

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до практичних занять з дисципліни
«Сучасні технології проектування та
дослідження ДВЗ»**

Затверджено методичною
радою університету,
протокол № 1 від
05.10.2011 р.

Харків ХНАДУ 2012

Укладачі: О.М.Врублевський
І.А.Перевозник

Кафедра двигунів внутрішнього згоряння

ЗМІСТ

<i>Передмова</i>	3
ЗАВДАННЯ 1 Створення параметричної моделі вузла ДВЗ.....	4
ЗАВДАННЯ 2 Моделювання процесів у двигуні у середовищі AVL FIRE ESE Diesel.....	7
ЗАВДАННЯ 3 Обробка цифрового сигналу зміни тиску у циліндрі двигуна	15
<i>Література</i>	18

ПЕРЕДМОВА

Основною метою практичних робіт з дисципліни «Сучасні технології проектування та дослідження ДВЗ» є закріплення і поглиблення знань студентів, що одержані на лекціях, при підготовці студентів до самостійного вирішення фахових задач двигунобудування згідно з вимогами професійно-кваліфікаційної характеристики.

Головними задачами є формування у студентів комплексу знань, умінь, навичок і уявлень про використання сучасного програмно-методичного та програмно-технічного забезпечення при проектуванні та дослідженні ДВЗ, використанні отриманих знань в практичній діяльності.

При підготовці до практичного заняття студент повинен вивчити відповідну тему лекційного матеріалу, а також самостійно ознайомитись і законспектувати в робочий зошит необхідний матеріал. Виконання приведених у методичних вказівках завдань відбувається за допомогою спеціального ліцензованого програмного забезпечення, що встановлено у комп'ютерному класі кафедри двигунів внутрішнього згоряння.

ЗАВДАННЯ 1

Створення параметричної моделі вузла ДВЗ

Мета роботи:

- вивчити методику створення параметричних моделей деталей ДВЗ;
- вивчити принципи побудови вузла кривошипно-шатунного механізму у CAD (CAE) програмі;
- вивчити метод оцінки кінематики механізму з допомогою CAD технологій.

1.1 Вступ

У машинобудуванні набули поширення різноманітні CAD програми. Таких програм пропонується десятки. Але методологія, що в них закладена, істотно не відрізняється. Можна розглядати зручності та адаптацію програми до вирішення конкретної конструкторської задачі. Тому при вивченні розділу «Сучасні технології проектування ДВЗ» розглянемо приклад побудови елементів конструкції ДВЗ у пакеті T-Flex CAD (учбова версія) [1], що знаходиться у вільному користуванні.

Послідовність побудови тривимірної складальної моделі розглянемо на прикладі кривошипно-шатунного механізму (КШМ). Даний механізм буде складатися з кривошипа, шатуна і поршня. Конструкція зазначених елементів механізму спрощена, що в даному випадку доцільно. Попередньо підготуємо моделі деталі до складання. Для цього задаємо 3D-вузли, локальні системи координат і змінні для кожного фрагмента зборки. Розглянемо побудову кожної деталі докладно. Вихідні дані, необхідні для побудови механізму приведені на рис. 1.1.

Створимо тривимірні параметричні моделі деталей, використовуючи основний метод, тобто всі побудови будемо виконувати в 3D-просторі. За необхідності проєкційні креслення деталей отримаємо автоматично.

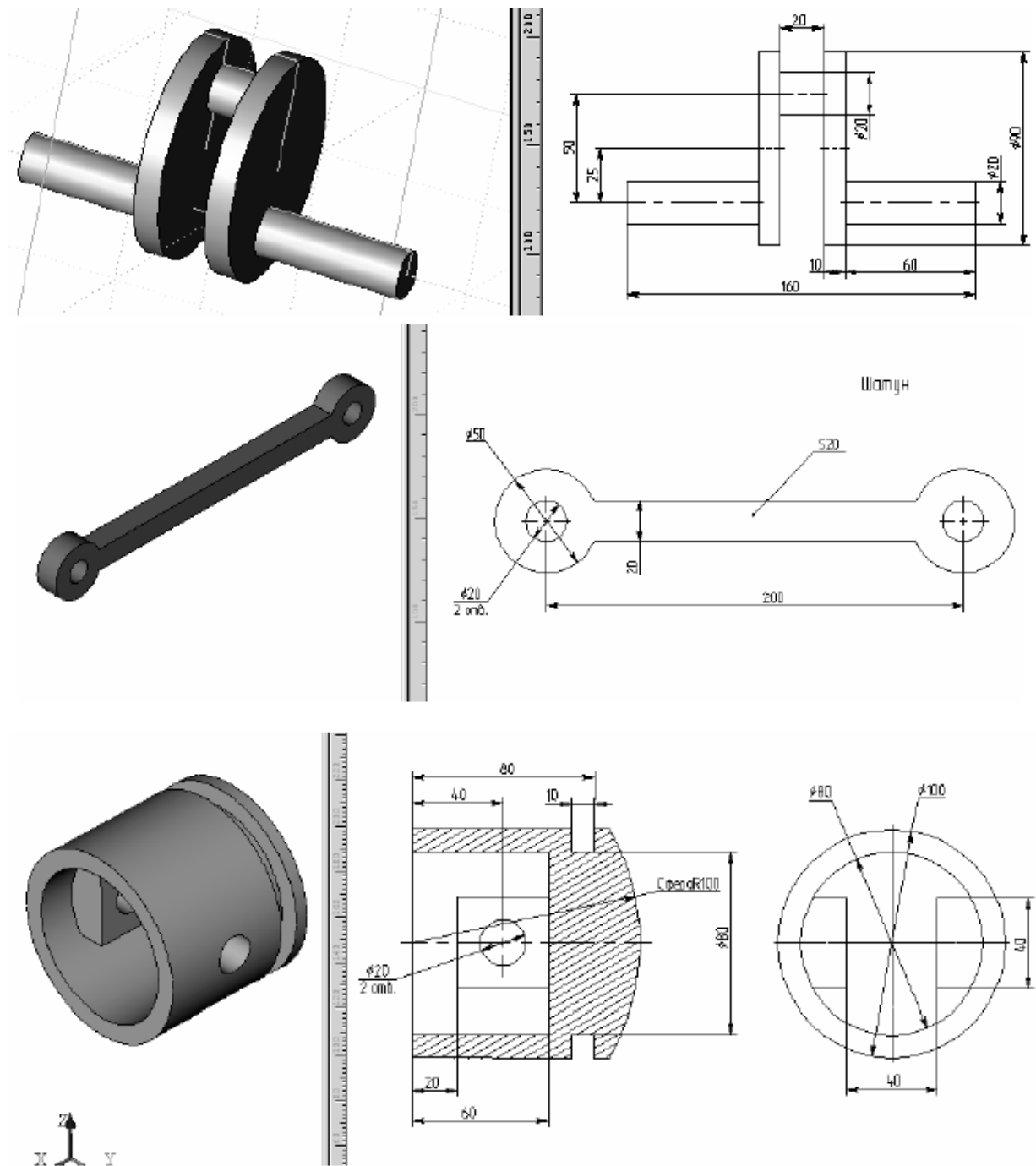


Рисунок 1.1 – 3D моделі та креслення елементів КШМ та поршня

1.2 Створення моделей і креслень

Створення моделі і креслення кривошипа

Створимо новий документ, вибравши в якості файлу-прототипу 3D-модель. Сформуємо три профілі: перший профіль

стане базою для щік; другий профіль - для шийки шатуна; третій - для опорної шийки. Обертанням профілів утворюємо відповідні тіла. За допомогою булевої операції об'єднання створимо модель кривошипа. Обираємо в якості робочої площини для всіх профілів «Вигляд зліва». Базові (нульові) горизонтальну і вертикальну лінії проведемо відповідно через вісь опор і вісь симетрії кривошипа.

Перший профіль

Проведемо горизонтальну пряму (вісь щік) на відстані 25 мм від базової та задамо параметр b . Потім, обравши її в якості прямої прив'язки, проведемо паралельну пряму на відстані 45 мм, задавши параметр R . Проведемо вертикальну лінію на відстані 10 мм, ввівши параметр g . Приймаючи товщину щоки рівною 10 мм, проводимо паралельну пряму на відстані g . Обидві вертикальні лінії відобразимо симетрично щодо базової нульової прямої. Створимо лінії зображення. Отриманий контур потрібно заштрихувати. Таким чином сформуємо профіль.

