

Модуль I. Інформаційні технології в сфері технологічного управління

доктор технічних наук, академік Європейської науково-освітньої академії

Завідувач кафедру теплоенергетики та гідроенергетики ЗНУ

Чейлитко Андрій Олександрович

cheilytko@i.ua

Лекція 1. Системи автоматичного проектування в інженерії

доктор технічних наук,
академік Європейської науково-освітньої академії
Завідувач кафедру теплоенергетики та гідроенергетики ЗНУ
Чейлитко Андрій Олександрович
cheilytko@i.ua

Використана література

1. Чейлитко А.О. Математичне моделювання та оптимізація процесів тепломасообміну. Навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА спеціальності 144 “Теплоенергетика” денної та заочної форми навчання / Запоріжжя:ЗДІА, 2018. - 146 с.
2. Чейлитко, А.О. Формування теплофізичних властивостей елементів конструкцій теплового захисту шляхом створення прогнозованих пористих структур [Текст]: монографія / А. О. Чейлитко. – Запоріжжя: ЗДІА, 2017. – 318 с.
3. Моделювання й оптимізація в гідроенергетиці. Навчально-методичний посібник. Для студентів ЗДІА спеціальності 7. 090503, 8. 090503 «Гідроенергетика» усіх форм навчання. Авт.: В. В. Радченко - Запоріжжя, ЗДІА, 2010. - 134 с.
4. Степанов, Д. В. Математичні методи і моделі теплоенергетичного обладнання : навчальний посібник / Д. В. Степанов, Н. Д. Степанова. - Вінниця : ВНТУ, 2014. - 81 с.
5. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К. Оптимизация в технике: в 2-х кн. Кн.1 - М.: Мир, 1986 - 320 с.
6. Прохоренко В.П. SolidWorks. Практическое руководство. М.: ООО «Бином-Пресс», 2004 г. - 448 с
7. Тику Ш. Эффективная работа: SolidWorks 2004. - СПб.: Питер, 2005 г. - 768 с.: ил.

План лекції

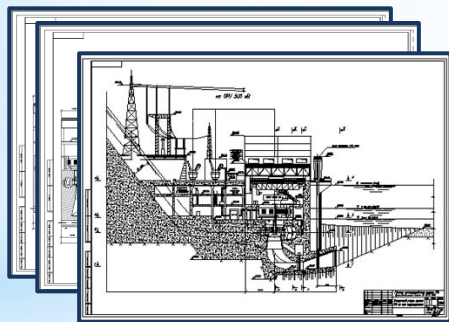
1. Прискорення темпів проектування та якості будівництва при використанні технологій інформаційного моделювання у промисловості
2. Визначення систем автоматизированого проектування (САПР)
3. Ознайомлення з пакетами КОМПАС, AutoCAD, MatLab
4. Характеристика пакета Simulink
5. Ознайомлення з Solid Works
6. Порівняння програмних комплексів Ansys и Comsol Multiphysics

Прискорення темпів проектування та якості
будівництва при використанні технологій
інформаційного моделювання у
промисловості

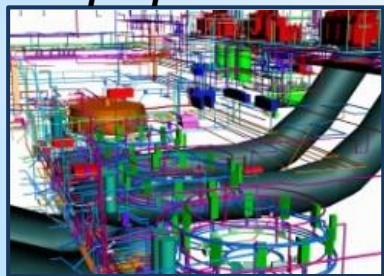
Проектування. Використання тривимірної моделі

При роботі в єдиній системі із загальною тривимірною моделлю забезпечується спільна робота над проектом.

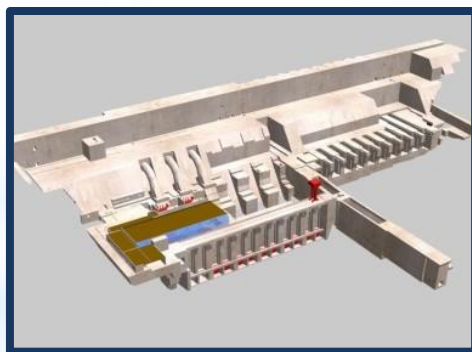
*Створення комплекту несуперечливої
проектної документації*



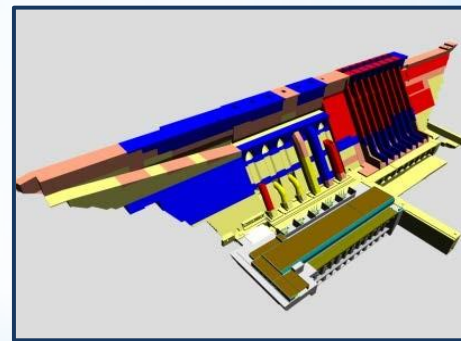
*Візуалізація проектних рішень
та перевірка якості*



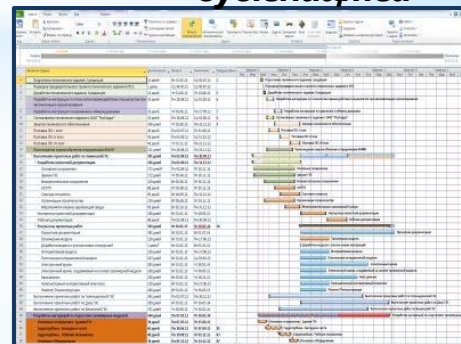
*Тривимірна
модель*



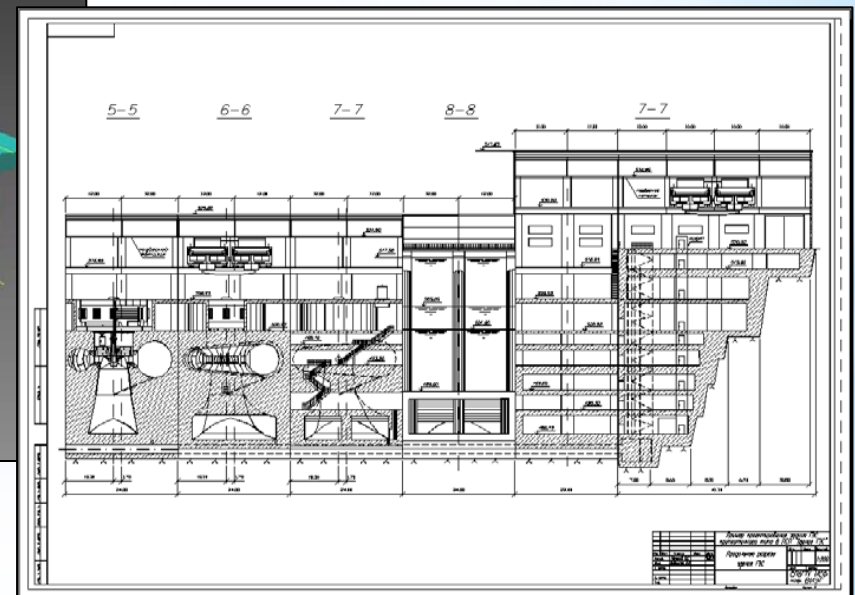
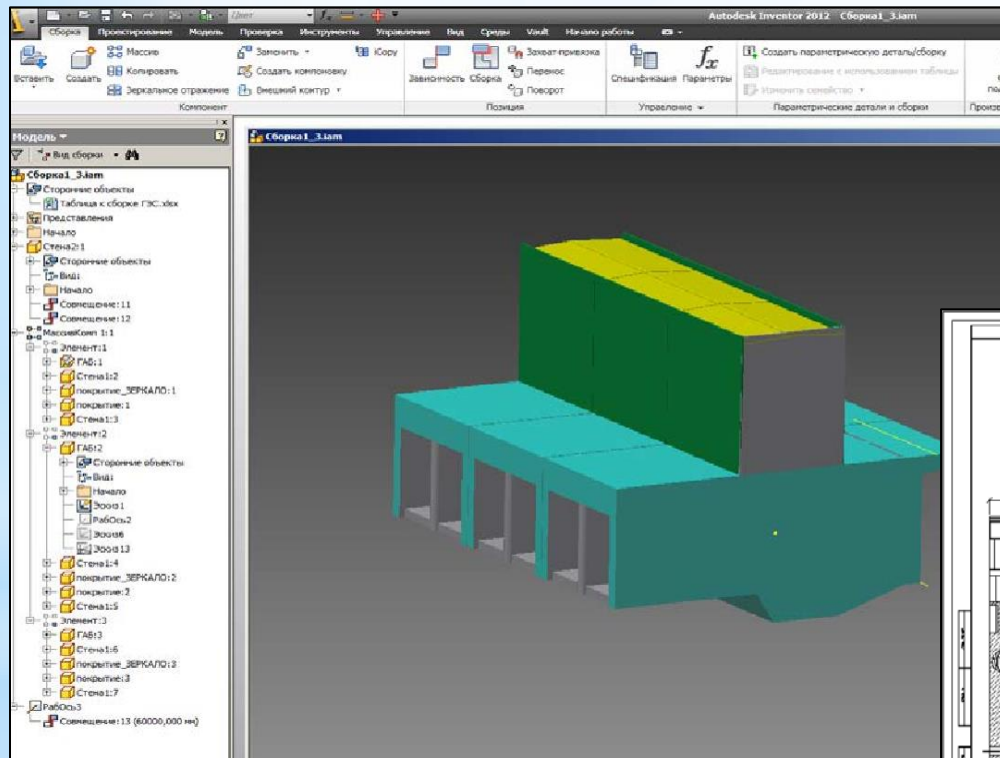
*Контроль виконання
графіку робіт*



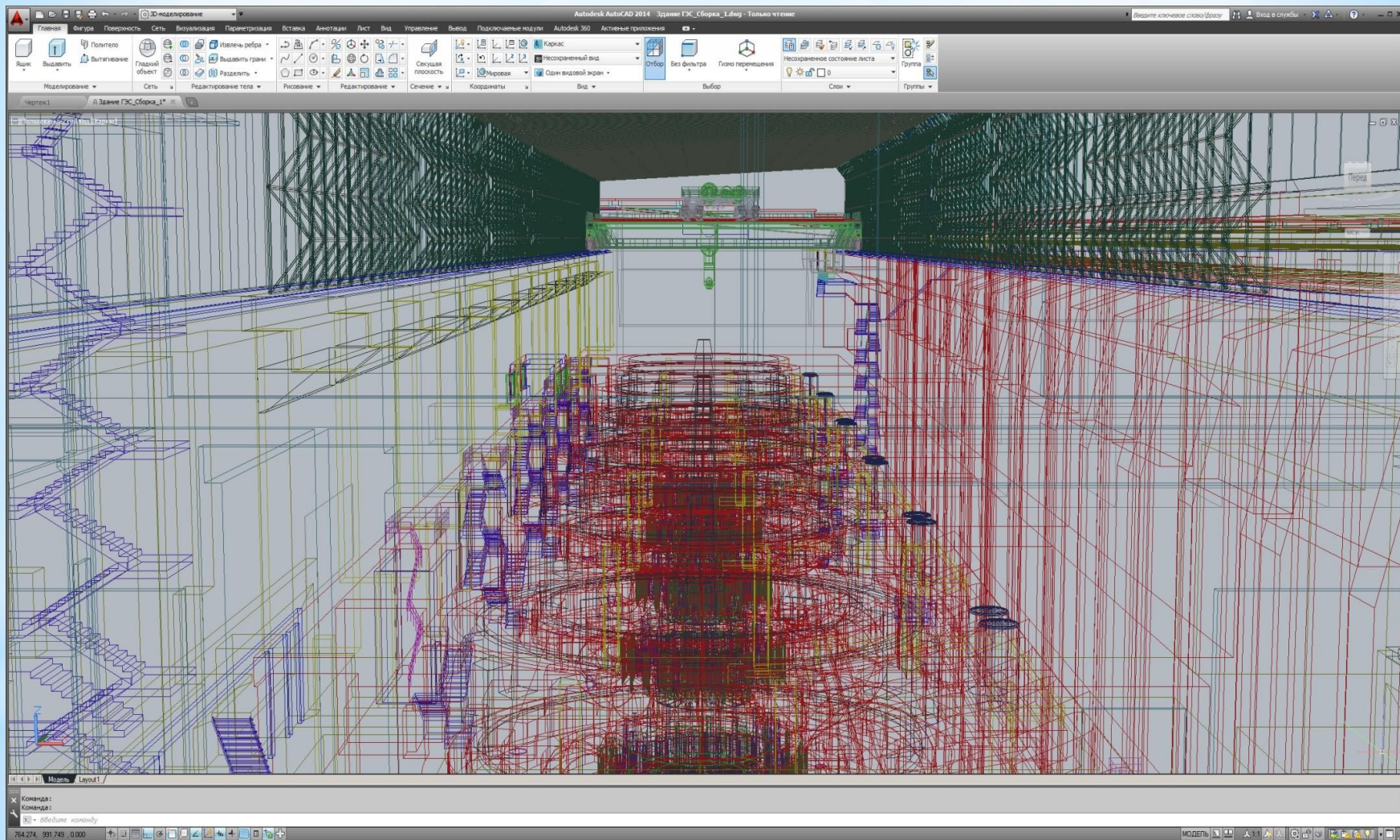
*Календарне планування
будівництва*



Частка інженерів-проектувальників і конструкторів, які працюють в CAD середовищі, на етапі проектування може становити близько 80 відсотків.



Вид тривимірної моделі для проектувальника



Управління проектними даними

Основне середовище
колективної роботи
інженерів

The screenshot displays the Autodesk Vault Professional 2012 interface. The main window shows a list of requests for change (RFCs) with columns for 'Номер' (Number), 'State' (State), 'Заголовок (Элемент, запрос на изменение...)' (Title (Element, request for change...)), and 'Срок' (Deadline). Below this, there are tabs for 'Общие' (General), 'Записи' (Records), 'Комментарии' (Comments), 'Файлы' (Files), 'Трассировка' (Tracing), and 'Статус' (Status). A 'Мой рабочий список' (My worklist) is visible on the left. The central area shows a project tree for 'Сборка Гидроузла' (Hydro-assembly) with various files and folders. A 'Панель файлов' (File panel) is open, showing a list of files and folders, including '10-2010 - Административно-офисное' and 'Архитектурные решения'. A 'Задачи для документов и папок' (Tasks for documents and folders) panel is also visible, listing tasks like 'Свойства...' (Properties...) and 'Удалить' (Delete). The bottom right shows a 'Изменения' (Changes) table with columns for 'Роль' (Role) and 'Дата' (Date). The interface is in Russian.

Номер	State	Заголовок (Элемент, запрос на изменение...)	Срок
ECO-000007	Утверждено	Документ ТЕСТ	25.09.2012 13:54
ECO-000008	В работе	ТЕСТ	25.09.2012 15:17

Роль	Дата
Утвердил	19.04.2013 12:38

Autodesk
Vault

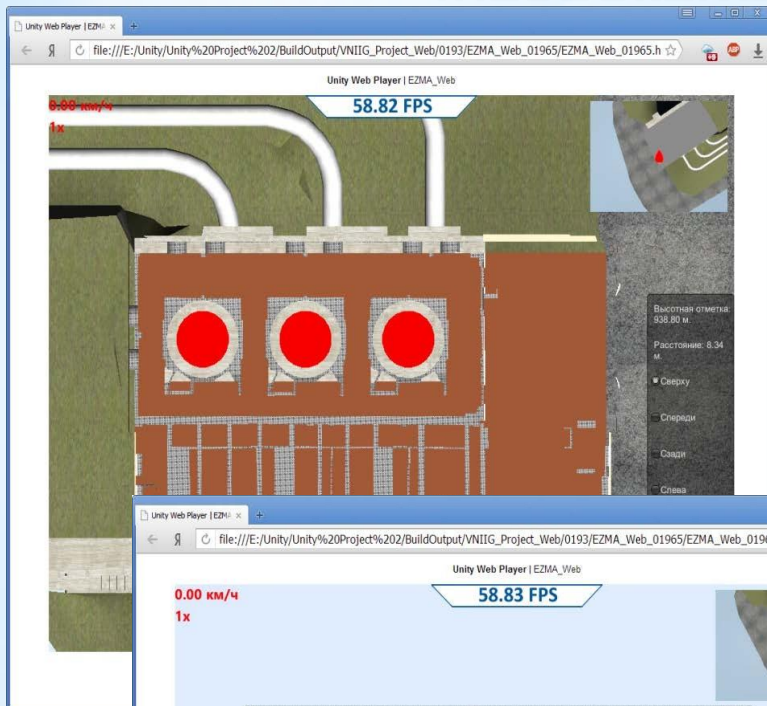
Використання інтерактивної моделі для візуалізації проектних рішень

Однією з можливостей інтерактивної моделі є складання презентаційних матеріалів, які дозволяють уявити зовнішній вигляд проєктованого об'єкта до початку його будівництва.

