стола.

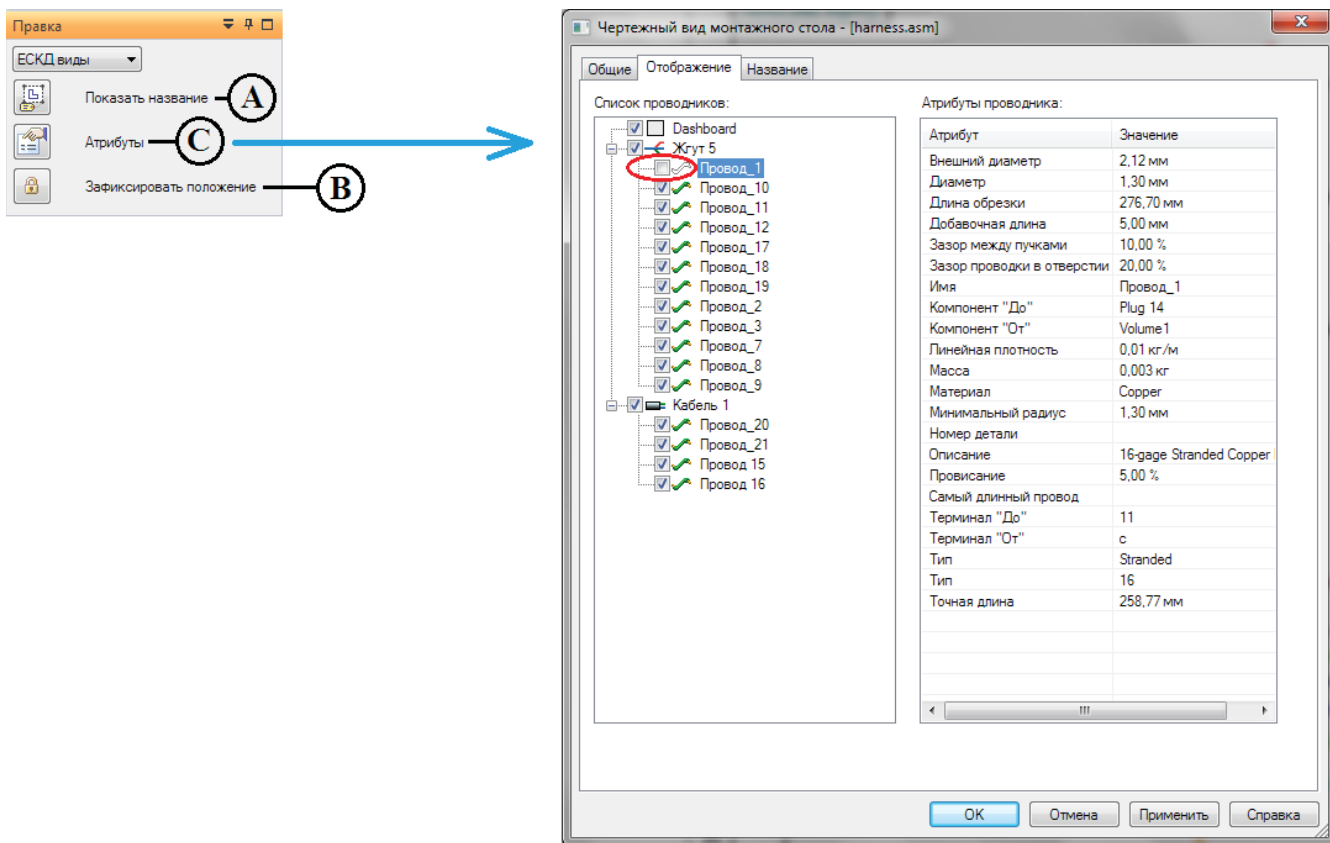


Рис. 2.12.26. Редактирование атрибутов вида монтажного стола

Если развернутая геометрия не вписывается в границы монтажного стола либо ее отображение отличается от требуемого, то положение геометрии можно изменить. Для этого существуют два способа:

- непосредственное перемещение геометрии с помощью выбора ЛКМ отдельного провода, кабеля или жгута и перетаскивания/поворота его в нужное положение, удерживая нажатой ЛКМ (рис. 2.12.27);

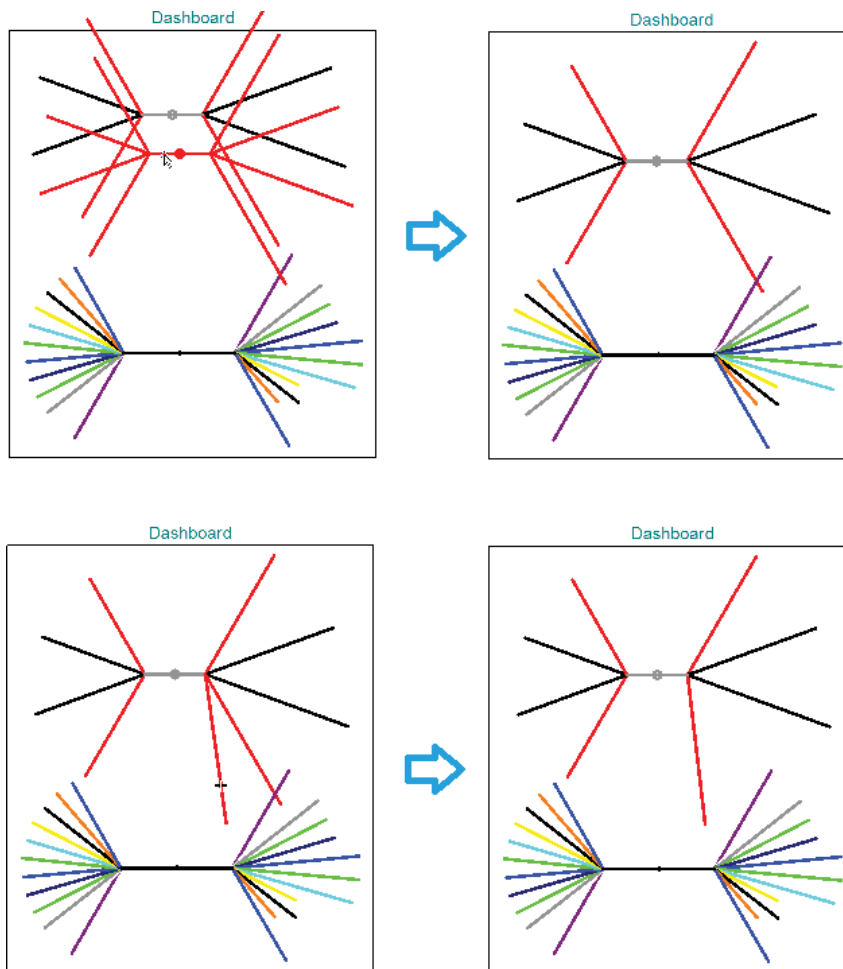



Рис. 2.12.27. Редактирование положения развернутой электропроводки с помощью мыши

- использование команды **Вставить сгиб** , с помощью которой линейный участок геометрии можно изогнуть с заданным радиусом и углом сгиба при сохранении общей длины проводника (рис. 2.12.28).

Работа с командой **Вставить сгиб** происходит следующим образом (на примере главной ветви – жгута):

- 1) выбрать положение сгиба на геометрии с помощью щелчка ЛКМ;
- 2) ввести значения радиуса (A) и угла сгиба (B) в соответствующих полях меню команды, а затем, перемещая мышью, установить направление сгиба (возможны 4 направления для главной ветви и 2 – для всех остальных проводников) и щелкнуть ЛКМ;
- 3) в указанной точке линейного участка будет вставлен сгиб; с помощью кнопки **Поменять** можно изменить направление сгиба;
- 4) в результате получен сгиб жгута.

Можно отредактировать выполненный сгиб, выделив его на чертеже щелчком ЛКМ и задав новые параметры в меню команды, нажав кнопку **Поменять** либо перетаскив мышью графические маркеры сгиба (рис. 2.12.29).

Перемещение развернутой геометрии происходит независимо от монтажного стола, то есть при ее перемещении мышью прямоугольник монтажного стола не перемещается. Но если вы переместите прямоугольник стола, то развернутая геометрия переместится вместе с прямоугольником.