Другий профіль

Проведемо горизонтальну пряму (вісь шийки) на відстані 50 мм, ввівши параметр H . Потім на відстані g від цієї прямої проведемо паралельну пряму. Створимо другий профіль.

Третій профіль

Проведемо горизонтальну пряму на відстані g від базової. Потім проведемо вертикальну лінію на відстані 60 мм від щоки, ввівши параметр l . Симетрично відіб'ємо її відносно осі деталі. Аналогічно попереднім накреслимо третини профілю. Тричі використовуючи булеву операцію обертання, утворюємо відповідно три тіла. Нарешті, викликавши булеву операцію об'єднання, отримаємо цілісну модель кривошипа.

Створимо дві локальні системи координат для можливості вставки цієї деталі в якості фрагмента в майбутню збірку. Для цього спочатку створимо 3D-вузли (рис. 1.2). Перший (3D-Узел_0) побудуємо в перетині базових ліній, другий - в центрі шийки (3D-Узел_1). Потім викликаємо команду створення системи координат і вказуємо її початок у вузлі 3D_0. Для завдання напрямку осі X , у вікні «Параметри системи координат» обираємо <Вісь X > і вказуємо другий вузол - Вузол 3D_1. Отримуємо ЛСК_0 (рис. 1.3). Для створення ЛСК_1 обираємо відповідний вузол. Необхідності вказу-

вати напрямок осі X вже немає, тому що отримана орієнтація осей нас влаштовує.

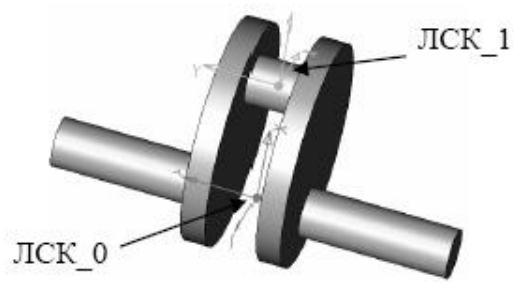
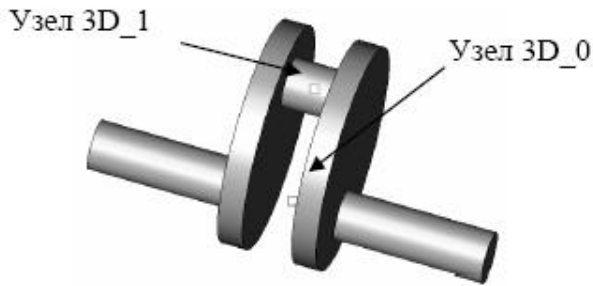


Рисунок 1.2 – Створення 3D вузлів Рисунок 1.3- Створення ЛСК

Будуємо одну проекцію і наносимо розміри. При постановці розмірів можна користуватися опціями автоменю «Відрізок <Q>», «Лінія побудови <L>», «Змінити знак <D>», «Простановка ланцюжка розмірів <Z>».

Створення моделі і креслення шатуна

Модель рекомендовано створювати у такій послідовності: нанесення базових ліній; креслення ліній зображення для формування 3D-профілю; виконання операції виштовхування для створення тіла.

Оскільки зважаючи на простоту цієї деталі досить мати на кресленні тільки одне зображення, вибираємо робочу площину «Вигляд спереду». Побудуємо базові прямі. Викликавши команду «Побудувати пряму», в автоменю обираємо опцію «Створити дві перпендикулярні прямі і вузол». У вікні «Параметри прямої» вказуємо значення координат X і Y, рівні 0. Створимо вузол в центрі другого отвору, вибравши опцію «Обрати вузол для побудови відносного вузла»; вказавши на перший вузол, встановимо значення для другого вузла $X = 200$, $Y = 0$. Потім, викликавши в автоменю опцію «Р», назвемо цю відстань змінною L. Створимо горизонтальну пряму, вказавши значення координати Y, рівне 10. Викликавши опцію «Р», у вікні «Параметри прямої» у рядку координати Y вказуємо параметр r. У рядку «Коментар» робимо запис «Радіус отв.». Для нижньої прямої вказуємо параметр r.

Створимо допоміжні кола. Для отворів скористаємося послідовно опціями «Обрати вузол в якості центру» і «Обрати до-

тичну пряму». Для зовнішніх кіл виберемо опцію «Обрати концентричне коло» і задамо зсув $1.5 * r$.

Викликаємо команду «Створити зображення». Виконуємо обвід зовнішнього контуру і створюємо повні окружності отворів. Нанесемо штрихування, увійшовши в режим автоматичного пошуку контуру в команді створення штрихування. Створений 3D-профіль.

Для створення твердого тіла виконаємо операцію виштовхування. Встановимо наступні параметри: в прямому напрямку - автоматично, у зворотному напрямку - симетрично, довжина g . Утворимо два 3D-вузли у центрах отворів. Другий визначить напрямок осі X. На їх основі побудуємо ЛСК (рис. 1.4, 1.5). На цьому створення 3D-моделі закінчено.

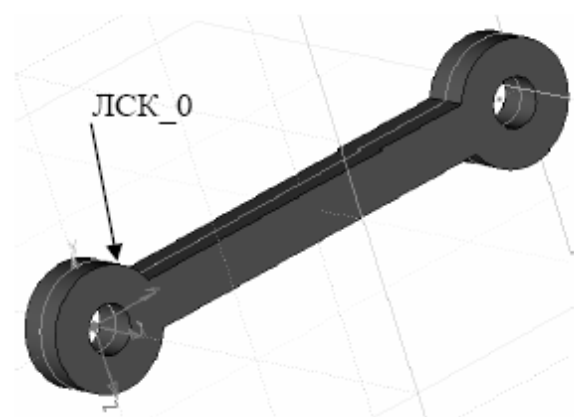
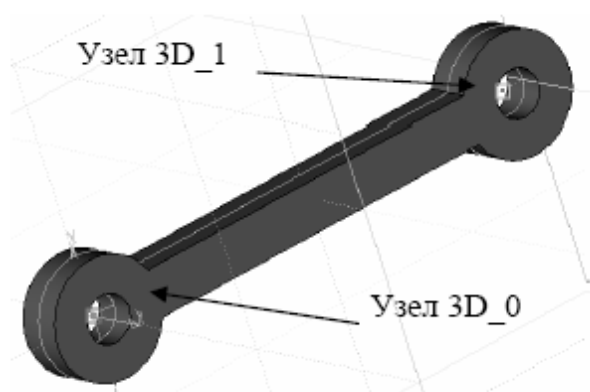


Рисунок 1.4 – Створення 3D вузлів Рисунок 1.5- Створення ЛСК

Відкриємо 2D-вікно і створимо одну проекцію, обравши вид спереду. Нанесемо осьові лінії, викликавши відповідну команду у автоменю виберемо опцію «Створити дві осі кола або еліпса <2>» і вкажемо курсором на зовнішні кола. Викличемо команду простановки розмірів.

Для простановки розміру "200" вкажемо відповідні вузли. Для розміру «20» вкажемо лінії зображення. Відзначимо коло для позначення розміру її діаметра, після чого у вікні, автоменю можна змінити тип розміру. Для зазначення кількості отворів слід увійти в опцію <P> «Параметри розміру», вказавши у закладці «Рядки» необхідний текст під полицею. Для позначення товщини деталі використовуємо відповідну команду.

Створення моделі і креслення поршня

Рекомендовано наступну послідовність розробки моделі: формування юбки і днища поршня; створення бонок; створення отворів; виконання прикінцевих операцій по створенню моделі.

Для формування перших трьох профілів у якості робочої площини вибираємо «Вигляд спереду». Побудуємо дві базові прямі. Потім на відстані 40 мм проведемо вертикальну пряму й на перетині її з базовою створимо вузол з метою використання його в подальшому в якості центра кола отвору. У «Редакторі змінних» введемо задалегідь два імені - r і a , де r - радіус отворів (прийmemo його рівним 10 мм) і a - значення виразу $r * 4$. Далі будуємо горизонтальні прямі на відстані відповідно a , $r * 5$ і $r * 2$. Останню пряму відображаємо симетрично вниз. Потім проводимо вертикальні прямі на відстані $r * 8$ і $r * 6$. Приймавши першу в якості прямої прив'язки, будуємо паралельну їй на відстані r для формування ширини канавки. Приймавши другу в якості прямої прив'язки, будуємо паралельну їй на відстані a для формування ширини бонки. Нарешті, будуємо коло з центру $(0, 0)$ радіусом r 10. Викреслимо перший профіль, залишаючи місце для порожнини.