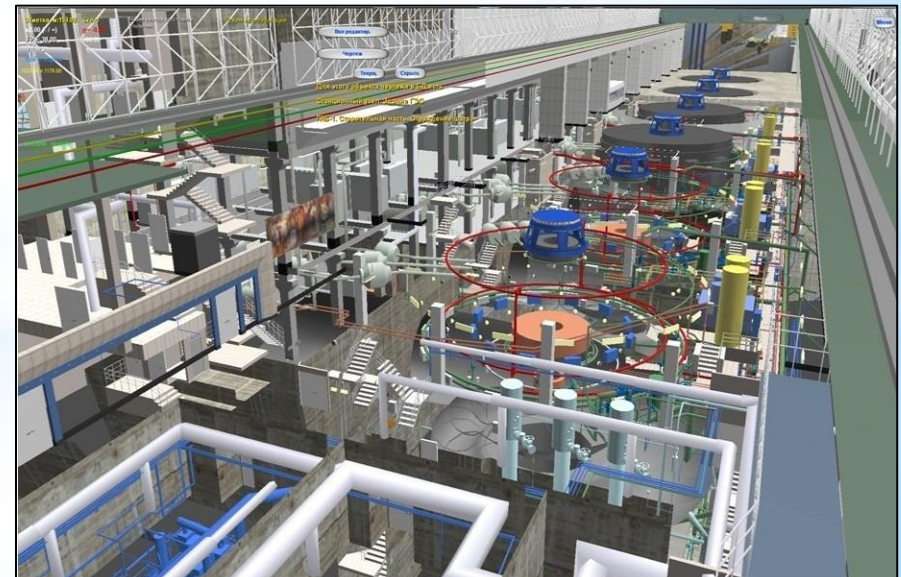
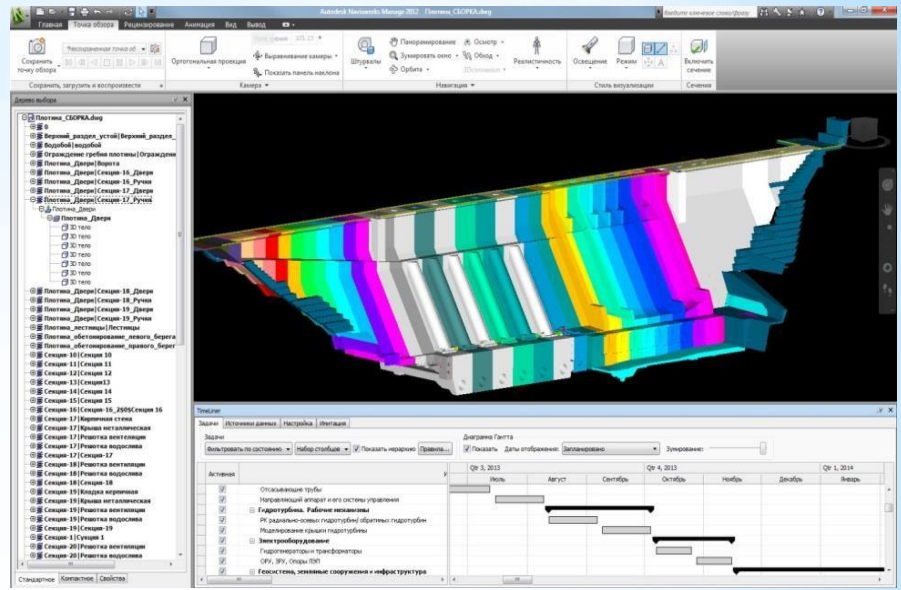
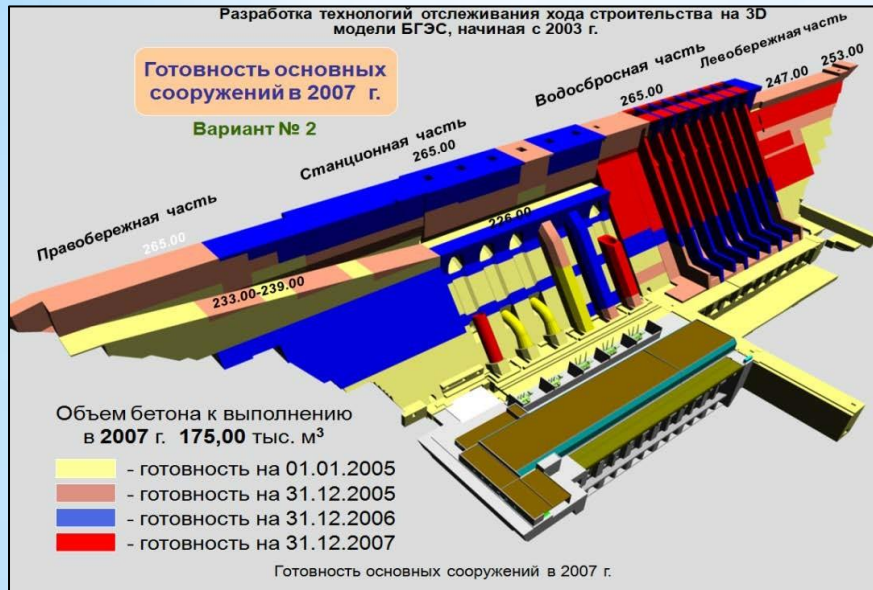




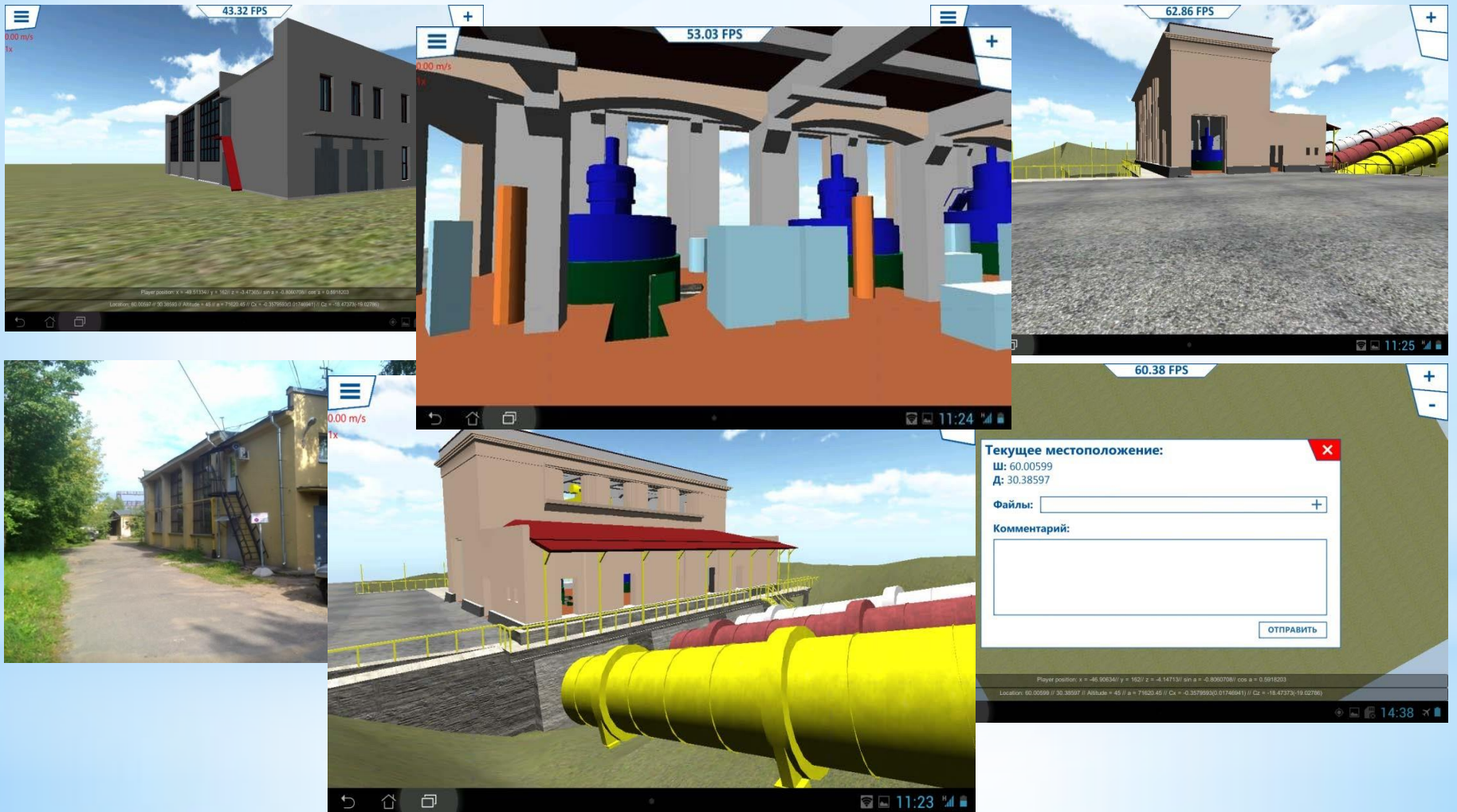
Отримання розрізів об'єкта за допомогою інтерактивної моделі



* Планування робіт і вивчення об'єктів



Підготовка технічних завдань на ремонт і реконструкцію



* Мобільність і доступність проектних рішень

Тривимірна високоточна проектна модель Колимської ГЕС функціонуючої на смартфоні під управлінням ОС Android.

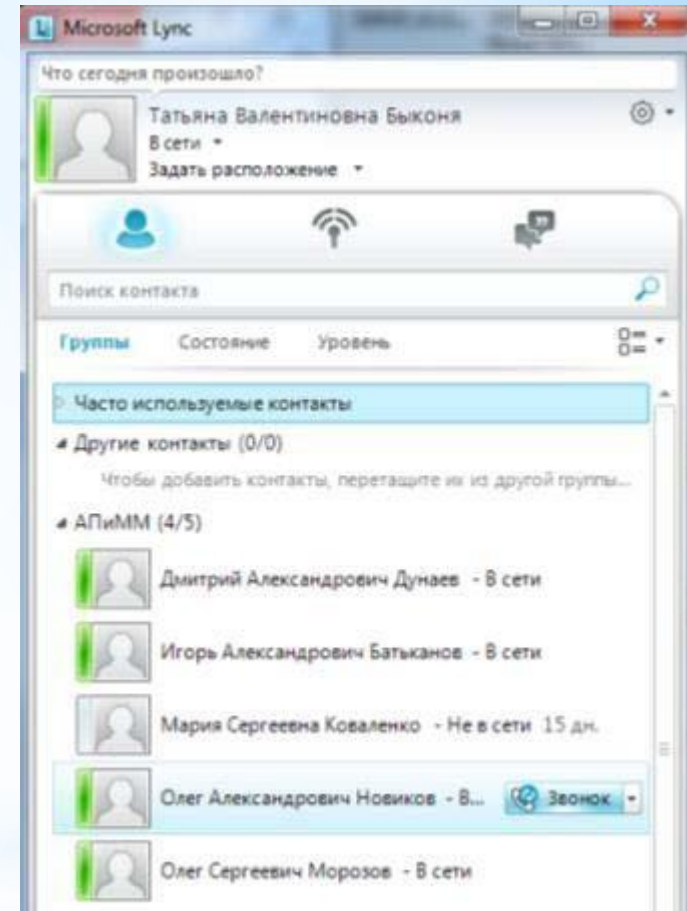
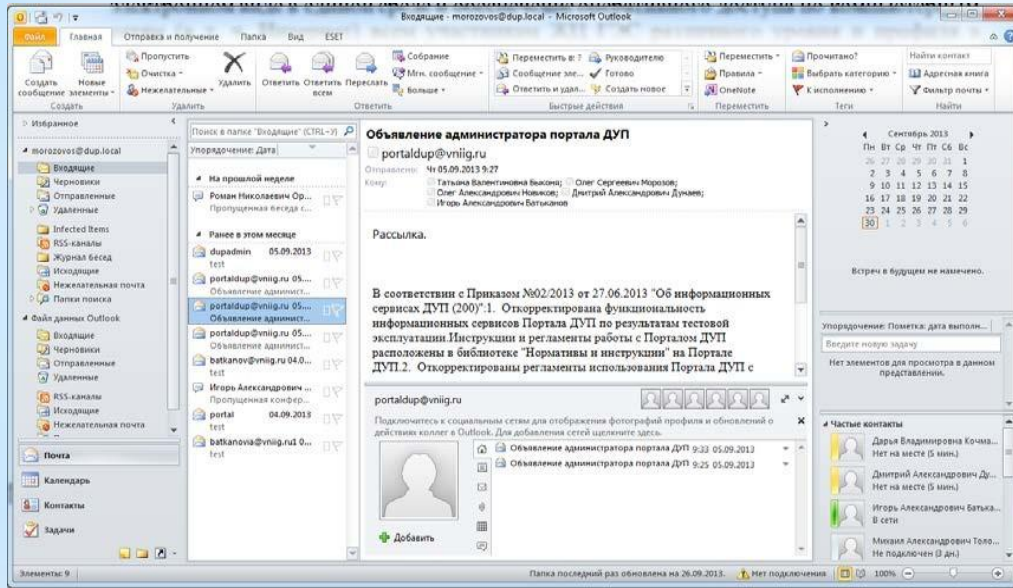


Доступність даних для всіх учасників життєвого циклу

Сьогодні багато провідних виробників загальносистемного і проєктованого ПО пропонують хмарні сервіси, призначені для зберігання, оперативного доступу та обміну інформацією.

У той же час, існуюче ПЗ призначене для створення систем електронного документообігу та управління дозволяє створити свою «хмару» з забезпеченням необхідної безпеки і доступам до захищених каналів зв'язку.

Деякі сервіси ЕІС ГЕС



Поточна ситуація впровадження технології

- Є відпрацьована в цілому технологія
- Є розуміння необхідності на рівні відчуттів
- Немає потреби на рівні бізнесу і як наслідок обов'язкового статусу

Необхідно:

1. Доповнити нормативи з безпеки енергетичних об'єктів.
2. Зацікавити бізнес.
3. Розробити нормативну документацію.
4. Забезпечити інтереси бізнесу на законодавчому рівні.
5. Включити до складу типового проекту Главу «Многомірна модель».

Система автоматизированого проектування (САПР)

Роль інформаційних технологій особливо велика в стратегічних галузях економіки, однією з яких є гідроенергетика.

Система автоматизованого проектування (САПР) або CAD - програмний пакет, призначений для створення чертежів, конструкторської або технологічної документації і 3D моделей.

САПР = CAD / CAE / PDM

➤ **CAD** - computer Aided Design (САПР). Загальний термін для позначення всіх аспектів проектування з використанням засобів обчислювальної техніки. Зазвичай охоплює створення геометричних моделей виробів. (Твердотільні, 3D). А також генерацію чертїжних виробів і їх супроводжень.

➤ **CAE** – Computer Aided Engineering. Система автоматного аналізу проекту. Загальний термін для позначення інформаційного забезпечення умов автоматизованого аналізу прокту, має на меті виявлення помилок (розрахунки на міцність) або оптимізація виробничих можливостей.

➤ **PDM** – Product Data Management. Система управління виробничою інформацією. Інструментальний засіб, який допомагає інженерам, конструкторам управляти як даними так і процесами розробки виробів на сучасних виробничих підприємствах або групи суміжних підприємств.

Системи автоматизованого проектування (САПР) призначені для розширення автоматизації проектно-конструкторських робіт із застосуванням електронно-обчислювальної техніки.

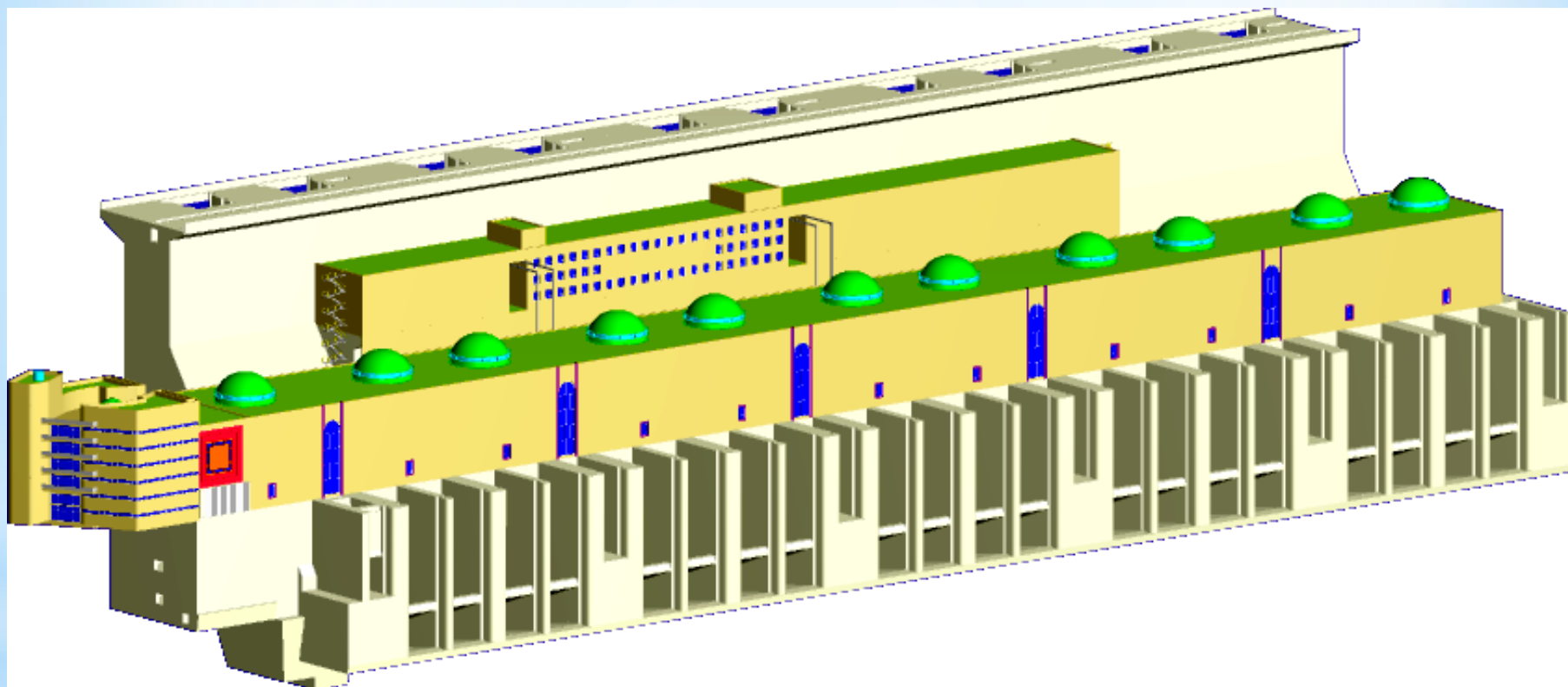
3D-моделювання

Неможливо уявити будівництво об'єктів гідроенергетики, в якій на етапі конструювання не застосовують об'ємну графіку. Розробка будь-якого об'єкта стає доступнішим при тривимірному уявленні кожного елемента, значимої деталі. На кожному етапі створення об'єкта, будь це нескладний механізм або будівля ГЕС, орієнтуються на багатогранний макет. Він являє собою багатовекторний чертіж, що має не тільки номінальну висоту, довжину і ширину, але і візуальне втілення.

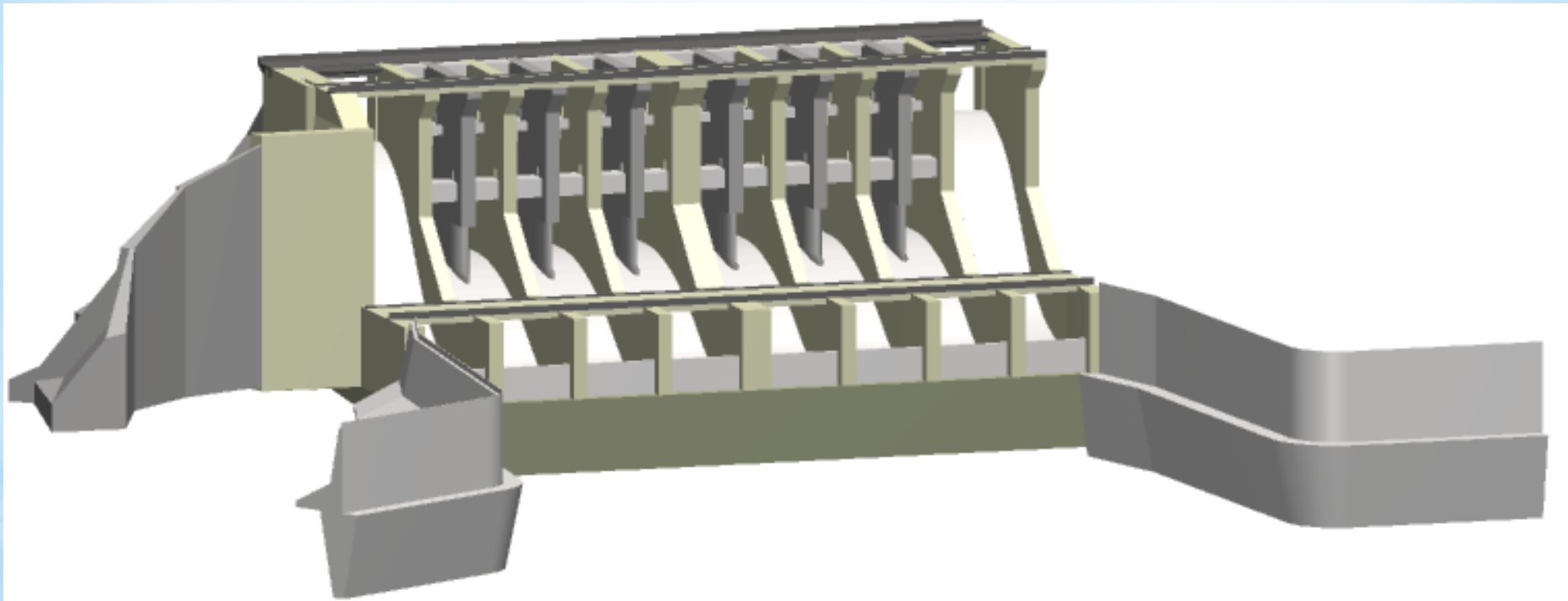
Ми часто чуємо це поєднання - **3D**. **3D-моделювання** - це процес створення тривимірної моделі об'єкта.