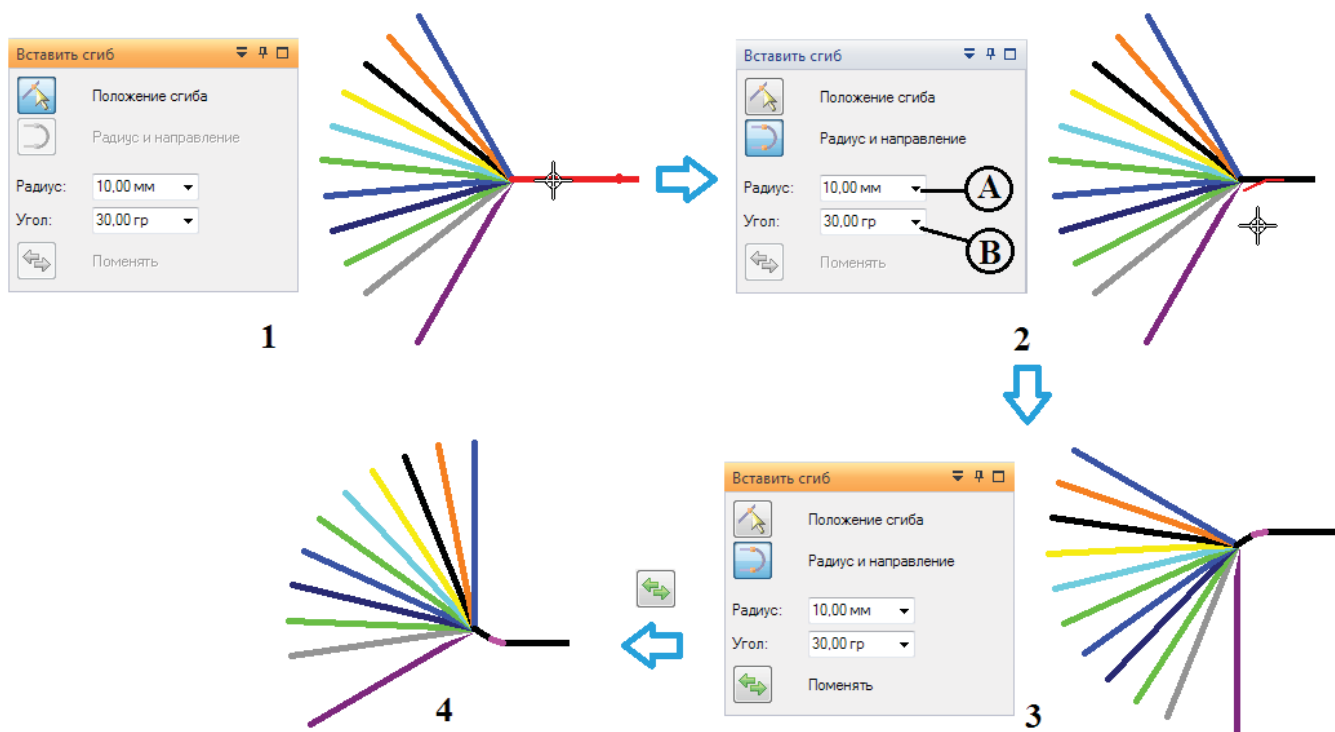


Рис. 2.12.28. Вставка сгиба с помощью команды Вставить сгиб

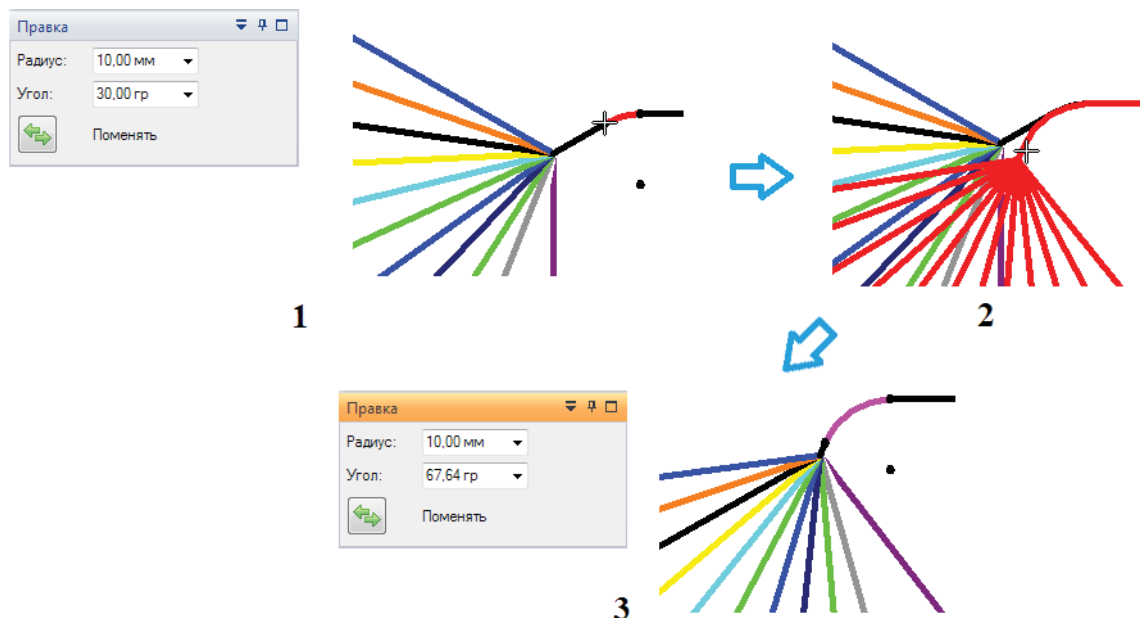



Рис. 2.12.29. Редактирование сгиба

На рис. 2.12.30 показана геометрия электропроводки, полностью вписанная в монтажный стол с помощью перемещения элементов и вставки сгибов.

Создание видов разъемов

С помощью команды **Разъем**  можно добавить на чертежный вид разъем, связанный с выбранной ветвью электропроводки. Этот вид является обычным чертежным видом с соответствующими атрибутами, которые можно изменять обычными средствами редактирования.

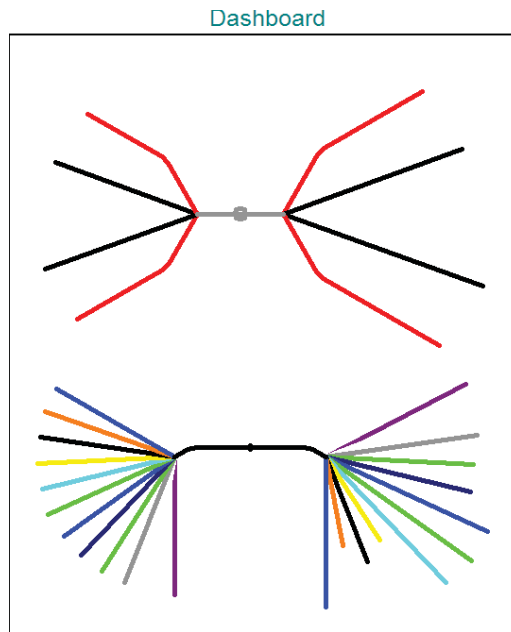


Рис. 2.12.30. Геометрия электропроводки, полностью вписанная в монтажный стол

Для размещения вида разъема 4-проводного кабеля в данном примере необходимо (рис. 2.12.31):

- 1) выбрать нужный проводник;
- 2) в двух окнах мастера чертежных видов задать необходимые параметры ориентации и отображения видов (одновременно можно разместить несколько видов разъема, находящихся в проекционной связи);
- 3) задать масштаб вида в параметрах меню команды **Разъем** и выбрать мышью точку центра размещения вида;
- 4) щелкнуть ЛКМ в выбранной точке; вид разъема отобразится на монтажном столе.

Вид разъема ассоциативен с ветвью, использованной для его создания.


Создание таблиц

На монтажном столе можно расположить таблицы с данными о контактах разъемов, проводниках, а также с другой необходимой информацией. Информация для таблиц извлекается из атрибутов электропроводки в сборке. Настройки таблиц по умолчанию в Solid Edge выполнены заранее в максимально возможном соответствии с ГОСТ, однако конструктор может самостоятельно редактировать наполнение таблиц по своему усмотрению: добавлять столбцы/строки, изменять порядок их следования, добавлять различную информацию по электропроводке или вставлять собственные данные. Отредактированный шаблон таблицы можно сохранить для дальнейшего использования, используя кнопку **Сохранить** на вкладке **Общие** в диалоговом окне **Параметры таблицы контактов** или **Параметры таблицы проводников**.

