

## МЕТОДИКА ВИРТУАЛЬНОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ ЗУБЧАТЫХ РЕДУКТОРОВ И КОРОБОК ПЕРЕДАЧ В КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Капуста П.П.

*Белорусский национальный технический университет  
г. Минск, Беларусь*

**Постановка задачи.** В конкурентных условиях, особую актуальность имеют вопросы повышения качества выпускаемых машин и деталей, их технического уровня, технологичности, технико-экономических характеристик и безопасности в эксплуатации. В связи с этим, возникает необходимость приобретения навыков виртуального проектирования деталей машин, формирования у студентов системного инженерного мышления и мировоззрения в области создания конкурентоспособных технических систем на основе знаний современной методологии проектирования в процессе курсового проектирования деталей машин. Учебно-методическое обеспечение дисциплины должно быть ориентировано на освоение студентами основ инновационных технологий, развитие навыков анализа и самостоятельности в принятии инженерных решений в будущей инженерной деятельности, умение работать с научной и справочной технической литературой. В результате изучения учебной дисциплины, студент должен знать основы систем автоматизированного проектирования (САПР) и теории итерационных методов решения сложных задач механики сплошной среды (методы конечных элементов (МКЭ), конечных разностей, ортогонализации, минимума полной энергии и наиболее часто используемые в инженерной практике программные пакеты, владеть методами виртуального конструирования с помощью трехмерной (3D) машинной графики с последующим автоматическим созданием 2D-чертежей в соответствии с требованиями ЕСКД и ЕСТД.

**Автоматизированное проектирование узлов и деталей машин включает следующие программные требования курса “Детали машин”.** Применение персональных ЭВМ в расчетах деталей машин в рамках систем автоматизированного проектирования (САПР). Формирование исходных данных к расчетам, использование справочных данных в программах. Структура и материально-техническая основа САПР. Виды обеспечения САПР: техническое (ЭВМ), методическое, математическое, лингвистическое и программное (алгоритмические языки, операционные системы, пакеты прикладных программ). Проведение расчетов деталей и сборочных единиц. Многовариантность расчетов. Системы автоматизированной обработки графической части конструкторской документации. Пакеты программ машинной графики. Способы формирования изображений. Справочно-информационные базы данных. Средства оформления технических чертежей: нанесение линий, штриховок, размеров, текстов, шероховатостей, специальных символов и т.д. Параметризация чертежей. Автоматическое нанесение размеров на чертежах. Автоматическое формирование рабочих чертежей деталей в процессе проектирования сборочного чертежа, занесение и обработка информации для выпуска спецификаций, генерация позиций элементов на сборочном чертеже в соответствии со спецификацией. Нанесение обозначений сварных и неразъемных соединений, видов, разрезов, сечений. Автоматическая генерация и размещение технических требований.

*Итерационные (численные) методы анализа прочности и жесткости узлов и деталей машин включают следующие программные требования курса “Детали ма-*

*шин” требуют знания положений и математического обеспечения численных методов решения сложных задач механики сплошной среды, наиболее распространенный из которых – МКЭ. Энергетический подход. Критерии сходимости. Линейные конечные элементы (КЭ) стержневых систем и балок. Двумерные КЭ пластин при плоском напряженном состоянии. Основные уравнения. Треугольные и прямоугольные КЭ. Построение систем элементов. Применение МКЭ к расчету деталей типа пластин. Трехмерное напряженное состояние. Характеристики тетраэдрального КЭ. Сравнение численных результатов. Применение МКЭ к расчету деталей сложной конфигурации. Основные принципы и особенности расчета узлов и деталей машин на прочность МКЭ. Внешние нагрузки, внутренние силовые факторы, напряженно-деформированное состояние (НДС). Особенности расчета МКЭ рам, корпусов, станин, валов, зубчатых колес, элементов соединений, др. деталей машин и конструкций.*

*Общие принципы виртуального конструирования узлов и деталей машин, обеспечивающие реализацию приведенных выше программных требований обучения, предложены автором и включают следующие основные стадии.*

Твердотельное (3D-) моделирование деталей и узлов. Виртуальная компоновка сборочных единиц и узлов машин. Использование программных инженерных пакетов (AUTOKAD, КОМПАС, SolidWorks, YUNIGRAPHIKS, ProINGENEUR и др.).