Завданням якого, є розробити візуальний об'ємний образ бажаного об'єкта. При цьому модель може як відповідати об'єктам з реального світу (водоприймач і будівля ГЕС, водозливна гребля, гідроагрегат), так і бути повністю абстрактною (візуалізація будівлі ГЕС).

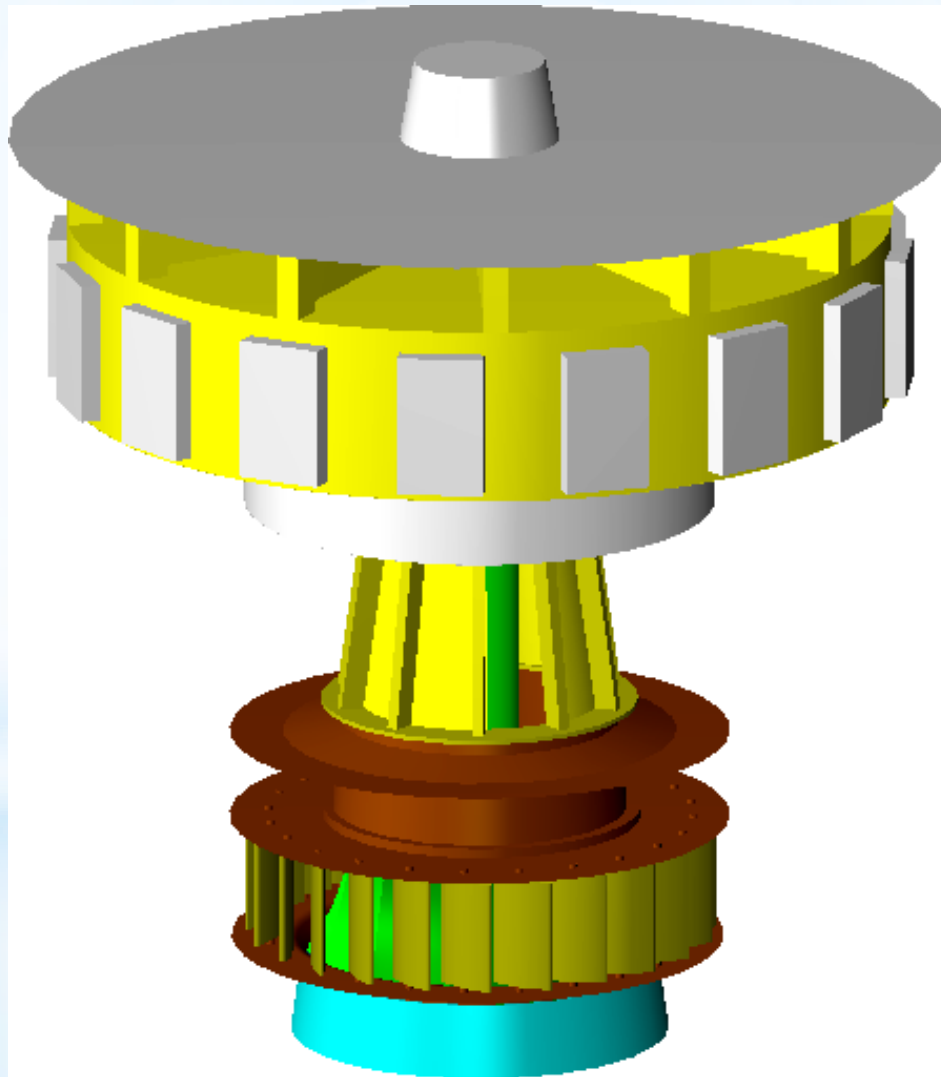
Водоприймач та будівля ГЕС в світі 3D



Водозливна гребля в світі 3D



Гідроагрегат ГЕС в світі 3D



Візуалізація будівлі ГЕС



Етапи розвитку тривимірного моделювання

- **Математичне моделювання** споруд в умовах багатofакторних впливів (з 1970-х рр.)
- **Геометричне моделювання** та візуалізація будівельних майданчиків, компоновок споруд і окремих конструктивних елементів (з 1990-х рр.)
- **Тривимірне проектування** з автоматизацією видачі робочих чертежів і специфікацій (теперішній час)
- **Перехід до «багатовимірному» проектування** (сьогодення і майбутнє)

Тривимірне моделювання як робоче середовище проектування

- Вимірювання лінійних та кутових відстаней, визначення координат, переведення їх з однієї системи в іншу
- Обчислення площ, об'ємів, центрів тяжіння і геометричних характеристик будь-яких елементів
- Автоматична побудова розрізів і видів по тривимірної моделі
- Фотореалістичні зображення, перспектива, анімація

Програмне забезпечення трьохмірного проектування

- Бетонні та залізобетонні конструкції, металоконструкції : **AutoCAD, КОМПАС 3D, MATLAB, Allplan, Inventor**
- Земляні споруди: **КОМПАС 3D, Civil**
- Технологічні системи ГЕС: **AutoCAD, MATLAB, КОМПАС 3D, MATLAB, Plant 4D, Inventor**
- Розрахункове обґрунтування проектів : **MATLAB, ANSYS, MicroFe**

КОМПАС 3D



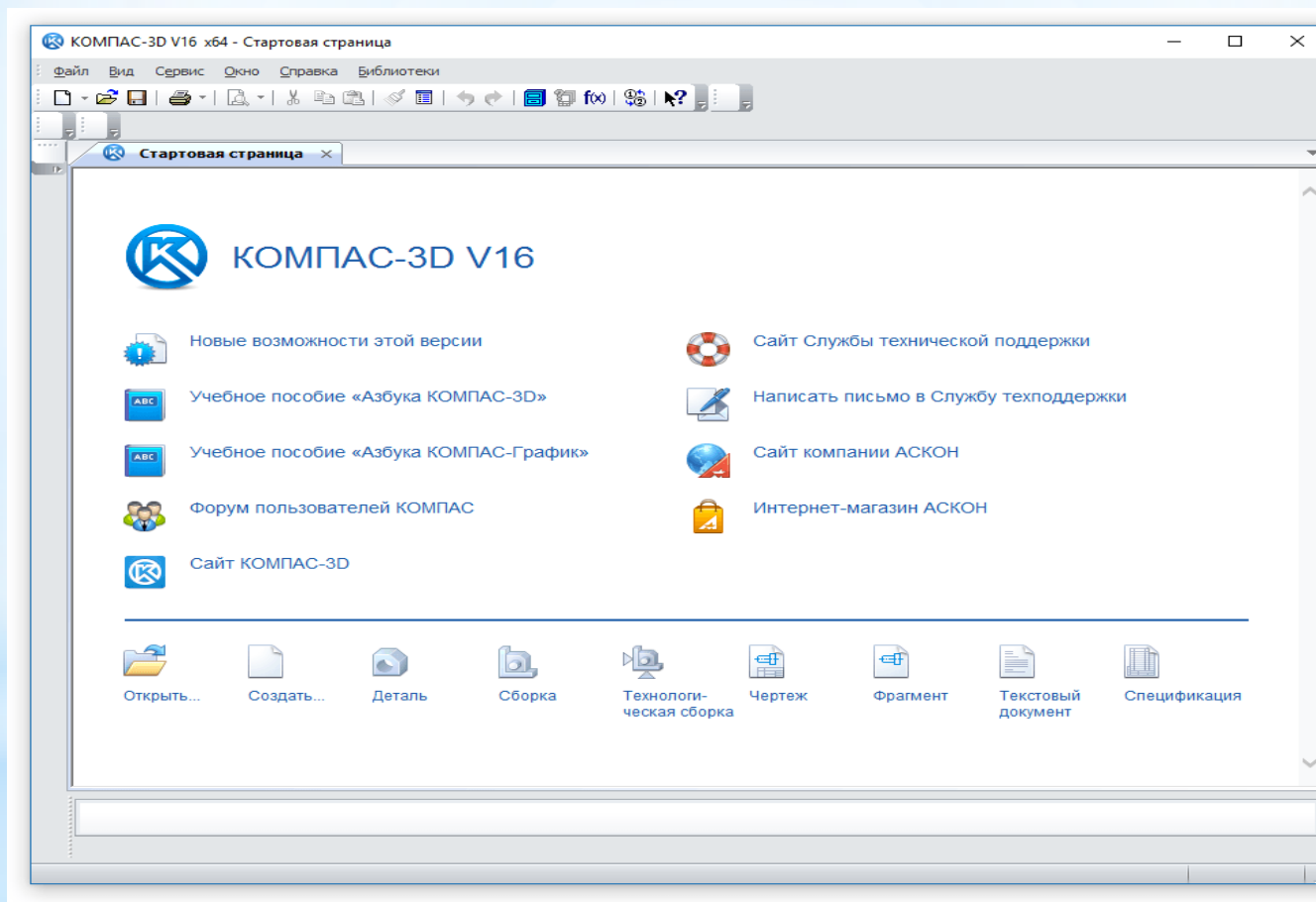
КОМПАС - 3D - улюблений інструмент сотень тисяч інженерів - конструкторів і проектувальників в Україні та багатьох інших країнах. Всенародне визнання йому забезпечили потужний функціонал, простота освоєння і роботи, підтримка українських стандартів, найширший набір галузевих програм.

Складання схеми ГЕС зручно виконати засобами системи **Компас 3D V16 версії**. Простота освоєння і роботи, багаті функціональні можливості системи Компас 3D V16 дозволяють використовувати його в різних напрямках проектної діяльності.

КОМПАС-3D забезпечує підтримку найбільш поширених форматів 3D-моделей (STEP, ACIS, IGES, DWG, DXF), що дозволяє організувати ефективний обмін даними із суміжними організаціями і замовниками, що використовують будь-які **CAD / CAM / CAE** - системи в роботі.

Розрядність версії КОМПАС-3D повинна відповідати розрядності версії операційної системи, тобто 64 або 32-розрядний КОМПАС-3D можна встановити тільки на комп'ютер з 64 або 32-розрядної ОС відповідно.

Окно стартовой сторінки Компас 3D LT V16



Типи документів в КОМПАС LT 3D

В Компас LT 3D працюють з наступними типами документів:

Чертеж (розширення файлу **.cdw**) - основний графічний документ. Можна створювати чертежи як на основі 3D моделей, так і "з нуля". Конструктор вибирає тільки формат чертежа (A0, A1, A2, A3, A4, A5), а такі елементи оформлення, як основний напис, рамка створюються автоматично.

Фрагмент (розширення файлу **.frw**) - це також графічний документ, що відрізняється від чертежу тим, що тут немає ні рамки, ні основного напису. Фрагмент являє собою чистий аркуш, розміри якого не обмежені.

Деталь (розширення файлу **.m3d**) - тривимірний документ Компас. 3d модель створюється послідовністю різних операцій (видавлювання, обертання), для яких в свою чергу необхідна наявність 2d ескізу.



Типи документів в КОМПАС 3D

А ці типи файлів доступні тільки в **Компас 3D**:

Текстовий документ (розширення файлу **.kdw**) - в ньому зазвичай оформляють різні пояснювальні записки. Студенту зазвичай зручніше оформляти РПЗ в Word.

Специфікація (розширення файлу **.spw**) - цей вид документа використовується для створення специфікацій. Специфікація, до речі, може бути асоціативно пов'язана з 2d або 3d збіркою, коли зміни, вироблені в чертежі або 3d збірці, автоматично коригуються в специфікації.

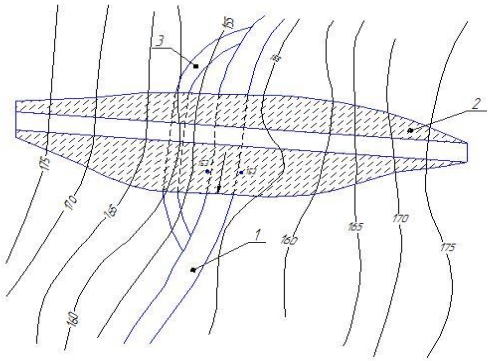
Збірка (розширення файлу **.a3d**) - 3d збірка містить в своєму складі більше однієї 3d деталі, між якими існує зв'язок. Кількість деталей в збірці може обчислюватися тисячами - прикладом може служити 3d збірка гідроагрегату.



Чертеж гідровузла з ґрунтової греблі в КОМПАС 3D

1-280100.62-1

Гидроузел с ґрунтовою плотиною



Поперечний профіль плотины

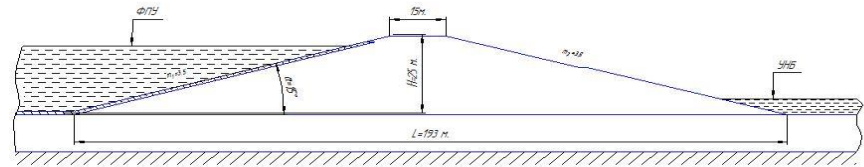
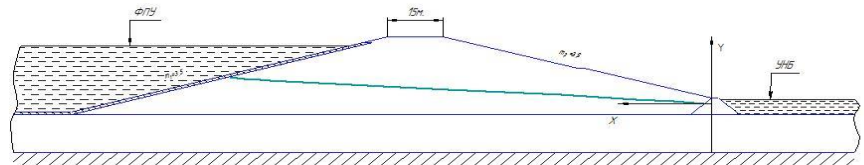


Схема фильтрации воды через плотину



№ позиции	Наименование
1	русло реки
2	плотина
3	водоспуск

		№ 280100.62-1			
№	Имя	Имя	Имя	Имя	Имя
1	Гидроузел с ґрунтовою				
2	плотиною				
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					



AutoCAD

AutoCAD - дво- і тривимірна система автоматизованого проектування і креслення, розроблена компанією Autodesk. Перша версія системи була випущена в 1982 році.

Програма випускається на 18 мовах. Завдяки цьому не виникає питання, як зробити креслення в AutoCAD при реалізації міжнародних проектів.



Для обміну даними застосовуються такі розширення:

dwg - флагманський стандарт кодування в Autodesk. Є основним у всіх додатках.

dxf - універсальний файл обміну графічними зображеннями. Використовується майже у всіх САПР системах. Дозволяє налагодити взаємодію між різними типами і версіями софта.

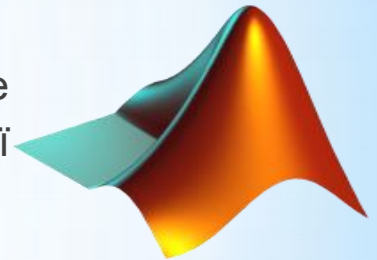
dwt - передбачений для створення шаблонів. Дає можливість розробляти стандартні заготовки, які будуть впроваджуватися в типові проекти.

dws - може перевірити елементи креслення на сумісність з іншими утилітами.

pdf - міжплатформений стандарт перегляду електронних документів. При експорті можливо переглядати всі без установки AutoCAD. В останніх випусках доступний імпорт. Додаток сканує і розпізнає окремі частини структури, перетворюючи їх в креслення.

MATLAB

MATLAB - це високорівнева мова і інтерактивне середовище для програмування, чисельних розрахунків і візуалізації результатів.



Пакет використовують понад мільйон інженерних і наукових працівників, він працює на більшості сучасних операційних систем, **включаючи Linux, Mac OS, Solaris і Windows.**

За допомогою **MATLAB** можна аналізувати дані, розробляти алгоритми, створювати моделі і додатки.

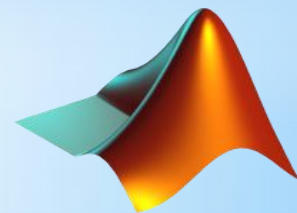
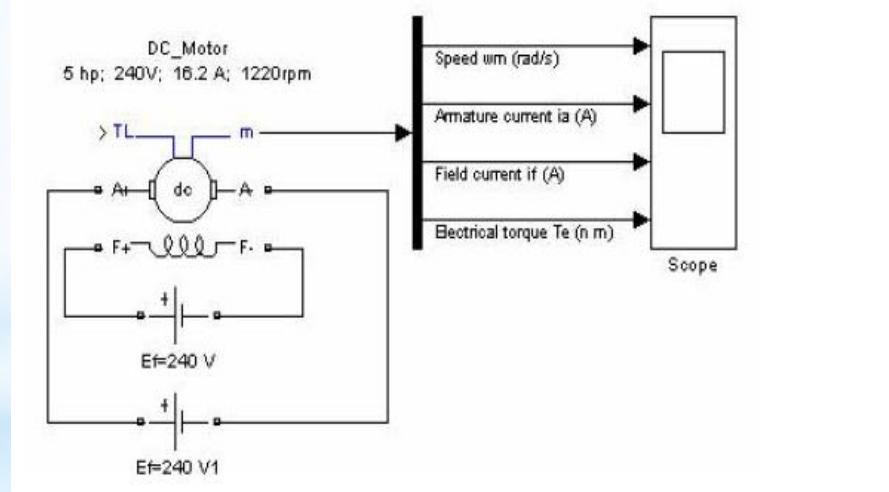
MATLAB дозволяє моделювати широкий спектр об'єктів (АД, СД, ЛЕП, ДПТ) і процесів, що відбуваються в них.

Моделювання роботи двигуна постійного струму

Мета роботи: дослідження двигуна постійного струму при різних способах пуску, побудова електромагнітних і електромеханічних характеристик.

Підсистема **Simulink** і бібліотека **SimPowerSystems** дозволить створити модель двигуна і наочно відстежити перехідні процеси відбуваються в ньому.

Створюємо модель прямого пуску двигуна за допомогою таких блоків:



Моделювання роботи двигуна постійного струму

Програма дозволяє задати двигуну параметри, які необхідні для проведення експерименту:

Block Parameters: DC_Motor 5 hp; 240V; 16.2 A; 1220rpm3

DC machine (mask) (link)

Implements a (wound-field or permanent magnet) DC machine. For the wound-field DC machine, access is provided to the field connections so that the machine can be used as a separately excited, shunt-connected or a series-connected DC machine.