Для обведення профілю бонки використовуємо побудовані раніше прямі. Обертаємо перший профіль для створення зовнішньої бокової поверхні. Виштовхуємо другий профіль симетрично на глибину $r * 4$ і використовуємо опцію додавання. Використовуючи створений раніше вузол в якості центру, проводимо коло радіусом r , обводимо його і створюємо третій профіль. Потім виштовхуємо його «Через все» і віднімаємо. В результаті отримуємо наскрізний отвір.

Щоб сформувати остаточно модель, слід з бонки вирізати середню частину. Для цього утворимо допоміжне тіло.

Створюємо 3D-вузли: перший - на перетині осі отворів з віссю поршня, тобто вказуємо значення координати $X = a$; другий можна побудувати на будь-якій відстані, тому що він необхідний, як і в попередніх випадках, тільки для вказівки на пряму осі X , наприклад, вкажемо $X = a + 10$. Потім аналогічним чином створюємо ЛСК (рис. 1.6, 1.7).

Для створення креслення цієї моделі необхідні дві проекції: вигляд спереду і вигляд зліва. Причому головне зображення виконаємо у вигляді розрізу. Для цього викликаємо команду створення

2D-проекції і в якості стандартного виду призначаємо «Вигляд зліва». Далі побудуємо додатково осьові лінії, викликавши команду «Осі». Створимо розріз так, як це було описано на прикладі деталі «Корпус». Зафіксувавши його, викликаємо діалогове вікно «Параметри проекції». На закладці «Вид» встановлюємо тип проекції із застосуванням перетину - розріз і завершуємо її створення. Для елемента оформлення А-А на закладці «Загальні» встановлюємо колір - білий, оскільки січна площина збігається з площиною симетрії деталі і такі розрізи не позначають.

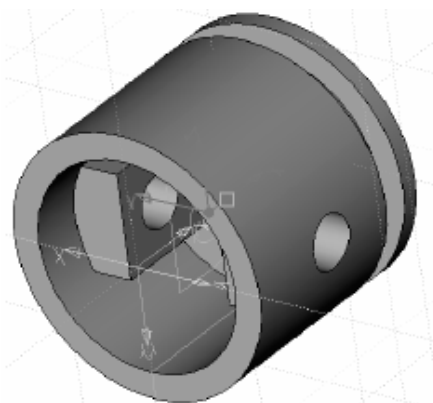
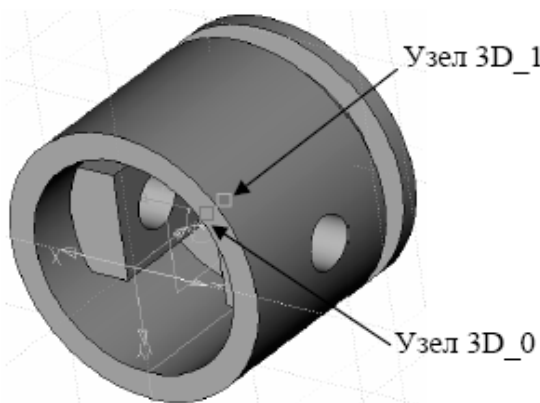


Рисунок 1.6 – Створення 3D вузлів Рисунок 1.7- Створення ЛСК

Потім знову проводимо осьові лінії, вибравши для побудови горизонтальної вісі опцію «Створити вісь двох ліній <1>». Обираємо верхню і нижню лінії зображення, що задають положення осі. Для визначення меж осьової лінії вказуємо крайні ліву й праву (дугу) лінії зображення. Для завершення креслення наносимо розміри.

1.3 Створення зборки

Створення зборки (рис. 1.8) Полягає в послідовному об'єднанні фрагментів (рис. 1.1). Для того, щоб зборку можна було параметрично змінювати, необхідно «прив'язувати» фрагменти до вузлів і задавати зв'язки між змінними.

Для встановлення фрагмента необхідне створення усіх точок, до яких буде здійснюватися прив'язка. Точки створюються на перетині ліній побудови або на вузлах вже створених фрагментів Створимо новий документ.

При створенні нового файлу в T-FLEX CAD можна обрати необхідний файл-прототип. Файл | Новий | 3D-модель. Збережіть документ під назвою «Збірка механізма.grb» в одну з доступних директорій. У створеному документі на площині «Вигляд спереду» побудуйте дві прямі, що перетинаються. Від горизонтальної лінії відкладіть залежну пряму (рис. 1.9), кутове значення якої задайте змінним, як показано на рис. 1.10.

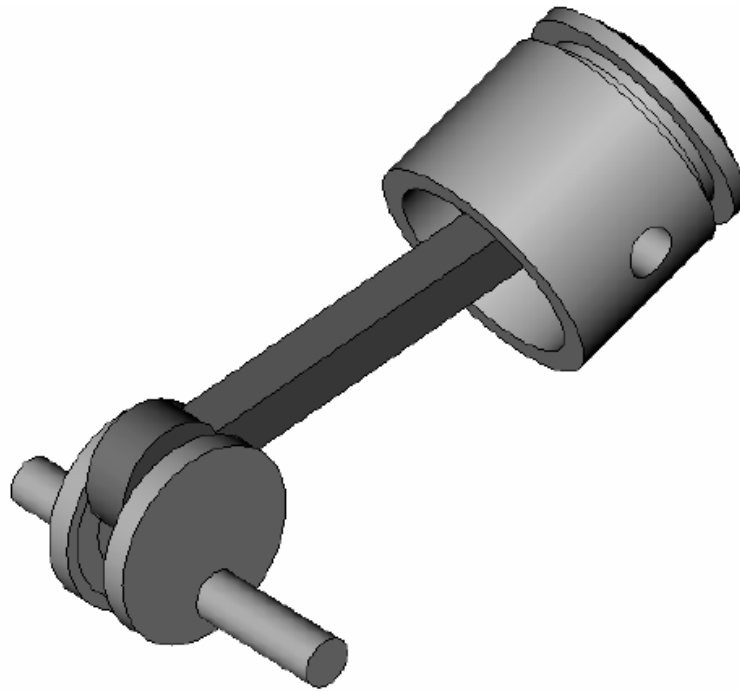


Рисунок 1.8 – 3D модель зборки

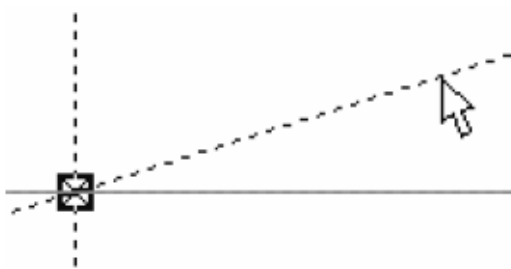


Рисунок 1.9 – Побудова залежної прямої

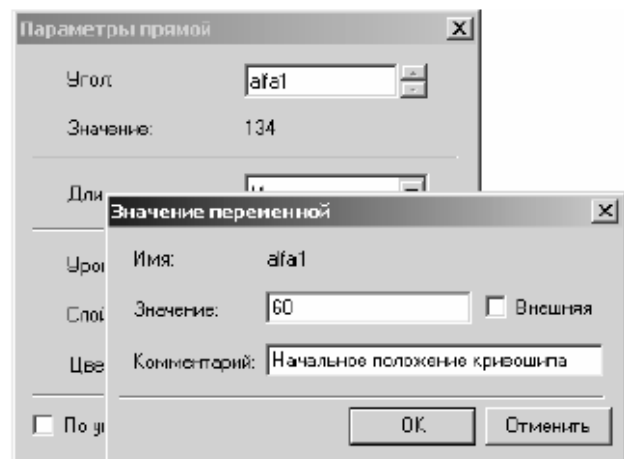


Рисунок 1.10 – Завдання параметрів кута для залежної прямої

З точки перетину прямих проведемо коло радіусом $H = 50$ мм, що визначить відстань між осями кривошипа (рис. 1.11).

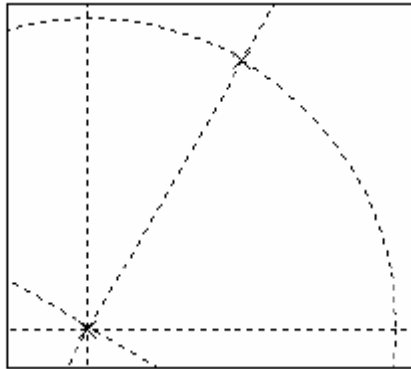


Рисунок 1.11 – Побудова кіл, що визначають довжину кривошипа

Для прив'язки шатуна побудуйте другу залежну пряму та допоміжне коло радіусом $L = H * 4$ так, як це показано на рис. 1.12.