Анализ статического напряженно-деформированного состояния (НДС) деталей машин и конструкций и методика совершенствования конструкций изделий. Использование программных пакетов инженерного анализа (SolidWorks, KOSMOS, NASTRAN, ProINGENEUR, ANSYS, LMS и др.).

Динамическое моделирование и анализ НДС в реальном режиме переменного нагружения деталей машин и конструкций и методика совершенствования конструкций изделий. Использование программных пакетов инженерного анализа (ADAMS, SolidWorks, KOSMOS, NASTRAN, PATRAN, ProINGENEUR, ANSYS, LMS и др.).

Виртуальная отработка технологии изготовления и конструкторско-технологическое обоснование рациональности изделий.

Виртуальная отработка рациональности изделий по критериям эргономики.

Виртуальная отработка и обоснование рациональности изделий по критериям технологичности изготовления, удобства и безопасности эксплуатации, обслуживания и утилизации.

Виртуальная отработка дизайна и конструкторско-технологическое и технико-экономическое обоснование рациональности изделий.

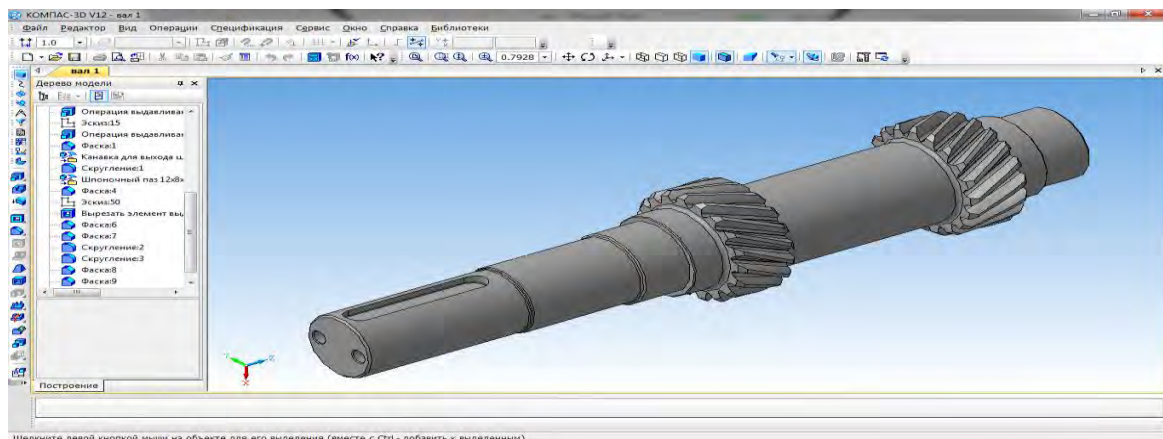
Виртуальные испытания и прогнозирование функциональной работоспособности, нагруженности, ресурса и других показателей надежности.

Автоматизированная разработка 2D-чертежей на основе созданных оптимальных 3D-моделей узлов, конструкций и деталей машин.

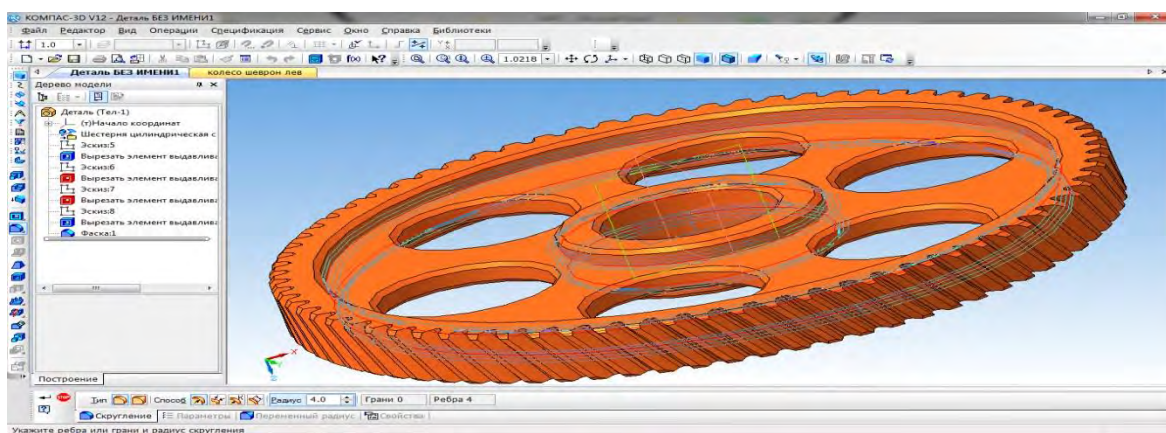
Основные принципы автоматизированного изготовления, на основе созданных оптимальных 3D-моделей (2D-чертежей) узлов, конструкций и деталей машин. Изготовление с использованием цифровых технологий и технологического оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ). 3D-печать деталей, узлов и конструкций и их элементов.

