

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**НТУ «ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
«МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ»  
ДЛЯ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ 184 «ГІРНИЦТВО» ТА  
185 «НАФТОГАЗОВА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»

**Дніпро  
2019**

## Моделювання зборки конструкції і процесу її функціонування в системі SolidWorks

### Мета роботи :

придбання навичок моделювання складок конструкцій і процесів їх функціонування, розбирання і зборки в системі SolidWorks.

## ДОВІДКА

У системі SolidWorks можна створити складні складки, що полягають їх численних компонентів, які можуть бути деталями або іншими складками, що називаються вузлами сборок. Для більшості операцій поведінка компонентів однакова для обох типів. Додавання компонента у зборку створює зв'язок між зборкою і компонентів. При відкритті збірки програмою SolidWorks вона знаходить файл компонента, щоб відобразити його у зборці. Змінення в компоненті автоматично відбиваються на зборці.

Зборку можна створювати, використовуючи проектування від низу до верху, проектування зверху вниз або комбінацію цих двох методів.

### Проектування від низу до верху

Традиційним є метод проектування від низу до верху. Спершу потрібне спроектувати деталі, потім вставити їх у зборку і використати сполучення для розположення деталей. Щоб внести зміни в деталі, необхідно редагувати їх діловий. Потім ці зміни можна проглянути у зборці.

Проектування від низу до верху є переважним для заздалегідь сконструйованих, готових деталей або стандартних компонентів, таких як кріпильні деталі, шківів, двигателів і так далі. Такі деталі не міняють свою форму і розмір залежно від вашого проекту; ви можете використати інший компонент.

У Проектуванні зверху вниз форми, розміри і розташування деталей може бути задано у зборці. Наприклад:

Можна спроектувати кронштейн для двигуна так, щоб він завжди був правильного розміру для підтримки двигуна, навіть якщо двигун був переміщений. SolidWorks автоматично змінить розміри кронштейна. Ця функціональність особливо корисна при роботі з кронштейнами, арматурою і корпусами, які використовуються для кріплення інших деталей в правильному положенні. Також можна використати проектування зверху вниз для деяких елементів (наприклад, настановних болтів) деталей, які зазвичай проектуються від низу до верху.

Проект копіювальної машини може бути представлений в компоновальному ескізі, елементи якого є шківів, барабанами, ременями і іншими компонентами копіювальної машини. Тривимірні компоненти створюються відповідно до цього ескіза. При переміщенні або зміні розміру елементів креслення SolidWorks автоматично переміщає або змінює розміри тривимірних компонентів у зборці. Швидкість і гнучкість ескіза дозволяє вам протестувати декілька версій проекту перед побудовою тривимірної геометрії, а також допускає можливість багатьох змін в одному центральному розташуванні.

Перевага проектування зверху вниз полягає в тому, що внесення змін до проекту не вимагає від вас великої кількості роботи. Деталі знають як провести оновлення на основі того, як вони були створені.

Можна використати проектування зверху вниз для певних елементів деталі, цілої деталі або зборки. Проектувальники зазвичай використовують проектування зверху вниз для створення плану своїх складок і для визначення ключових аспектів деталей, специфічних для їх складок.

## ПРИКЛАД

### Постановка завдання

Досліджується зчеплення спортивного автомобіля, представлено набором деталей. Моделі деталей розміщені в теці **parts**. Модель зборки представлена на малюнках 1, 2, 3.

Необхідно:

- здійснити зборку моделі, зберегти зборку у файлі з ім'ям **sceplenie**;
- для зчеплення спортивного автомобіля виконати «рознесення» деталей зборки (під зборку **verh\_prug\_pichag** використати як один елемент), зберегти зборку;
- анімувати вид з «рознесенням» в аніматорові.

Для ознайомлення з порядком зборки зчеплення проглянете відеоролик **lw**, розташований- ний в теці **parts**.

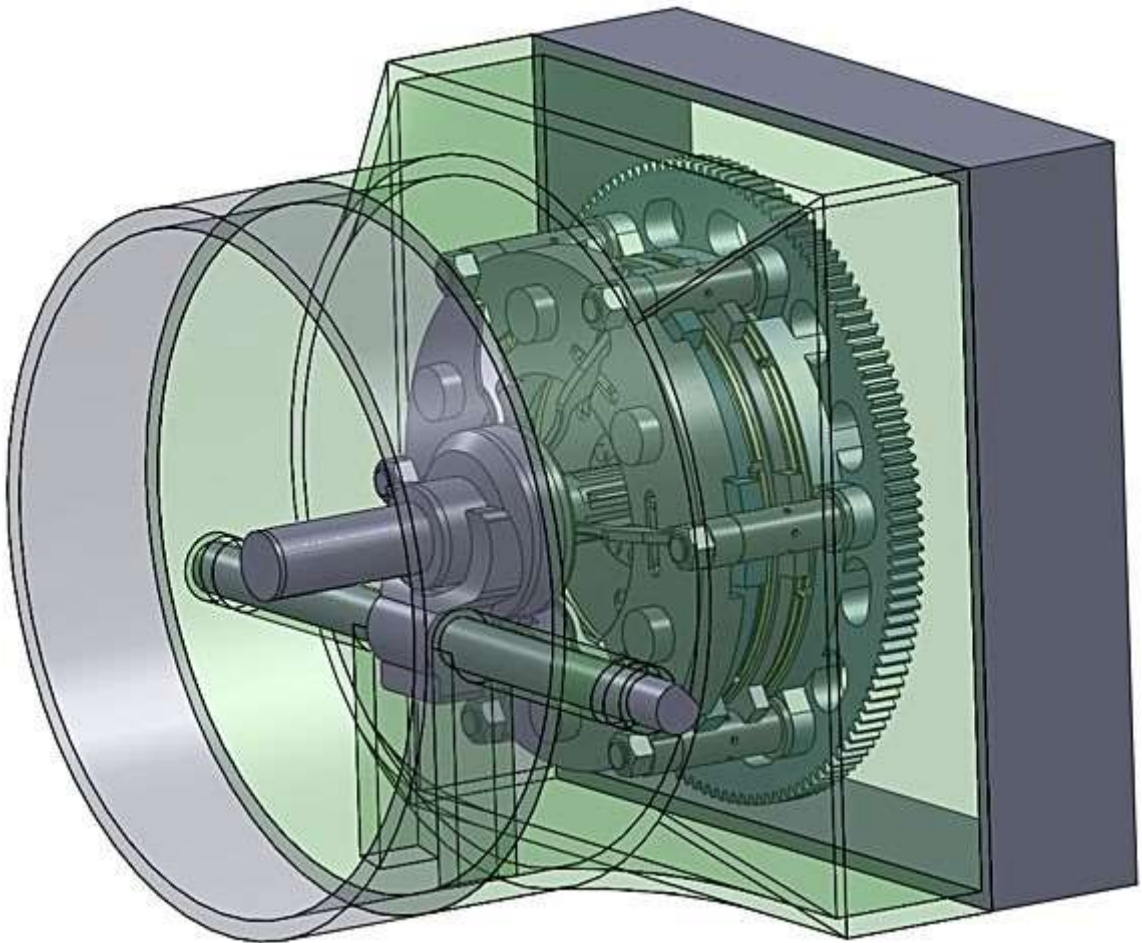


Рисунок 1 - Зборка зчеплення

## Реалізація

1. Здійснюємо збірку зчеплення (малюнки 1, 2, 3).
2. Здійснюємо рознесення деталей і анімацію (малюнки 4.35).