Configuration Parameters Advanced

Armature resistance and inductance [Ra (ohms) La (H)]
[0.6 0.012]

Field resistance and inductance [Rf (ohms) Lf (H)]
[240 120]

Field-armature mutual inductance Laf (H) :
1.8

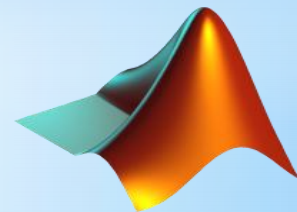
Total inertia J (kg.m²)
0.25

Viscous friction coefficient Bm (N.m.s)
0

Coulomb friction torque Tf (N.m)
0

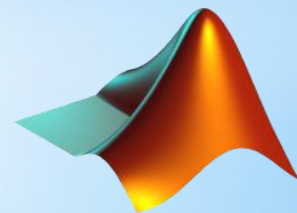
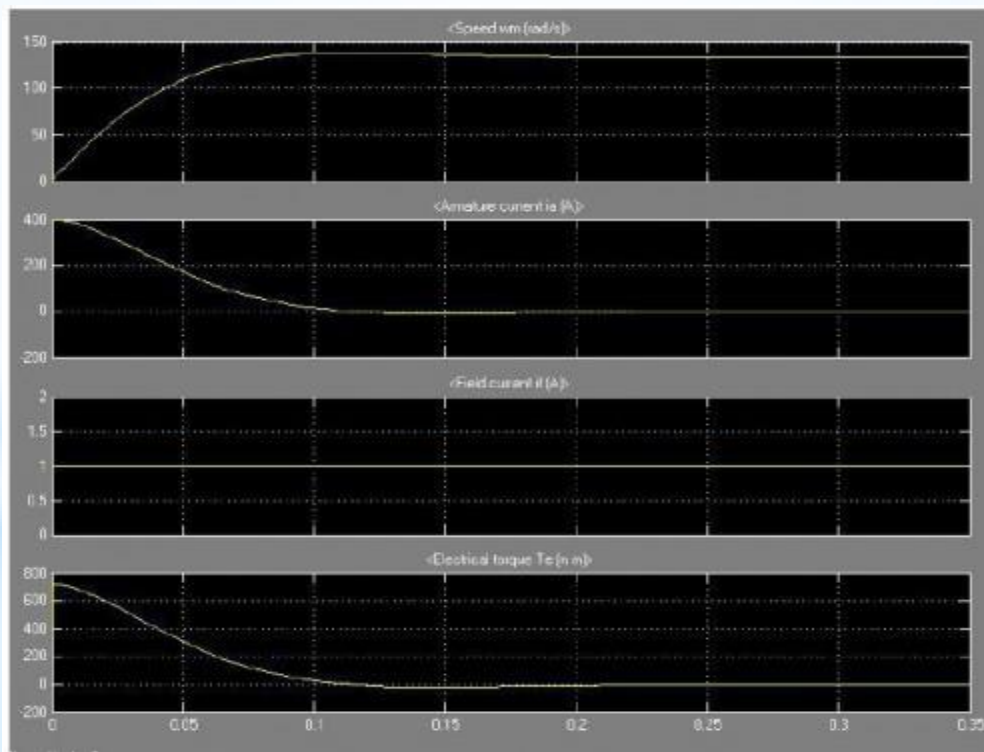
Initial speed (rad/s) :
1

OK Cancel Help Apply



Моделювання роботи двигуна постійного струму

Модель двигуна дозволяє зняти наступні показники: кутова швидкість на вихідному валу, струм якоря, струм обмотки збудження, електромагнітний момент. Відобразити ці параметри на екран можна за допомогою блоків Bus selector и Scope:




Характеристика пакета **Simulink**

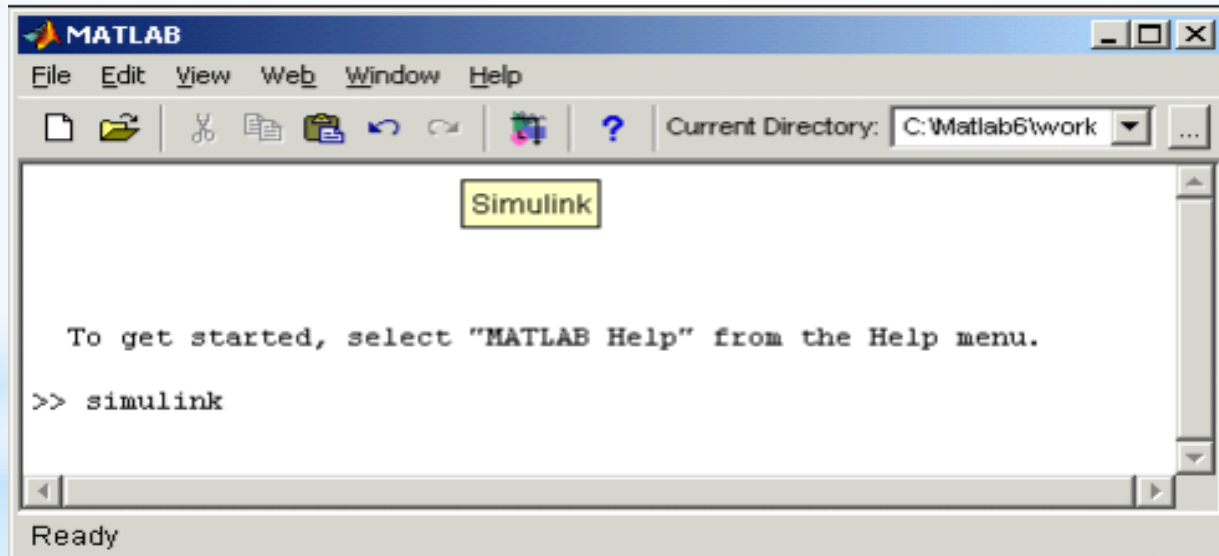
Пакет **Simulink** розробляється компанією **Mathworks** (www.mathworks.com) і поширюється в складі математичного пакета **MatLab**. Пакет заснований на графічному інтерфейсі і є типовим засобом візуально-орієнтованого програмування.

Simulink служить для блочного моделювання різних пристроїв і систем. Він має велику бібліотеку блокових компонентів і зручний редактор блок-схем. Графічний редактор користувача дозволяє здійснювати візуальне програмування. Використовуючи набори блок-схем користувач за допомогою мишки переносить потрібні компоненти в вікно моделі і з'єднує лініями входи і виходи блоків. Тобто готується моделювання потрібної системи та пристрої.

Simulink автоматизує рішення складних систем алгебраїчних і диференціальних рівнянь, що описують задану функціональну схему (модель). При цьому забезпечується зручний і наочний візуальний контроль за поведінкою створеного користувачем віртуального пристрою. Таким чином **Simulink** надає можливість вивчення, проектування і дослідження елементів енергетичних і електромеханічних систем, а також систем в цілому.

Запуск SimuLink


Для запуску програми необхідно попередньо запустити пакет MATLAB. Основне вікно пакета MATLAB показано на рис. Там же показана підказка з'являється у вікні при наведенні покажчика миші на ярлик Simulink в панелі інструментів 



Основне вікно програми MATLAB

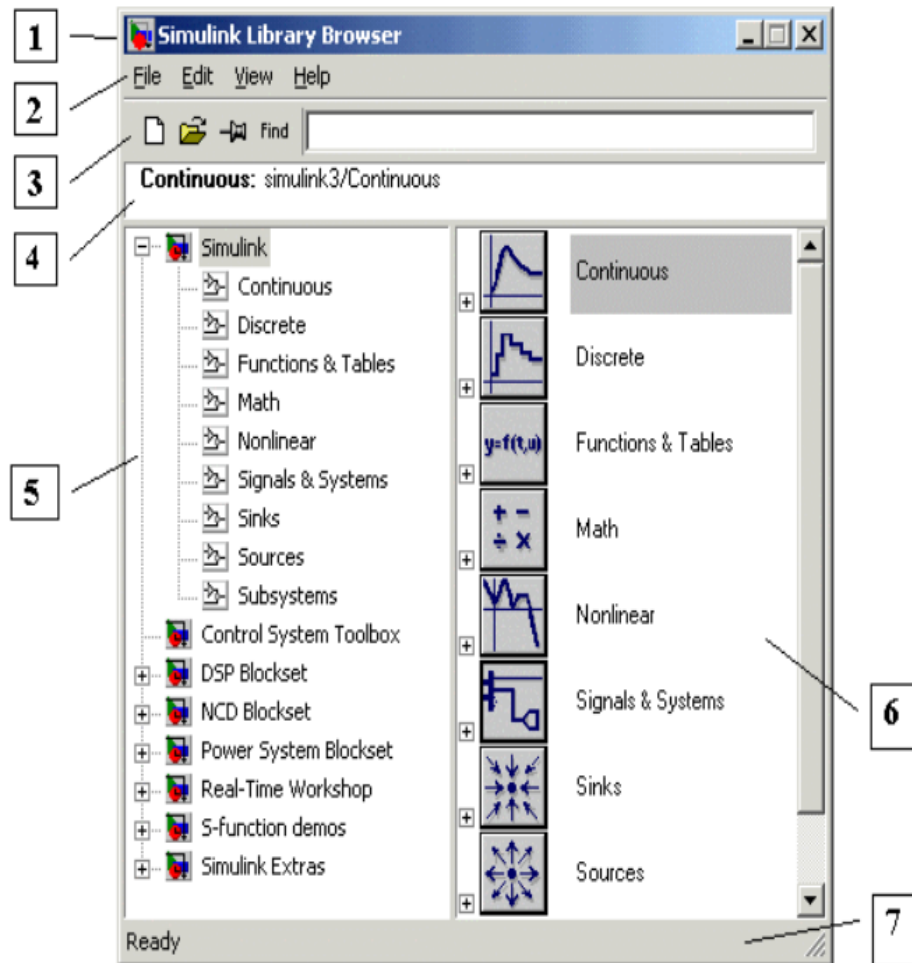
Запуск SimuLink

Після відкриття основного вікна програми **MATLAB** потрібно запустити програму **Simulink**. Це можна зробити одним з трьох способів:

- Натиснути кнопку  (**Simulink**) на панелі інструментів командного вікна **MATLAB**.
- У командному рядку головного вікна **MATLAB** надрукувати **Simulink** і натиснути клавішу **Enter** на клавіатурі.
- Виконати команду **Open ...** в меню **File** і відкрити файл моделі (**mdl** - файл).

Останній варіант зручно використовувати для запуску вже готової і налагодженої моделі, коли потрібно лише провести розрахунки і не потрібно додавати нові блоки в модель. Використання першого і другого способів призводить до відкриття вікна оглядача розділів бібліотеки Simulink

Оглядач розділів бібліотеки Simulink



3.1 Вікно оглядача бібліотеки блоків містить такі елементи:

1.Тема, з назвою вікна - **Simulink Library Browser.**

2.Меню, з командами **File, Edit, View, Help.**

3.Панель інструментів, з ярликами найбільш часто використовуваних команд.

4.Вікно коментаря для виведення пояснюющего повідомлення про обраний блоці.

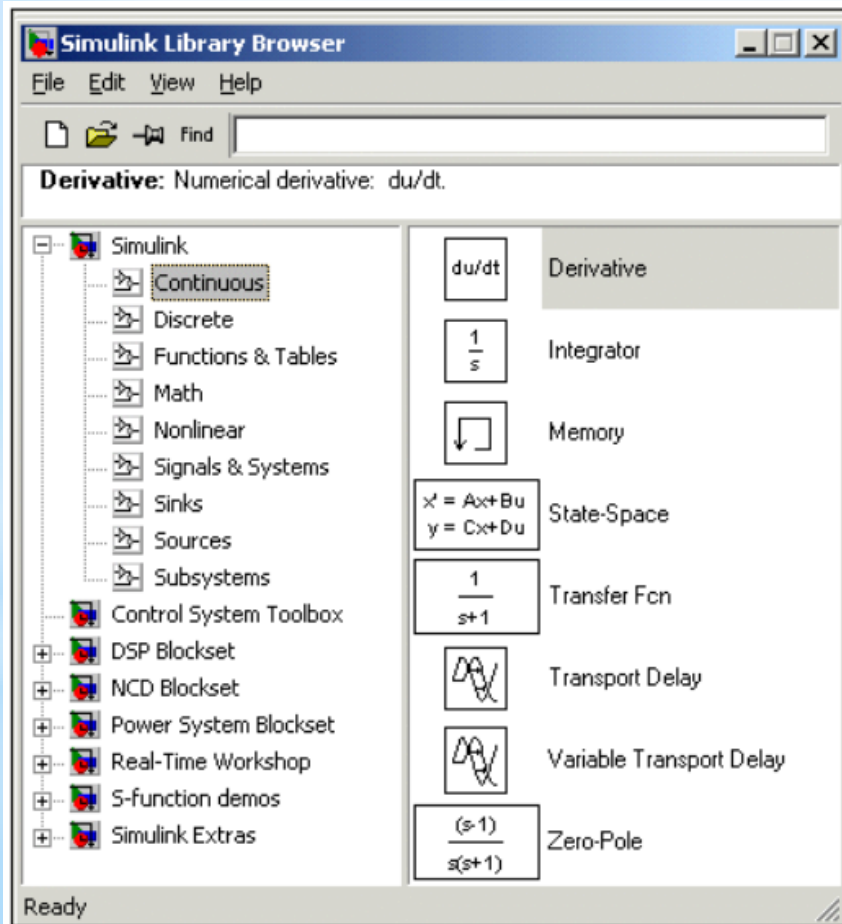
5.Список розділів бібліотеки, реалізований у вигляді дерева.

6.Вікно вмісту розділу бібліотеки (список вкладених розділів бібліотеки або блоків)

7.Рядок стану, що містить підказку по виконуваному дії.

* Основні розділи бібліотеки Simulink

На рис. виділена основна бібліотека Simulink (у лівій частині вікна) і показані її розділи (у правій частині вікна).



3.2 Бібліотека Simulink містить наступні основні розділи:

- 1. Continuous** - лінійні блоки.
- 2. Discrete** - дискретні блоки.
- 3. Functions & Tables** - функції та таблиці.
- 4. Math** - блоки математичних операцій.
- 5. Nonlinear** - нелінійні блоки.
- 6. Signals & Systems** - сигнали і системи.
- 7. Sinks** - реєструючі пристрої.
- 8. Sources** - джерела сигналів і впливів.
- 9. Subsystems** - блоки підсистем.

* Бібліотека Simulink у вигляді “дерева”

Список розділів бібліотеки Simulink представлений у вигляді “дерева”, і правила роботи з ним є загальними для списків такого виду:

- Піктограма згорнутого вузла дерева містить символ "+", а піктограма розгорнутого містить символ "-".
- Для того щоб розгорнути або згорнути вузол дерева, досить клацнути на його піктограмі лівою клавiшею миші (ЛКМ).

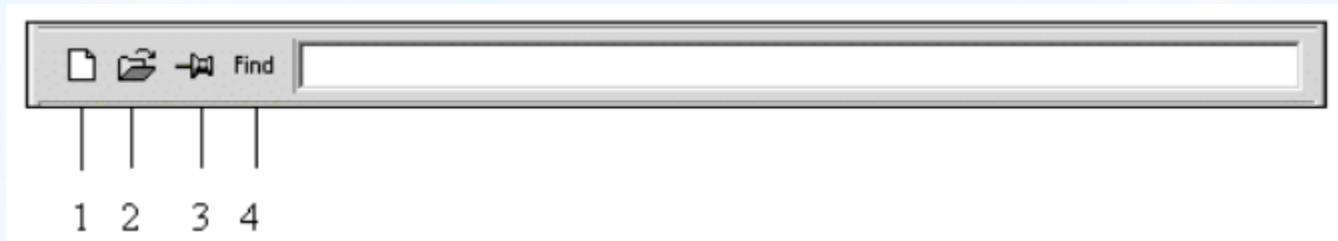
Панель інструментів оглядача розділів бібліотек

Для роботи з вікном використовуються команди зібрані в меню. Меню оглядача бібліотек містить наступні пункти:

- **File (Файл)** - Робота з файлами бібліотек: створення нової моделі, відкриття або закриття **mdl**-файлу.
- **Edit (Редагування)** - Додавання блоків в виділену модель і їх пошук за вказаною назвою.
- **View (Вид)** - Управління показом елементів інтерфейсу.
- **Help (Довідка)** - Висновок вікна довідки за оглядачеві бібліотек.



Призначення кнопки панелі інструментів




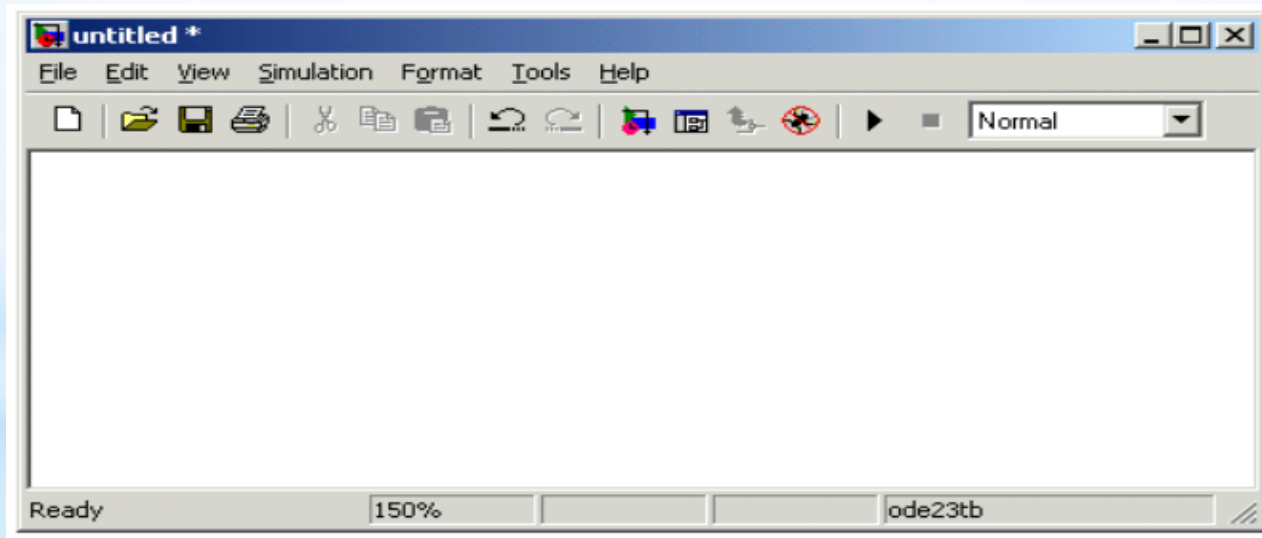
Кнопки панелі інструментів мають таке призначення:

1. Створити нову *S* - або *SPS* - модель (відкрити нове вікно моделі).
2. Відкрити одну з існуючих *S* - або *SPS* - моделей.
3. Змінити властивості вікна оглядача. Дана кнопка дозволяє встановити режим відображення вікна оглядача "поверх всіх вікон". Повторне натискання скасовує такий режим.
4. Пошук блоку за назвою (по перших символах назви). Після того як блок буде знайдений, у вікні оглядача відкриється відповідний розділ бібліотеки, а блок буде виділено. Якщо ж блок з такою назвою відсутня, то у вікні коментаря буде виведено повідомлення **Not found <ім'я блоку>** (Блок не знайдене).

Створення моделі

Для створення моделі в середовищі **SIMULINK** необхідно послідовно виконати ряд дій:

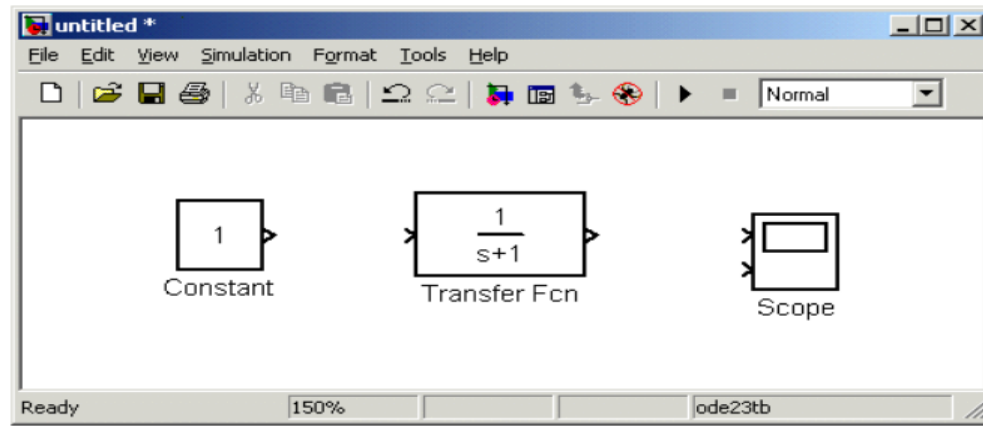
1. Створити новий файл моделі за допомогою команди **File / New / Model**, або використовуючи кнопку  на панелі інструментів (тут і далі, за допомогою символу "/", зазначені пункти меню програми, які необхідно послідовно вибрати для виконання зазначеної дії). Новостворене вікно моделі показано на рис.