*Примеры применения разработанной методики.* Исходной информацией является: кинематическая схема, результаты аналитического расчета мощности, частот и вращающих моментов на валах; марки и характеристики свойств материалов; результаты проектных и проверочных расчетов основных геометрических характеристик деталей и элементов, компоновочных соотношений и др.

Пример 1. Виртуальное конструирование цилиндрического шевронно-прямоугольного редуктора с использованием пакета КОМПАС.



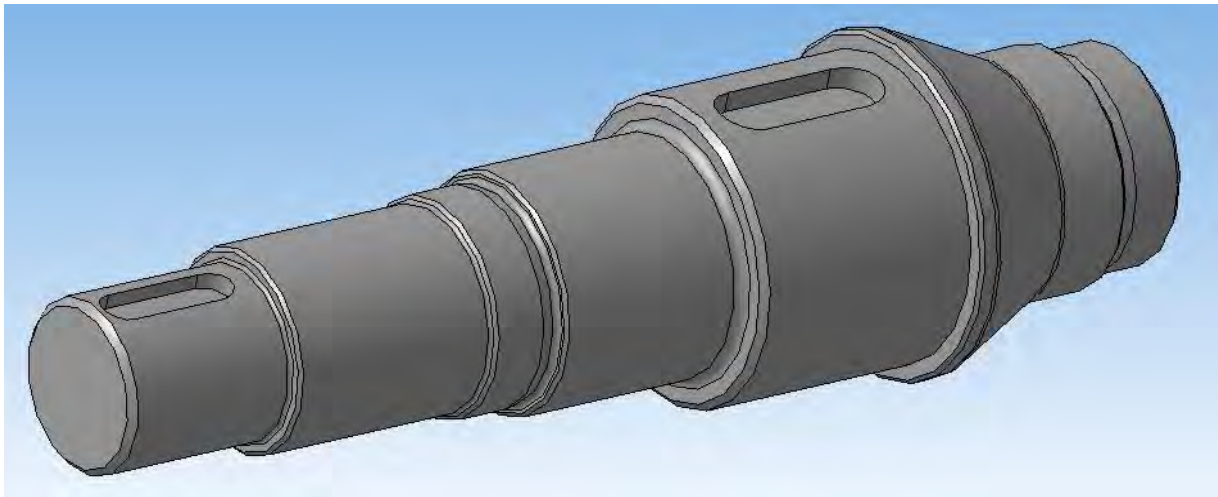
*Рис. 1.1. Создание 3D-модели ведомого вала*