Таблица контактов

Таблица контактов представляет собой таблицу с данными по контактам выбранного разъема и проводам, подсоединенным к этим контактам. Типовая информация включает в себя (по столбцам):

- обозначение провода (**Обозначение**);
- наименование провода (**Наименование провода**);
- наименование разъема (**Разъем**);
- номер контакта (**Контакт**).

Чтобы создать таблицу контактов, необходимо воспользоваться соответствующей командой  **Таблица контактов** из группы **Таблицы**. Для созданного в рассматриваемом примере разъема порядок действий будет следующим (рис. 2.12.32):

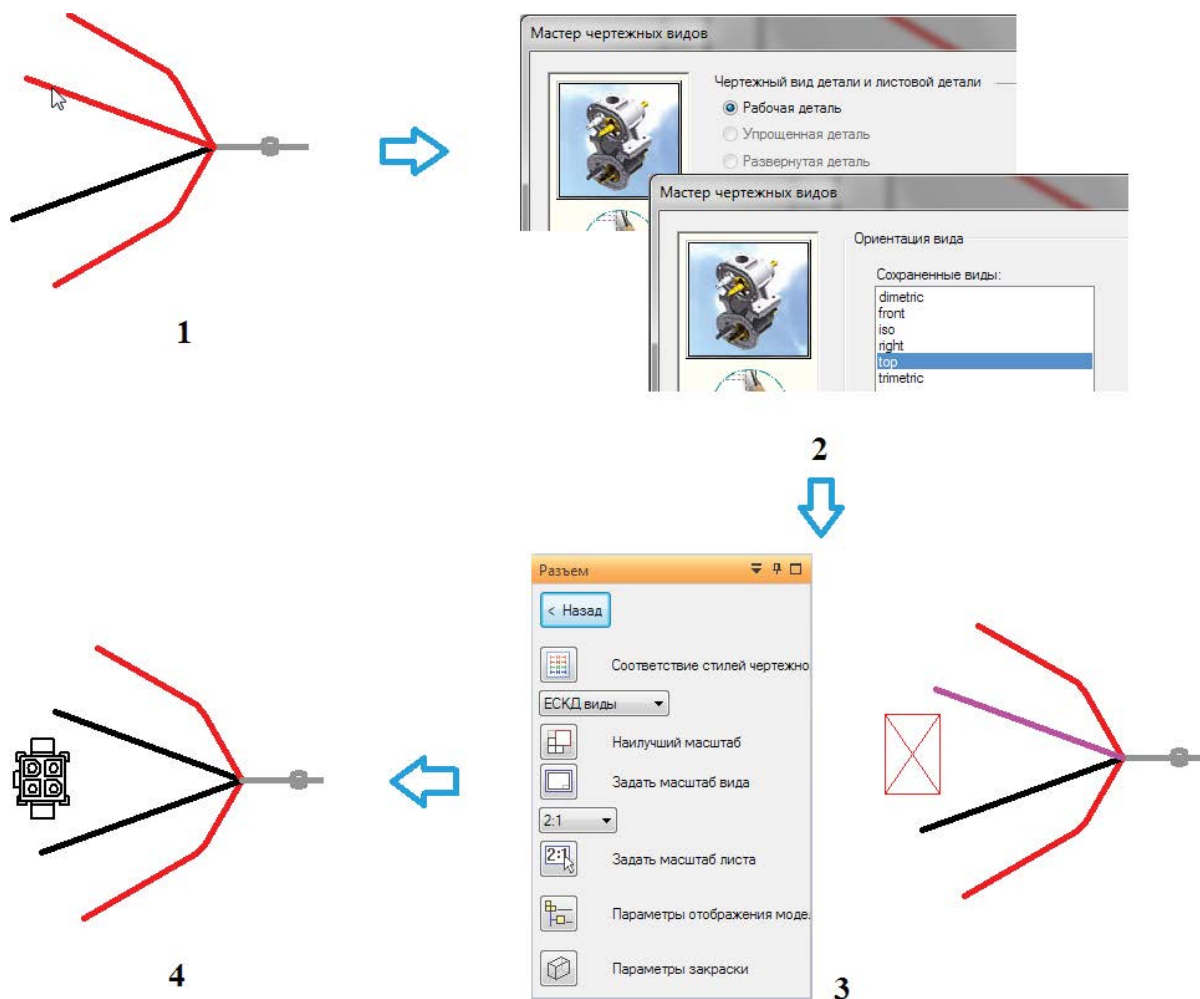


Рис. 2.12.31. Добавление вида разреза на монтажный стол с помощью команды Разъем

- 1) запустить команду **Таблица контактов**, выбрать нужный разъем щелчком ЛКМ;
- 2) если необходимо автоматически проставить позиции контактов на виде разреза, оставить включенным параметр **Автообозначение** (A) в меню команды; раскрыв список (B) у кнопки **Атрибуты** (C), выбрать ранее сохраненный шаблон настроек ГОСТ; нажать кнопку **Атрибуты** (C), если необходимо дополнительно настроить структуру, состав и отображение таблицы;
- 3) контур таблицы будет следовать за курсором мыши в графическом окне чертежа; щелкнуть ЛКМ, выбрав нужное место для размещения таблицы;
- 4) в результате в выбранной позиции размещается таблица контактов, а сами контакты разреза снабжаются выносками с номерами их позиций.

Таблица проводников

С помощью аналогичной команды **Таблица проводников** выполняется создание таблицы проводников, где в настройках, согласно ГОСТ, последовательно указывается (по столбцам):

- наименование элемента проводки (**Маркировка**);
- наименование детали **От** и ее терминала (**От устройства, Контакт**);
- наименование детали **До** и ее терминала (**К устройству, Контакт**);
- наименование провода (**Марка провода**);
- длина провода в миллиметрах (**Длина, мм**).

Таблица проводников создается для всего монтажного стола. Для рассматриваемого примера создание таблицы проводников выполняется следующим образом (рис. 2.12.33), показ ветви нижнего жгута отключен:

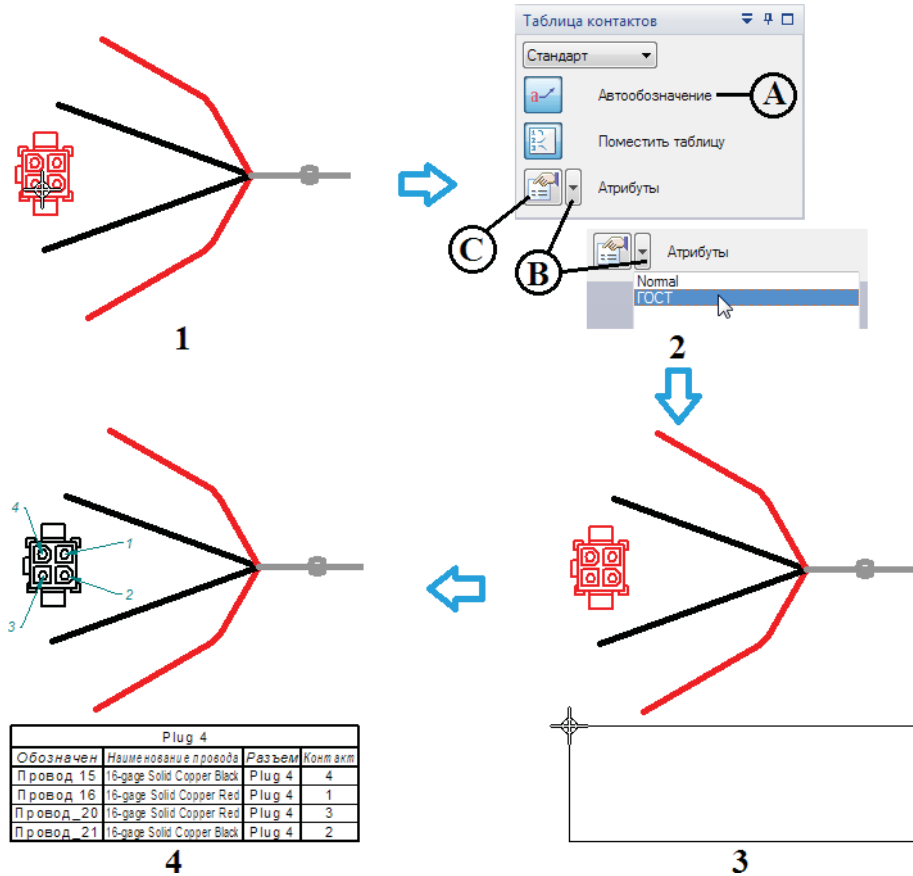


Рис. 2.12.32. Создание таблицы контактов

- 1) запустить команду **Таблица проводников**, выбрать монтажный стол щелчком ЛКМ;
- 2) раскрыв список (А) у кнопки **Атрибуты** (В), выбрать ранее сохраненные настройки ГОСТ; нажать кнопку **Атрибуты** (В), если необходимо дополнительно настроить структуру, состав и отображение таблицы;
- 3) контур таблицы будет следовать за курсором мыши в графическом окне чертежа; щелкнуть ЛКМ, выбрав нужное место для размещения таблицы;
- 4) в результате в выбранной позиции размещается таблица проводников.