Порожнє вікно
моделі

Створення моделі

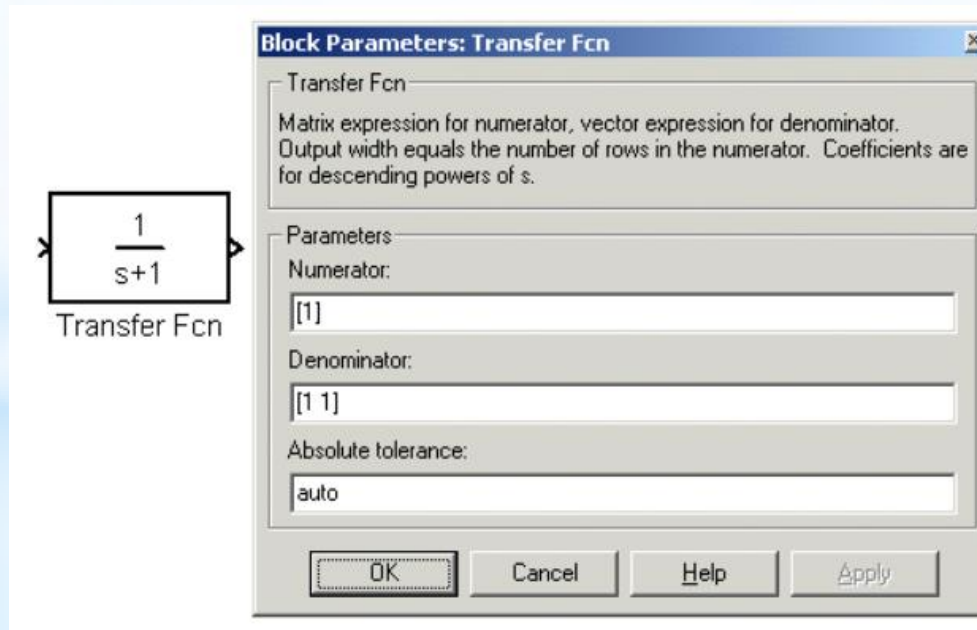
2. Розташувати блоки у вікні моделі. Для цього необхідно відкрити відповідний розділ бібліотеки (Наприклад, **Sources - Джерела**). Далі, вказавши курсором на необхідний блок і натиснувши на ліву клавішу "миші" - "перетягнути" блок в створене вікно. **Клавішу миші потрібно тримати натиснутою**. На рис показано вікно моделі, що містить блоки.



Для видалення блоку необхідно вибрати блок (вказати курсором на його зображення і натиснути ліву клавішу "миші"), а потім натиснути клавішу **Delete** на клавіатурі. Для зміни розмірів блоку потрібно вибрати блок, встановити курсор в один з кутів блоку і, натиснувши ліву клавішу "миші", змінити розмір блоку (курсор при цьому перетвориться в двосторонню стрілку).

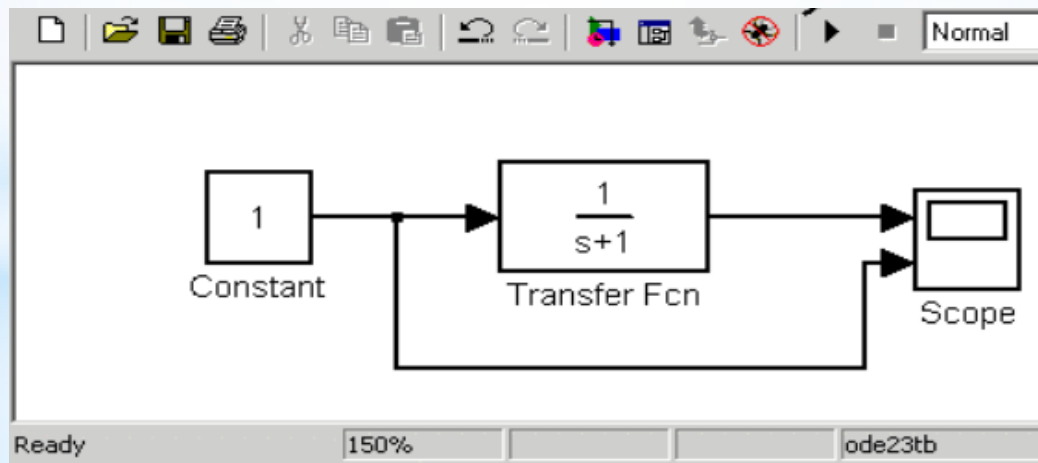
Створення моделі

3. Далі, якщо це потрібно, потрібно змінити параметри блоку, встановлені програмою "за замовчуванням". Для цього необхідно двічі клацнути лівою клавшею "миші", вказавши курсором на зображення блоку. Відкриється вікно редагування параметрів даного блоку. При завданні чисельних параметрів слід мати на увазі, що як десяткового роздільника повинна використовуватися точка, а не кома. Після внесення змін потрібно закрити вікно кнопкою **ОК**. На рис. як приклад показані блок, що моделює передавальну функцію і вікно редагування параметрів даного блоку.



Створення моделі

4. Після установки на схемі всіх блоків із потрібних бібліотек потрібно виконати з'єднання елементів схеми. Для з'єднання блоків необхідно вказати курсором на "вихід" блоку, а потім, натиснути і, не відпускаючи ліву клавішу "миші", провести лінію до входу іншого блоку. Після чого відпустити клавішу. У разі правильного з'єднання зображення стрілки на вході блоку змінює колір. Для створення точки розгалуження в сполучній лінії потрібно підвести курсор до передбачуваного вузла і, натиснувши *праву* клавішу "миші", протягнути лінію. Для видалення лінії потрібно вибрати лінію (так само, як це виконується для блоку), а потім натиснути клавішу **Delete** на клавіатурі. Схема моделі, в якій виконані з'єднання між блоками, показана на рис.



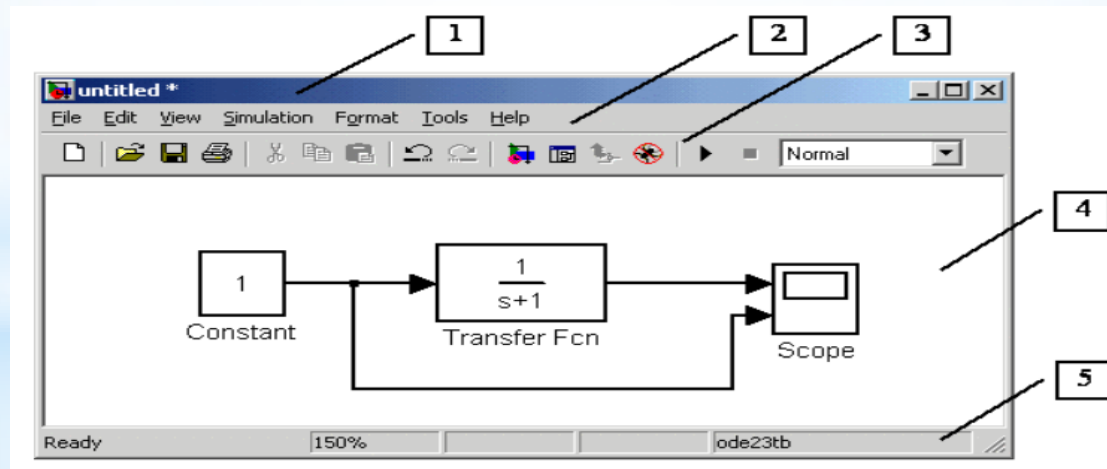
Створення моделі

5. Після складання розрахункової схеми необхідно зберегти її у вигляді файлу на диску, вибравши пункт меню **File / Save As ...** у вікні схеми і вказавши папку та ім'я файлу. Слід мати на увазі, що ім'я файлу не повинен перевищувати 32 символів, повинно починатися з літери і не може містити символи кирилиці і спецсимволи. Ця ж вимога стосується і до шляху файлу (до тих папках, в яких зберігається файл). При подальшому редагуванні схеми можна користуватися пунктом меню **File / Save**. При повторних запусках програми **SIMULINK** завантаження схеми здійснюється за допомогою меню **File / Open ...** у вікні оглядача бібліотеки або з основного вікна **MATLAB**.

Вікно моделі

Вікно моделі містить такі елементи:

1. Тема, з назвою вікна. Новоствореному вікна присвоюється ім'я **Untitled** з відповідним номером.
2. Меню з командами **File, Edit, View** і т.д.
3. Панель інструментів.
4. Вікно для створення схеми моделі.
5. Рядок стану, що містить інформацію про поточний стан моделі.




Меню вікна моделі

Меню вікна містить команди для редагування моделі, її налаштування і управління процесом розрахунку, роботи файлами тощо:

- **File (Файл)** - Робота з файлами моделей.
- **Edit (Редагування)** - Зміна моделі та пошук блоків.
- **View (Вид)** - Управління показом елементів інтерфейсу.
- **Simulation (Моделювання)** - Завдання налаштувань для моделювання і керування процесом розрахунку.
- **Format (Форматування)** - Зміна зовнішнього вигляду блоків і моделі в цілому.
- **Tools (Інструментальні засоби)** - Застосування спеціальних засобів для роботи з моделлю (відладчик, лінійний аналіз і т.п.)
- **Help (Довідка)** - Висновок вікон довідкової системи.

Робота з моделлю за допомогою кнопки на панелі інструментів

Кнопки панелі інструментів мають таке призначення:

1. **New Model** - Відкрити нове (пусте) вікно моделі.
2. **Open Model** - Відкрити існуючий **mdl-файл**.
3. **Save Model** - Зберегти **mdl-файл** на диску.
4. **Print Model** - Виведення на друк блок-діаграми моделі.
5. **Cut** - Вирізати виділену частину моделі в буфер проміжного зберігання.
6. **Copy** - Скопіювати виділену частину моделі в буфер проміжного зберігання.
7. **Paste** - Вставити у вікно моделі вміст буфера проміжного зберігання.
8. **Undo** - Скасувати попередню операцію редагування.
9. **Redo** - Відновити результат скасованої операції редагування.
10. **Library Browser** - Відкрити вікно оглядача бібліотек.
11. **Toggle Model Browser** - Відкрити вікно оглядача моделі.
12. **Go to parent system** - Перехід з підсистеми в систему вищого рівня ієрархії ("родительську систему"). Команда доступна тільки, якщо відкрита підсистема.
13. **Debug** - Запуск відладчика моделі.
14. **Start / Pause / Continue Simulation** - Запуск моделі на виконання (команда **Start**); після запуску моделі на зображенні кнопки виводиться символ , і їй відповідає вже команда **Pause** (Призупинити моделювання); для поновлення моделювання слід клацнути по тій же кнопці, оскільки в режимі паузи їй відповідає команда **Continue** (Продовжити).

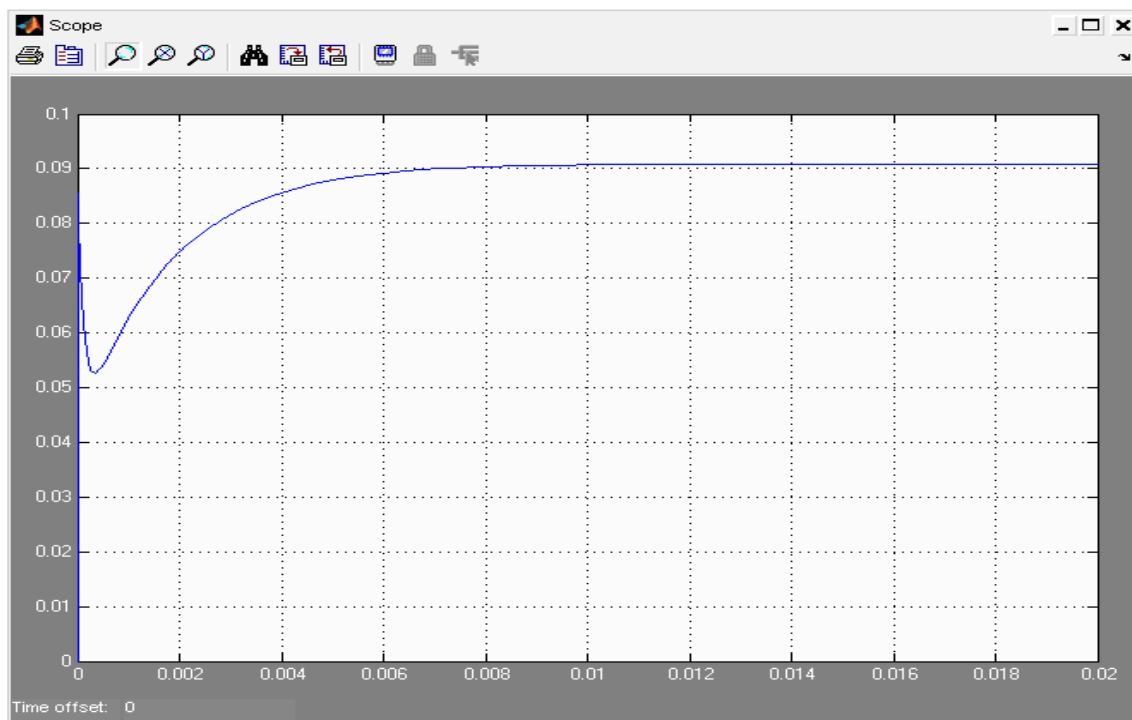
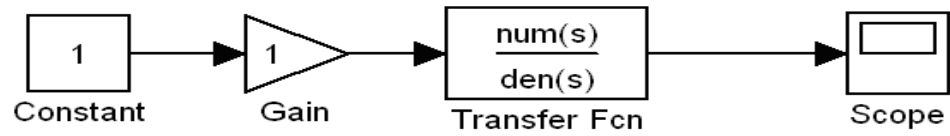
Робота з моделлю за допомогою кнопки на панелі інструментів

15.**Stop** - Закінчити моделювання. Кнопка стає доступною після початку моделювання, а також після виконання команди **Pause**.

16.**Normal / Accelerator** - Звичайний / Прискорений режим розрахунку. Інструмент доступний, якщо встановлено додаток **Simulink Performance Tool**.

У нижній частині вікна моделі знаходиться рядок стану, в якій відображаються короткі коментарі до кнопок панелі інструментів, а також до пунктів меню, коли покажчик миші знаходиться над відповідним елементом інтерфейсу. Це ж текстове поле використовується і для індикації стану **Simulink: Ready** (Готовий) або **Running** (Виконання). У рядку стану відображаються також:

- масштаб відображення блок-діаграми (у відсотках, вихідне значення дорівнює 100%),
- індикатор ступеня завершеності сеансу моделювання (з'являється після запуску моделі),
- поточне значення модельного часу (виводиться також тільки після запуску моделі),
- використовуваний алгоритм розрахунку станів моделі (метод рішення).



вання

* Реалізація блочного моделювання

Результатом блокового моделювання в наведеному прикладі є розрахунок перехідної характеристики. Перехідна характеристика - це реакція системи на одиничне вхідний вплив. Об'єктом дослідження в даному випадку є передавальна функція, яка задається за допомогою ланки **Transfer Fcn** з бібліотеки **Simulink / Continuous**.

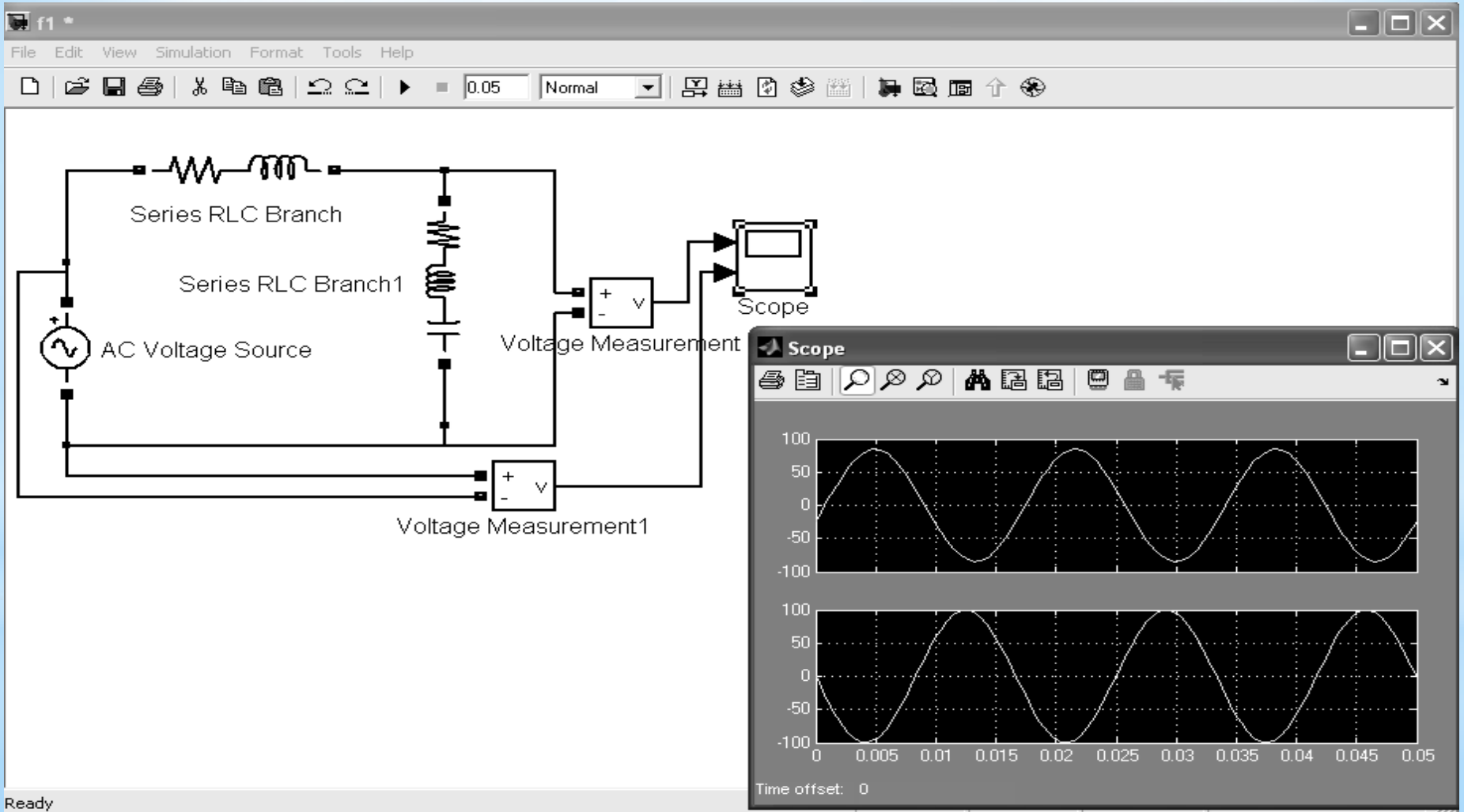
Передаточна функція вихідної системи в загальному вигляді представляється у вигляді:

$$W(s) = \frac{a_m s^m + a_{m-1} s^{m-1} + \dots + a_1 s + a_0}{b_n s^n + b_{n-1} s^{n-1} + \dots + b_1 s + b_0}$$

Коефіцієнти a_i слід вводити в поле **Numerator**, починаючи з коефіцієнта a_m при старшій похідній.