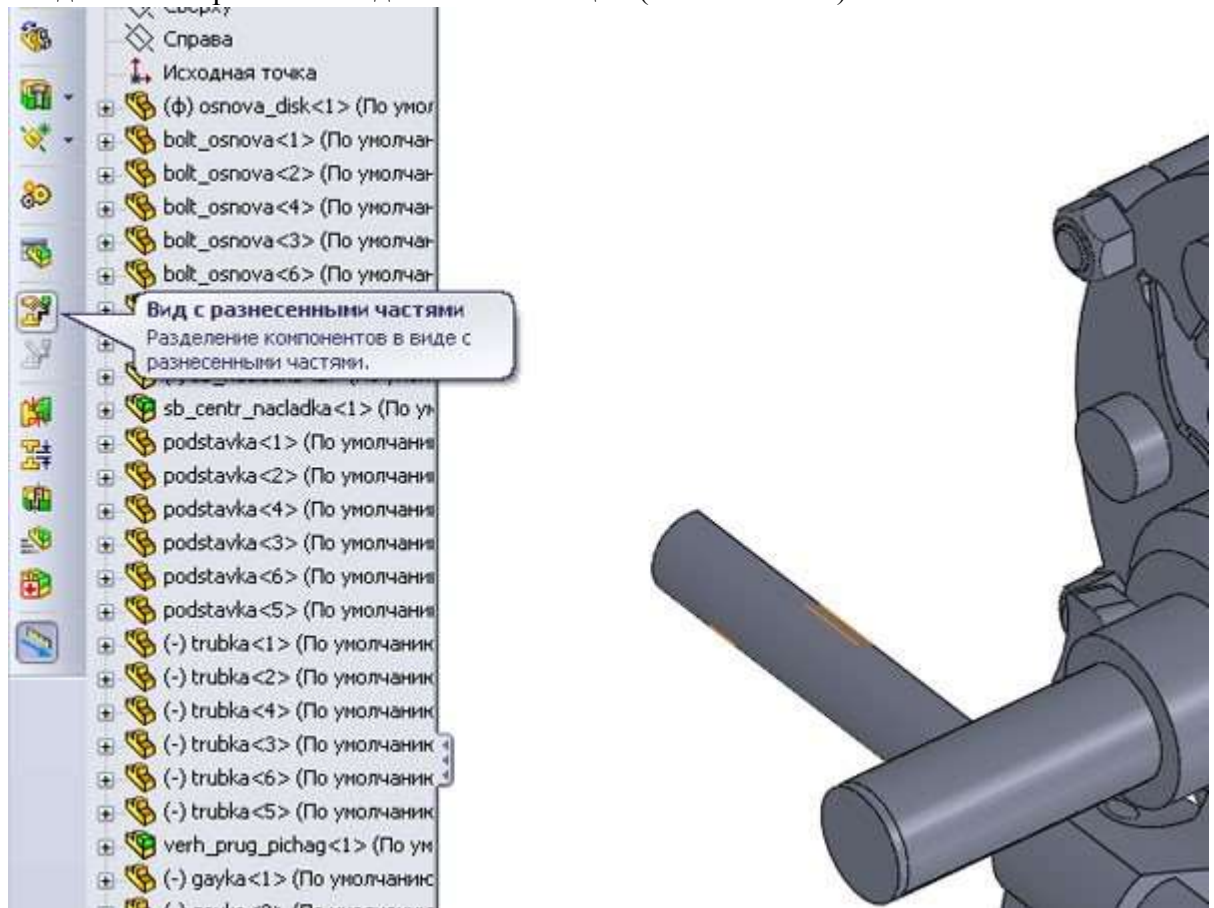


Рисунок 4 - Активізація інструменту рознесення

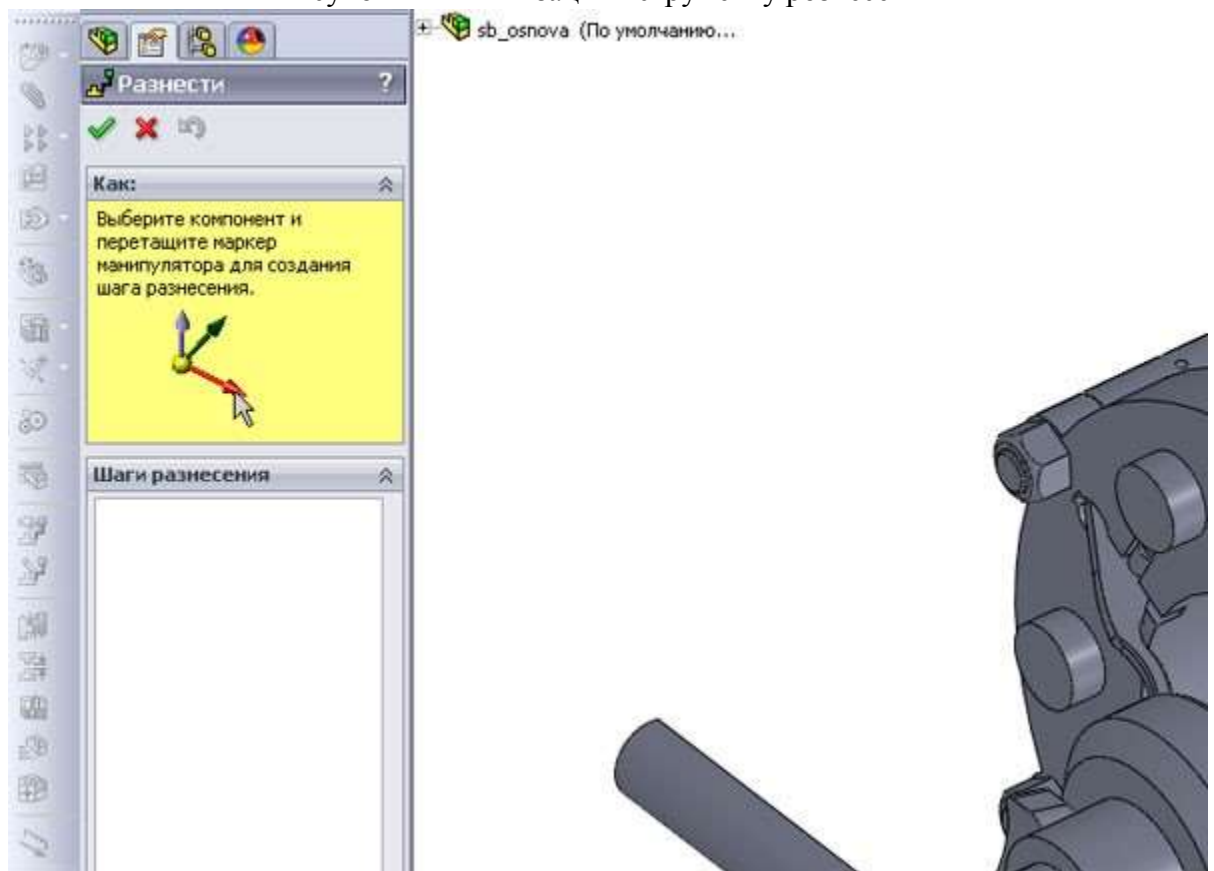


Рисунок 5 - Панель рознесення частин



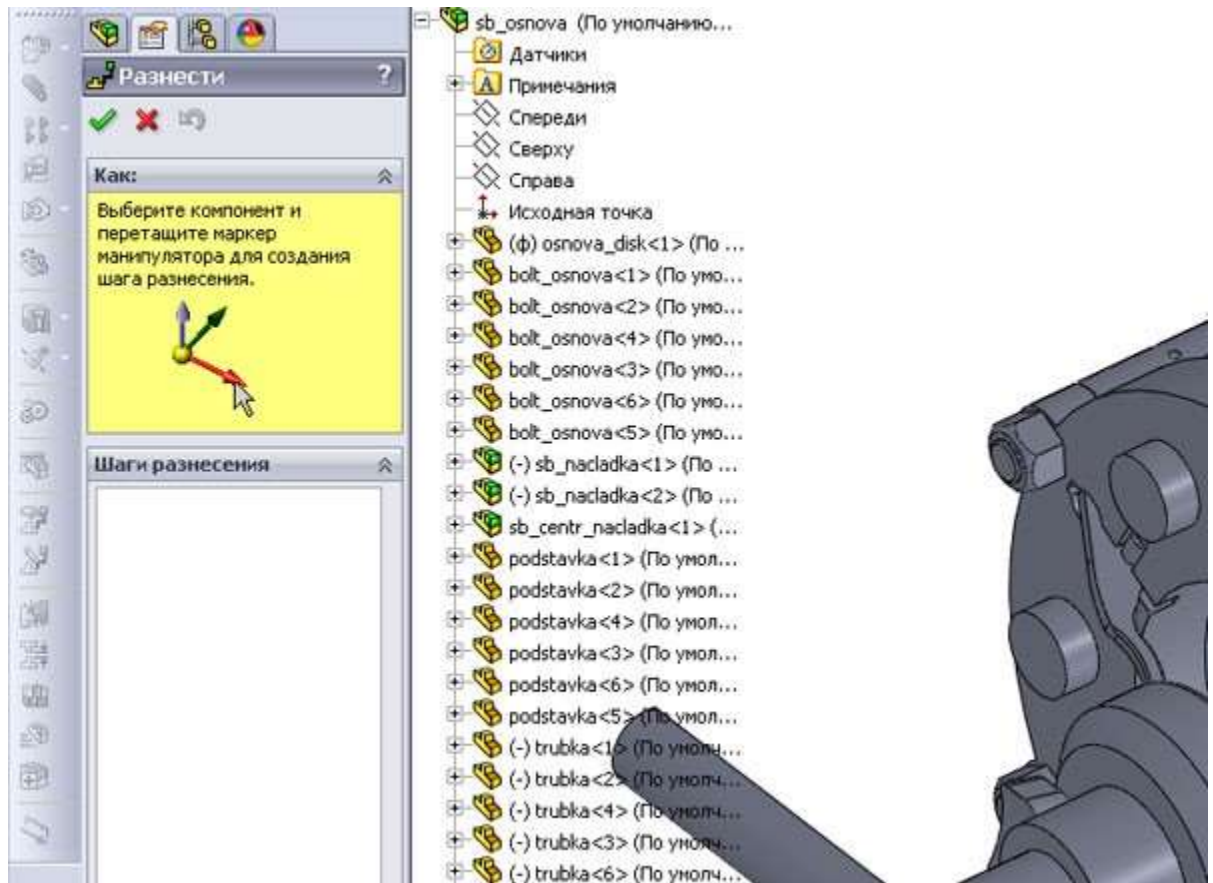


Рисунок 6 - Додаткова панель зборки

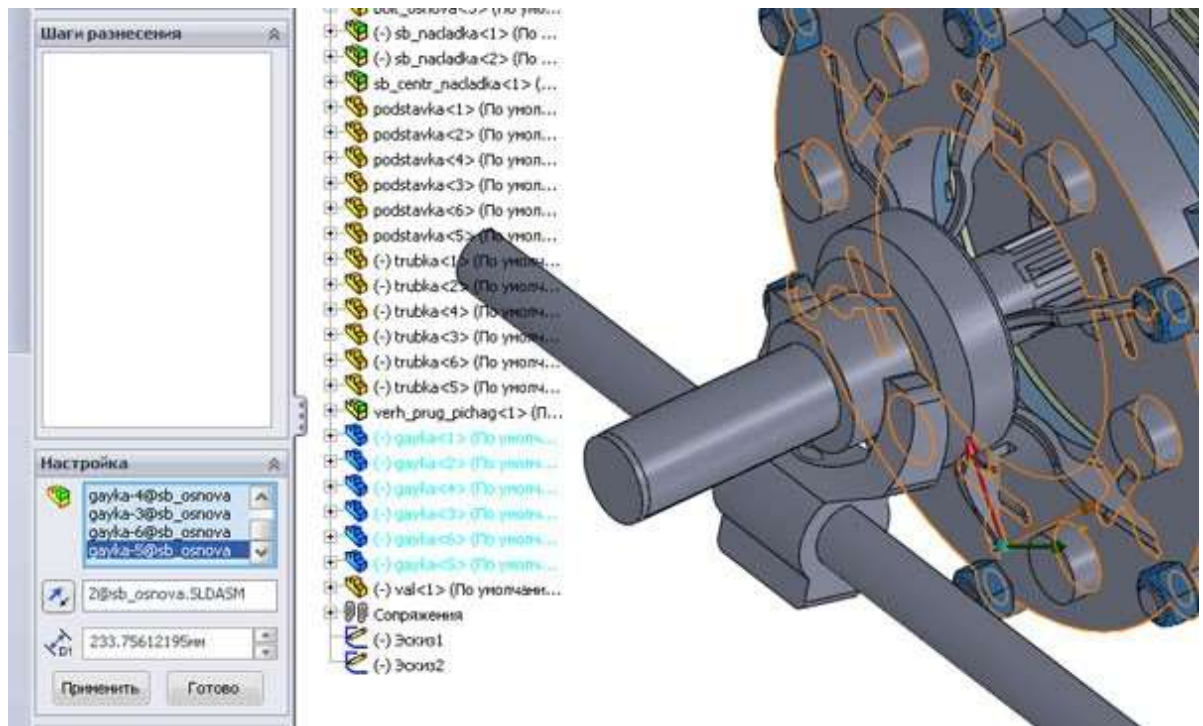


Рисунок 7 - Виділення гайок на додатковій панелі

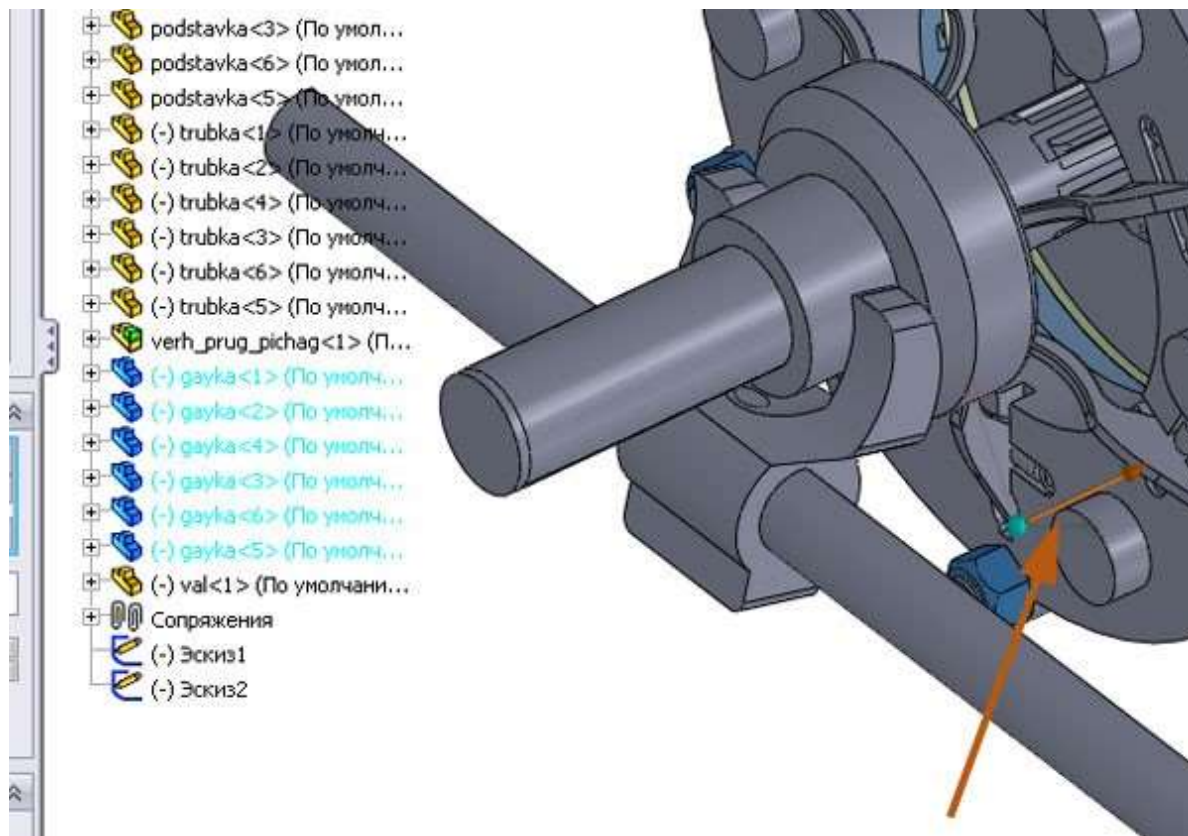


Рисунок 8 - Вказівка осі і напрямку переміщення

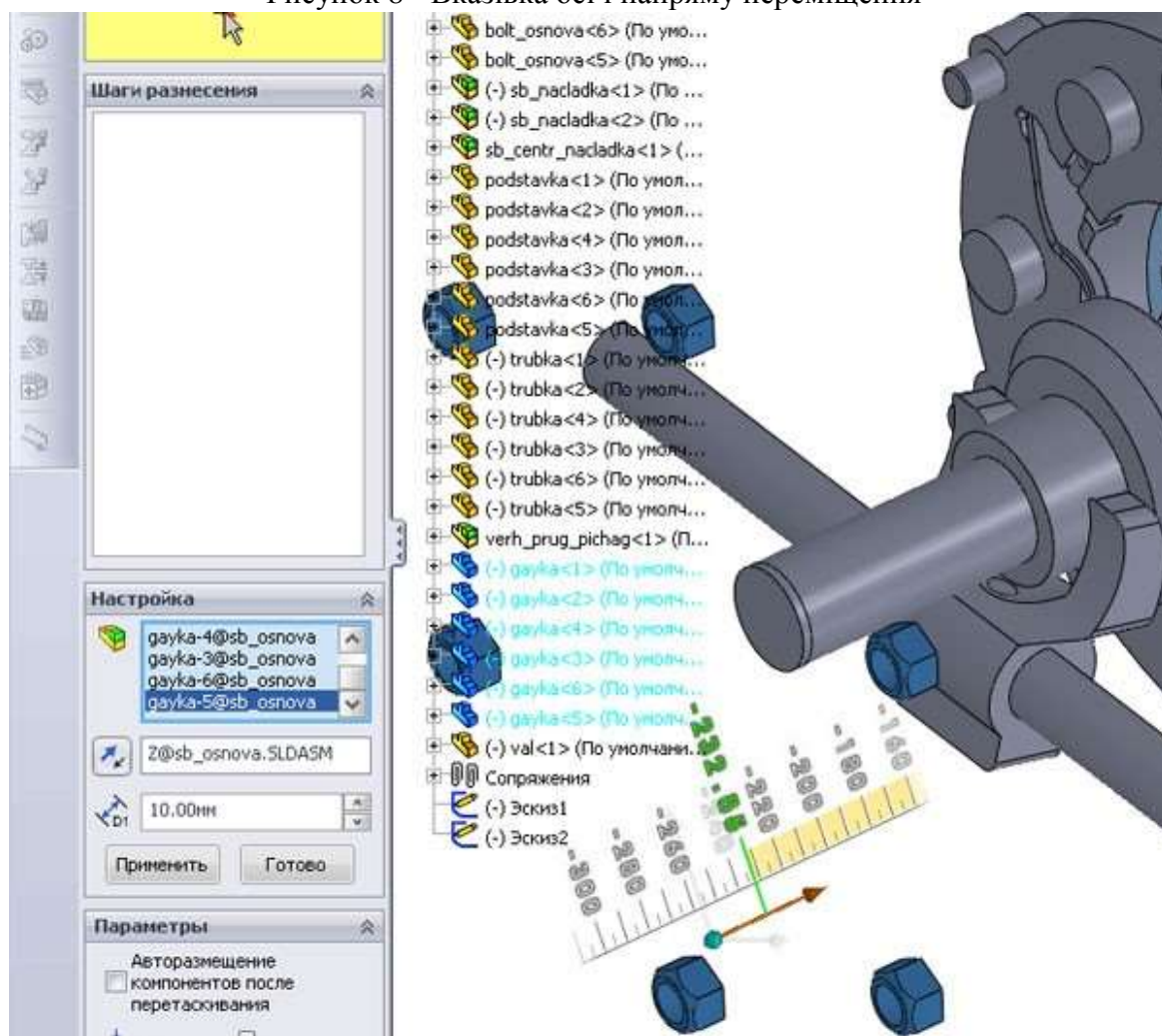


Рисунок 9 - Теперішній момент переміщення



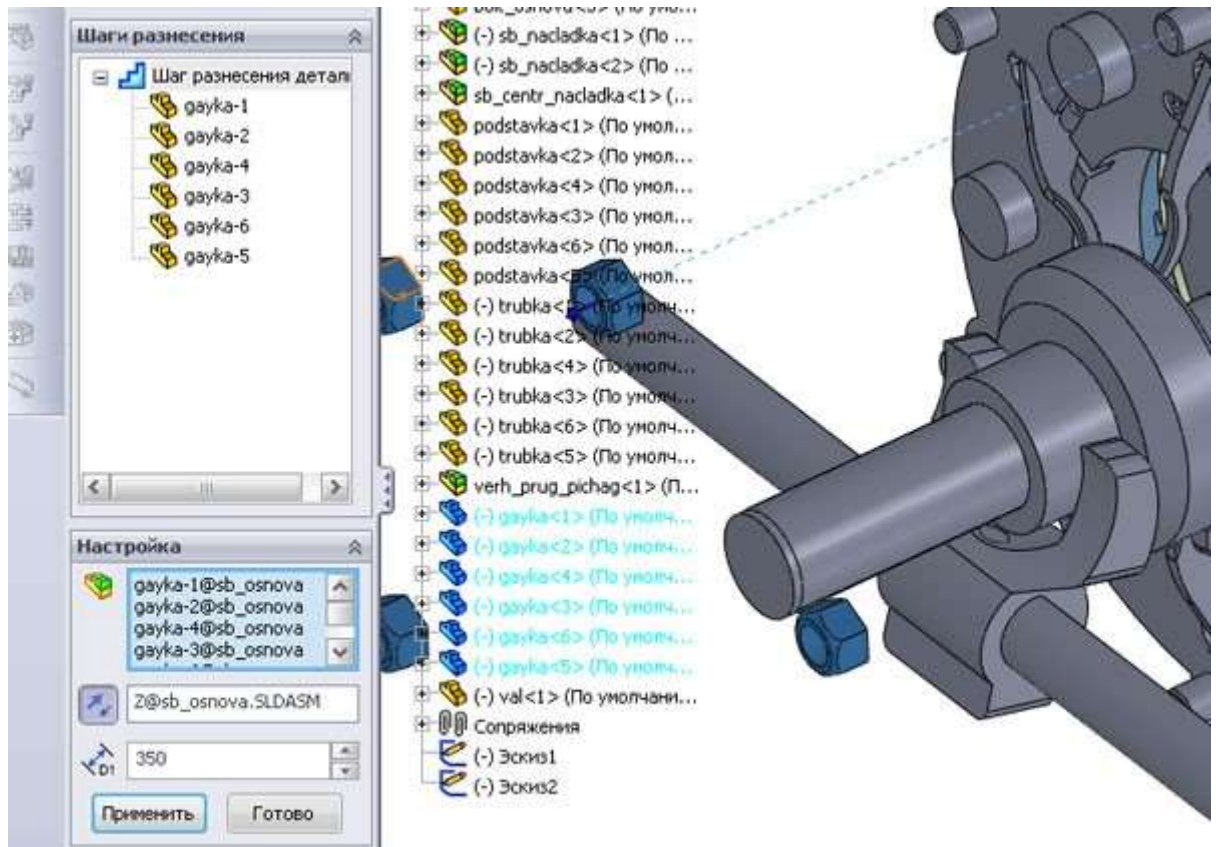


Рисунок 10 - Закінчення. Активувати кнопки «Застосувати» і «Готово»