С помощью команды **Таблица** **Таблица** можно составить пользовательскую таблицу, вручную создав ее структуру и заполнив необходимой информацией.

Таблицы проводников и контактов ассоциативно связаны с чертежным видом разъема и сборкой – если соответствующая сборка обновится, то таблицы станут неактуальными. Обновить таблицу можно, выделив ее в графическом окне чертежа и выбрав в контекстном меню команду **Обновить**.

2.13. Установка, настройка и администрирование САПР Solid Edge

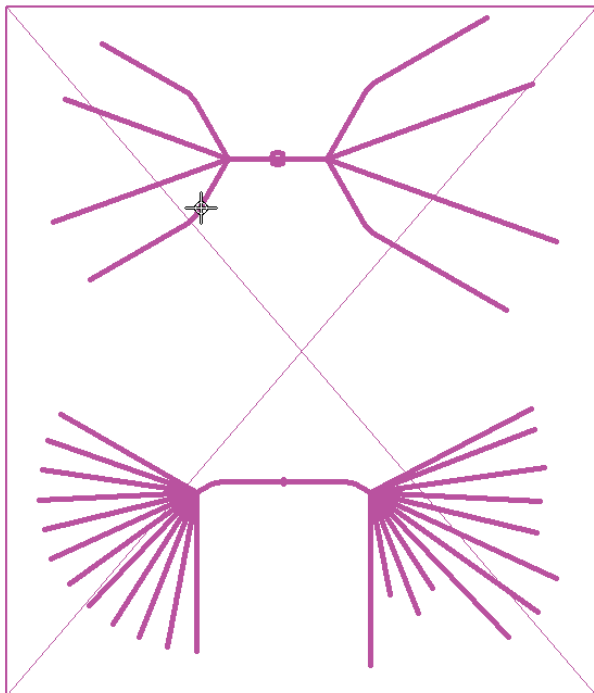
Аппаратные и программные требования к САПР Solid Edge. Установка системы в стандартном и сайлент-режиме. Утилита SEAdmin. Особенности лицензирования

Программные требования к системе

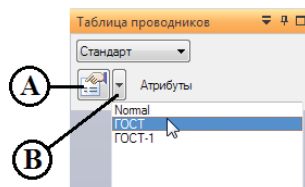
Система Solid Edge ST5 сертифицирована для работы на следующих платформах:

- Windows Vista Business или Vista Enterprise (32-битной или 64-битной) с Service Pack 2;
- Windows 7 Enterprise, Ultimate или Professional (32-битной или 64-битной) с Service Pack 1;

Dashboard



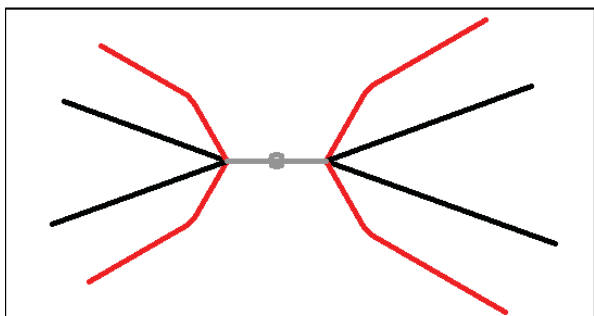
1



2



Dashboard

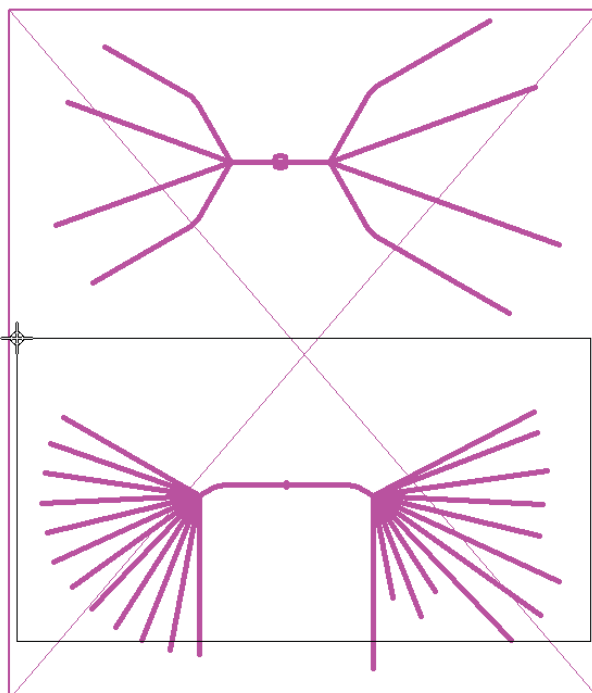


4

Маркировка	От	Конта	К устройству	Конта	Марка провода	Длина
Жгут 5					None	110.81 mm
Провод_1	Volume1	c	Plug 14	11	16-gage Stranded Copper Blue	276.70 mm
Провод_10	G1	positive	Plug 14	9	16-gage Stranded Copper Orange	240.49 mm
Провод_11	G1	negative	Plug 14	5	16-gage Stranded Copper Black	253.00 mm
Провод_12	G1	signal	Plug 14	13	16-gage Stranded Copper Yellow	245.94 mm
Провод_17	SW-1	Closed	Plug 14	12	16-gage Stranded Copper Cyan	291.31 mm
Провод_18	SW-1	Open	Plug 14	14	16-gage Stranded Copper Green	295.41 mm
Провод_19	SW-1	Common	Plug 14	10	16-gage Stranded Copper Blue	293.92 mm
Провод_2	Volume1	a	Plug 14	6	16-gage Stranded Copper Dk. Blue	275.78 mm
Провод_3	Volume1	b	Plug 14	2	16-gage Stranded Copper Green	274.40 mm
Провод_7	SW-1	Common	Plug 14	3	16-gage Stranded Copper Gray	277.59 mm
Провод_8	SW-1	Closed	Plug 14	1	16-gage Stranded Copper White	278.49 mm
Провод_9	SW-1	Open	Plug 14	8	16-gage Stranded Copper Dk. Magenta	282.29 mm
Кабель 1					22-15-gage Stranded Copper Gray	285.59 mm
Провод_15	Plug 4	4	G2		16-gage Solid Copper Black	273.70 mm
Провод_16	Plug 4	1	G2		16-gage Solid Copper Red	276.39 mm
Провод_20	Plug 4	3	G3	left	16-gage Solid Copper Red	280.89 mm
Провод_21	Plug 4	2	G3	right	16-gage Solid Copper Black	280.32 mm



Dashboard



3

Рис. 2.12.33. Создание таблицы проводников

- Internet Explorer 7 и выше (может не быть стандартным обозревателем, установка на ПК без установленного IE невозможна).

Начиная с версии ST5, Solid Edge не поддерживает работу в ОС Windows XP. Версия ST6 не будет поддерживать Windows Vista.

Аппаратные требования к системе

Минимальная и рекомендуемая конфигурации

Ниже приведена минимальная и, в скобках, рекомендуемая аппаратная конфигурация ПК для Solid Edge ST5:

- 32-разрядный (x86) или 64-разрядный (x64) процессор;
- любая указанная выше операционная система (Windows 7);
- 2 (4 и больше) Гб оперативной памяти;
- 65К цветов (True Color, 32-битный или 16 млн цветов, 24-битный);
- разрешение экрана: 1280×1024 или выше (рекомендуется широкоэкранный формат);
- 3 Гб дискового пространства для установки.

Процессоры

САПР Solid Edge поставляется в 32- и 64-битных версиях, последние требуют установки на 64-битные версии перечисленных выше ОС и использования процессоров Intel EM64T или AMD64.