Аналогічно заповнюється поле знаменника передавальної функції **Denominator**, починаючи з коефіцієнта b_n .

Вхідний вплив на передавальну функцію подається за допомогою елемента **Constant** з бібліотеки **Simulink / Commonly Used Blocks**, а вихідний сигнал реєструється осцилографом **Simulink / Sinks / Scope**.



Ready

* Створення та підключення елементів схеми

Для створення схеми в наведеному прикладі в середовищі **Matlab Simulink** передбачені моделі послідовної і паралельної R-L-C ланцюжків.

Вони знаходяться в бібліотеці **SimPowerSystems / Elements / Series RLC Branch** і **SimPowerSystems / Elements / Parallel RLC Branch**.

Джерело змінної напруги, який необхідно підключити до схеми, знаходиться в бібліотеці **SimPowerSystems / Electrical Sources / AC Voltage Sources**.

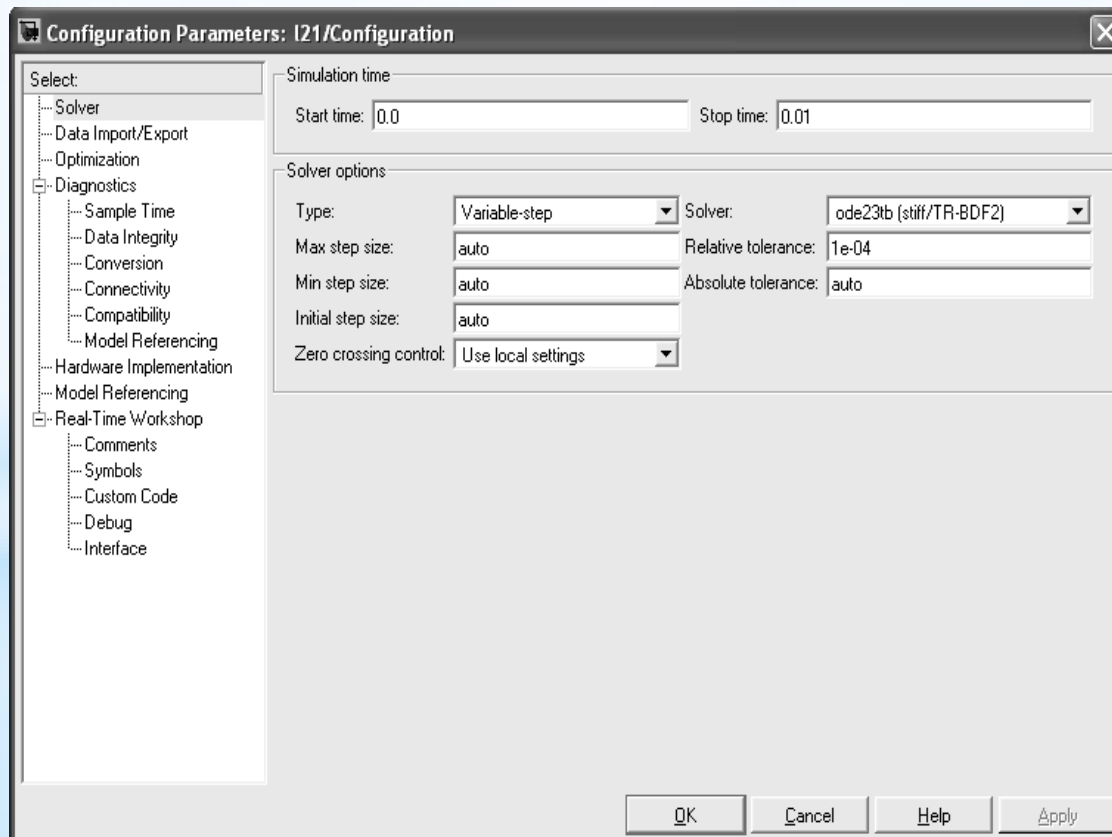
Для отримання і візуалізації процесів необхідно підключити до схеми вимірвальний прилад і осцилограф.

При вирішенні систем рівнянь і побудові перехідної характеристики істотно впливає на результат вибір чисельного методу розрахунку (**Solver**), кроку розрахунку (**Relative tolerance**), початкового і кінцевого значення часу перехідного процесу (**Start time**, **Stop time**).

Це все в реалізується в **Simulink** за допомогою решателя, звернення до якого здійснюється через позицію **Simulation** головного меню.

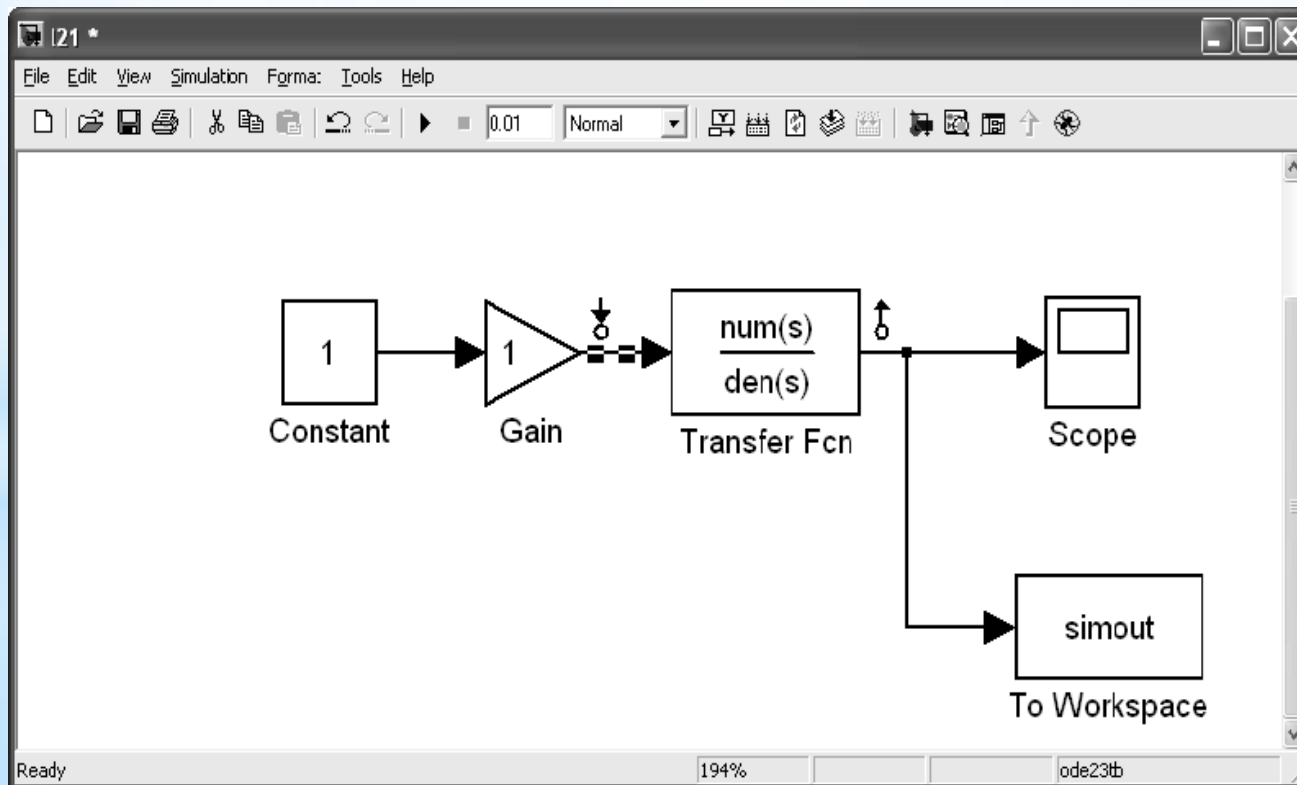
* Simulation

Параметри решателя встановлюються за допомогою вікна, яке з'являється при виконанні команди **Parameters** в позиції **Simulation**. У ньому можна встановити конкретний метод розв'язання диференціальних рівнянь ode 45, ode23, rk 45 (метод Рунге-Кутта), odel 13 (метод Адамс), ode 15s ode1 (метод Ейлера)



* Побудова частотних характеристик

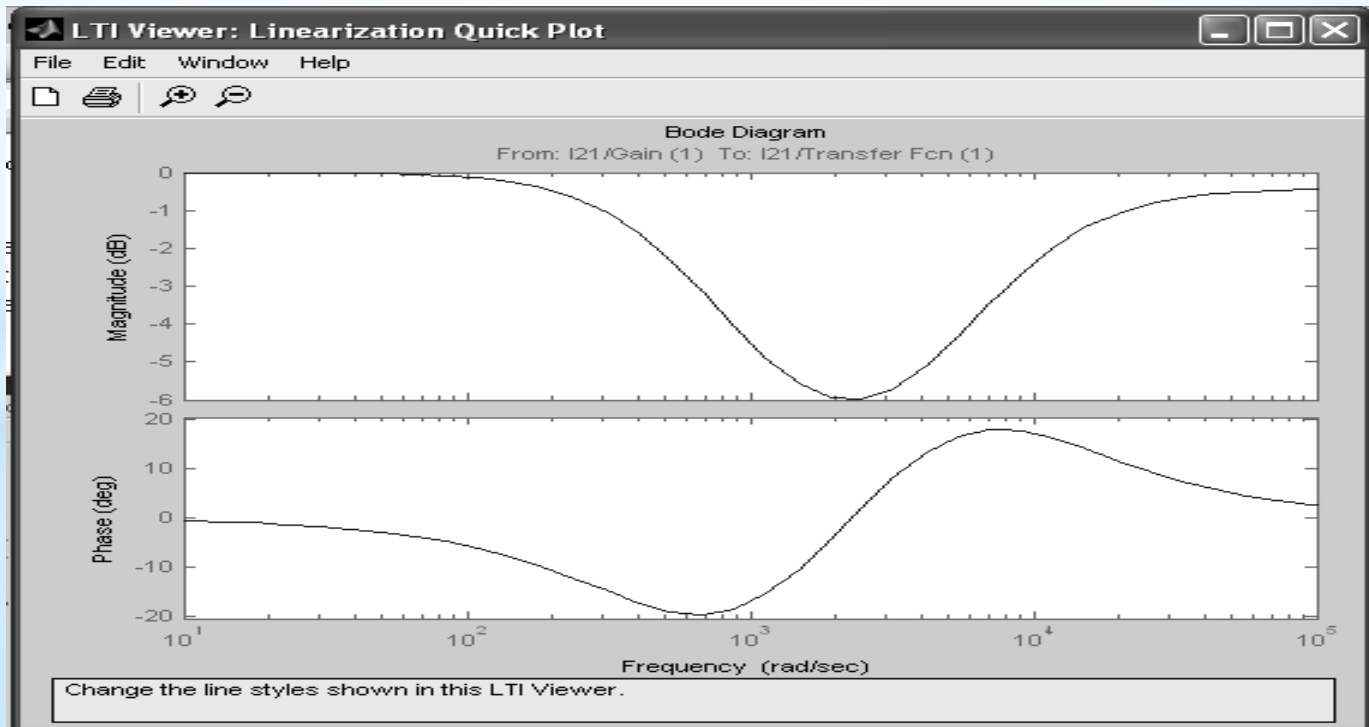
Щоб побудувати частотні характеристики, потрібно задати вхід і вихід передавальної функції за допомогою команди «Linear Analysis» / «Input Point» і «Linear Analysis» / «Output Point» з меню, що випадає, при натисканні правої кнопки на вході і виході передавальної функції. Після призначення входу і виходу передавальної функції модель набирає вигляду.



* Розрахунок частотних характеристик

Розрахунок частотних характеристик виконується викликом команди «Tools \ Control Design \ Linear Analysis». У вікні настройки «Control and Estimation Tools Manager» вибираємо «Bode Response Plot» для побудови частотних характеристик і натискаємо на «Linearize Model». У вікні побудови графіка можна спостерігати у верхній частині амплітудно-частотну характеристику, а в нижній частині фазо -частотну характеристику.

Після виконання команд «File \ Print to Figure» і «Edit \ Copy Figure» графіки частотних характеристик відправляють в буфер обміну для подальшої обробки в графічному редакторі.



* Запуск і зупинка процесу моделювання

В кінці інструментальної панелі **Simulink** знаходяться дві важливі кнопки управління. Одна у вигляді чорного трикутника (**Start / Pause Simulation**), яка запускає або зупиняє розпочатий процес моделювання, інша у вигляді чорного квадрата (**Stop**) - зупиняє процес моделювання.

Замість кнопок можна використовувати команди **Start** і **Pause** в позиції **Simulation**.



SOLIDWORKS

The image shows the SolidWorks logo in red. It consists of a stylized 'S' symbol followed by the word 'SOLIDWORKS' in a bold, sans-serif font. The background is a light blue gradient with a faint, large 'S' watermark.

SolidWorks - це повнофункціональний додаток для автоматизованого механіко-машинобудівного конструювання, що базується на параметричній об'єктно-орієнтованій методології.



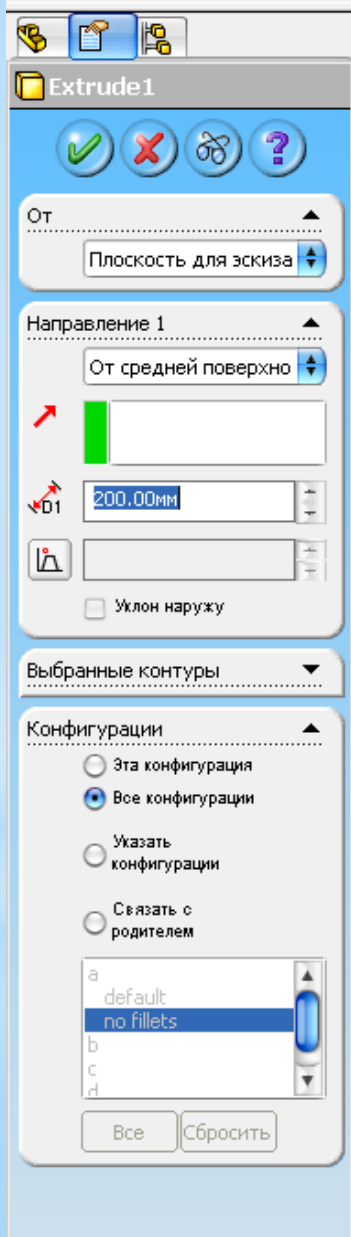
* Диспетчер свойств

Для того чтобы увидеть диспетчер свойств необходимо выполнить следующее:

Выберите элемент Extrude 1 и нажмите правую кнопку мыши.

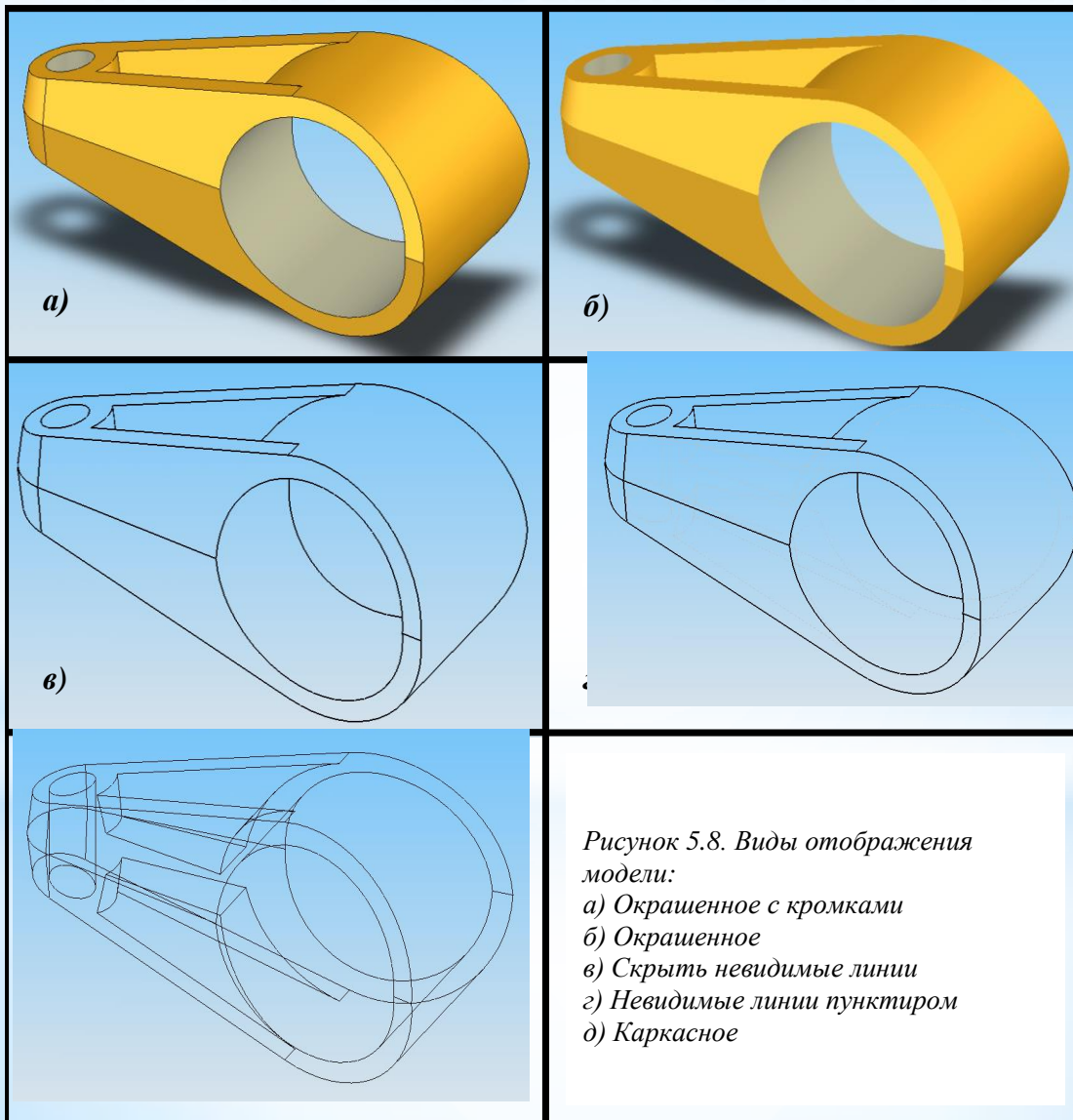
Выберите Редактировать определение из контекстного меню.