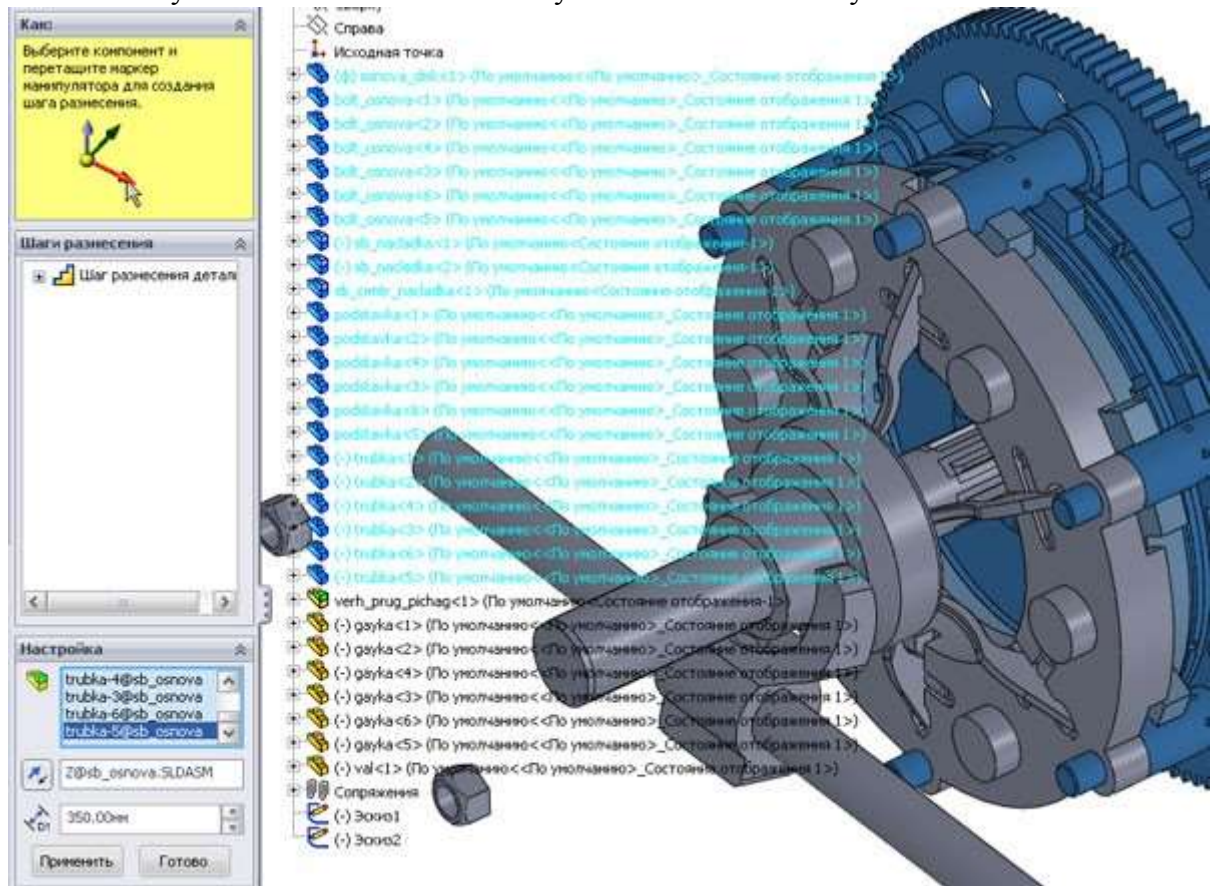


Рисунок 11 - Виділення групи різномірних елементів

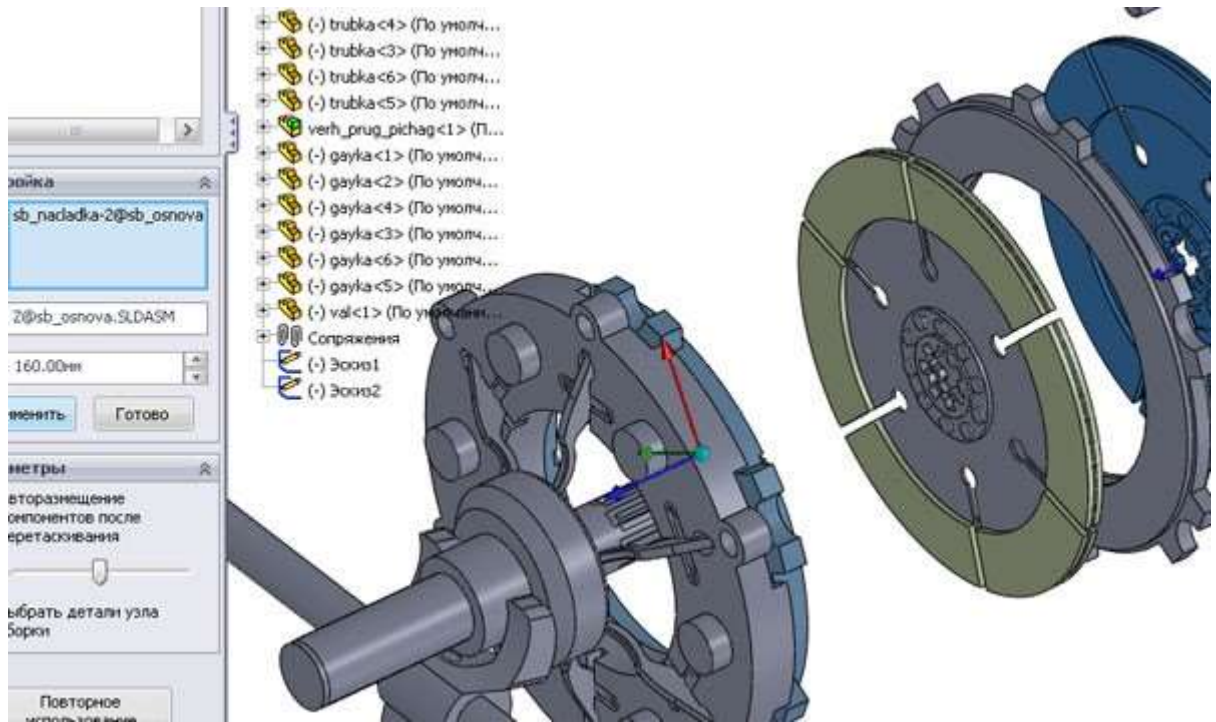


Рисунок 15 - Переміщення першого основного диска зчеплення

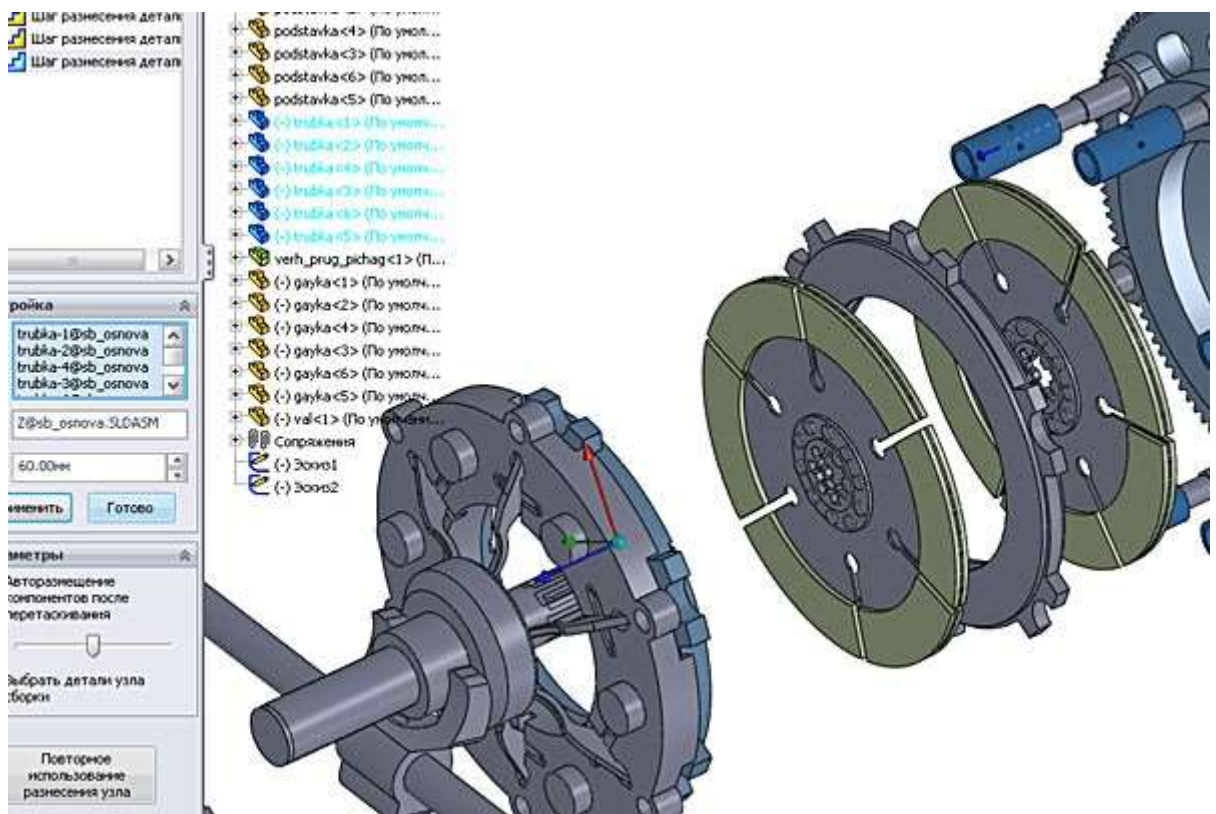


Рисунок 16 - Переміщення опорних патрубків



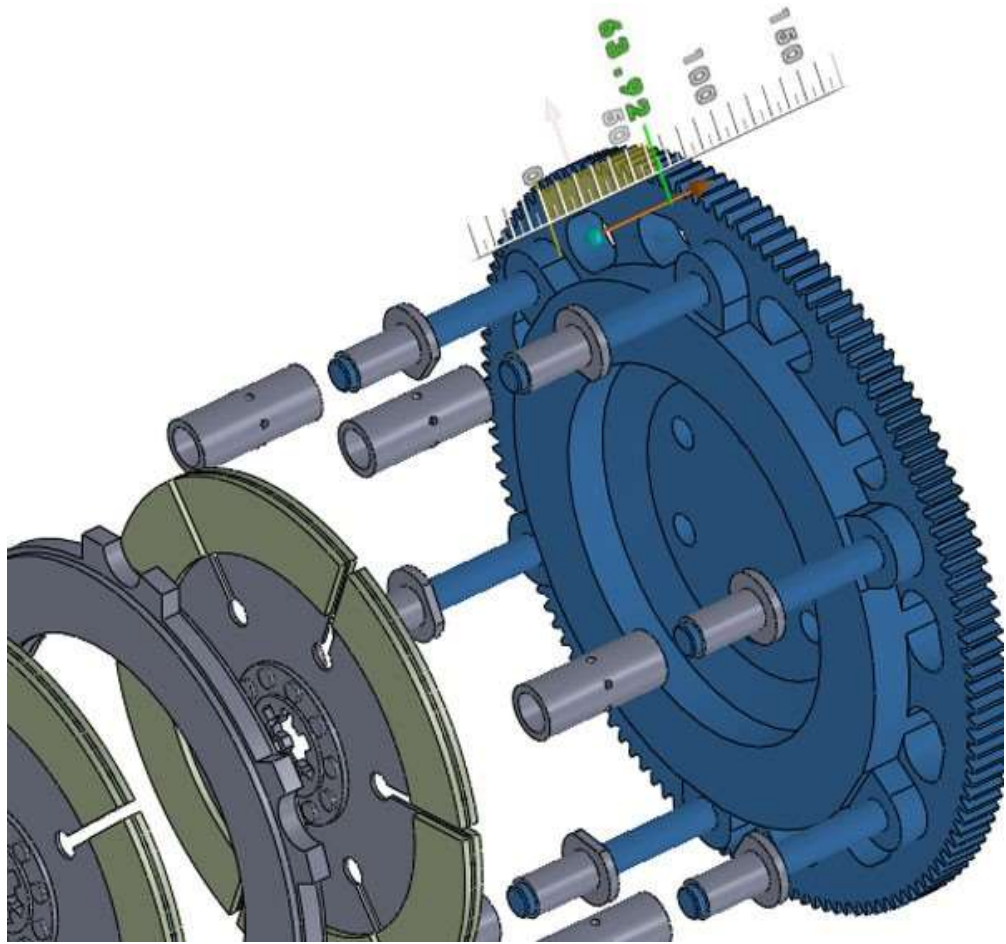


Рисунок 17 - Переміщення корпусу з болтами

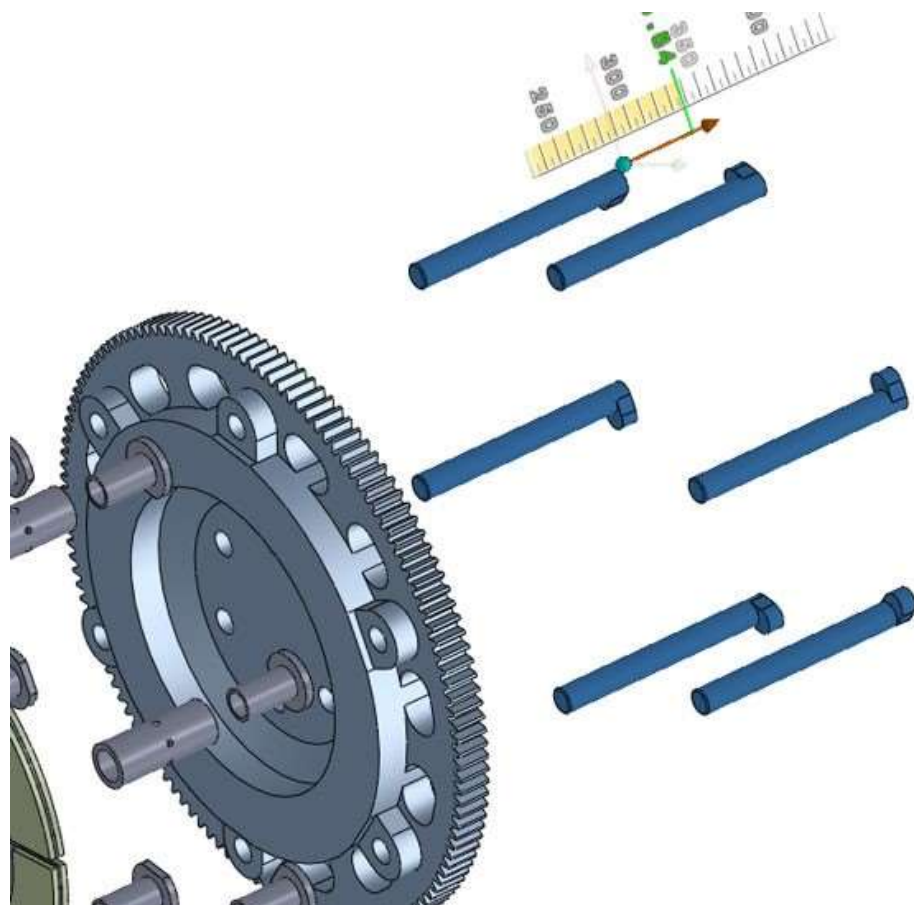


Рисунок 18 - Переміщення болтів

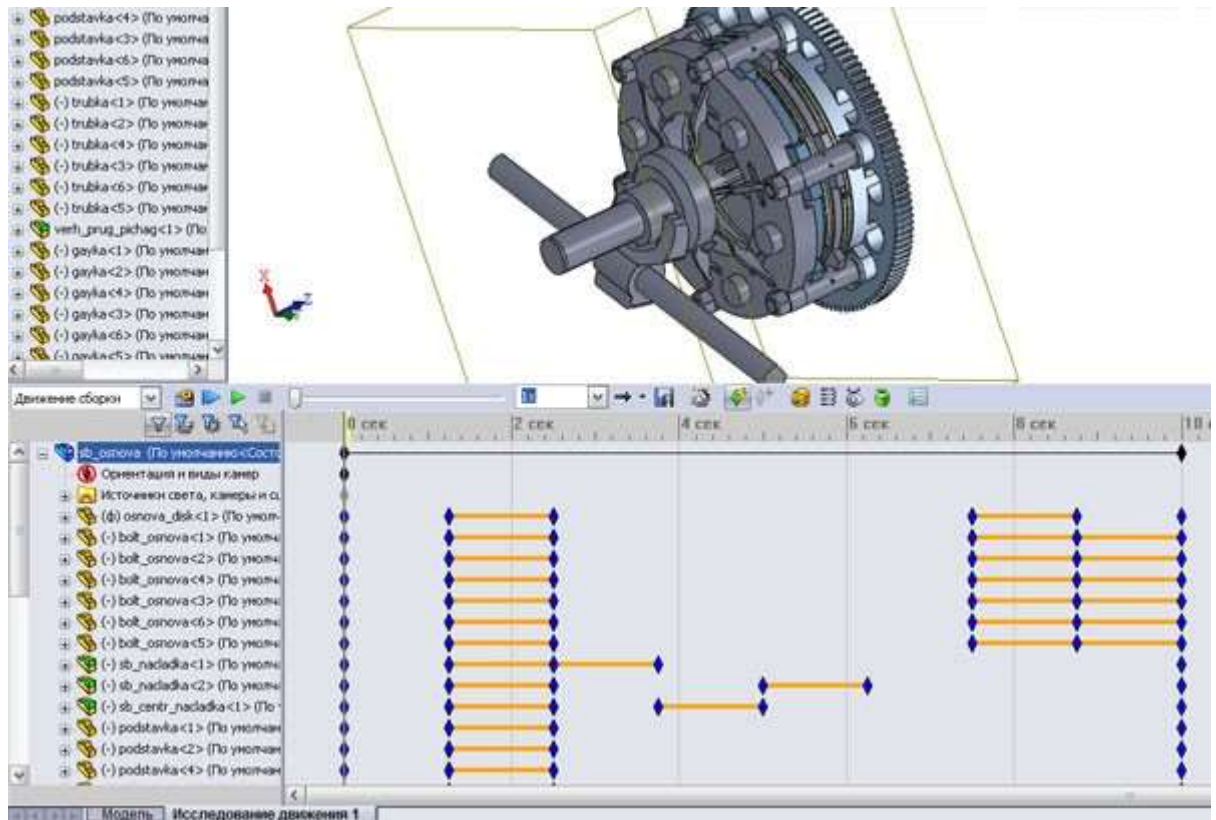


Рисунок 23 - Побудова сценарію руху елементів зборки на тимчасовій лінійці

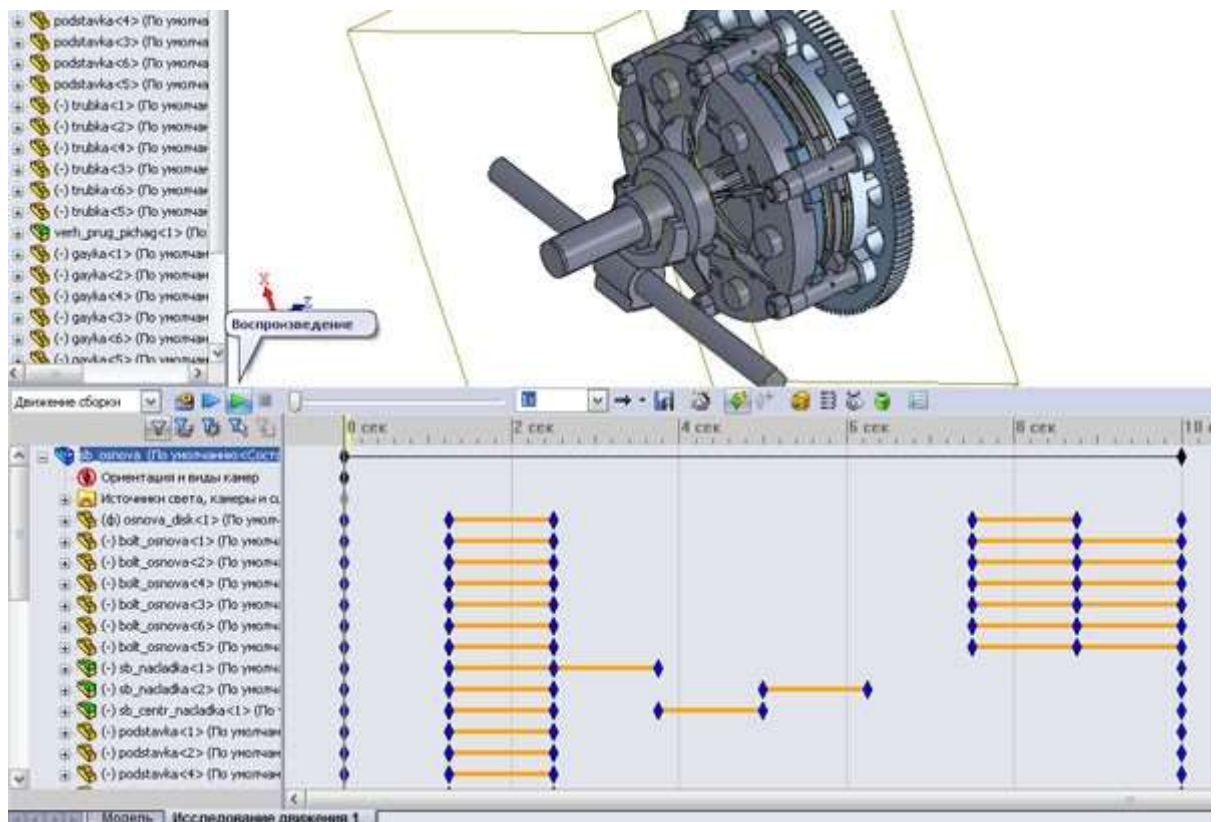


Рисунок 24 - Активация відтворення анімації

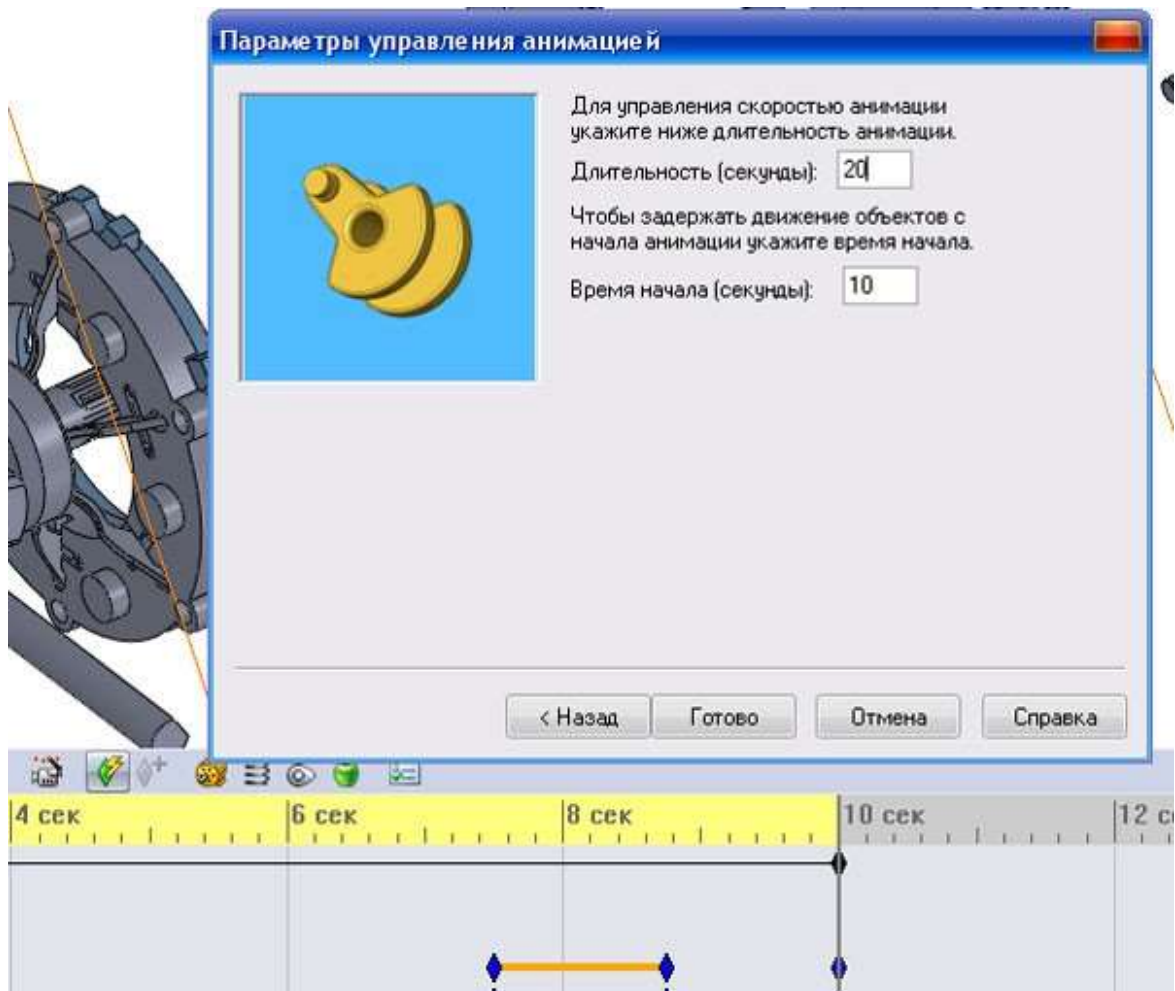


Рисунок 27 - Вказівка тривалості анімації

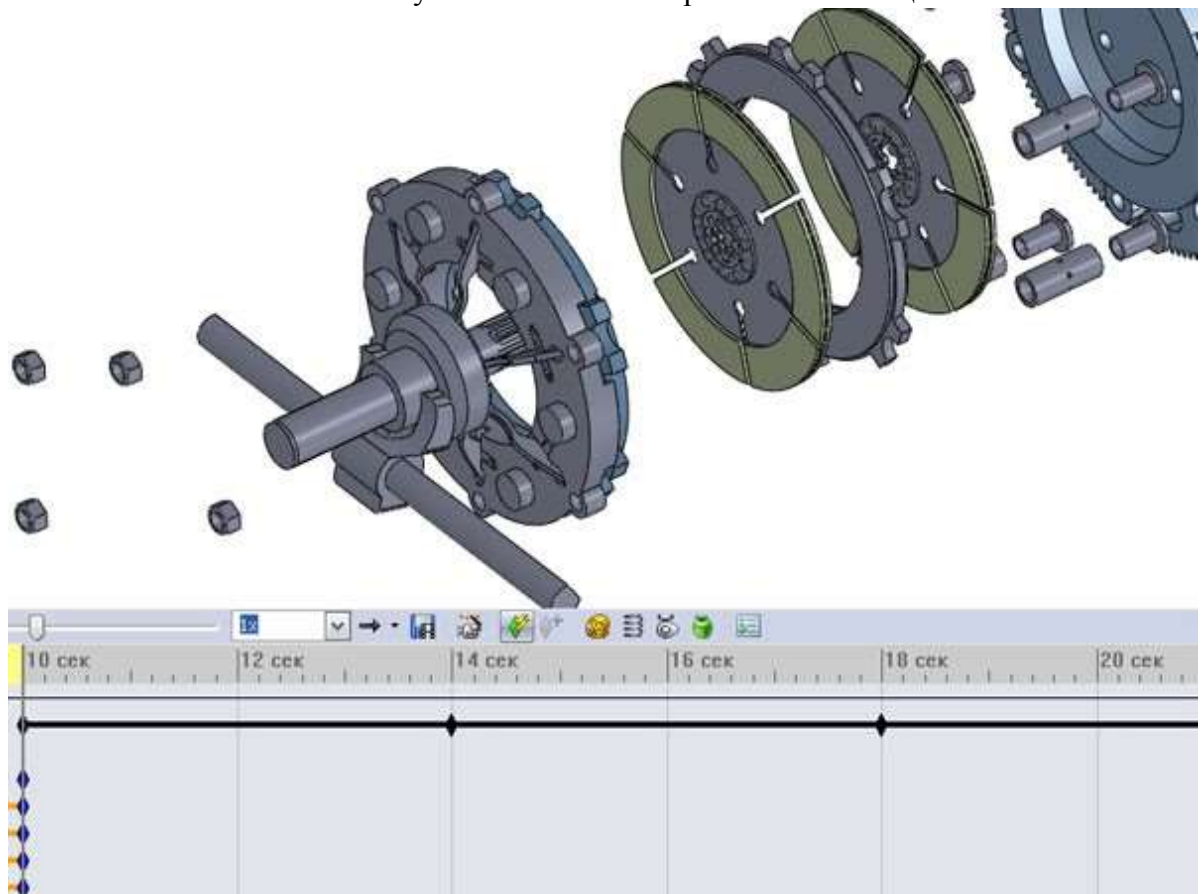


Рисунок 28 - Результат на тимчасовій лінійці



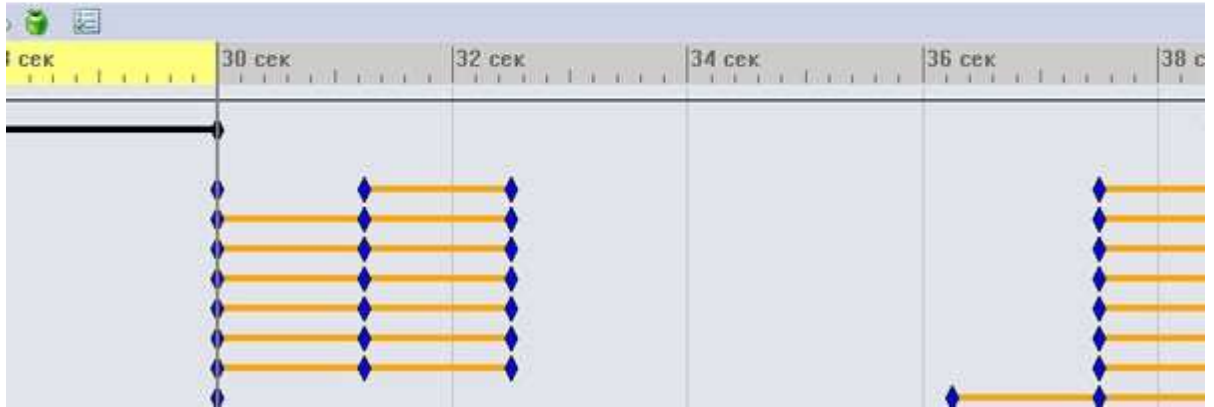


Рисунок 31 - Сценарій зборки на тимчасовій лінійці

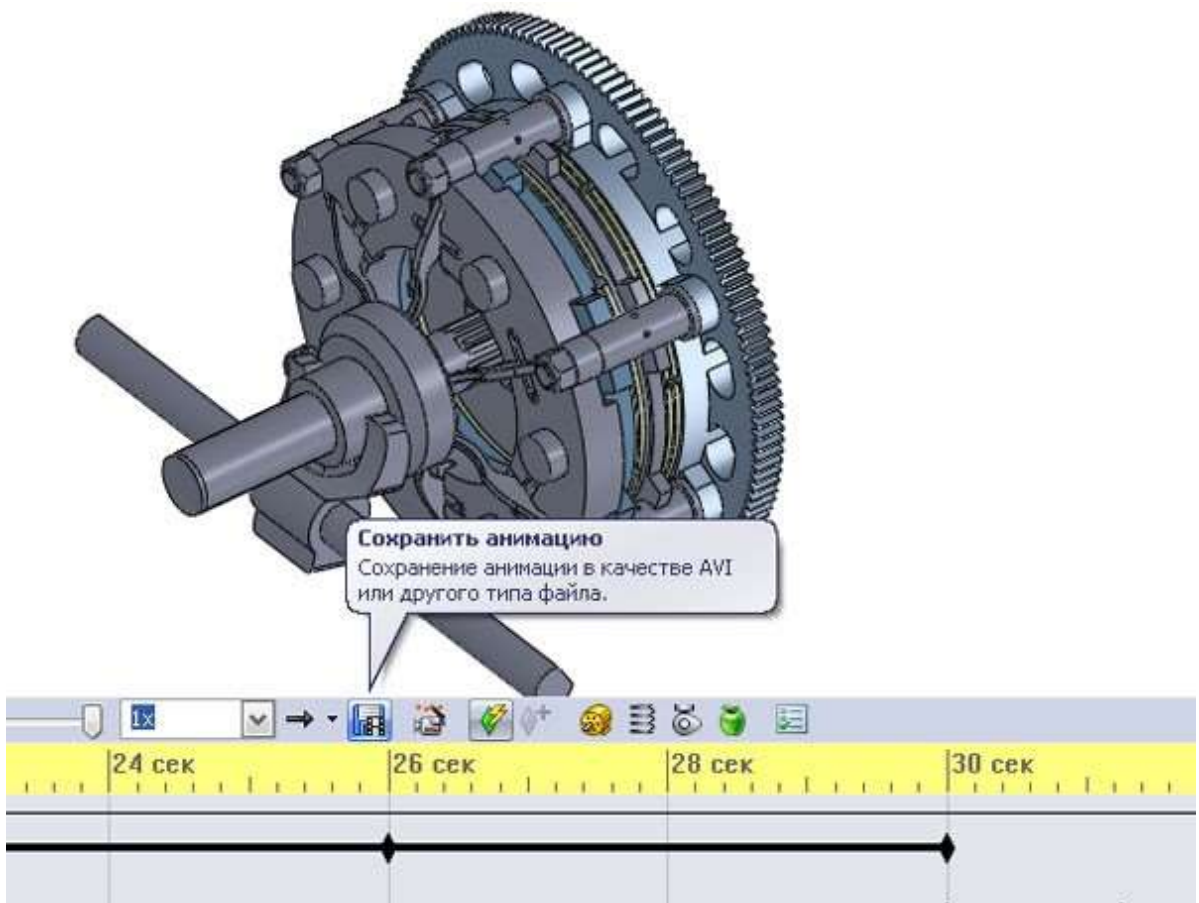


Рисунок 32 - Активізація збереження анімації у файл

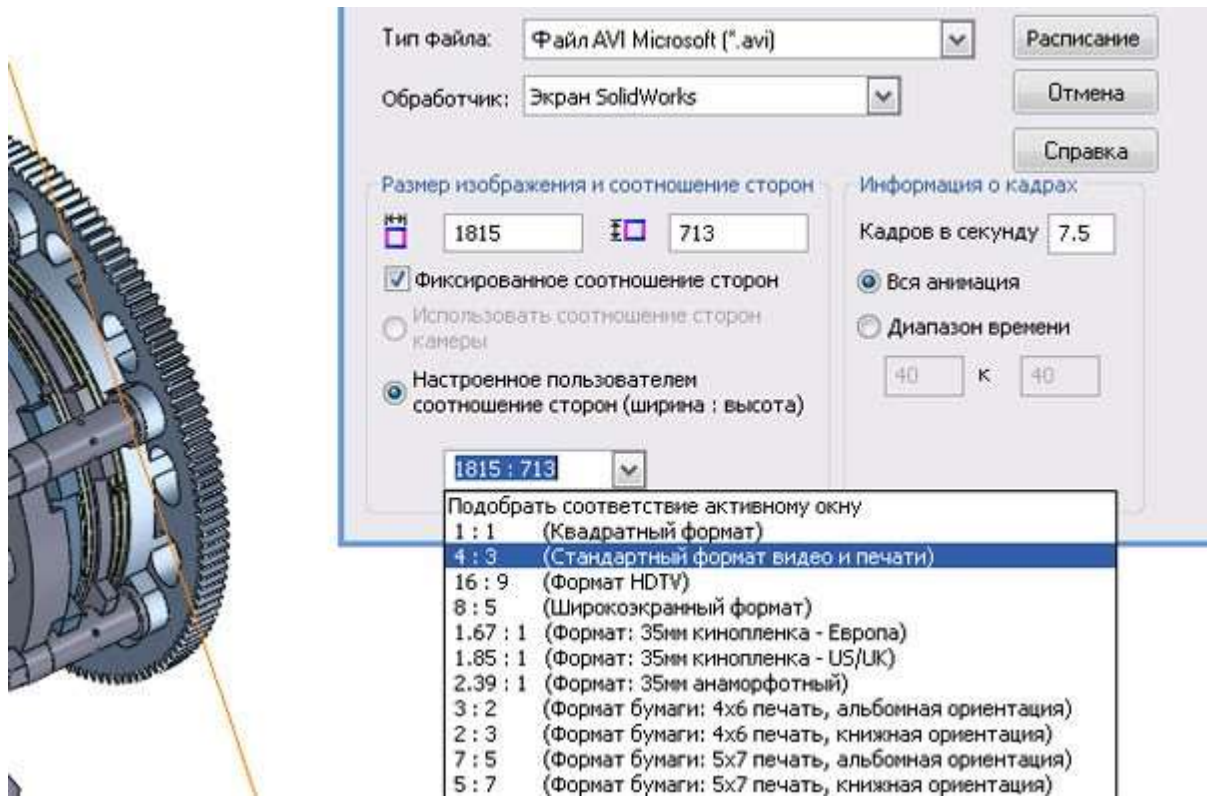


Рисунок 33 - Налаштування формату кадру

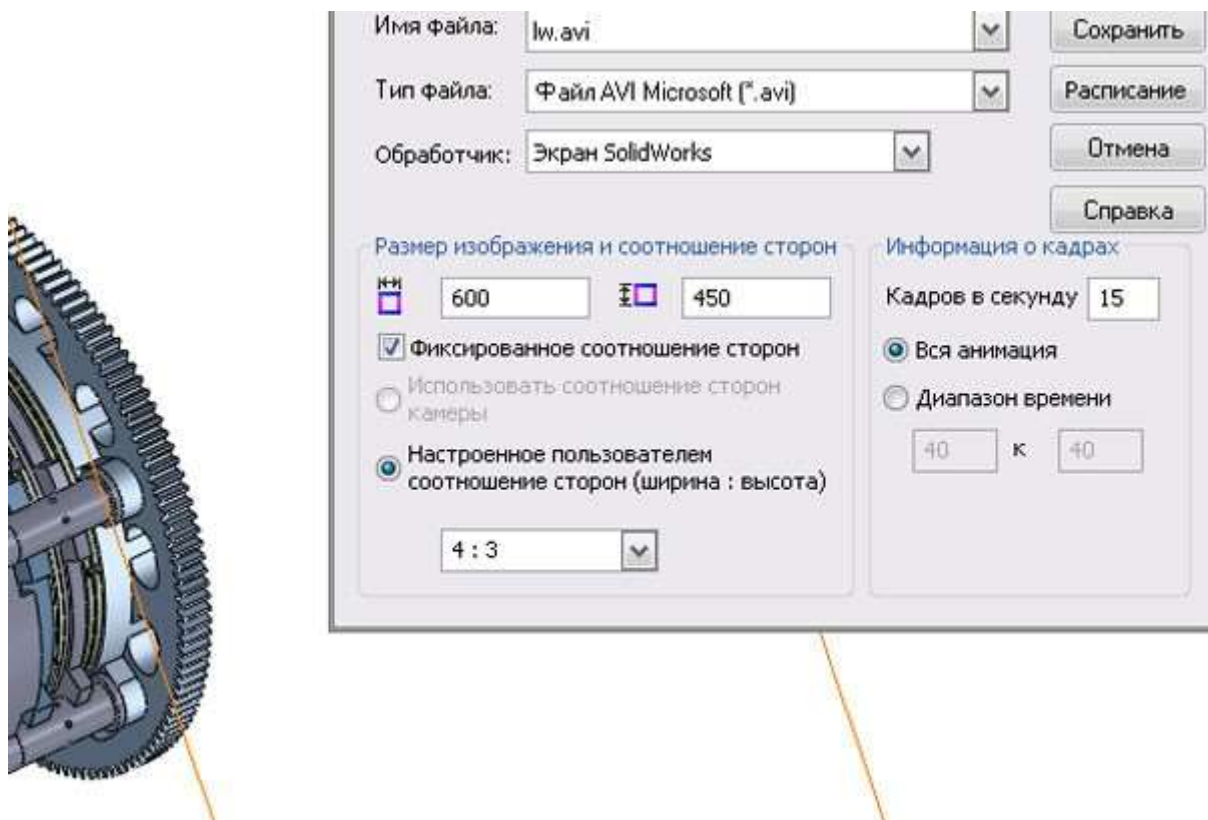


Рисунок 34 - Налаштування розмірів кадру і частоти запису

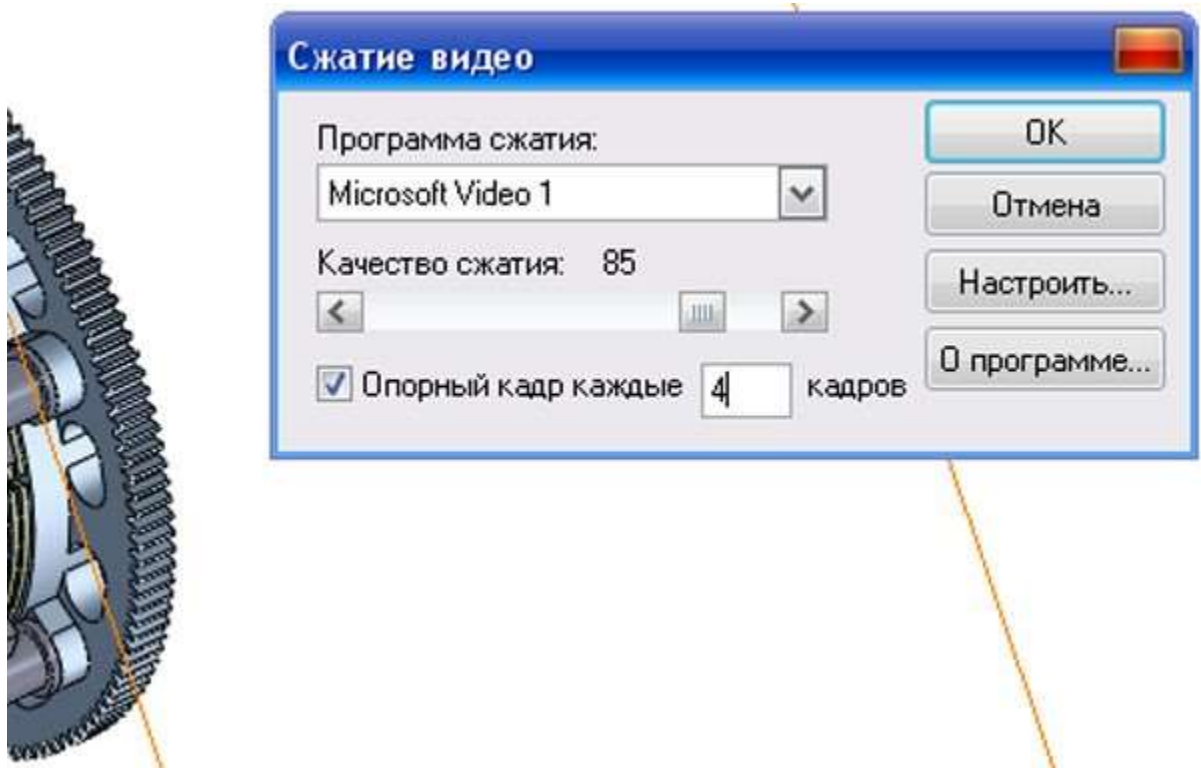