Solid Edge поддерживает только процессоры с набором инструкций SSE2 (AMD начиная с Athlon 64, Intel начиная с Pentium IV).

Графическая подсистема

Хотя Solid Edge работает с драйверами любых видеокарт, поддерживающих работу в сертифицированных ОС, рекомендуется использовать профессиональный графический адаптер для CAD-приложений и соответствующий драйвер из рекомендованного списка, с которым можно ознакомиться по адресу <http://support.industrysoftware.automation.siemens.com/certification/index.shtml>.

Для работы с большими сборками или сложными деталями рекомендуется графический адаптер с не менее чем 256 Мб графической памяти.

Ленточное меню оптимизировано для широкого экрана с горизонтальным разрешением не менее 1920 точек. Широкоэкранный раскладку ленточного меню устанавливается, начиная с горизонтального разрешения не менее 1600 точек.

Дисковая подсистема

В общем случае размер файла подкачки должен вдвое превышать размер оперативной памяти плюс размер используемых файлов.

Установка системы

Перед установкой системы рекомендуется отключить контроль учетных записей пользователей (UAC) в Windows 7/Vista, так как он нарушает правильную установку и удаление Solid Edge.

После вставки в привод DVD-ROM установочного диска с дистрибутивом Solid Edge запускается оболочка-навигатор по программным продуктам autostart.exe (рис. 2.13.1), которая позволяет, помимо установки самой САПР, установить дополнительные приложения – Справочник инженера, Администратор стандартных деталей, Преобразование данных и прочее, а также три клиентских приложения PDM: Insight Client, Insight XT Client и Teamcenter Client.

Установка с помощью мастера установки

Щелчок по наименованию Solid Edge в окне оболочки запускает стандартный мастер установки приложений Windows. В появившемся окне мастера (рис. 2.13.2) следует выбрать стандарт моделирования ESKD, в который входят соответствующие стандартам ESKD стили размеров, обозначений, линий, текста и прочего, а также шаблоны чертежей с основными надписями. В Solid Edge ST6 стандарт ESKD (ЕСКД) выбран по умолчанию.

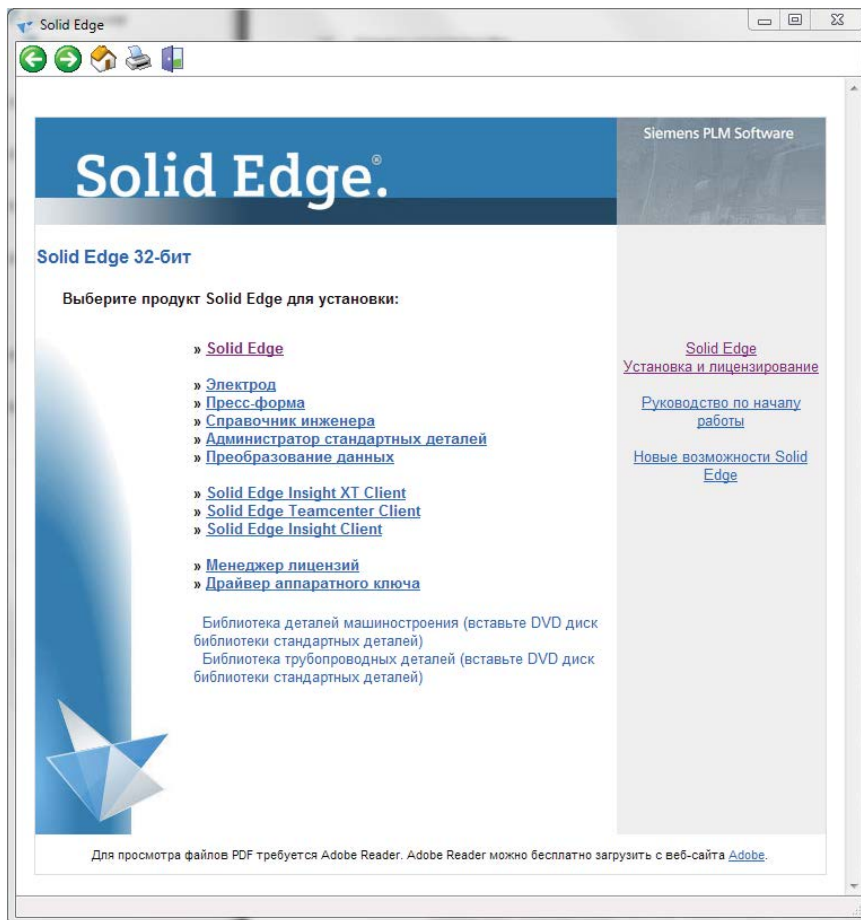


Рис. 2.13.1. Оболочка-навигатор по установке Solid Edge и дополнительных приложений

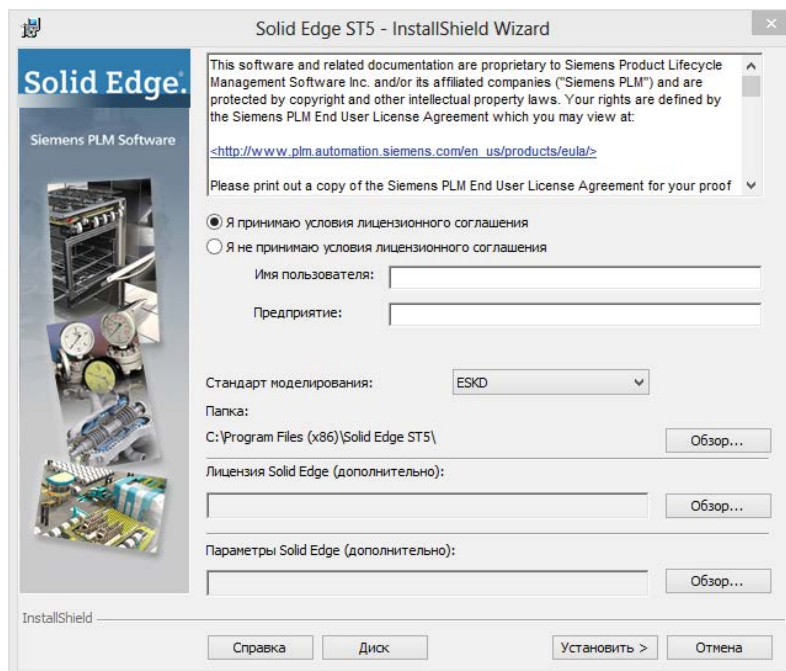


Рис. 2.13.2. Главное окно мастера установки Solid Edge

Здесь же в соответствующих полях необходимо задать имя пользователя и предприятие, выбрать путь для установки Solid Edge (если необходимо установить САПР в папку, отличную от предлагаемой по умолчанию), а также указать путь к файлу лицензии и подготовленному файлу настроек Solid Edge (см. ниже). Также необходимо принять лицензионное соглашение. Лицензировать ПО и применить файл настроек можно и по завершении установки.

Далее мастер производит установку Solid Edge и завершает работу.

Сайлент-установка (без дополнительных запросов)

Solid Edge можно установить в сайлент-режиме без диалога с пользователем, используя следующую команду:

```
C:\>msiexec /i "...Solid Edge ST5.msi" MYTEMPLATE=2 USERFILESPECXML="...\Options.xml" USERFILESPEC="...\selicense.dat"
INSTALLDIR="..." /qn+ /! *v "...\mysilentsetup.log"
```

Здесь вместо символов «...» нужно вписать путь к соответствующим файлам. Ниже в табл. 2.13.1 представлено описание атрибутов сайлент-установки.

Таблица 2.13.1. Атрибуты сайлент-установки

Атрибут	Описание
MYTEMPLATE	Тип файлов устанавливаемых шаблонов. При отсутствии этого атрибута устанавливаются файлы шаблонов ISO. Для шаблонов по ЕСКД значение атрибута равно 7
INSTALLDIR	Путь к папке установки Solid Edge
USERFILESPECXML	Путь к заранее подготовленному файлу настроек Solid Edge (по умолчанию – Options.xml). Файл копируется в папку Program и обрабатывается в конце установки
USERFILESPEC	Путь к файлу лицензии. Файл копируется в папку Solid Edge Program в конце установки
/qn+	Задаёт режим установки без интерфейса пользователя и предупреждает о завершении установки. Если этот параметр не задан, то запустится мастер установки с заданными значениями и полями
! *v	Задаёт режим создания файла журнала для регистрации важных сообщений и предупреждений и записи его в заданную папку

Следует отметить, что для работы Библиотеки стандартных деталей Solid Edge требуется установка Microsoft SQL Server 2008 Express, который автоматически устанавливается в режиме мастера установки и не устанавливается в сайлент-режиме. Установку необходимо произвести вручную.