В диспетчерской области отобразится Диспетчер свойств элемента Extrude 1, а в графической области — результат использования данного конструктивного элемента



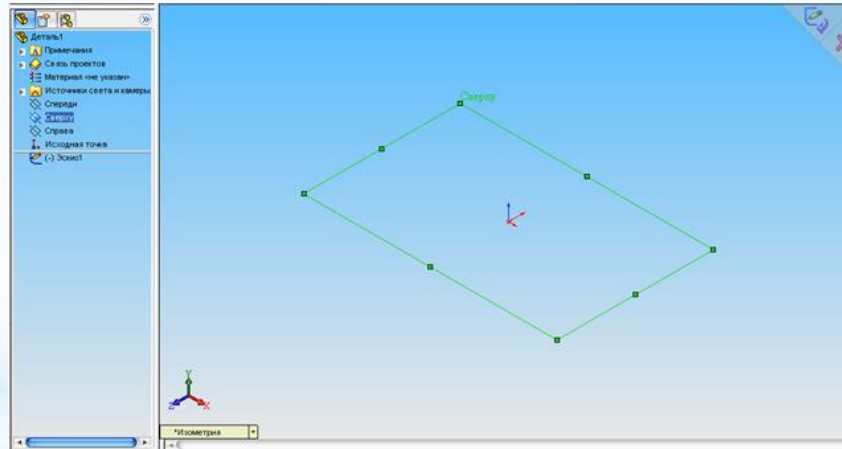


* Формы представления модели.



* *Моделирование простых деталей*

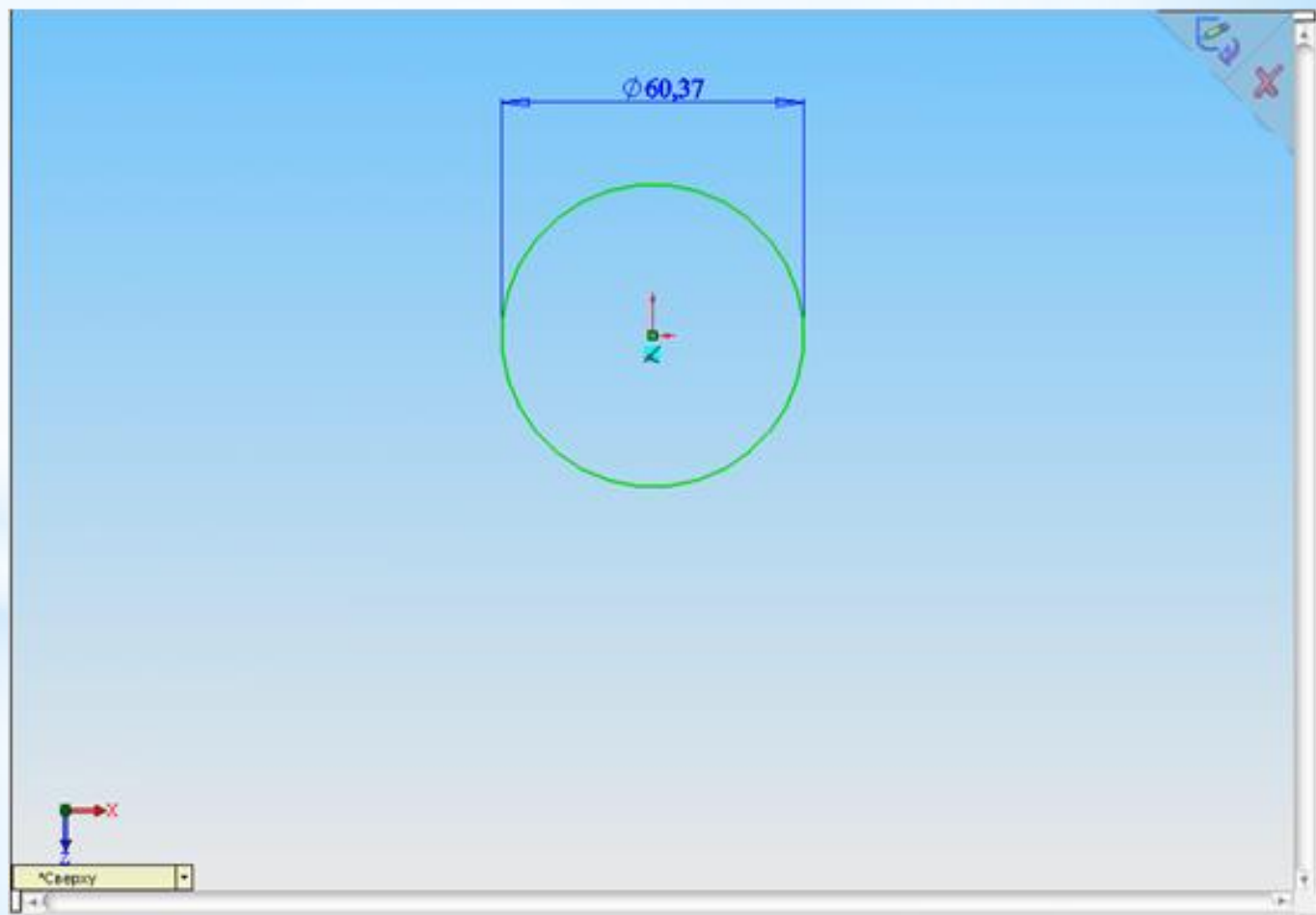
1. Выберите плоскость *Сверху* в дереве проекта Диспетчера конструктивных элементов
2. Нажмите кнопку *Эскиз* панели инструментов *Эскиз*, эскиз откроется на выбранной плоскости.



3. Нажмите кнопку *Перпендикулярно выбранной плоскости* панели инструментов *Стандартные виды*.

4. Нажмите кнопку *Окружность* панели инструментов *Инструменты эскиза*.

Чтобы задать размер окружности, нажмите кнопку *Размер* панели инструментов *Взаимосвязи эскиза*

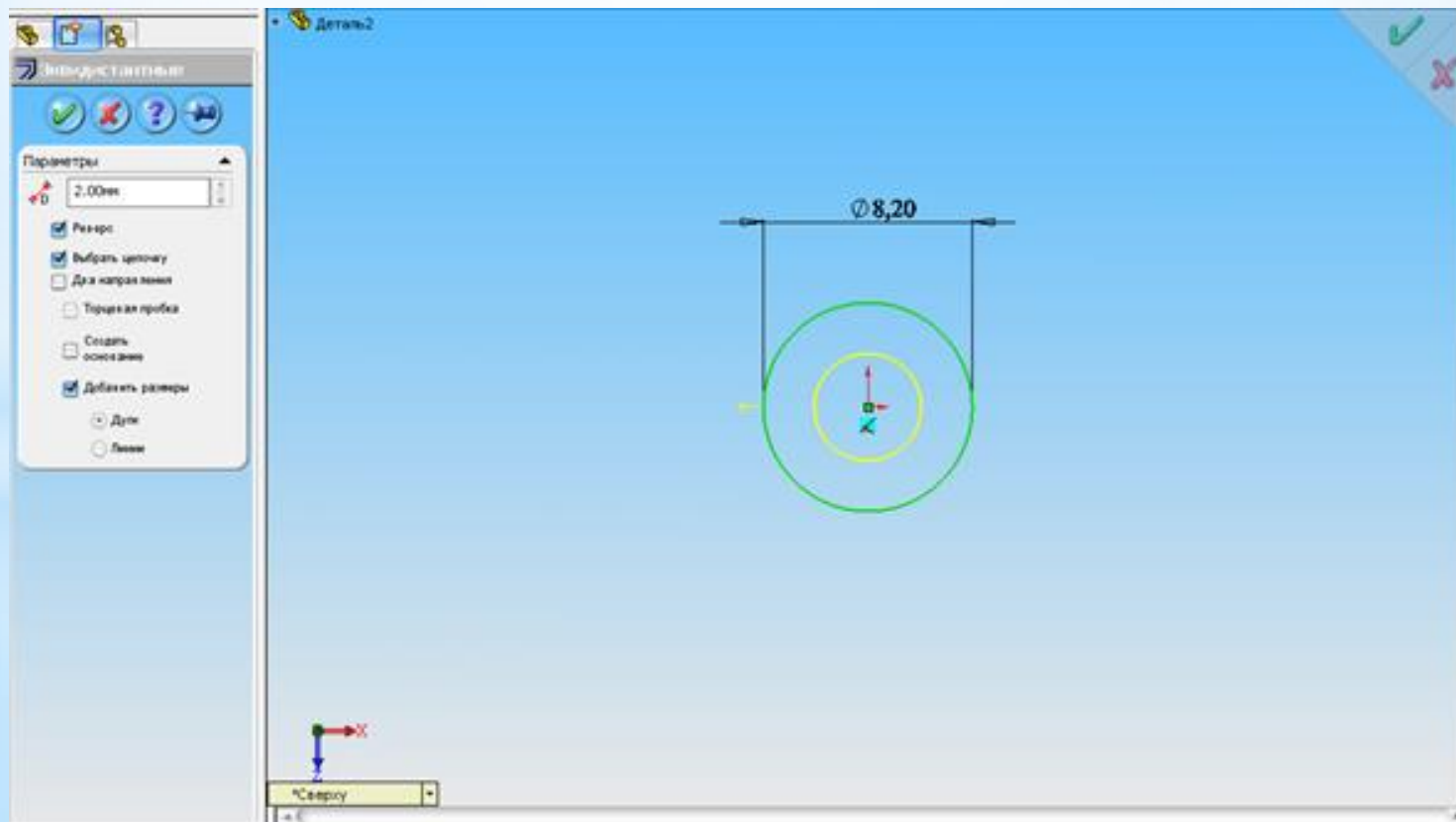




Смещение

Нажмите кнопку *Смещение объектов* панели инструментов *Инструменты эскиза*. Наведите курсор на окружность и, как только окружность окрасится в красный цвет *щелкните* левой кнопкой мыши.

В Диспетчере свойств *Смещение объектов* выберите параметры *Реверс* и *Выбрать цепочку*, задайте

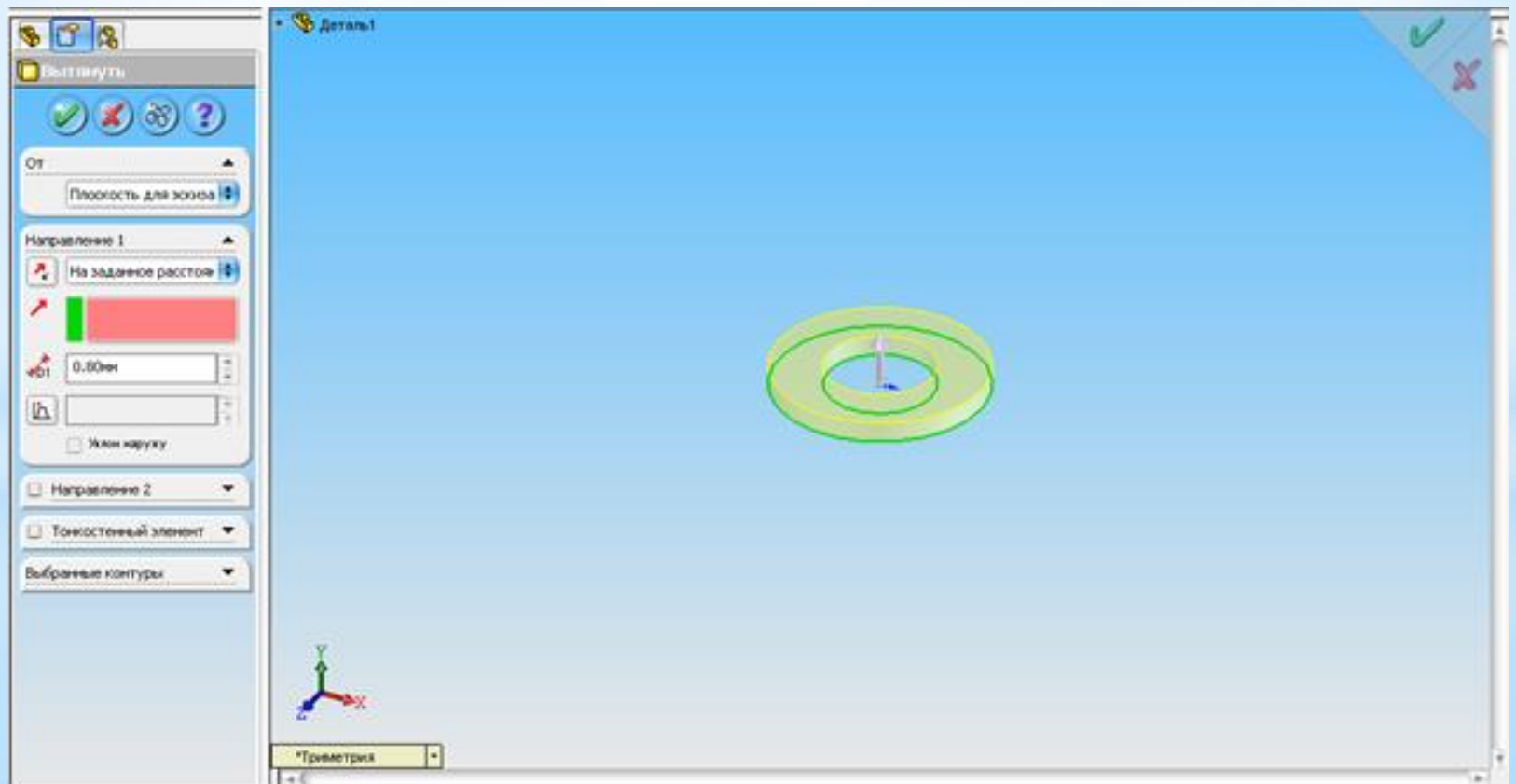




Нажмите кнопку *Вытянутая бобышка/основание* панели инструментов *Элементы*.

В Диспетчере свойств *Вытянуть* задайте:

Направление — *На заданное расстояние*; *Глубина* — 0.80 мм, и нажмите ОК.



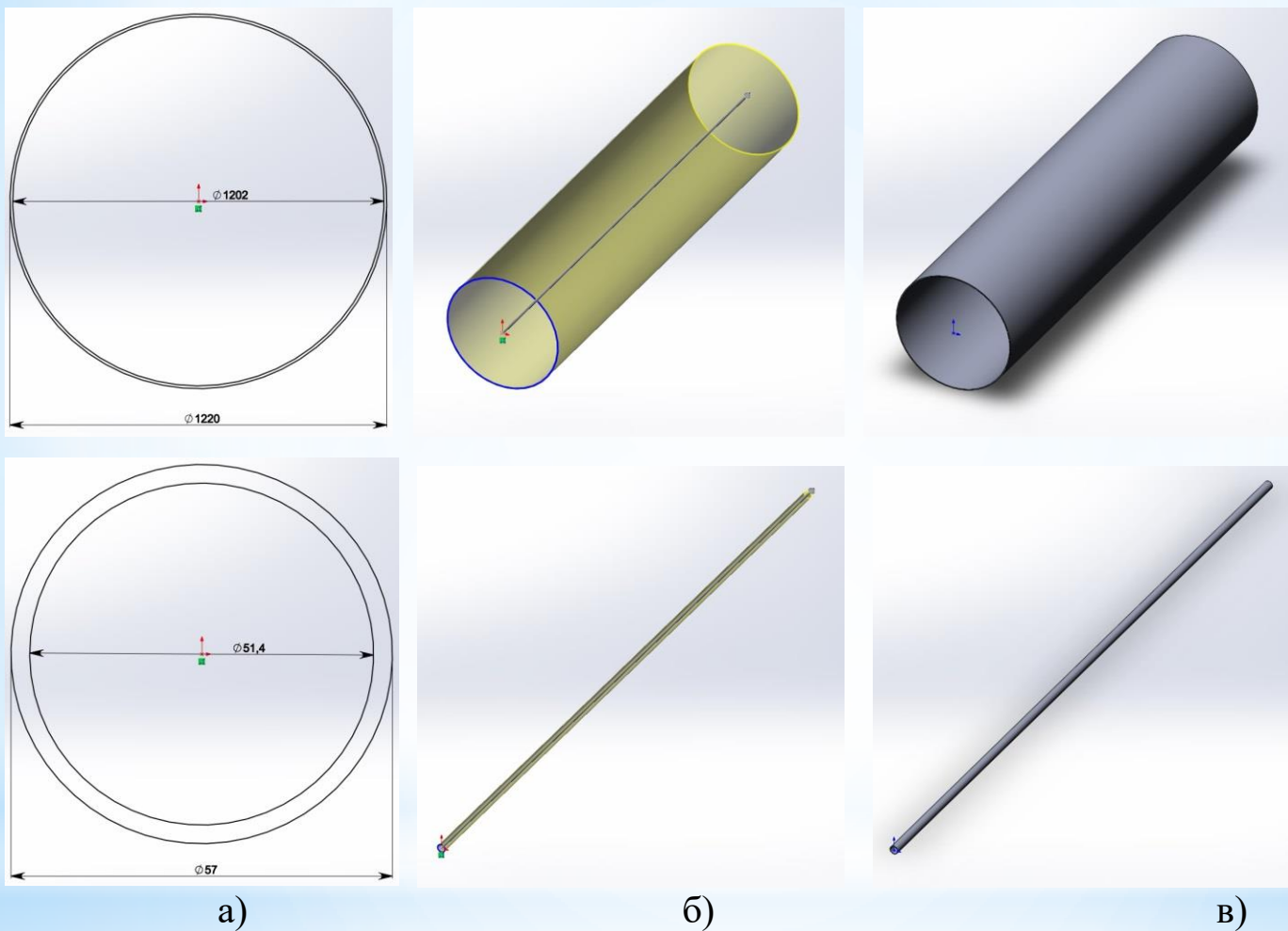
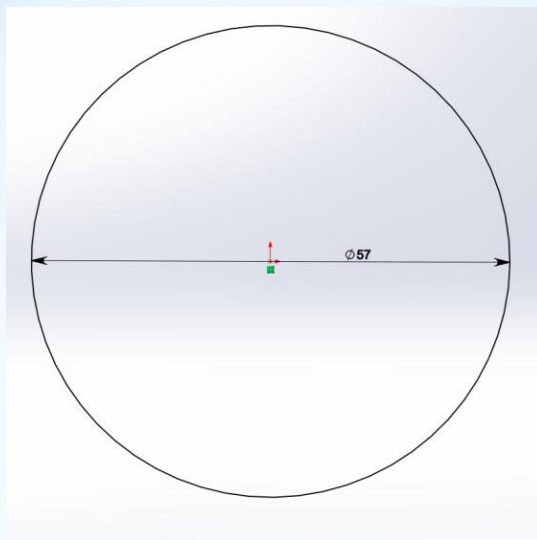
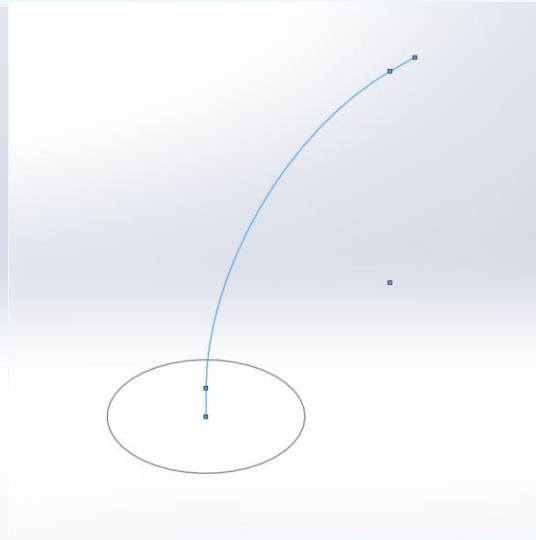