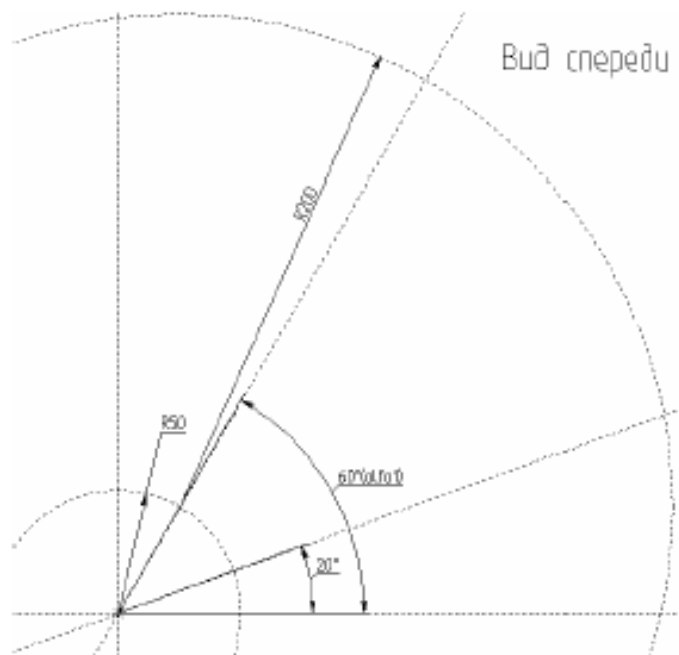


Рисунок 1.12 – Побудова допоміжних елементів для прив'язки кривошипа, шатуна й поршня

У редакторі змінних сформувався список (рис. 2.13), що визначає параметри зборки.

Задаємо у зборці 3D-вузли. Для цього викличемо команду створення 3D-вузла. За допомогою прив'язок вказуємо точки перетину конструктивних ліній так, як це показано на рис. 2.14 – 2.16.

Редактор переменных				
Файл Правка Переменная Список Вставить Вид ?				
	Имя	Выражение	Значение	Комментарий
1	alfa1	60	60	Начальное положение кривошипа
2	H	50	50	Радиус кривошипа
3	L	H*3	150	Длина шагуна

Сообщение:

Стр: 3 Поз: 1

Рисунок 1.13 – Список змінних зборки

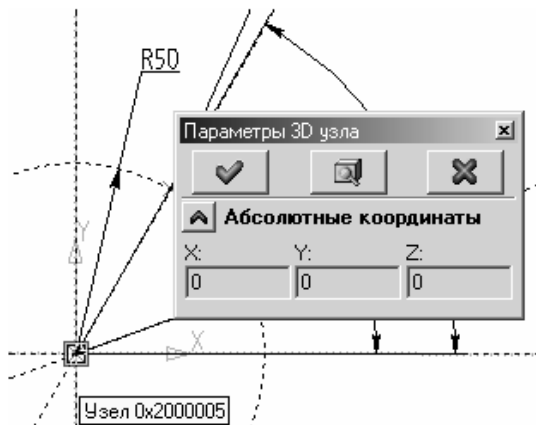


Рисунок 1.14 – Вказання положення першого вузла

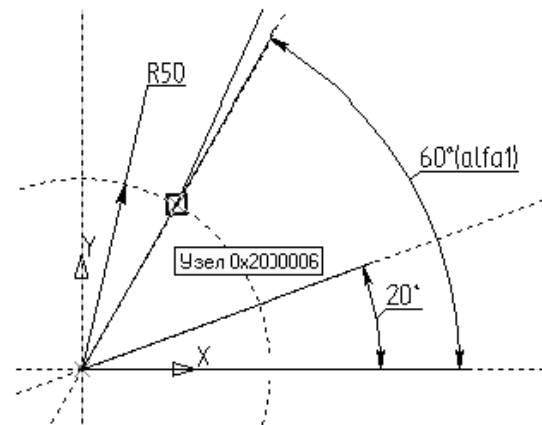


Рисунок 1.15 – Вказання положення другого вузла

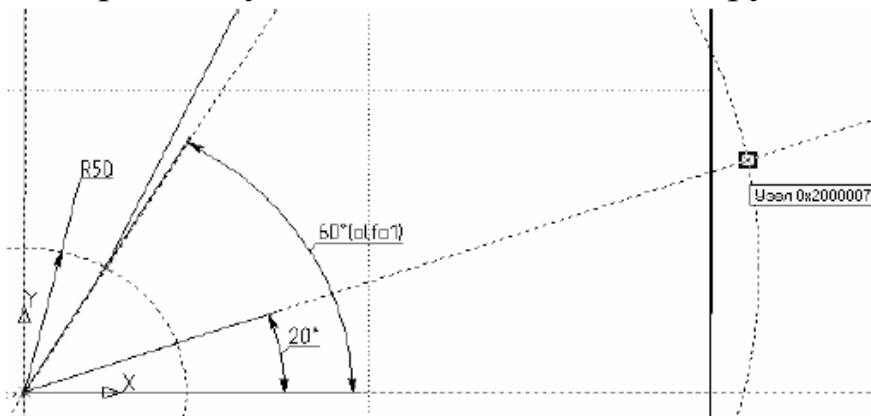


Рисунок 1.16 – Вказання положення третього вузла

Для вставки фрагментів необхідно скористатися командою 3F - 3D-фрагмент.

Вибрати файл деталі - «Кривошип» і натиснути кнопку «Відкрити». Після цього необхідно задати положення даної деталі в збірці. Для цього послідовно вкажіть два 3D-вузла прив'язки.

Після обрання другого 3D-вузла необхідно завершити процес завдання положення 3D-фрагмента за допомогою опції ОК. Далі для редагування фрагментів скористаємося командою ЗЕФ - «Змінити 3D-фрагмент». Вкажіть на кривошип і у автоменю обираємо опцію <F4>. Далі вибираємо опцію <E>. У вікні присвоюємо чисельним значенням параметрів значення <H> (рис. 2.17), чисельне значення якого задано в «Редакторі змінних».

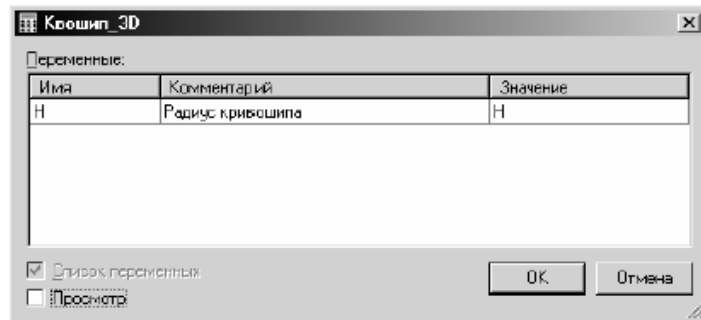


Рисунок 1.17 – Редагування змінних фрагмента

Таким чином, якщо при вставці значення зовнішньої змінної задати змінну поточного документа, то система буде кожен раз перераховувати параметри фрагмента. Це дуже зручно, тому що при зміні параметра H в поточному документі фрагменти з такими ж значеннями зовнішніх змінних також автоматично перераховуються. Аналогічно наведеному вище порядку виконайте вставку в складальне креслення шатуна і поршня. При цьому доцільно задати у фрагменті «Шатун» змінну L, яка буде визначати довжину шатуна.

ЗАВДАННЯ 2

Моделювання процесів у двигуні у середовищі AVL FIRE ESE Diesel

Мета роботи:

- ознайомитись з сучасним програмним забезпеченням для моделювання та дослідження процесів в ДВЗ;
- ознайомитись з методикою створення розрахункової моделі камери згоряння дизеля;
- з'ясувати вплив різних факторів на процеси сумішоутворення та згоряння автомобільного дизеля.

2.1 Вступ

При виконанні завдання використовується система FIRE ESE Diesel для моделювання робочого процесу двигуна що є складовою пакету програм фірми AVL (Австрія). У FIRE використана методологія створення та розрахунку кінцевоелементних моделей. Далі приведено методику формування необхідних вихідних даних, спеціальної топології розрахункової сітки. Вважається, що студент попередньо ознайомився з інструкціями користування програм FIRE і Workflow менеджера, передивився приклади, що наведені у супроводжувальній документації для даного програмного продукту [2, 3].