Рисунок 35 - Налаштування формату стискування і якості запису кадрів

#### Висновки:

1. Побудована зборка зчеплення спортивного автомобіля.
2. Сформований сценарій рознесення, обертання і складання частин зборки зчеплення.
3. Реалізована анімація і проведений запис результатів у файл.

#### ЗАВДАННЯ

1. Здійснити зборку моделі, зберегти зборку у файлі з ім'ям **sceplenie**;
2. Скопіювати проект зборки в теку **copy\_sceplenie**, для імен файлів використати префікс **\_copy\_**;
3. Для копії зчеплення виконати «рознесення» деталей зборки **verh\_prug\_pichag**, показаною на малюнку 36, зберегти зборку;
4. Сформуванати вид з «рознесенням» в аніматорові.

#### КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Порядок побудови зборки конструкції.
2. Основні типи сполучень, доступні в середовищі SolidWorks.
3. Типи об'єктів сполучення.
4. Порядок роботи з інструментом рознесення частин зборки.
5. Можливості аніматора.
6. Типи анімації.
7. Порядок налаштування параметрів запису анімації.
8. З якою метою здійснюють копіювання проекту в середовищі SolidWorks.



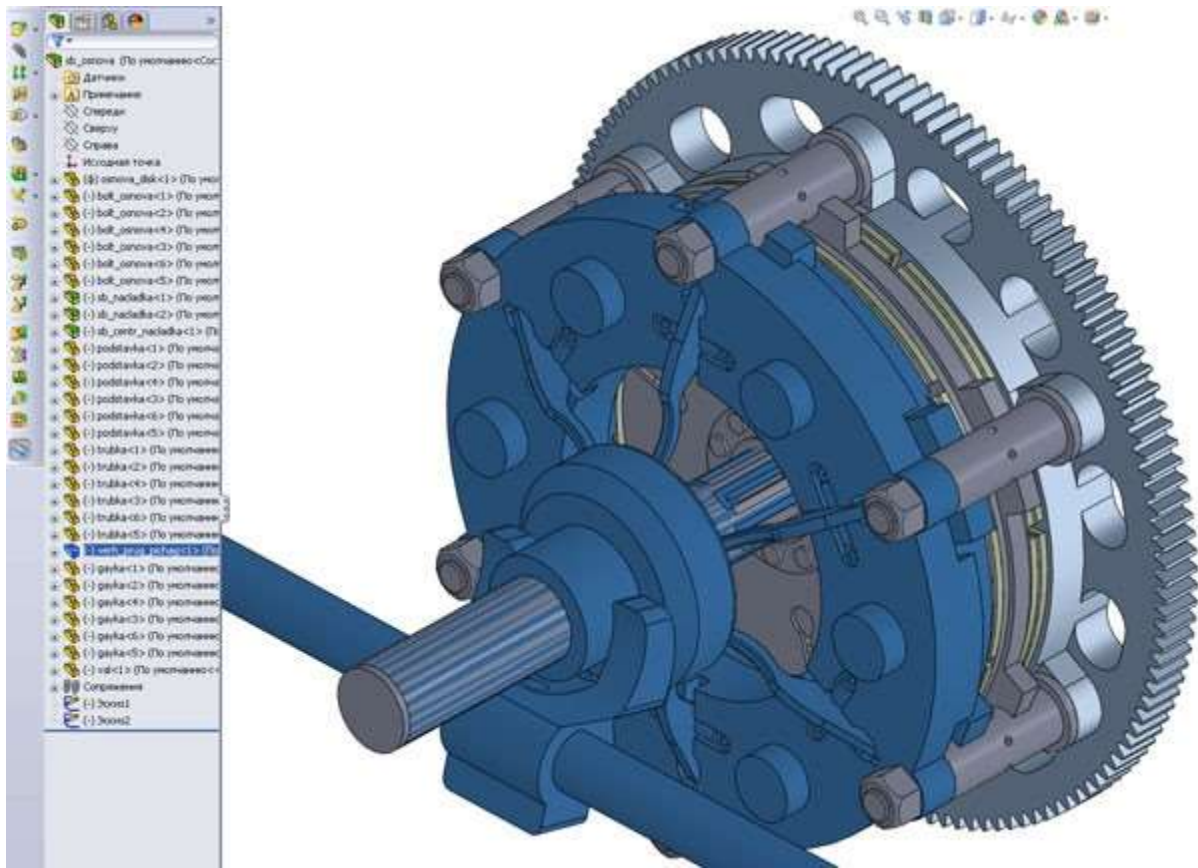


Рисунок 36 - Сборка «verh\_prug\_pichag. SLDASM»

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2