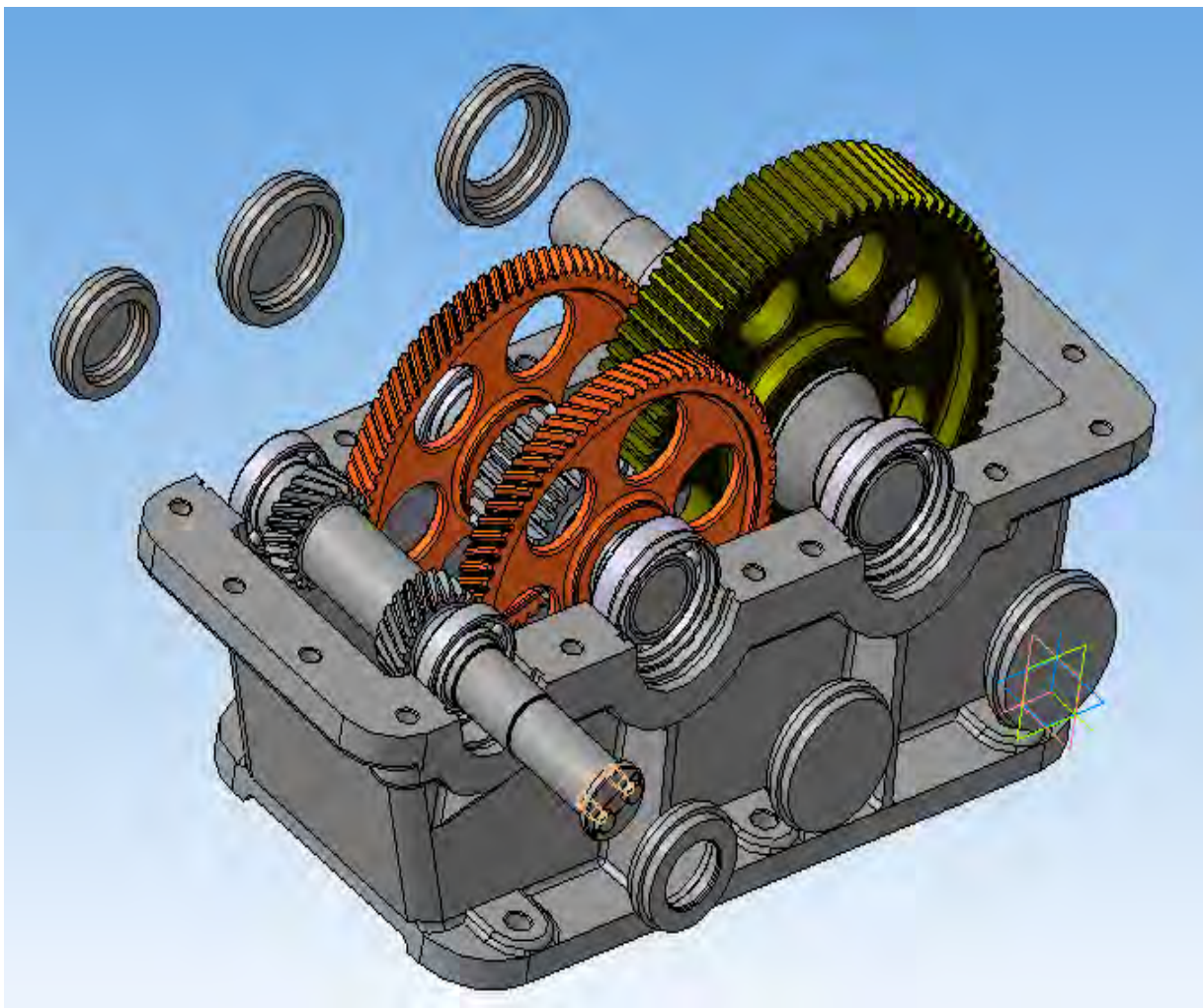
*Рис. 1.2. Создание 3D-модели ведомого косозубого колеса (полушеврона)*



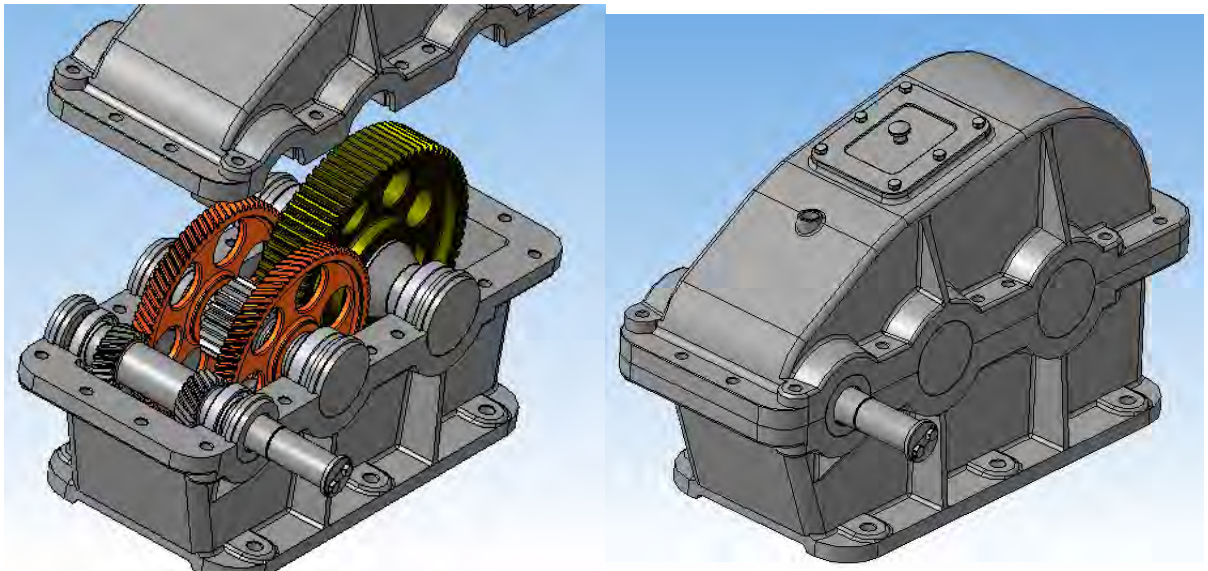
*Рис. 1.3. Создание 3D-модели промежуточного вала в сборе*