При використанні інструментів моделювання згоряння у дизелі завжди необхідно виконати коректування вихідних даних розрахункової моделі, що приведе у відповідність результати розрахунку та експериментальних вимірювань. Тому моделювання – інтерактивний процес, що робить кожний розрахунок оригінальним. Використаний у даному прикладі блок ESE Diesel відноситься до програм CFD моделювання. Він дозволяє новачкові, досвідченному користувачеві й фахівцю виконати настройки моделі, провести аналіз впорскування і процесу згоряння в дизельних двигунах надійно й точно та з мінімальними зусиллями. Незважаючи на просту у користуванні, у прогамі пропонується онлайн допомога.

При моделюванні згоряння у дизельному двигуні, розрахунок газообміну з метою скорочення часу, як правило, не проводиться.

Це означає, що розрахунок починається з закриття впускних клапанів. Спрощена геометрія використовується для зменшення часу при створенні розрахунокової сітки. Такі подробиці, як форма впускних каналів і клапанів, не розглядаються. У випадку симетричних відносно вісі циліндра камер згоряння й центрально розташованих форсунок доцільно створити сегмент надпоршневого простору та моделювати розвиток однієї паливної струї. Кут такого сегмента визначається числом отворів у форсунці (кут = 360° / число отворів сопла). Щільність сітки в області розпилення повинна мати приблизно в десять разів більше діаметра соплового отвора. Якщо сегмент з кутом 45° , то виконують розбиття клітин на 17 шарів у полярному напрямку, тому що непарне число підрозділів дозволяє вводити в сітку додатковий шар не вздовж всієї вісі.

Щоб отримати задану ступінь стиснення без зміни характеристик поля течії в камері, що розташована у поршні, потрібно вводити компенсацію об'єму в зовнішній частині геометрії. Цей об'єм складає геометричні деталі, яких насправді не існує в цьому сегменті. Ця компенсаційна частина повинна бути не менше трьох шарів сітки у радіальному напрямку.

2.2 Початок роботи над проектом

Для початку роботи у ESE Diesel двічі клацніть на ярлику AVL-AST на робочому столі, щоб відкрити AST Launcher. Наведіть покажчик миші на значок, так щоб відкрився спливаючий список FIRE, а потім виберіть ESE Diesel (рис. 2.1).

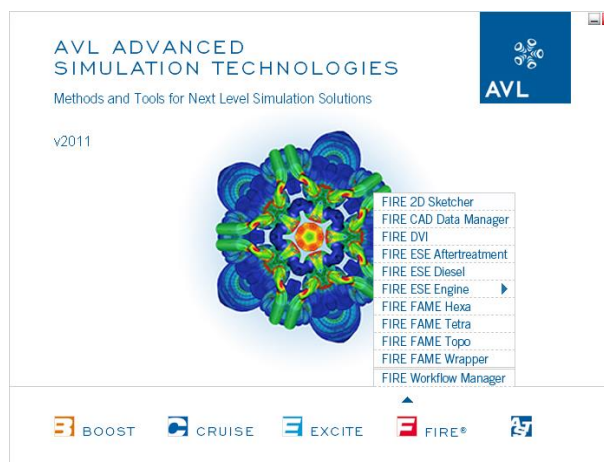


Рисунок 2.1 – Вікно початку сеансу роботи у середовищі FIRE ESE Diesel

2.3 Підготовка моделі

Щоб почати новий проект оберіть перемикач для **Engine segment simulation** і **Standard engine segment simulation**. Під час підготовки моделі користувач виконує наступні розділи:

- **General data** (загальні дані);
- **Sketcher** (створення ескізу);
- **Mesh** (створення сітки);
- **Simulation parameter** (обрання параметрів для моделювання).

Відповідні вікна можна змінити, вибравши **Next Page** в правому нижньому положенні вікна.

2.3.1 Загальні дані

Загальні дані дозволяють користувачеві визначити **General parameters** двигуна, що моделюється у даному проекті.

Параметри розділені на дві вкладки (рис. 2.2):

- **General engine parameters** вкладка містить поля для введення назви двигуна, числа циліндрів, діаметру і ступіню стиснення;
- **Piston movement specification** містить поля для введення радіусу кривошипа, довжини шатуна, зсуву поршневого пальця. Відповідні вхідні дані показані на рис. 2.2, потім виберіть **Next Page**.

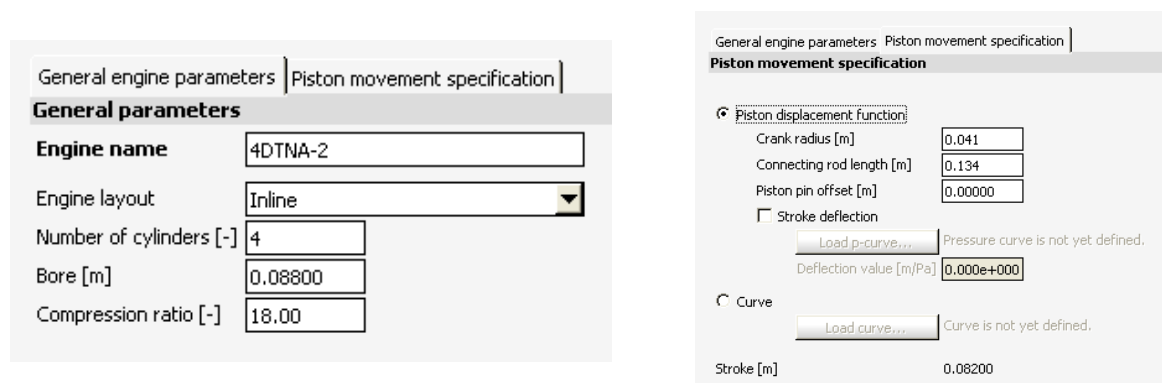


Рисунок 2.2 – Вікна вводу основних параметрів двигуна

2.3.2. Створення ескізу

Sketcher дозволяє користувачеві виконати п'ять етапів:

- визначити форму камери згорання (**Piston**);
- визначити форму розпилювача (**Injector**);
- змінити блок-структуру шаблону (**Block structure**);

- визначити деталі, пов'язані з виборів (**Selections**);
- закріпити стиснення при можливій зміні контуру (наприклад, коригування фактичного коефіцієнту стиснення) (**Const CR**).

Для створення геометрії необхідно зробити наступні кроки:

1. Виберіть **Create piston from template**, щоб отримати список всіх доступних шаблонів профілю камери згоряння.
2. Форма **Diesel Bowl 13** з бібліотеки добре повторює геометрію камери, що досліджується у цьому прикладі. Після вибору шаблону параметризована крива, яка описує форму камери згоряння, з'являється в області малювання (рис. 2.3). Області введення параметрів, що відносяться до обраного шаблону (білі поля введення) та додаткові (сірі поля) наведені на рис. 2.3. У нижній частині області створення ескізу шаблону містяться всі імена параметрів (чорний шрифт).

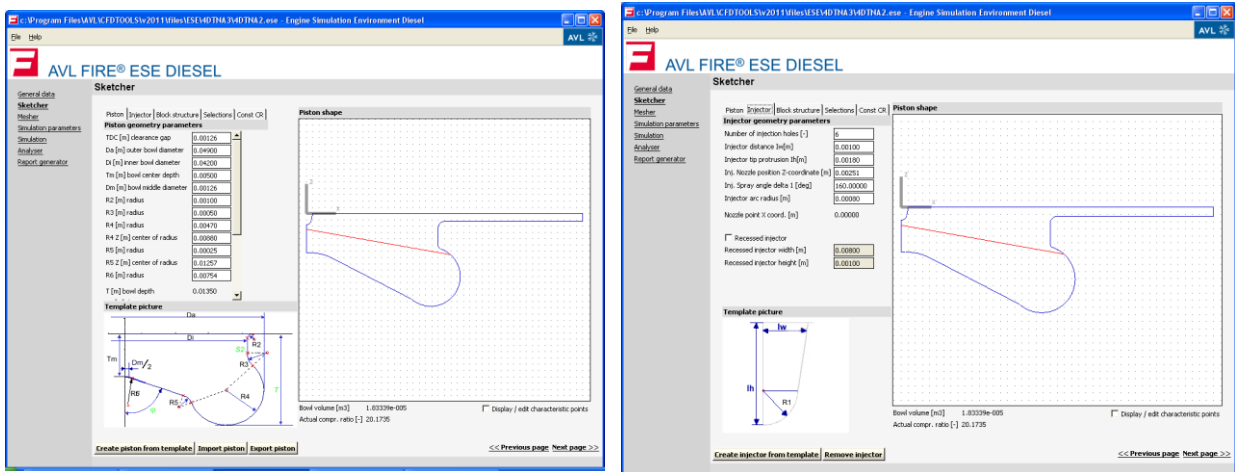


Рисунок 2.3 – Вікна редагування параметричних кривих контуру камери згоряння та розпилювача форсунки

4. Зверніть увагу, що параметри, які відображаються в нижній частині списку (сірі), не можна змінити. Вони залежать від значення основних параметрів і надаються тільки для інформації.