Утилита SEAdmin и файл настроек Options.xml

С помощью данной утилиты можно заранее, еще до установки, подготовить параметры Solid Edge, записать их в специальный файл настроек (по умолчанию – файл Options.xml в папке Program, но можно создать файл со своим именем и расположением) и затем указывать путь к данному файлу при установке в режиме мастера или в сайлент-режиме. Это существенно облегчает работу системного администратора по ведению корпоративной политики предприятия, в рамках которой необходимо устанавливать несколько идентичных конфигураций рабочих мест и следить за поддержанием единства их конфигураций. В этом случае сам файл настроек и все упоминаемые в нем ресурсы Solid Edge (шаблоны, стандартные изделия, файлы настроек и прочее) должны располагаться в сетевой папке, доступ к которой обеспечен для всех рабочих мест. Прописанные в файле настроек пути к этим ресурсам должны указывать на данную папку.

Файл Options.xml невозможно создать в процессе установки Solid Edge – его необходимо подготовить заранее на рабочем месте, где уже установлен Solid Edge. Для этого необходимо:

- скопировать утилиту SEAdmin, которая располагается на диске с дистрибутивом в папке <Путь к дистрибутиву>\Solid Edge\SptTools\SEAdmin, в папку Program локальной установки Solid Edge;
- запустить файл SEAdmin.exe с правами администратора; при первом запуске без параметров откроется документ без названия со всеми настройками, сделанными по умолчанию;
- подготовить все настройки, прописать пути к сетевой папке;
- сохранить файл под именем Options.xml или другим именем в подготовленную сетевую папку с помощью команды меню **Сохранить как**; расположение файла может быть указано в виде URL, UNC или разделяемого сетевого ресурса.

На рис. 2.13.3 показано окно утилиты SEAdmin.

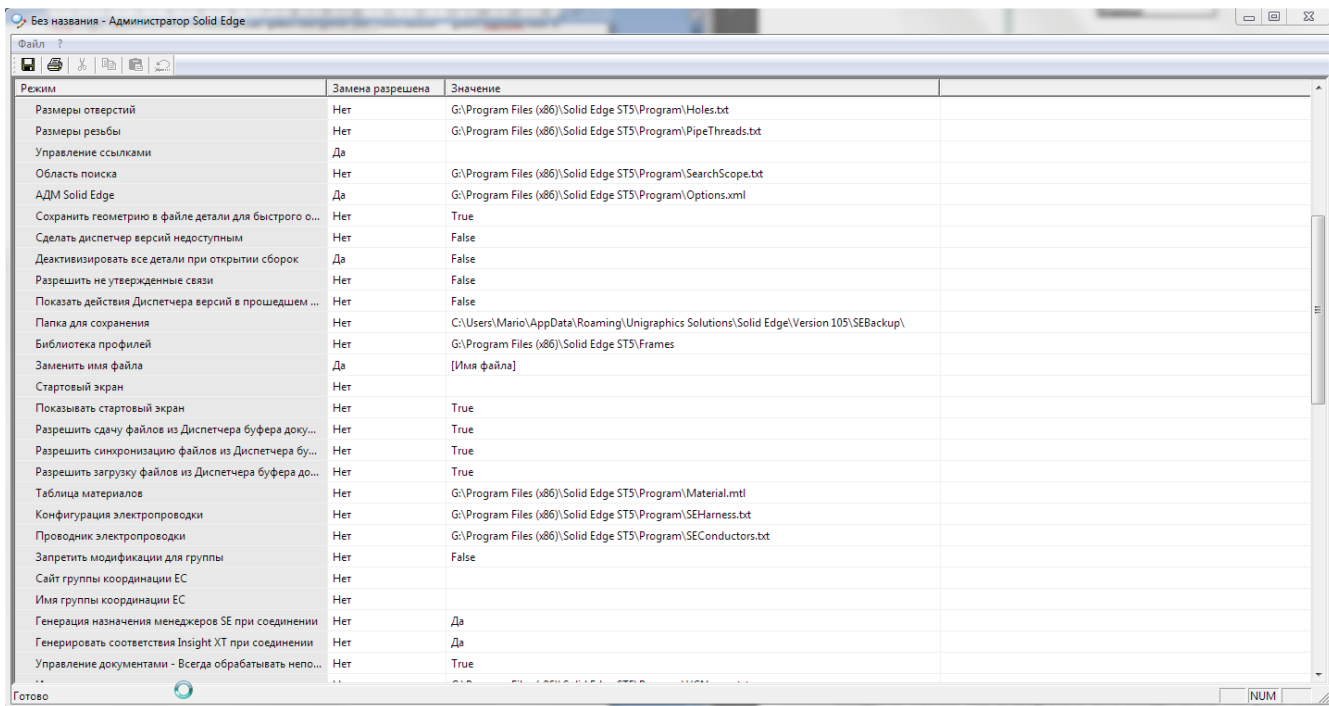


Рис. 2.13.3. Окно утилиты SEAdmin

Поле **Замена разрешена** позволяет разрешить или запретить пользователям переопределять параметр: если задано значение **Нет**, то пользователи не смогут изменить его значение в Solid Edge.

При необходимости можно создавать и редактировать несколько файлов конфигураций, пользуясь стандартными командами меню **Создать**, **Открыть**, **Сохранить** и **Сохранить как**.

Параметр **АДМ Solid Edge** отвечает за расположение файла настроек Options.xml.

Большое количество настроек Solid Edge записано в обычных текстовых файлах и подходит для ручного редактирования с помощью приложения **Блокнот** Windows. В частности, это относится к файлам, располагающимся в папке Program: шаблону атрибутов документа (propseed.txt), параметрам отверстий (Holes.txt), параметрам проводки (SEHarness.txt и SEConductors.txt), наименованиям виртуальных компонентов (VCNames.txt), именам конфигураций (ConfigNames.txt), таблицам допусков ANSI и ISO (SE-LimitsAndFitsTableANSIMetric.txt и SE-LimitsAndFitsTableISO.txt) и другим настроечным файлам.

Из самой среды Solid Edge также можно настроить расположение этих файлов – для этого существует вкладка **Расположение файлов** окна **Параметры Solid Edge**, вызываемого с помощью кнопки приложения. Для различных сред (например, **Деталь**, **Сборка**, **Чертеж**) набор файлов будет несколько различаться. На рис. 2.13.4 приведен пример этого окна для среды **Деталь**.

Для изменения пути к файлу необходимо два раза щелкнуть ЛКМ на его строке либо выделить строку и нажать кнопку **Изменить**.

Кнопки **Восстановить** и **Восстановить все** восстанавливают стандартные значения путей для выбранного файла и для всех файлов соответственно.

Для ряда команд, имеющих большое количество настроечных параметров, существует возможность записи часто используемого набора параметров в файл для облегчения последующего их ввода. Например, заданные в окне **Параметры отверстия** команды **Отверстие** настройки можно сохранить в специальном файле Custom.xml (путь к которому также можно прописать с помощью утилиты SEAdmin или из самой САПР с помощью нажатия кнопки **Сохранить** (рис. 2.13.5). При последующем вызове команды **Отверстие** можно быстро вызвать сохраненный набор настроек из списка **Настройки**.