### Розрахунок ПДВ і оптимізація параметрів деталей в модулі SimulationXpress

#### Мета роботи :

придбання навичок моделювання складок конструкцій і процесів їх функціонування, розбирання і зборки в системі SolidWorks.

#### ДОВІДКА

SolidWorks SimulationXpress є простим у використанні новим інструментом аналізу напруги для користувачів SolidWorks.

Інтерфейс помічника SimulationXpress містить елементи повного інтерфейсу моделювання, які забезпечують налаштування, обмежень, навантаження, матеріалу, процесу моділювання і проглянути результати, провести оптимізацію параметрів деталі.

Точність результатів залежить від кріплень, навантажень і властивостей матеріалу. Щоб отримати надійні результати, вказані властивості матеріалу повинні точно представляти матеріал деталі, а обмеження і навантаження повинні точно представляти умови експлуатації деталі.

SimulationXpress підтримує аналіз окремого твердого тіла. Не підтримуються складки, багатотільні деталі або тіла поверхні.

Робота в SimulationXpress здійснюється за допомогою майстра-помічника.

#### ПРИКЛАД

##### Постановка завдання

Досліджується елемент пружного вузла для рухливих вузлів автомобіля. Модель представлена на малюнку 1.

Необхідно:

- оцінити прочностні властивості елементів;
- оптимізувати товщину пружних фігурних мембран.