Форма розпилювача включена у контур, що утворює камеру згоряння. Моделі розпилювача форсунки доступні як шаблони. Кожен шаблон складається з параметризованої кривої, яка описує форму розпилювача.

5. Виберіть вкладку **Injector** і викличте команду **Create injector from template**, щоб отримати список всіх доступних шаблонів інжектор з ескізами.

6. Оберіть **Injector 3** і вкажіть всі параметри для розпилювача, як показано на рис. 2.3.

Вкладка **Block structure** дозволяє користувачеві контролювати і впливати на структуру та якості розрахункової сітки, яка буде створена на наступному кроці.

7. Оберіть **Under spray block** і **Under injector block** і введіть параметри.

Переходимо до створення сітки, для чого натисніть **Next Page**.

2.3.3 Створення сітки

На основі геометрії, зробленої вище, створимо набір обчислювальних сіток з покриттям ходу 360 град. п.к.в. Процес створення сітки розділено на два етапи. Створення 2D і 3D сіток.

1. У **2D parameter** визначають параметри сітки. Залежний усереднений розмір сітки повинен бути зазначений в таблиці (менші середні розміри визначаються для сіток від 0 до 20 град. п.к.в.; сітки після 37.5 град. п.к.в. (це автоматично **Rezone**, де 0 є шаблоном змінений на шаблоні 1), симетрично стиснуті у напрямку ходу поршня з коефіцієнтом 2) (рис. 2.4).

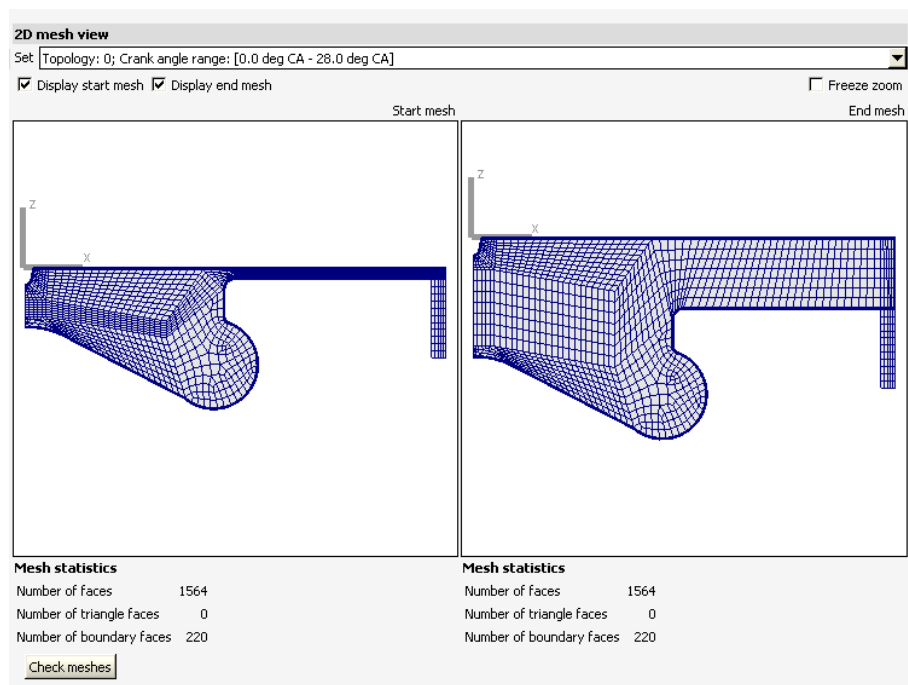


Рисунок 2.4 – Відображення 2D сіток у двох положеннях поршня

2. Виберіть **Generate 2D meshes**, щоб створити набір 2D обчислювальних сіток, що покривають такти стиснення і розширення у 4-х тактному двигуні. В результаті процесу генерації сітки відображаються в **Drawing area** (рис. 2.4).

3. Кожній парі належить повний набір обчислювальних сіток, що може бути обраний і відображений. Рис. 2.4 показує крайові сітки з діапазону 0 – 20 град. п.к.в.

4. У закладці **3D parameters** визначають число підрозділів в кутовому напрямі (повинно бути непарне число, щоб забезпечити більш ефективну 3D пост-обробку в середній частині сегмента). Розподіл в кутовому напрямі повинен бути незначно стиснений відносно центру сегмента при розгляді тонких шарів сітки.

5. Виберіть **Next Page**, щоб вказати параметри моделювання.

2.3.4 Обрання параметрів для моделювання

Наступним кроком є налаштування параметрів для моделювання. Дана процедура використовується для завдання умов розрахунку, обрання характеристики впорскування, типу палива. При виконанні цього кроку слід користуватись рекомендаціями, що надані у [3].

2.3.5 Моделювання

Simulation дозволяє користувачеві почати моделювання (CFD) газодинамічних процесів, впорскування і процесу згоряння.

1. Виберіть **File | Save as**, вкажіть ім'я і збережіть проект в папку. У рядку «стан» відображається хід створення проекту у FIRE Workflow Manager.

2. Виберіть **Start calculation wizard**, щоб відкрити вікно майстра установки, яке показано на рис. 2.5. Зробіть відповідні налаштування.

3. Користувальницькі функції не потрібні для даного прикладу. Натисніть кнопку **Start**, щоб почати моделювання.

2.4 Пост-обробка

Під час попередньої обробки користувач проходить через наступні розділи:

- **Analyser** (проведення аналізу);
- **Report generator** (генератор звіту).

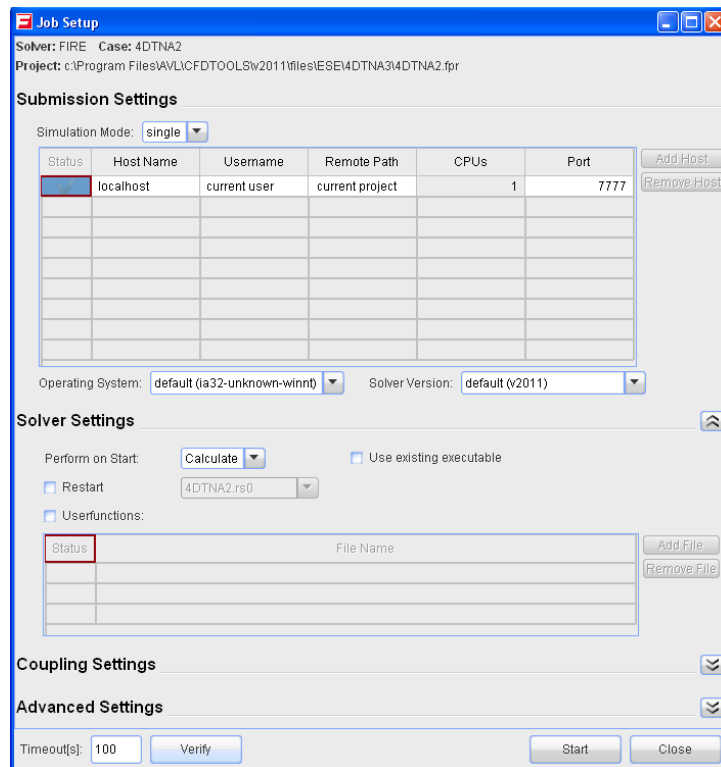


Рисунок 2.5 – Вікно майстра установки параметрів розрахунку

2.4.1 Проведення аналізу

Аналізатор **ESE Diesel** дозволяє візуалізувати результати, отримані в ході моделювання аеродинаміки, впорскування палива та згоряння. Основні дані зберігаються у *.fl2-файлу. Результати можуть відобразитись у вигляді двовимірної графіки. Крім того, у окремих розрахунках нижка даних обирається при імпорті fl2-файла. Ці дані можуть відобразитись або в нижній діаграмі графічної області або в табличній формі. Аналізатор дозволяє користувачеві виконувати побудову двовимірних графіків; відображення параметрів двигуна.