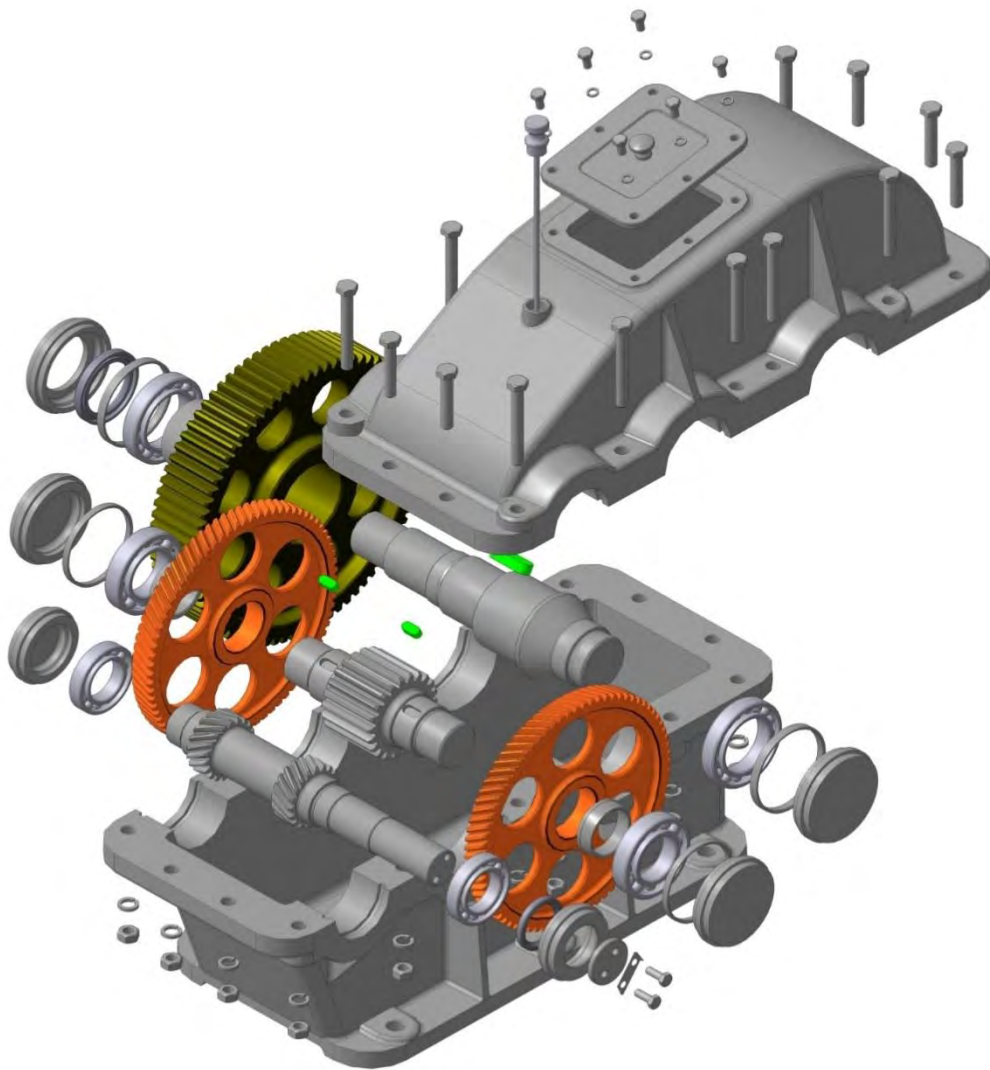
*Рис. 1.4. Создание 3D-модели ведомого вала*



*Рис. 1.5. Создание сборки 3D-модели редуктора*



*Рис. 1.6. Создание сборки 3D-модели редуктора*



*Рис. 1.7. Создание разнесенной сборки 3D-модели редуктора*

Пример 2. Виртуальное конструирование двухступенчатой коробки передач с использованием пакета SolidWorks.