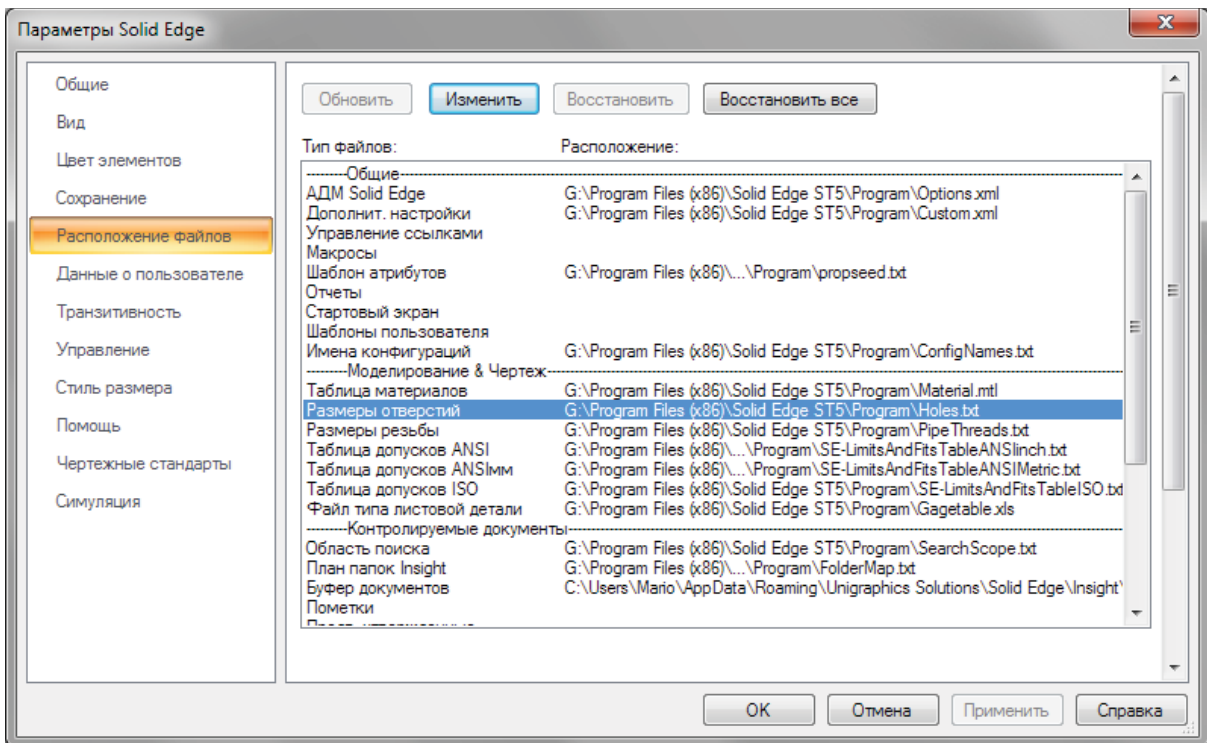


Рис. 2.13.4. Параметры расположения файлов для среды Деталь в окне Параметры Solid Edge

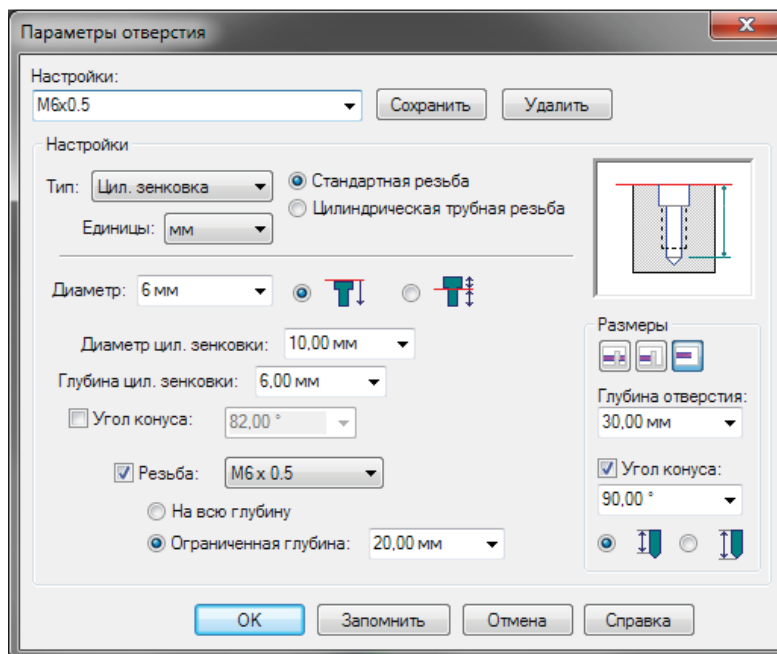


Рис. 2.13.5. Окно Параметры отверстия команды Отверстие

Лицензирование

Использование Solid Edge возможно только после прохождения процедуры лицензирования. Существуют два типа коммерческих лицензий Solid Edge: фиксированные (привязанные к конкретному ПК с помощью идентификатора) или плавающие (управляемые сервером лицензий с аппаратным ключом либо с привязкой к физическому адресу сетевого адаптера сервера лицензий – MAC-адресу). Для учебных целей предлагаются специальные учебные лицензии Solid Edge:

- Academic – для студентов;
- AcademicU – для университетов или аудиторных занятий (включают дополнительно Solid Edge Insight и Solid Edge Embedded Client).

Для учебных лицензий не требуется аппаратного ключа или сервера лицензий, а необходим 12-значный ключ лицензии, который напечатан на внутренней обложке коробки DVD-диска. Учебная версия идентична коммерческой со следующими ограничениями:

- при печати чертежей выводится надпись «Solid Edge Academic Copy»;
- файлы, сохраненные в учебной версии Solid Edge, можно открыть только в учебной версии Solid Edge.

Если хотя бы один раз сохранить в учебной версии Solid Edge файл, созданный в коммерческой версии, его больше невозможно будет открыть ни под одной из лицензий Solid Edge, кроме учебной.

Процедура лицензирования учебной версии следующая:

- 1) запустить приложение **Программа лицензирования**, выполнив **Пуск – Программы – Solid Edge ST5 – Лицензии – Программа лицензирования**;
- 2) в левой части окна программы лицензирования выбрать **Академический код**;
- 3) в поле **Ключ лицензии** ввести номер лицензии, который напечатан на внутренней обложке коробки DVD-диска, и нажать **ОК**;
- 4) файл лицензии SELicense.dat будет создан и записан по умолчанию в папку Program;
- 5) в окне программы лицензирования нажать **ОК** для завершения лицензирования.

Более подробную информацию о лицензировании можно найти в файле ssetup.pdf, расположенном в папке **Solid Edge** дистрибутива.

Заключение

В данном учебном пособии рассмотрены базовые вопросы конструкторского проектирования изделий приборостроения, позволяющие студенту получить практические навыки создания моделей деталей и сборочных единиц и разработки конструкторской документации в САПР Solid Edge. Освоив материал пособия, студент также сможет вести параллельное проектирование электронной и механической частей создаваемого изделия, организовывать обмен данными с другими САПР, в том числе с системами проектирования электрических соединений и печатных плат, работать с большими сборками, реализовывать восходящее и нисходящее проектирование.

Коллектив авторов надеется, что изложенный в пособии материал оказался понятным и полезным на практике, и желает всем читателям творческих и профессиональных успехов в деле освоения и применения САПР Solid Edge.