1. Вибрати **Load Results** і вказати *.fl2.
2. Коли завантаження буде завершено, ім'я файлу і деякі параметри відображаються в списку файлів у нижній половині області вводу. Результати розрахунку відображаються у областях діаграм. Верхня діаграма використовується для відображення зміни загальних для об'єму камери згоряння параметрів (наприклад, середня те-

мпература, тиск), характеристик паливної струї, характеристик процесу згоряння. Нижня діаграма відображає тільки **Engine specific output**.

3. Результати зберігаються у fl2-файлі з посиланнями на область, для якої вони виконані.

4. Для відображення тиску у залежності від кута повороту колінчастого валу, виберіть наступні параметри: **Region** всі моделі; **Quantity groups** потоків (як альтернатива вибрати горіння, Formula і т.д.); **Quantity** (середній тиск, температура (рис. 2.6).

5. Зверніться до наступної величини, щоб показати кілька графіків для співставлення або аналізу.

6. Крім того, результати моделювання можуть бути також зіставлені з результатами вимірювань.

7. Оберіть пункт **Import foreign data** і вкажіть файл з розширенням *.ldr або др *.ldr.

8. Використовуючи опції **Report Generator** створимо двовимірні зображення (рис. 2.7), що дозволяють оцінювати ефективність процесу впорскування палива.

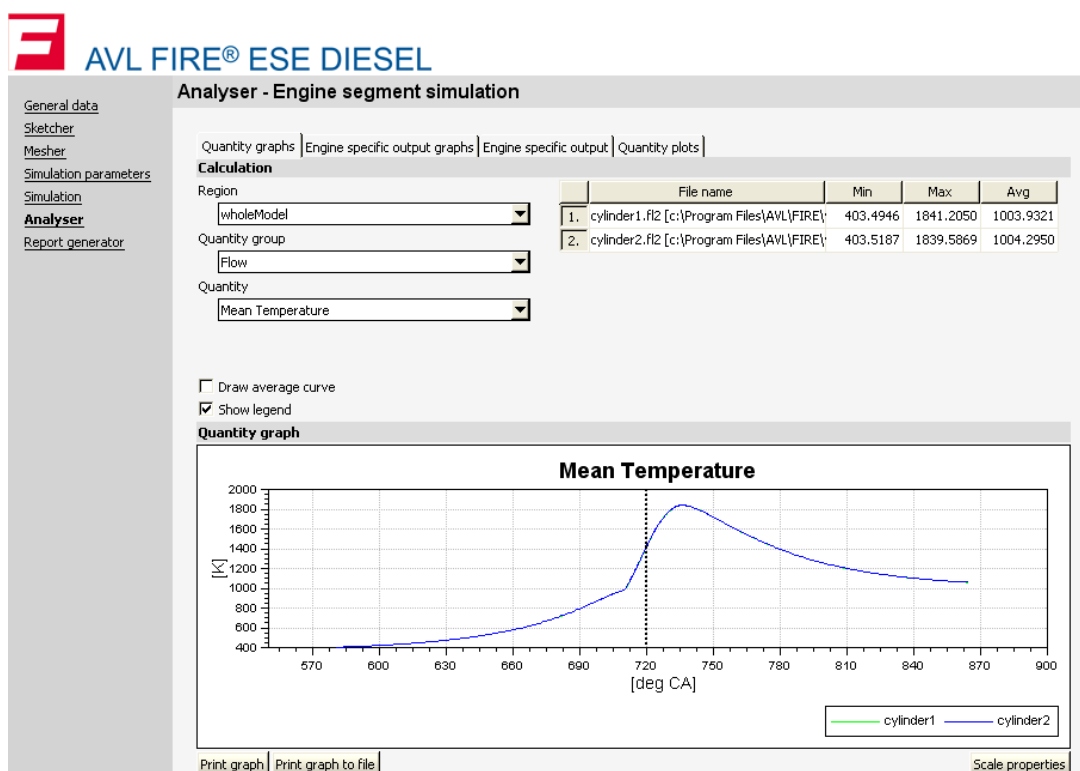


Рисунок 2.6 – Приклад вікна з відображенням результатів розрахунку температури у циліндрі

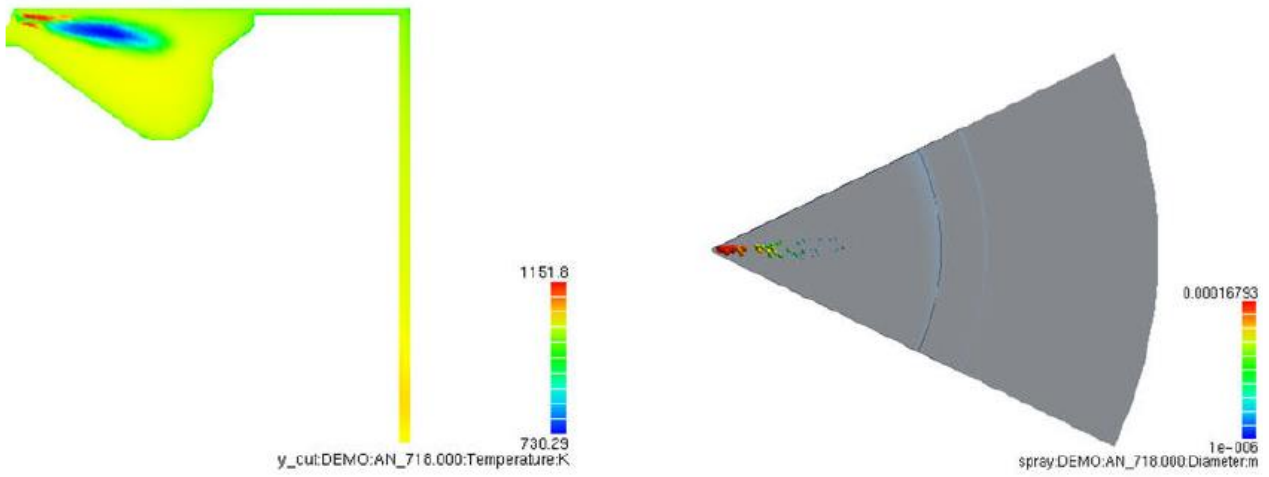


Рисунок 2.7 – Відображення розвитку впорскування при положенні поршня в момент 718 град. п.к.в.

ЗАВДАННЯ 3

Побудова згорнутої індикаторної діаграми за осцилограмою зміни тиску у циліндрі двигуна

Мета заняття:

- узагальнити знання, отримані під час лекцій та виконання завдань практичних занять;
- вивчити методику експрес-аналізу осцилограми тиску у циліндрі двигуна;
- вивчити особливості робочих процесів, що відбуваються у різних поршневих двигунах транспортного призначення.

3.1 Порядок виконання завдання

На практичному занятті у викладача слід отримати осцилограму тиску у циліндрі з відмітками, що відповідають положенню поршня у верхній та нижній мертвих точках, та дані двигуна.

Наступним кроком є визначення частоти обертання. Для цього необхідно виділити ділянку осцилограми між однойменними відмітками мертвих точок (наприклад, верхньої мертвої точки) та отримане значення часу τ перевести за відношенням $60/\tau$ у n – частоту обертання колінчастого валу двигуна.

Далі необхідно створити криву зміни тиску в залежності від надпоршневого об'єму. Для цього необхідно згенерувати за допомогою вбудованих у програму *PG* функцій низку віртуальних сигналів різної форми.

Розрахунок зміни надпоршневого об'єму ведеться за наступною формулою:

$$V = V_c + 0,5 \cdot V_h \cdot \sigma,$$

де V_c - об'єм камери стиску; V_h – робочий об'єм циліндра; σ – відносне переміщення поршня

$$\sigma = 1 - \cos \pi + \frac{\lambda}{4} \cdot (1 - \cos 2\pi),$$

$\lambda = R/L$ – відношення радіуса кривошипа до довжини шатуна.