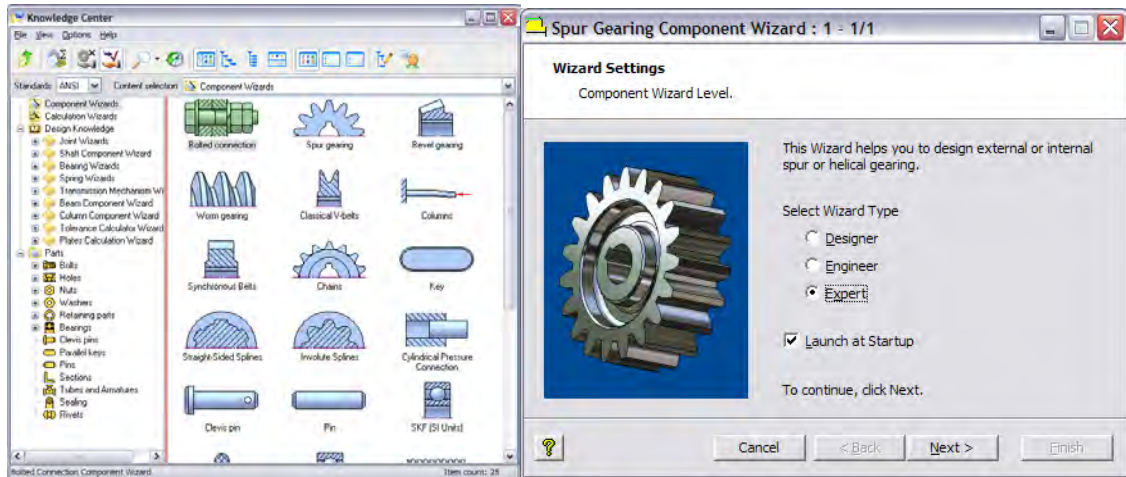


Рис. 2.1. Панели задач SolidWorks и создания 3D-моделей зубчатых колес

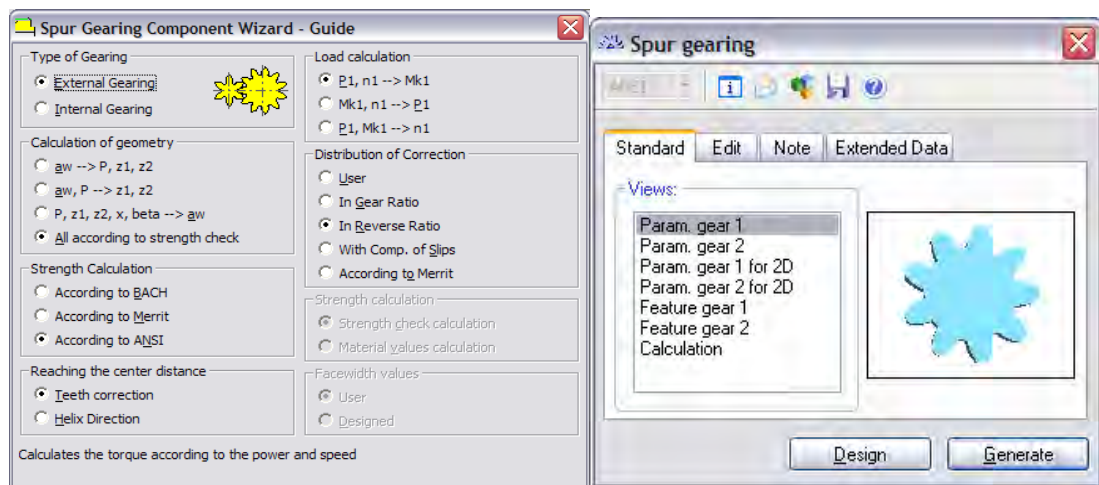


Рис. 2.2. Панели задач ввода параметров и создания 3D-моделей зубчатых колес

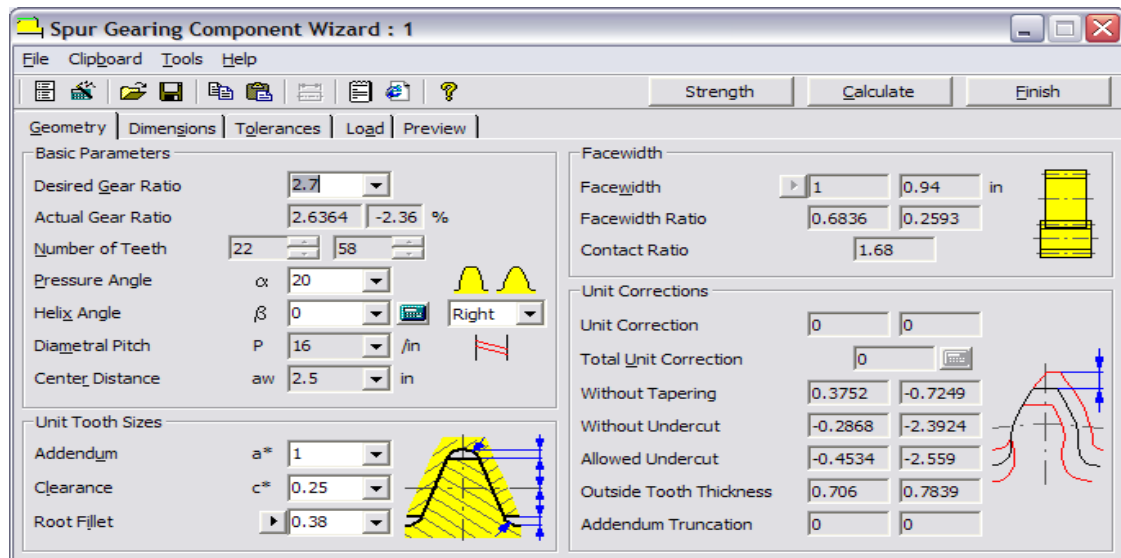


Рис. 2.3. Панели результатов расчета параметров 3D-моделей зубчатых колес

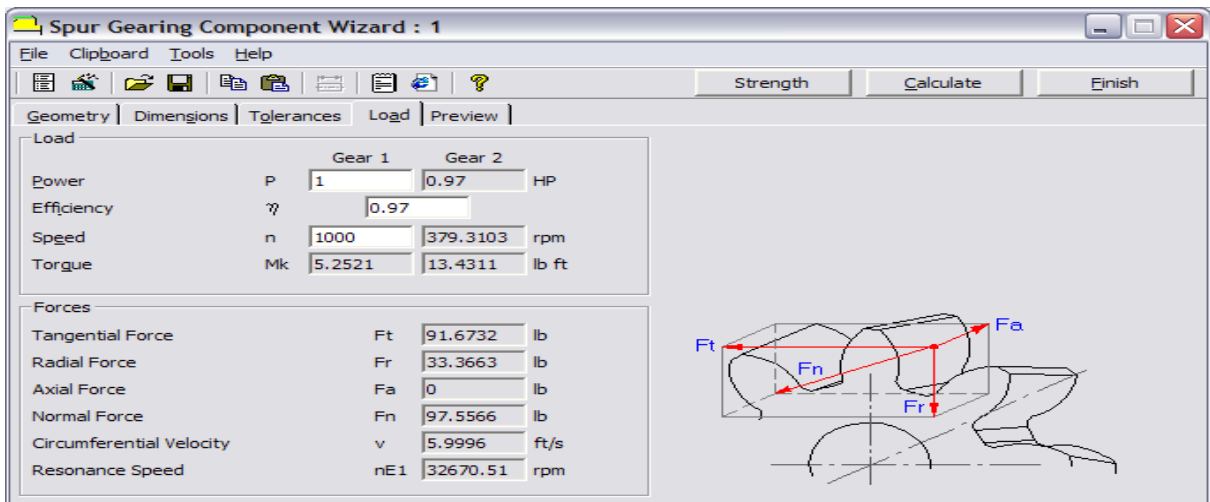