Литература

1. Product Lifecycle Management [Электронный ресурс] // Деловой портал TAdviser. – URL: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Product_Lifecycle_Management (дата обращения: 04.03.2014).
2. Raymond Kurland. Новая версия Solid Edge с синхронной технологией от Siemens PLM Software изменит подход к твердотельному моделированию [Электронный ресурс] // CAD/CAM/CAE Observer. – 2008. – № 5 (41). Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. – URL: http://www.cadcamcae.lv/hot/SE_n41_p46.pdf (дата обращения: 04.03.2014).
3. Solid Edge расширяет использование синхронной технологии. Collaborative Product Development Associates, LLC. [Электронный ресурс] // Сайт компании Siemens PLM Software. Май, 2009. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. – URL: http://media.plm.automation.siemens.com/ru_ru/blog/sest2/ru_ru_solid_edge_broadens_use_synchronous_technology.pdf (дата обращения: 04.03.2014).
4. Solid Edge с синхронной технологией – революция в области САПР [Электронный ресурс] // САПР и графика. – 2008. – № 9. – URL: <http://sapr.ru/article.aspx?id=19526&iid=902> (дата обращения: 04.03.2014).
5. Teamcenter [Электронный ресурс] // Деловой портал TAdviser. – URL: <http://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:Teamcenter> (дата обращения: 04.03.2014).
6. Teamcenter: оптимальные решения для создания лучших изделий благодаря управлению изделием на всех этапах его жизненного цикла [Электронный ресурс] // Сайт компании Siemens PLM Software. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. – URL: http://www.plmclub.ru/sites/default/files/broshures/4680_tcm802-79817.pdf (дата обращения: 04.03.2014).
7. Глинских А. Мировой рынок CAD/CAM/CAE-систем [Электронный ресурс] // Компьютер-Информ. – 2002, 21 января – 03 февраля. – № 1 (117). – URL: http://www.ci.ru/inform01_02/p_22-23.htm (дата обращения: 04.03.2014).
8. ГОСТ 2.052–2006. Электронная модель изделия. Общие положения [Электронный ресурс] // База нормативных документов Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. – URL: <http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=128904> (дата обращения: 04.03.2014).
9. ГОСТ 2.053–2006. Электронная структура изделия. Общие положения [Электронный ресурс] // База нормативных документов Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. – URL: <http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=128979> (дата обращения: 04.03.2014).
10. ГОСТ 23501.108–85 Системы автоматизированного проектирования. Классификация и обозначение [Электронный ресурс] // База нормативных документов Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. – URL: <http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=142365> (дата обращения: 04.03.2014).
11. ГОСТ Р ИСО 10303-1–99 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 1. Общие представления и основополагающие принципы [Электронный ресурс] // База нормативных документов Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. – URL: <http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=131964> (дата обращения: 04.03.2014).
12. Государственные стандарты Российской Федерации серий ГОСТ Р ИСО 10303 и ГОСТ Р ИСО 13584 (Системы автоматизации производства и их интеграция) [Электронный ресурс] // Сайт НИЦ «Прикладная логистика». – URL: <http://www.cals.ru/standards/standardization/standards/> (дата обращения: 04.03.2014).
13. Грозовский Г. И., Таллер С. Л. Стандарты ЕСКД – нормативно-информационная основа построения автоматизированных систем проектирования и производства (САПР, CAD/CAM и др.) [Электронный ресурс] // Сайт Лаборатории 18 Института проблем управления Российской академии наук. – URL: <http://lab18.ipu.ru/projects/conf2008/2/1.htm> (дата обращения: 04.03.2014).
14. Дубова Н. PLM на пороге зрелости [Электронный ресурс] // Открытые системы. – 2011. – № 5. – URL: <http://www.osp.ru/os/2011/05/13009419/> (дата обращения: 04.03.2014).
15. Зинченко Л. А. САПР наносистем: учеб. пособие / Л. А. Зинченко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. – 224 с.: ил.
16. Зыков О. Промышленная автоматизация: движение от САПР к PLM [Электронный ресурс] // Электронная библиотека портала CITForum.ru, 2005. – URL: <http://citforum.ru/consulting/articles/plm/> (дата обращения: 04.03.2014).
17. Какие САПР вы выбираете: 2D или 3D? [Электронный ресурс] // Сайт компании NS Labs. – URL: http://www.nslabs.ru/articles/?child_id=4 (дата обращения: 04.03.2014).
18. Классификация систем САПР [Электронный ресурс] // Центр измерительных технологий и промышленной автоматизации МГУ им. М. В. Ломоносова. – URL: <http://www.automationlabs.ru/index.php/sw/135-2008-06-24-22-10-27> (дата обращения: 04.03.2014).
19. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры: учеб. для вузов / К. И. Билибин, А. И. Власов, Л. В. Журавлева и др., под общ. ред. В. А. Шахнова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. – 568 с.: ил.

20. Малюх В. CIMdata оценивает PLM-рынок в 2010 году и дает оптимистичные прогнозы [Электронный ресурс] // Проект isicad. 24.04.2011. – URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14382 (дата обращения: 04.03.2014).
21. Малюх В. Форматы данных: кто виноват и как с этим бороться? [Электронный ресурс] // Проект isicad. 05.02.2011. – URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14227 (дата обращения: 04.03.2014).
22. Малюх В. Что такое PLM?.. [Электронный ресурс] // Проект isicad. 15.01.2007. – URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=12051 (дата обращения: 04.03.2014).
23. Молочник В. И., Тремба В. Ю., Яблочников Е. И. Об использовании PLM-решений на ранних этапах проектирования новых изделий [Электронный ресурс] // САПР и графика. – 2006. – № 8. – URL: <http://sapr.ru/article.aspx?id=16370&iid=768> (дата обращения: 04.03.2014).
24. Молочник В. И., Тремба В. Ю., Яблочников Е. И. Об использовании PLM-решений на ранних этапах проектирования новых изделий [Электронный ресурс] // САПР и графика. – 2006. – № 8. – URL: <http://sapr.ru/article.aspx?id=16370&iid=768> (дата обращения: 04.03.2014).
25. Норенков И. П., Кузьмик П. К. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. – М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 319 с.: ил.
26. Продукты Siemens PLM Software [Электронный ресурс]: Библиотека материалов Velocity Series // Сайт компании Siemens PLM Software. – URL: http://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/products/velocity/library.shtml (дата обращения: 04.03.2014).
27. Продукты Siemens PLM Software [Электронный ресурс]: Библиотека материалов NX // Сайт компании Siemens PLM Software. – URL: http://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/products/nx/library.shtml (дата обращения: 04.03.2014).
28. Продукты: Teamcenter [Электронный ресурс] // Сайт ООО «ПЛМ Урал». – URL: <http://www.plmclub.ru/products/teamcenter> (дата обращения: 04.03.2014).
29. Синхронная технология – революция моделирования от Siemens PLM Software [Электронный ресурс] // CAD/CAM/CAE Observer. – 2008. – № 4 (40). Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. – URL: http://www.cadcamcae.lv/hot/Siemens_PLM_n40_p26.pdf (дата обращения: 04.03.2014).
30. Синхронная технология и дерево построения [Электронный ресурс] // САПР и графика. – 2010. – № 12. – URL: <http://www.sapr.ru/article.aspx?id=21897&iid=999> (дата обращения: 04.03.2014).
31. Технологии САПР и некоторые общепринятые сокращения [Электронный ресурс] // Сайт Техноцентра компьютерного инжиниринга на базе Уральского государственного технического университета. – URL: <http://cae.ustu.ru/cont/soft/plm.htm> (дата обращения: 04.03.2014).
32. Тороп Д. Н., Терликов В. В. Teamcenter. Начало работы. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 280 с.: ил.
33. Ушаков Д. Вариационное прямое моделирование, или Как сохранить намерения проектировщика в САПР без истории построения [Электронный ресурс] // Проект isicad. 13.10.2008. – URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=12711 (дата обращения: 04.03.2014).
34. Ушаков Д. Кому и зачем нужно прямое моделирование? Обзор конкурентных технологий [Электронный ресурс] // Проект isicad. 01.11.2011. – URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14775 (дата обращения: 04.03.2014).
35. Ушаков Д. Синхронная технология: попытка № 3 [Электронный ресурс] // Проект isicad. 15.10.2010. – URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14041 (дата обращения: 04.03.2014).
36. Черняк Л. JT как основа PLM [Электронный ресурс] // Открытые системы. – 2011. – № 8. – URL: <http://www.osp.ru/os/2011/08/13011138/> (дата обращения: 04.03.2014).
37. Ширяев Н. CALS, PDM, PLM, далее – везде... [Электронный ресурс] // САПР и графика. – 2002. – № 12. – URL: <http://sapr.ru/article.aspx?id=8283&iid=332> (дата обращения: 04.03.2014).

Книги издательства «ДМК Пресс» можно заказать в торгово-издательском холдинге «АЛЬЯНС БУКС» наложенным платежом, выслать открытку или письмо по почтовому адресу: 123242, Москва, а/я 20 или по электронному адресу: orders@alians-kniga.ru.

При оформлении заказа следует указать адрес (полностью), по которому должны быть высланы книги; фамилию, имя и отчество получателя. Желательно также указать свой телефон и электронный адрес.

Эти книги вы можете заказать и в интернет-магазине: www.alians-kniga.ru.

Оптовые закупки: тел. (499) 782-38-89; электронный адрес books@alians-kniga.ru.

Шахнов Вадим Анатольевич,
Зинченко Людмила Анатольевна,
Соловьев Владимир Анатольевич,
Курносенко Алексей Евгеньевич

Основы конструирования в Solid Edge.
Пособие по проектированию изделий в приборостроении

Главный редактор *Мовчан Д. А.*
dm@dmk-press.ru
Корректор *Синяева Г. И.*
Верстка *Чаннова А. А.*
Дизайн обложки *Мовчан А. Г.*

Формат 60×90 1/16.
Гарнитура «Siemens Sans Cyrillic». Печать офсетная.
Усл. печ. л. ***. Тираж 2000 экз.

Веб-сайт издательства: www.dmk.ru