3.2 Алгоритм побудови індикаторної діаграми

1. У середовищі програми *PG* [4] створити додатково 10 віртуальних каналів.
2. За допомогою функції *CycleFrequency* категорії *Cyclic* визначаємо частоту циклу у Гц при заданій амплітуді (наприклад, 2 В).
3. За допомогою функції *GenRamp* категорії *Generators* створити пилоподібний сигнал «ПІ» з наступними аргументами функції: *A* - амплітуда сигналу (6,28) та *F* - частотою сигналу (Гц), що визначена на попередньому етапі.
4. За допомогою функції *GenRamp* категорії *Generators* створити пилоподібний сигнал «2ПІ» з наступними аргументами функції: *A* - амплітуда сигналу (6,28) та подвоєною *F* - частотою сигналу (Гц), що визначена на попередньому етапі.
5. За допомогою функції *Cos* категорії *Math* розрахувати косінус за сигналами ПІ та 2ПІ у окремих каналах.
6. Створити сигнал постійного рівня «1», для чого використати функцію *Const* категорії *Levels*.
7. За допомогою функції «-» категорії *Arithmetics* відняти від сигналу постійного рівня «1» сигнал «Cos ПІ»
8. Додатково значення, що отримані у каналі «1 - Cos 2ПІ» помножити на величину $\lambda/4$. Виконати вказане перетворення за допомогою функції *Scale* категорії *Data*.
9. Розрахувати відносне переміщення поршня σ у наступному каналі за допомогою функції «+» категорії *Arithmetics*.
10. Розрахувати поточне значення надпоршневого об'єму *V* шляхом послідовного виклику двох функцій. Спочатку отримане значення σ за допомогою функції *Scale* категорії *Data* помножити на величину $0,5V_h$, а потім за допомогою функції «+» категорії *Arithmetics* або функції *Offset* категорії *Data* додати величину V_c .
11. У вікні X-Y осцилографа побудувати згорнуту індикаторну діаграму, для чого на вісь X призначити значення каналу, що відображає зміну надпоршневого об'єму *V*, а на вісь Y призначити значення каналу, що відображає зміну тиску робочого тіла у циліндрі двигуна.

Слід відзначити, що кожний етап побудови кривої зміни надпоршневого об'єму *V* можна виконувати на окремому каналі.

На рис. 3.1, 3.2 представлені результати побудову згорнутої діаграми для різних двигунів.

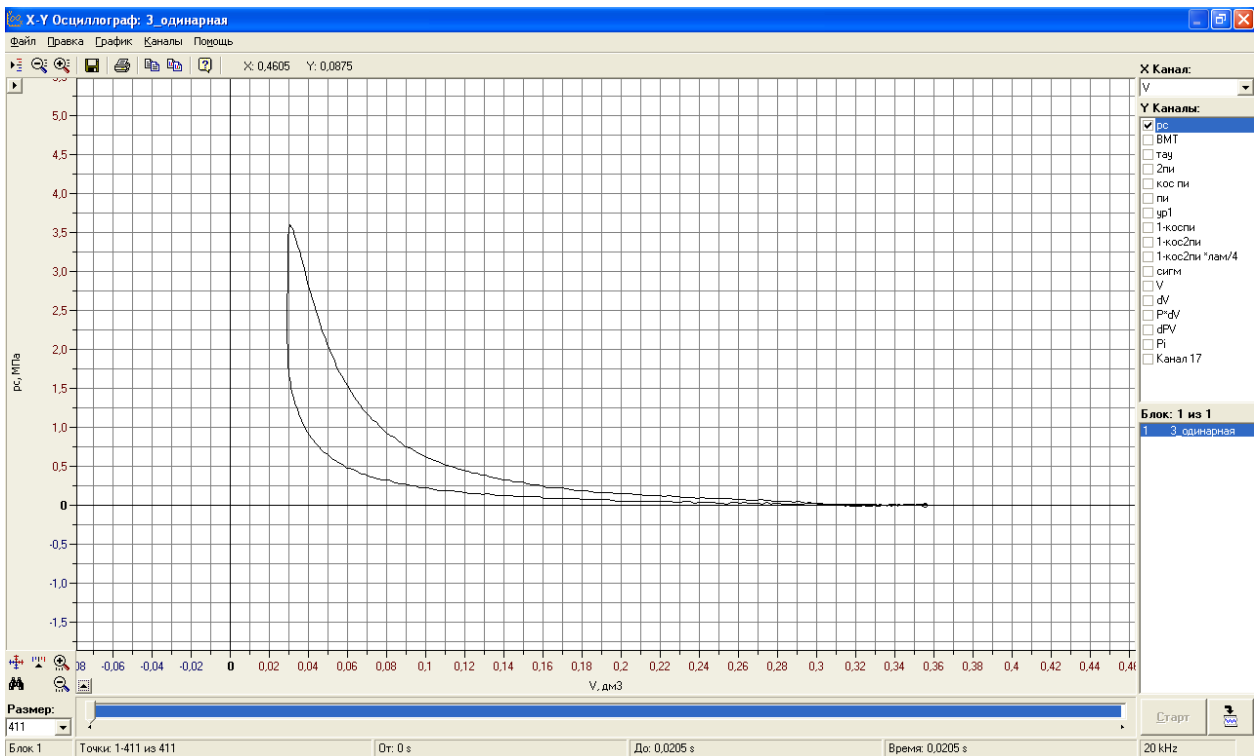


Рисунок 3.1 - Индикаторна діаграма двотактного двигуна ДН4

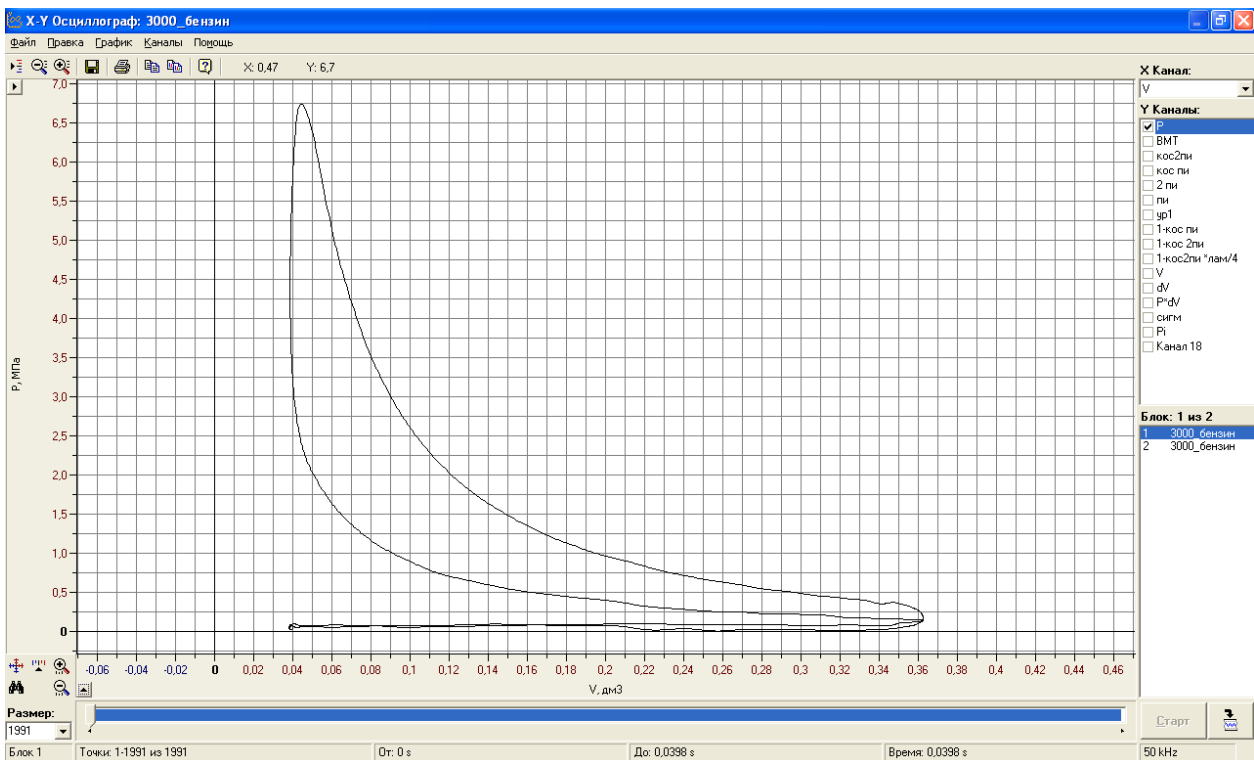


Рисунок 3.2 - Индикаторна діаграма двигуна з примусовим запаленням Мем3-307

ЛІТЕРАТУРА

1. Врублевский А.Н. Моделирование трехмерных объектов с использованием пакета T-Flex CAD. Учебно-методическое пособие / А.Н.Врублевский, А.В.Черников, А.Д.Бирин, И.А.Перевозник – Харьков: ХНАДУ, 2007. – 84 с.
2. Application Examples AVL FIRE® VERSION 2011.1 p. 586
3. Engine Simulation Environment (ESE) Tutorial AVL FIRE® VERSION 2011.1 p. 211
4. Електронна система допомоги програми Power Graph 3.3.X