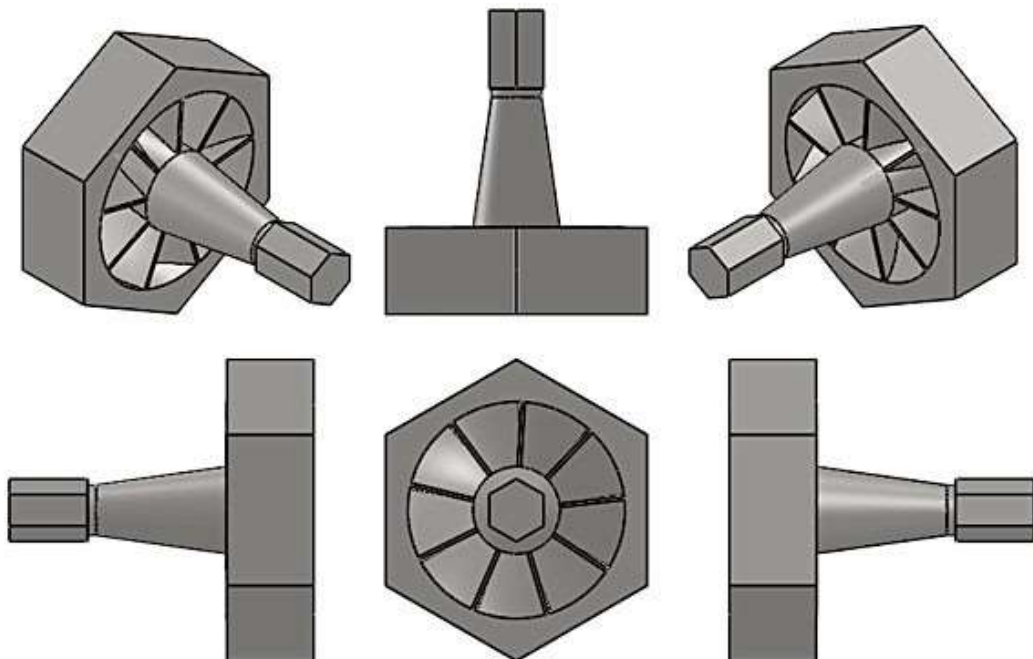


Рисунок 1 - Досліджувана деталь

#### Реалізація

Послідовність дослідження показана на малюнках 2.14.