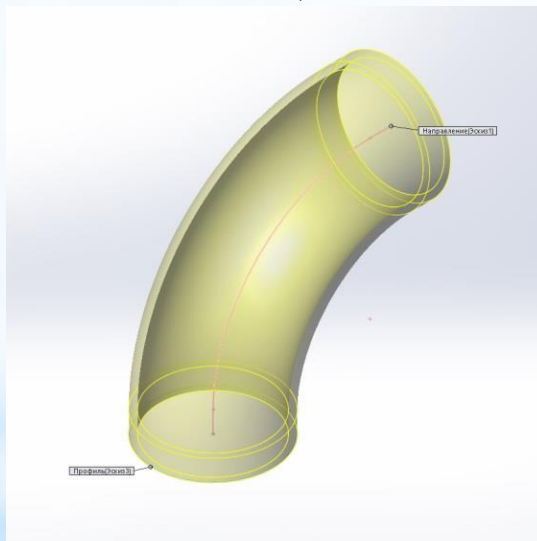
Рисунок 4.1 – Стадії моделювання трубопроводів: а – створення ескізу з діаметрами трубопроводів; б – «вытянутая бобышка» на задану довжину; в – кінцева модель трубопроводу



а)



б)



в)



г)

Рисунок 4.2 – Стадії моделювання відводу: а – створення ескізу з зовнішнім діаметром; б – створення ескізу з траєкторією; в – «бобишка по траєктории»; г – повздовжній переріз кінцевої моделі відводу

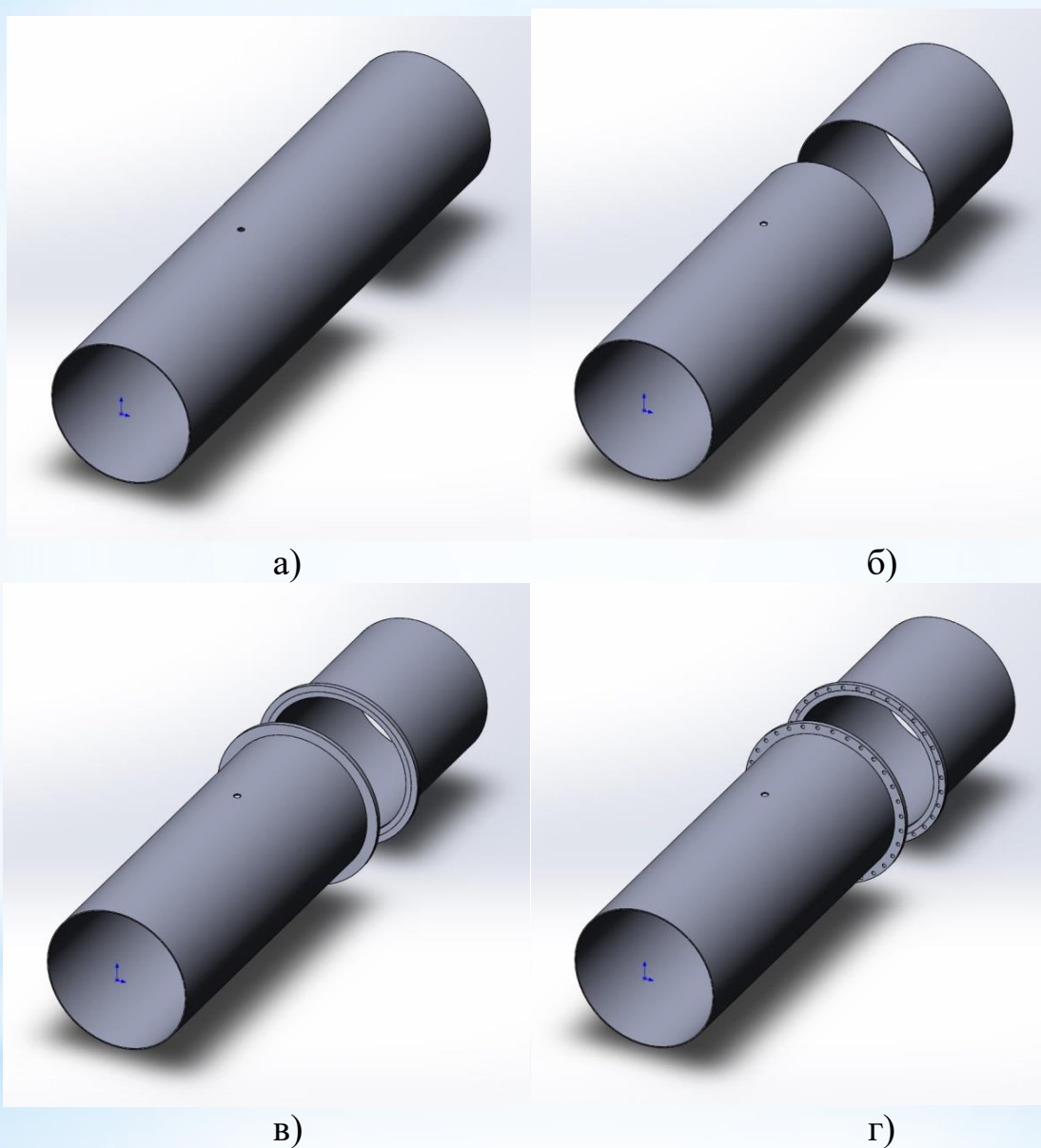


Рисунок 4.4 – Стадії моделювання трубопроводу з фланцевим з'єднанням: а – створення трубопроводу; б – виріз секції труби; в – створення основи фланця; г – створення отворів для болтових з'єднань



- PLANE1
- PLANE2
- PLANE3
- (f) F-16 Body - 03<1> (Defau
- F16 - Vertical Stabilizer<1> ->
- F16 - Parachute<1> -> (Defa
- F16 - Anticollision Strobe<1>
- F16 - Canopy<1> -> (Defaul
- F16 - Nose Radome<2> -> (f
- F16 - Air Data Probe<1> -> (
- F16 - AoA Probe<1> -> (Def
- F16 - Threat Warning Antenn
- F16 - Antennas<1> -> (Defa
- F16 - Jet Engine<1> -> (Defa
- F16 - Horizontal Stabilizer<1
- F16 - Ventral Fin<1> -> (Def
- F16 - Missile Launcher<1> ->
- F16 - AIM-120<1> (Default<
- F16 - Missile Launcher Under
- F16 - AIM-9 Sidewinder<1> (
- F16 - Fuel Tank<1> (Default
- F16 - Fuel Tank Station<1> ->
- F16 - CBU-87 Station<1> ->
- F16 - CBU-87 Bomb<1> (Def
- F16 - CBU-87 Bomb<2> (Def
- F16 - Cockpit<1> -> (Defaul
- F16 - Basic Seat<1> -> (Defa
- F16 - Position Light<1> -> (f
- F16 - Gun Port<1> -> (Defa
- F16 - NLG Door<1> -> (Defa
- F16 - NLG<2> -> (Default<
- F16 - NLG Wheel<1> (Defaul
- F16 - NLG Tire<1> -> (Defau
- (f) F16 - Static Discharger<1>
- (f) F16 - Static Discharger<2>
- (f) F16 - Static Discharger<3>
- (f) F16 - Static Discharger<4>
- (f) F16 - Static Discharger<5>
- (f) F16 - Static Discharger<6>
- F16 - MLG Door<1> -> (Defa
- F16 - MLG<1> -> (Default<
- F16 - MLG Wheel<1> (Defau
- F16 - MLG Tire<1> -> (Defa
- Mates
- Sketch1
- MassProperties1



* Порівняння Ansys и Comsol Multiphysics

Вступ

Сьогодні метод кінцевих елементів став дуже поширеним числовим методом, який використовується багатьма дослідниками та інженерами для обчислення процесів і явищ, що виникають у нашому світі. Чисельне моделювання часто може замінити повномасштабний експеримент, коли останній недоступний через відсутність експериментальної бази та засобів для його проведення.

Велика кількість різних програмних пакетів, які призначені для проектування та розробки об'єктів виробництва, для оформлення конструкторської та технологічної документації об'єднуються під загальною назвою САПР (система автоматизованого проектування), що має на увазі так звані CAD / CAM / CAE / PDM-системи

* Основні поняття

CAD-системи або комп'ютерна підтримка проектування - призначені для вирішення конструкторських задач і оформлення конструкторської документації, моделювання тривимірної об'ємної конструкції деталі та оформлення креслень і текстової конструкторської документації.

***Computer-aided
design**

САМ-системи або комп'ютерна підтримка виготовлення - призначені для проектування обробки виробів на верстатах з числовим програмним управлінням і видачі програм для цих верстатів.

**Computer-aided
manufacturing*

CAE - програми чи програмні пакети, призначені для інженерних розрахунків, аналізу та моделювання фізичних процесів.

* *Computer-aided
engineering*

PDM-системи - системи управління даними про виріб - організаційно-технічна системи, що забезпечують управління всією інформацією про виріб. PDM-системи є частиною PLM-систем (англ. Product Lifecycle Management). PLM - життєвий цикл виробу - технологія управління життєвим циклом виробів.

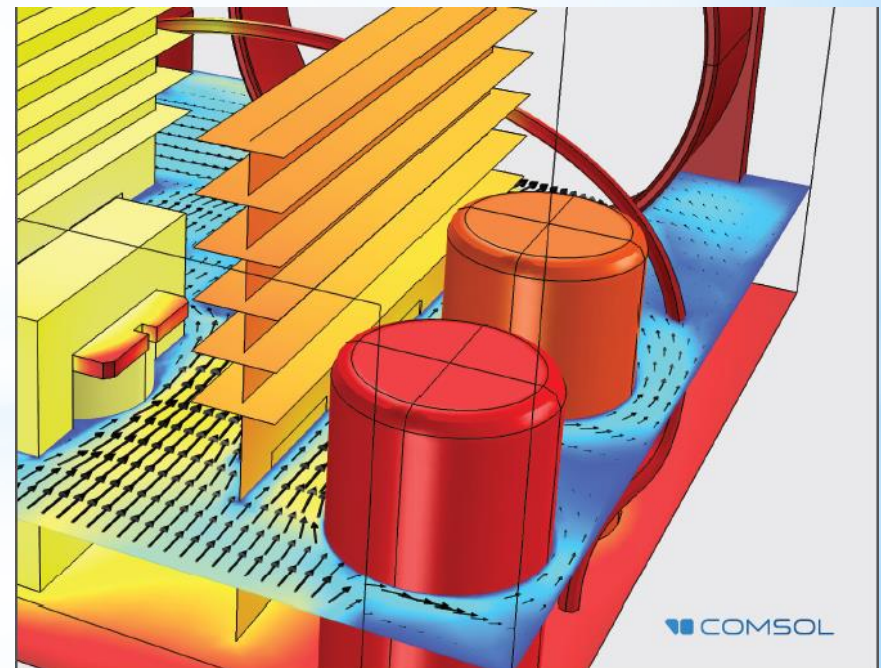
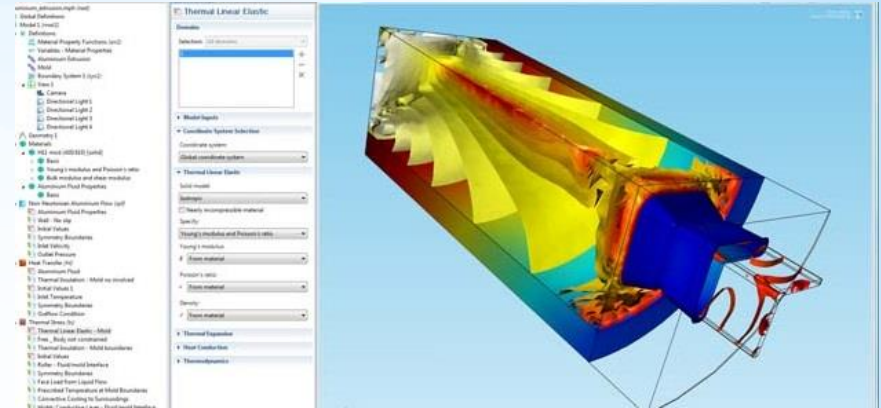
* Product Data Management

Недоліки використання програмного комплексу COMSOL Multiphysics

1. необхідність у високих обчислювальних потужностях.
2. багатомодульна структура ускладнює процес проектування мікроелектромеханічних схем.

COMSOL Multiphysics

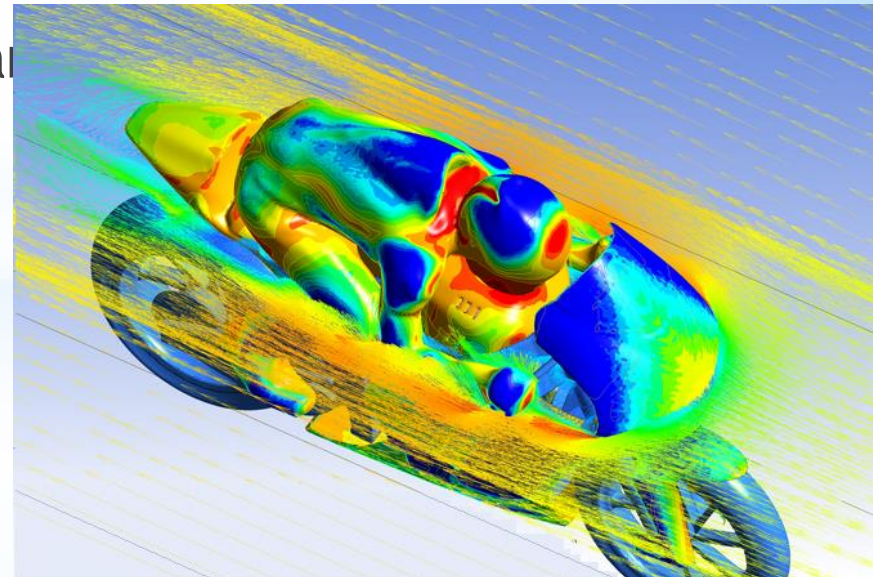
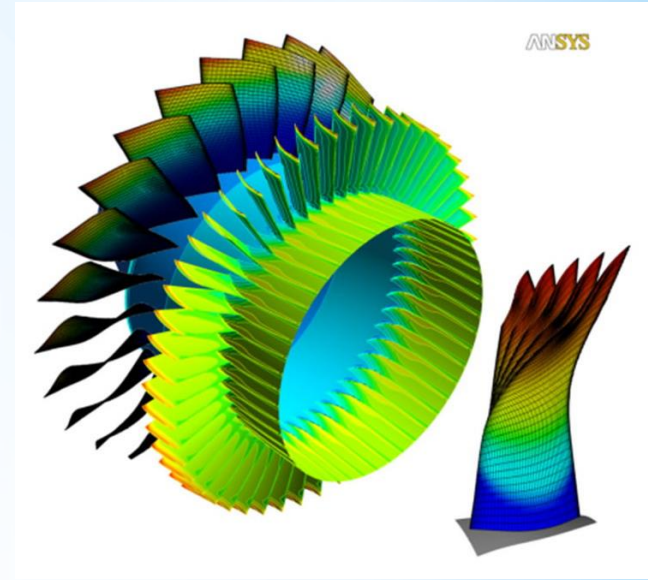
Пакет моделювання, який дозволяє вирішувати: системи нелінійних диференціальних рівнянь в приватних похідних методом кінцевих елементів в одному, двох і трьох вимірах, завдання з області електромагнетизму, теорії пружності, динаміки рідин і газів та хімічної газодинаміки, завдання в фізичній постановці.



Ansys

Універсальна програмна система кінцево-елементного аналізу, використовується в інженерних розрахунках для вирішення лінійних і нелінійних, стаціонарних і нестаціонарних просторових задач механіки

деформованого твердого тіла, і механіки конструкцій, завдання механіки рідини і газу, теплопередачі і теплообміну, електродинаміки, акустики.



Недоліки використання програмного комплексу Ansys

1. висока вартість.
2. математичне забезпечення розраховане на рішення окремих класів задач.
3. система не дозволяє вирішувати завдання пов'язані з підготовкою виробництва мікроелектромеханічних систем

Основні відмінності ANSYS і Comsol Multiphysics.

1. В ANSYS є свій вбудовану мову програмування APDL, а в Comsol Multiphysics можна програмувати на мові, схожим з мовою Matlab.
2. У Comsol Multiphysics завжди при використанні будь-якого модуля ясно видно постановка задачі, тобто користувачеві доступні і рівняння, що описують процес, і крайові умови в явному вигляді. В ANSYS, навпаки, математична постановка прихована від користувача за вибором елемента. Інженер не бачить рівнянь і крайових умов в тому вигляді, в яких їх звикли бачити фізики і математики.
3. В ANSYS вибір елемента означає вибір рівнянь, що описують процес. У Comsol Multiphysics вибір елемента ні до чого не зобов'язує, рівняння задаються окремо при виборі модуля або завданням їх коефіцієнтів і констант.

Можливості програмних пакетів

Возможности/Программные пакеты	T-Flex	Comsol Multiphysics	APM WinMachine	APM Civil Engineering	Ansys	MSC.Nastran	Abaqus	NEiNastran	NXNastran	Samcef	Salome	UM	Euler	ФРУНД	Femap	QForm2D/3D	SimulationX	Magmasoft	SolidCast	PAM-CAST	OpenFOAM	STAR-CD	STAR-CCM+	Fluent	CFX	CFD-ACE+
Статический анализ	+	+	+		+	+	+		+	+		+		+	+											
Динамический анализ		+			+	+	+	+	+	+		+	+	+	+		+									
Частотный анализ	+					+	+	+	+	+				+	+		+									
Тепловой анализ (термодинамика)	+	+			+	+	+	+	+	+					+	+	+	+			+	+		+	+	+
Расчет упругости	+	+	+	+	+	+		+	+	+			+	+				+								
Расчёты на прочность	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					+			+			+	+	+	+	+	
Расчеты на жесткость	+		+	+	+					+			+					+								
Анализ напряженно-деформируемого состояния		+	+		+	+			+									+								
Решение задач механики и динамики жидкости и газа		+			+	+		+	+		+				+						+	+	+	+		+
Решение задач электродинамики		+			+	+	+			+												+	+	+		
Решение задач электромагнетизма		+			+																					
Моделирование химических систем		+			+																+	+		+	+	+
Решение задач акустики		+			+	+	+	+	+															+		
Решение задач биоинженерии		+																								+
Анализ литья		+																+	+	+						
Создание конструкторской документации	+		+	+																						
Проектирование и расчет технологических процессов	+	+	+	+	+											+										
Интеграция с другими пакетами	+	+	+		+	+				+	+	+	+			+				+	+		+			
Использование имеющихся и создание новых баз данных		+	+	+	+	+		+	+	+			+		+	+	+	+	+		+					
Проектирование и расчёт металлических, железобетонных, армокаменных и деревянных конструкций				+																						
Моделирование и оптимизация технологических процессов объемной штамповки																+										
Анализ кинематики										+		+	+	+			+									
Анализ и расчёт аэро- и гидродинамики		+			+	+	+						+		+						+	+	+	+	+	

* Дякую за увагу!

Лекцію підготував
доктор технічних наук, академік Європейської науково-освітньої академії,
Чейлитко Андрій Олександрович
cheilytko@i.ua