Рис. 2.4. Панель результатов расчета сил, приложенных к зубчатым колесам

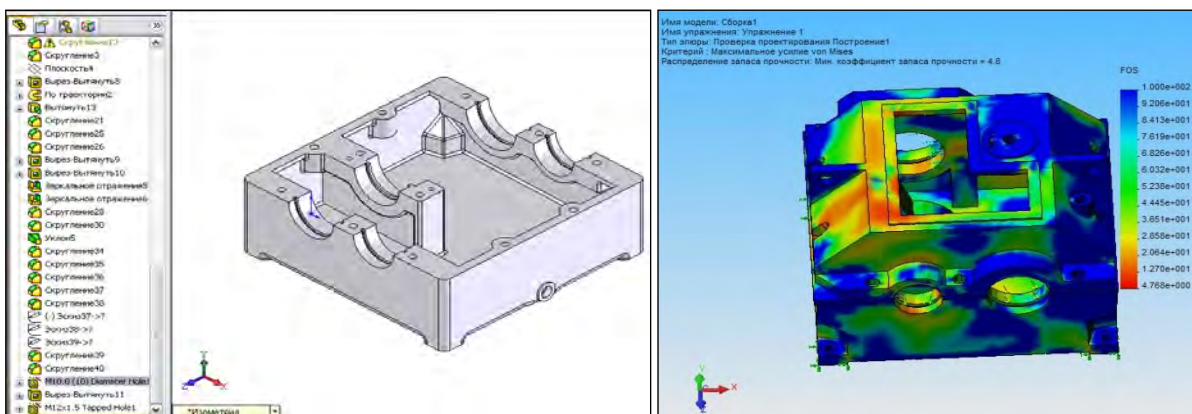


Рис. 2.5. Панели 3D- моделирования и анализа НДС корпуса коробки передач

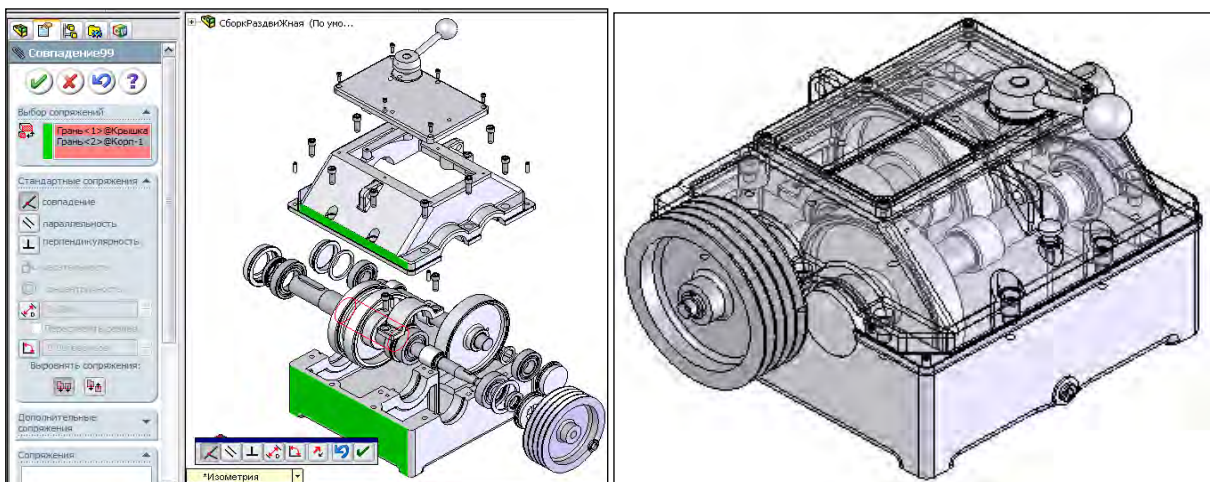


Рис. 2.6 Создание разнесенной и компактной сборок 3D-модели коробки передач

**Заключение.** Приведены, предложенные автором, общие принципы, методика и основные стадии виртуального конструирования узлов и деталей машин, обеспечивающие реализацию программных требований обучения по курсу “Детали машин”. Разработанная методика эффективно используется в процессе курсового проектирования деталей машин для машиностроительных и механико-технологических специальностей учреждений высшего образования.