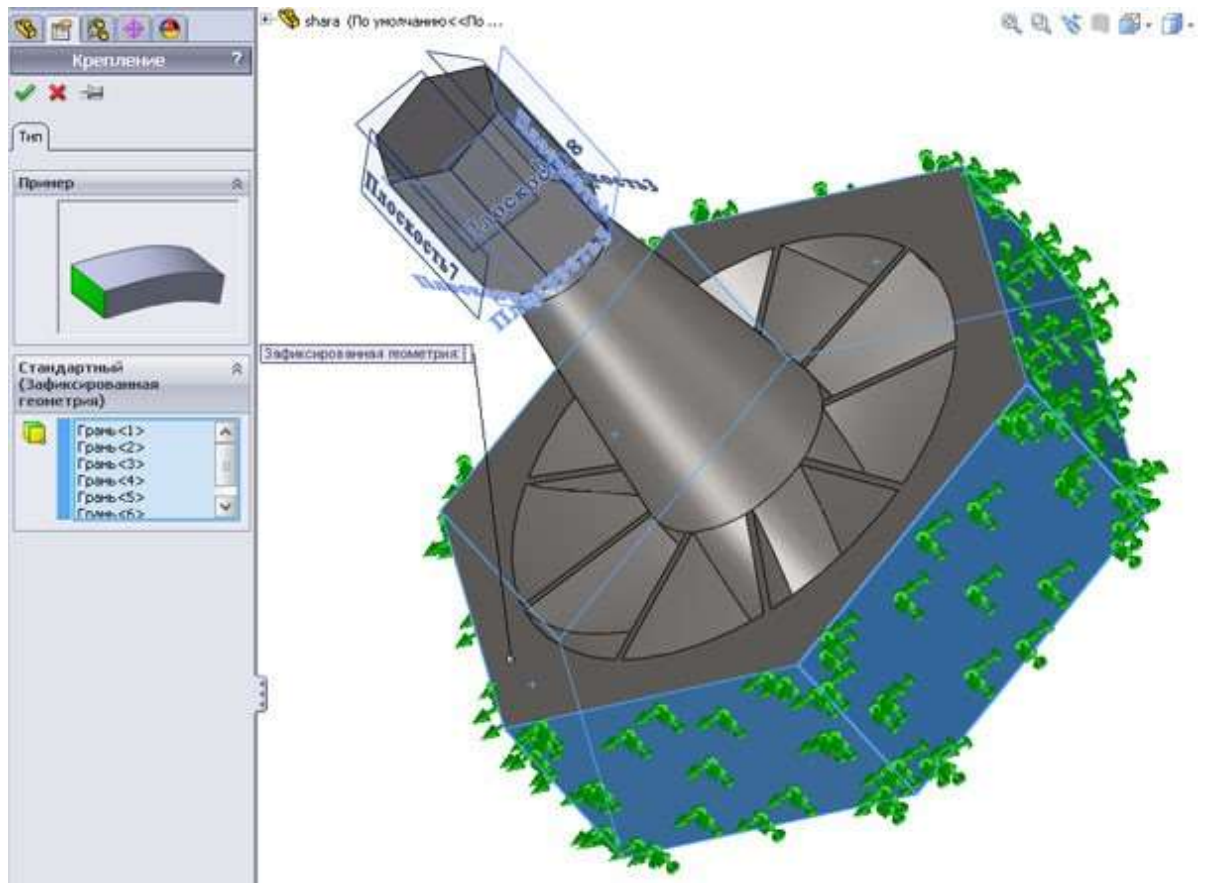


Рисунок 2 - Призначення умов кріплення

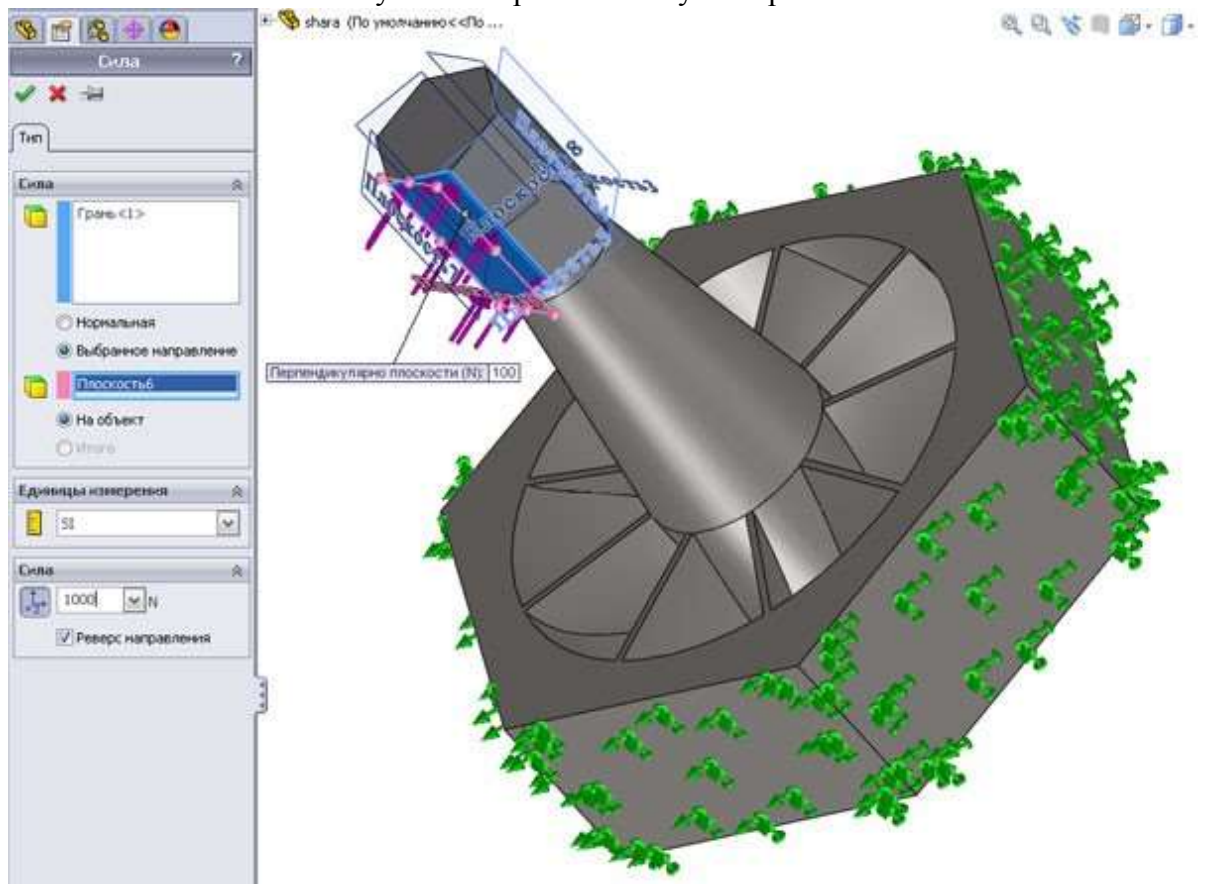


Рисунок 3 - Призначення типу, величини і способу додатка навантаження



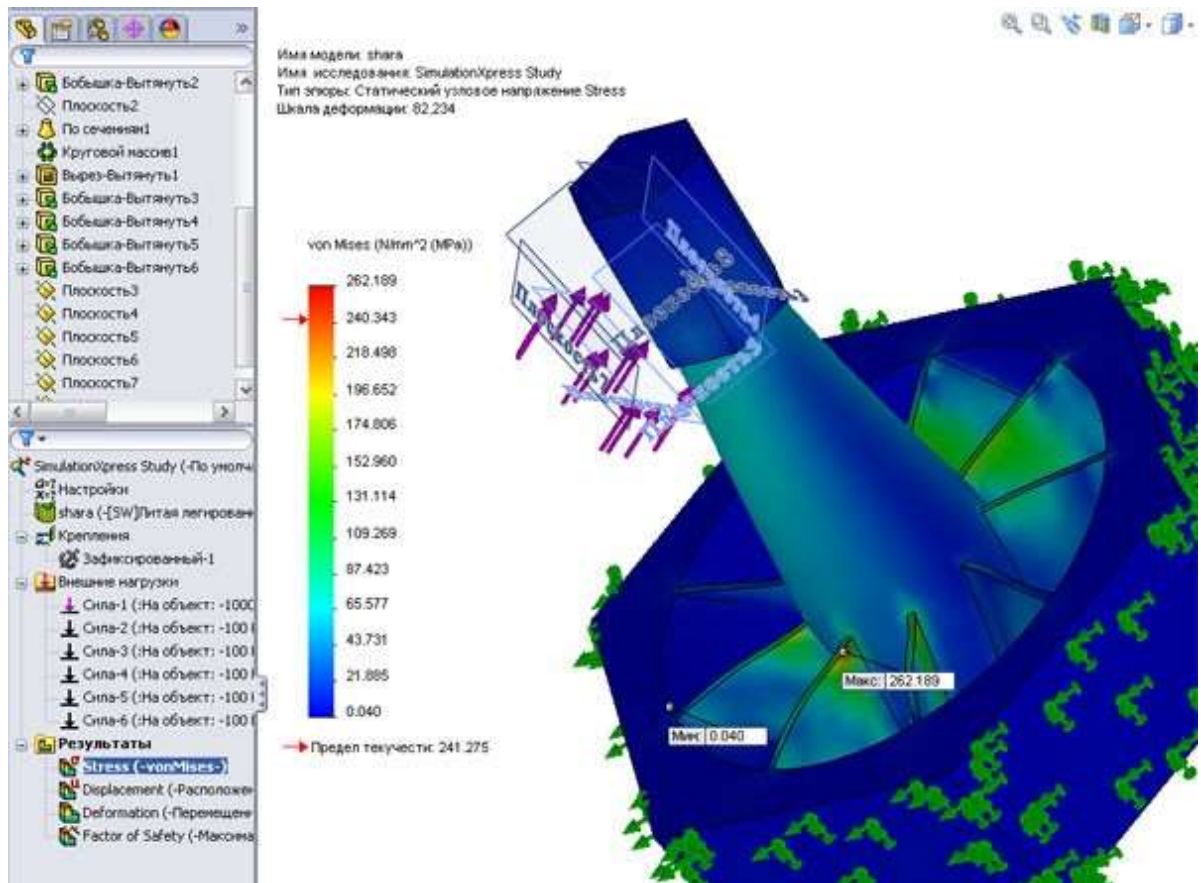


Рисунок 4 - Перегляд результату. Статична вузлова напруга

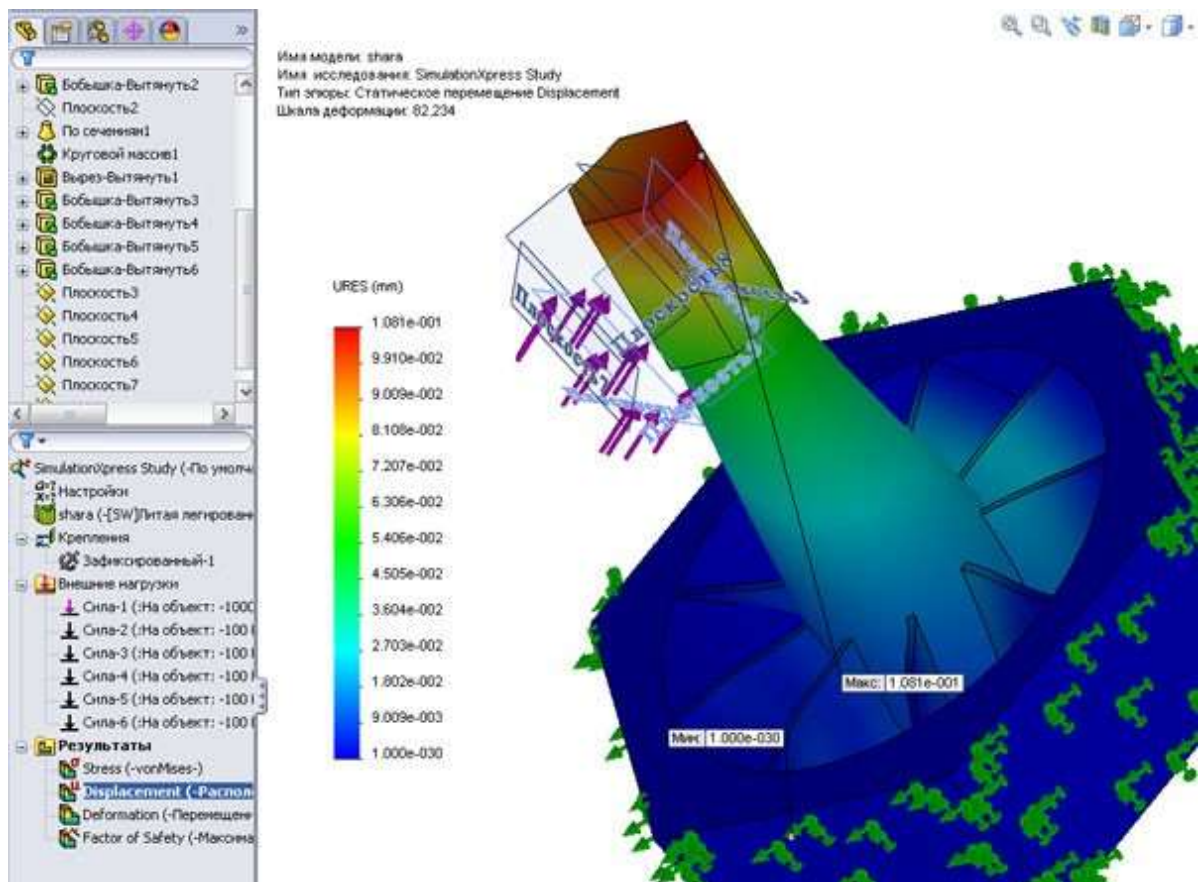


Рисунок 5 - Перегляд результату. Статичні переміщення

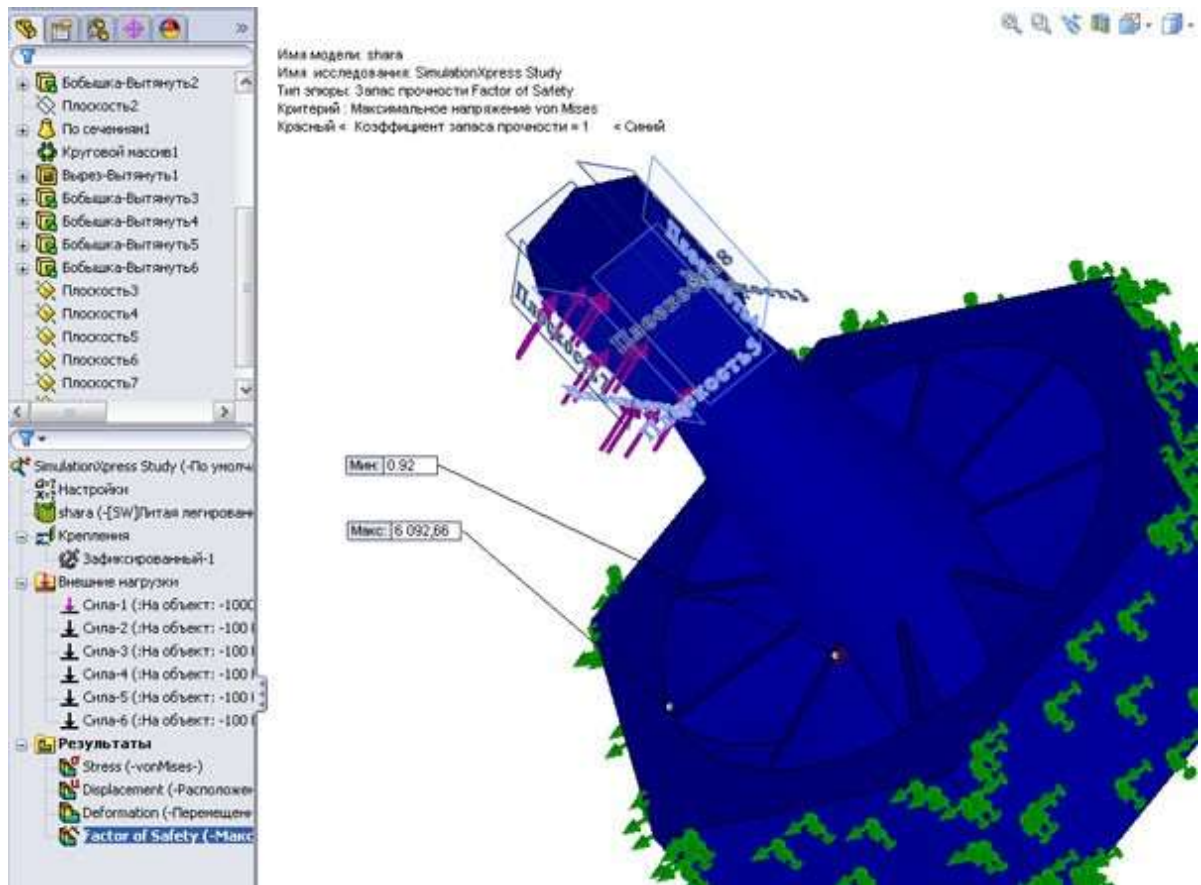


Рисунок 6 - Перегляд результату. Коефіцієнт запасу міцності

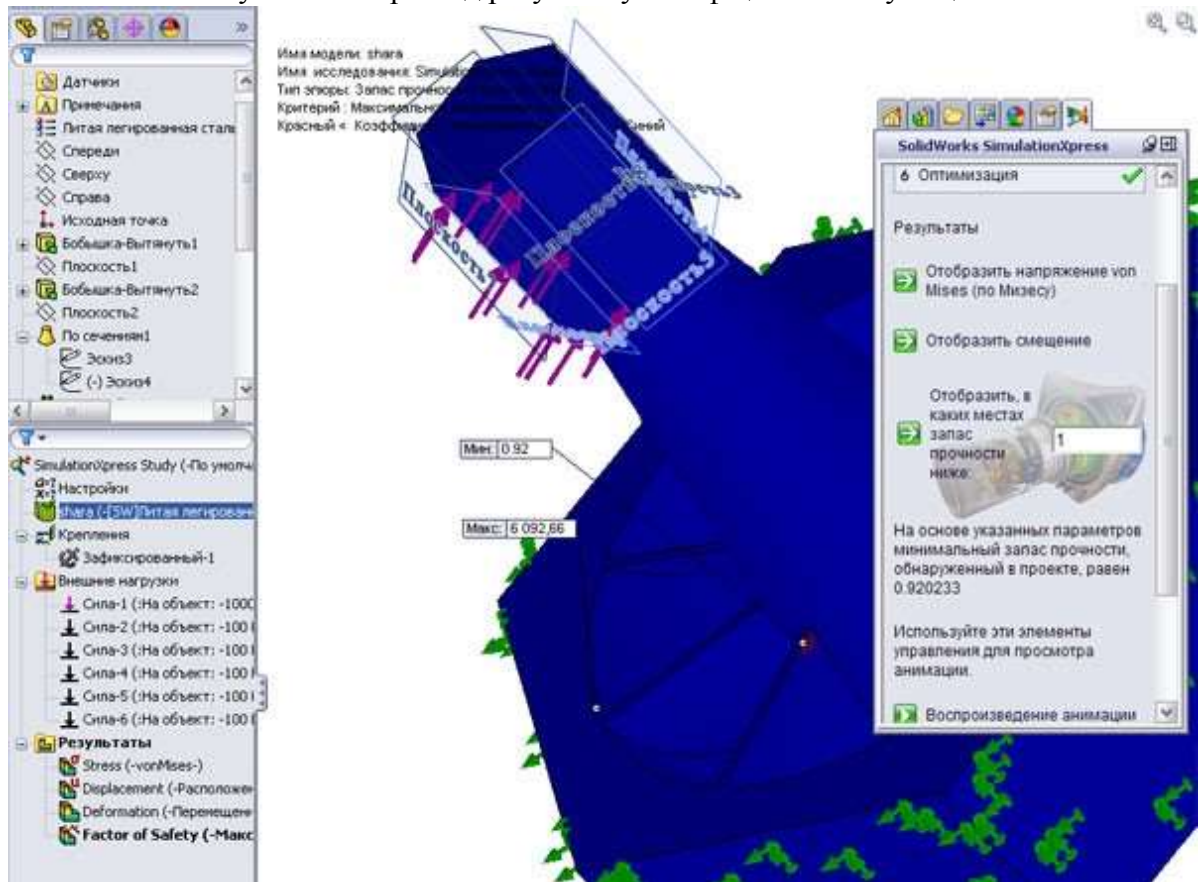


Рисунок 7 - Перехід до оптимізації параметрів деталі



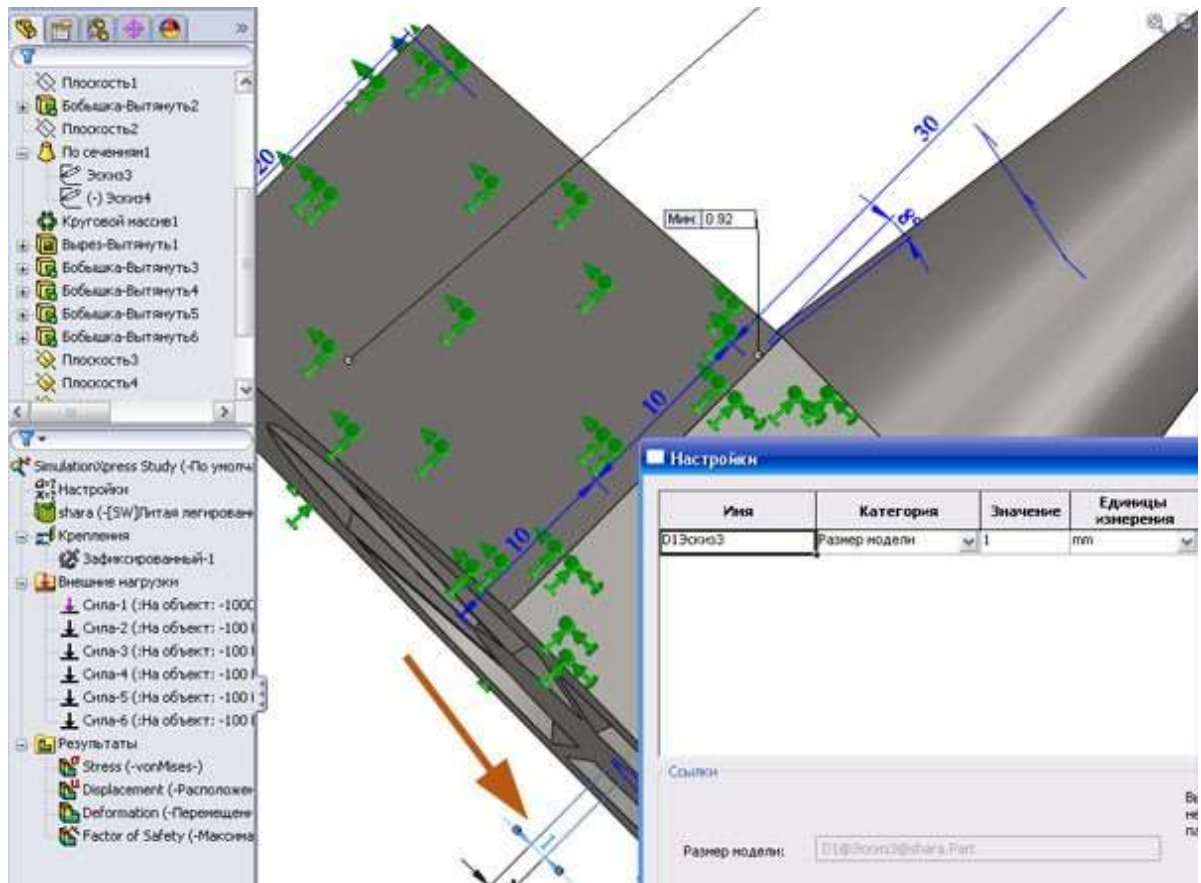


Рисунок 8 - Вказівка розміру, що оптимізується

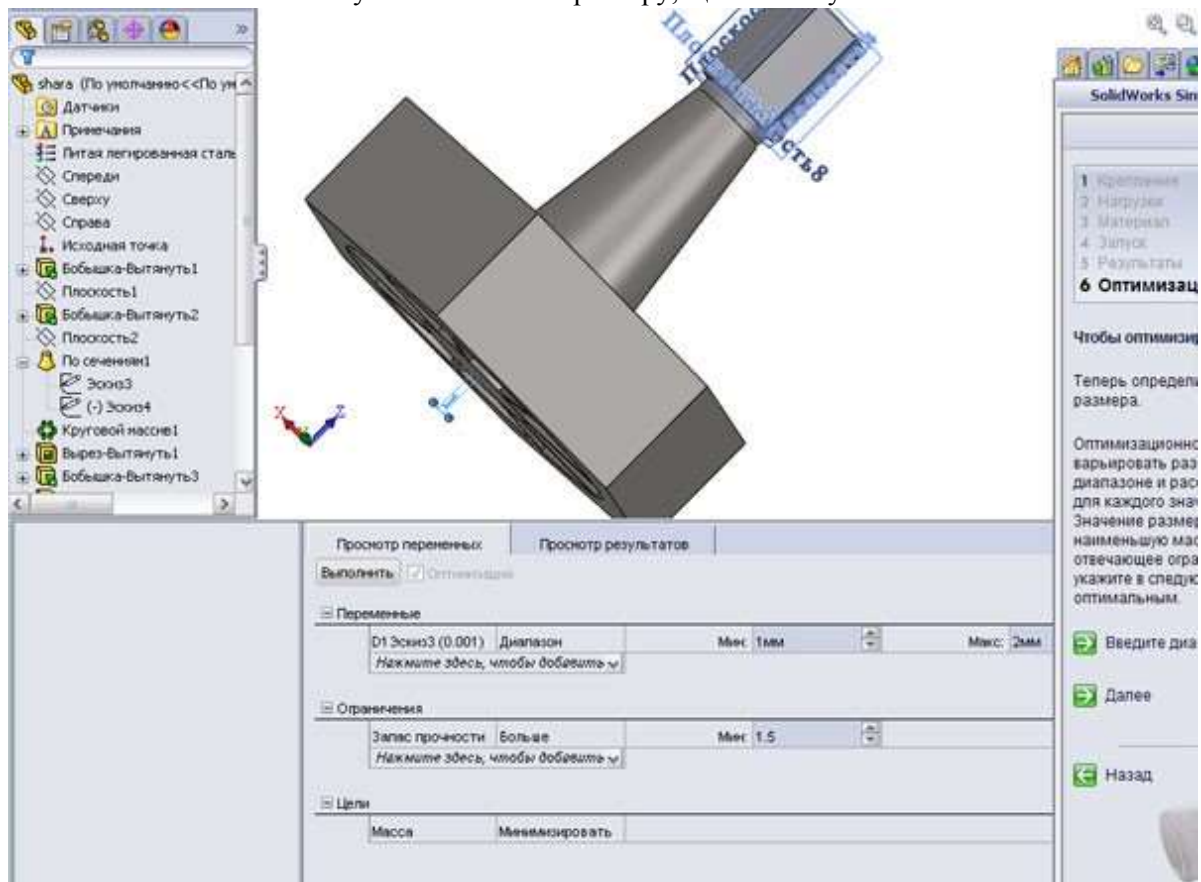


Рисунок 9 - Вказівка інтервалу варіювання параметра, обмежень і мети



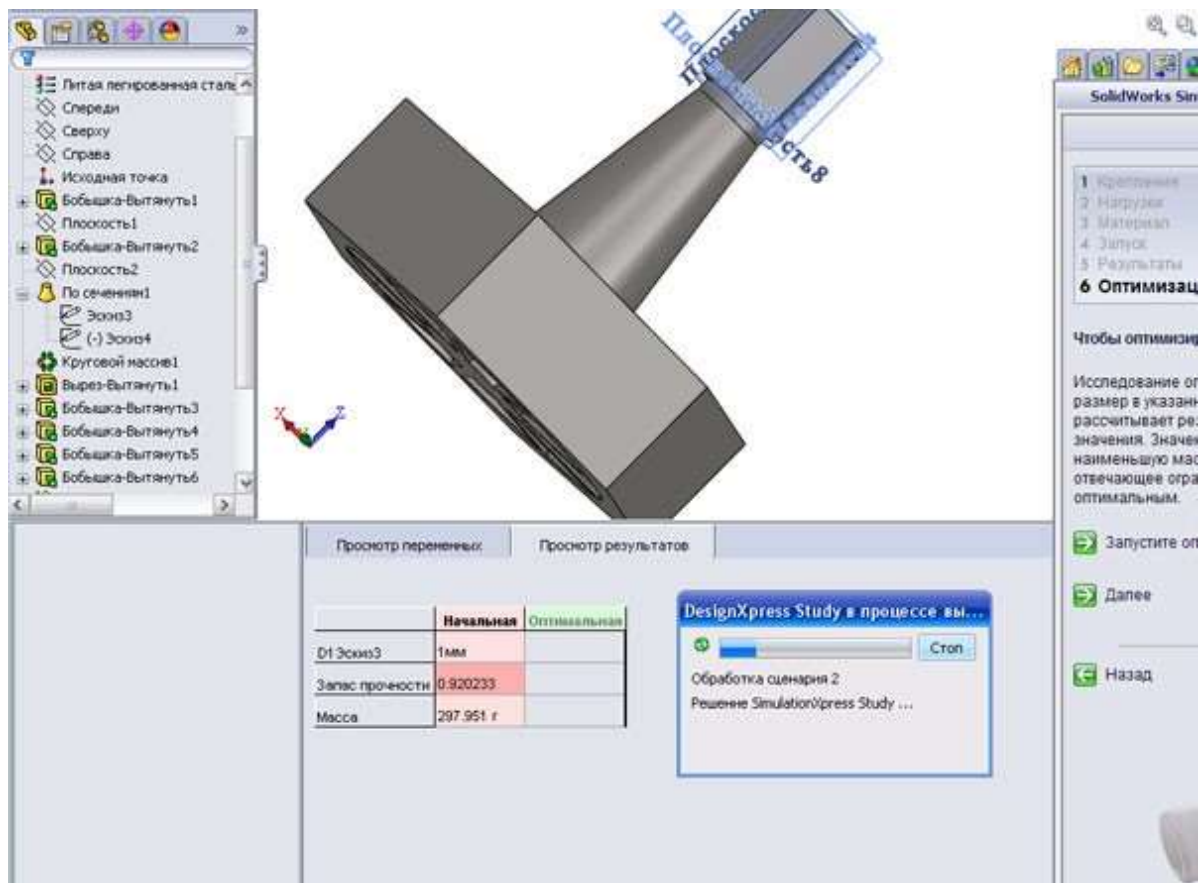


Рисунок 10 - Процесс оптимізації

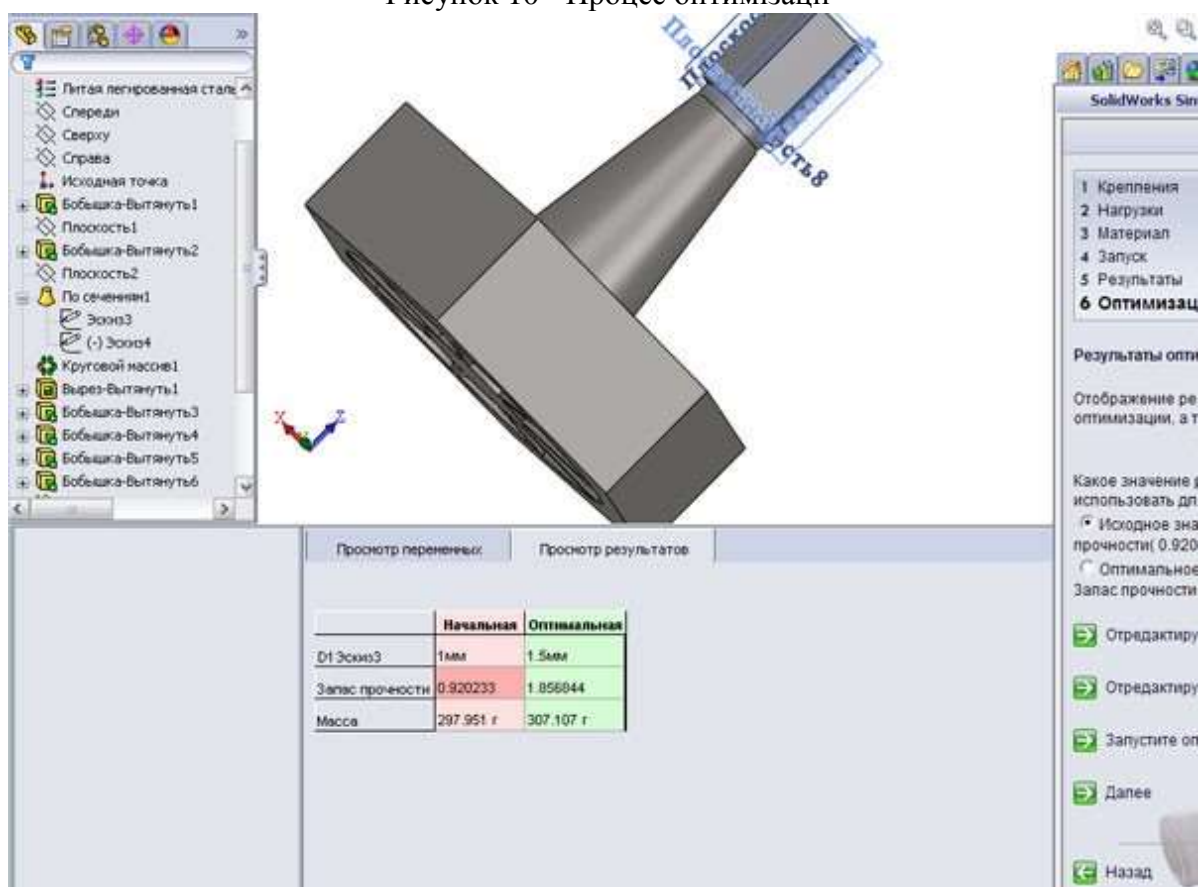


Рисунок 11 - Результат оптимізації

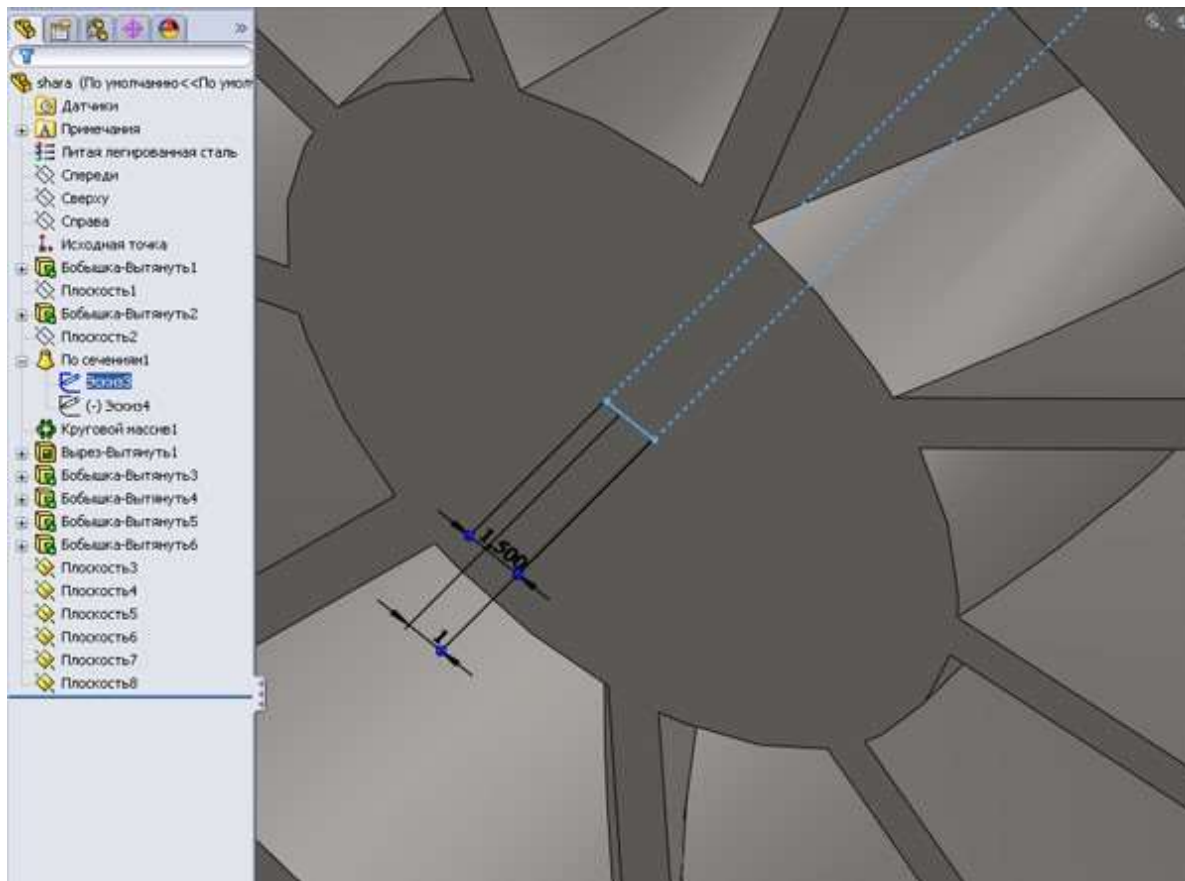


Рисунок 12 - Скорректированный после оптимизации размер детали

Висновки:

1. Проведена оцінка прочностных характеристик детали. Встановлено, що товщина пружних мембран недостатня для забезпечення роботи деталі. Коефіцієнт запасу прочності дорівнює 0.92.
2. Проведена оптимізація критичного розміру до 1.5 мм за умови мінімізації маси деталі. Коефіцієнт запасу міцності відповідає 1.86.

## ЗАВДАННЯ

Досліджувати елемент пружного вузла для рухливих вузлів автомобіля. Модель представлена на малюнку 13 (файл *\_shara.SLDPRT*).

Необхідно:

- оцінити прочностные характеристики елементів при навантаженні на кожну грань в 1500 Н;
- оптимізувати товщину пружних фігурних мембран (інтервал варіювання 1.2 мм).

## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Порядок побудови сценарію дослідження.
2. Основні можливості SolidWorks SimulationXpress.
3. Порядок побудови сценарію оптимізації.
4. Порядок призначення умов оптимізації.
5. Коригування умов оптимізації в ході рішення задачі.
6. Напрями розширення досліджень за допомогою інших інструментів SolidWorks.

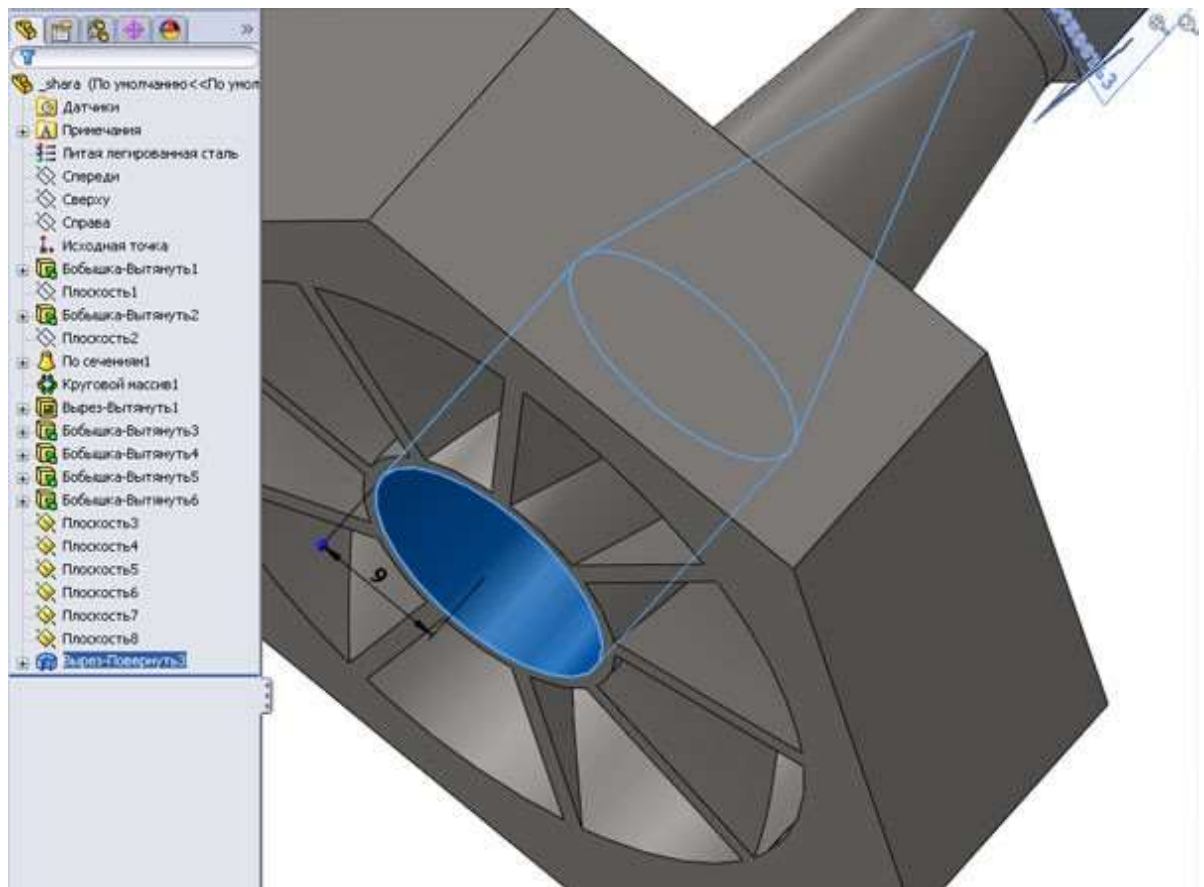


Рисунок 13 - Досліджувана модель



## Дослідження і оптимізація параметрів складок в SolidWorks Simulation

### Мета роботи :

придбання навичок постановки і рішення задачі дослідження і оптимізації параметрів виробу в середовищі SolidWorks Simulation.

### ДОВІДКА

В процесі формування моделі виробу проєктувальник має можливість оцінити його властивості (масово-габаритні параметри, міцність, частотні характеристики і так далі) не виходячи за рамки середовища проєктування. Для стандарту де-факто 3D-моделювання середовища Solid - Works характерне наявність безлічі інструментів такого експрес-аналізу, одним з яких є модуль *SolidWorks Simulation*. Для активізації цього інструмента слід виконати команду «Інструменти - Додання - SolidWorks Simulation» (Рисунок 1). У головному меню з'являється відповідна вкладка (Рисунок 2).

Для вирішення завдань оптимізації потрібно первона- чально виконати базове дослідження, або усе иссле- довання, на базі яких проводиться подальша опти- мізація конструкції.

За наявності результатів базових досліджень, прове- денних для однакових умов кріплення і схем на- конструкції, здійснюється перехід до завдання її оптимізації. Для цього необхідно:



Рисунок 1 - Активізація групування SolidWorks Simulation

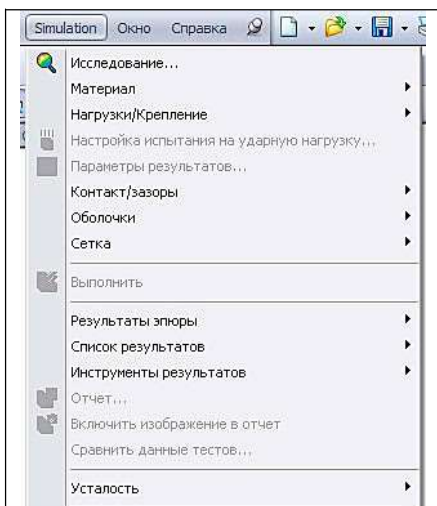


Рисунок 2 - Опція головного меню для SolidWorks Simulation

- визначити мету оптимізації;
- визначити змінні проєктування, для котрих слід явним чином встановити передялину- ные значення (за умовчанням програма приймає початкове значення параметра середнім, формир- ує межі його зміни в інтервалі від 0.5 до 1.5 початкового значення);
- визначити обмеження мінімум на одну харак- теристику виробу (обмеження можуть соответст- вувати різним типам завдань);
- вказати варіант ітераційного процесу (Рисунок 3), що забезпечує мінімізацію числа проме- жуточних розрахунків;

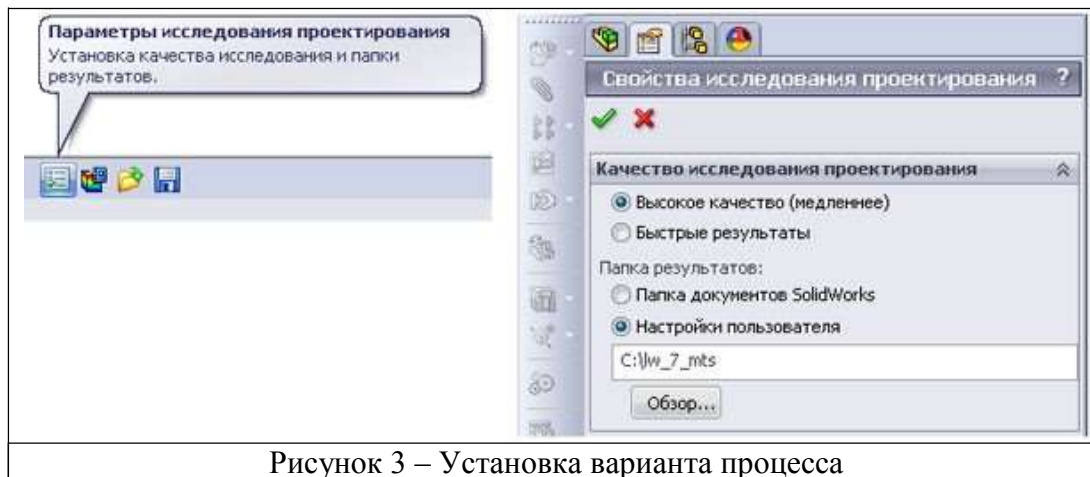


Рисунок 3 – Установка варианта процесса

- при рішенні задачі комплексної оптимізації для моделей тих, що входять в неї частий- них завдань повинен використовуватися однаковий матеріал.

## ПРИКЛАД

### Постановка завдання

*Досліджувати прочностные і частотні характеристики автомобіля-робота (малюнки 4,5) і визначити оптимальну товщину пружної мембрани для початкових даних:*

- *мета - мінімізація маси конструкції;*
- *нормальне навантаження на платформу - 100Н;*
- *перша частота коливань - більше 70 Hz;*
- *товщина пружної мембрани - 1.2 мм.*

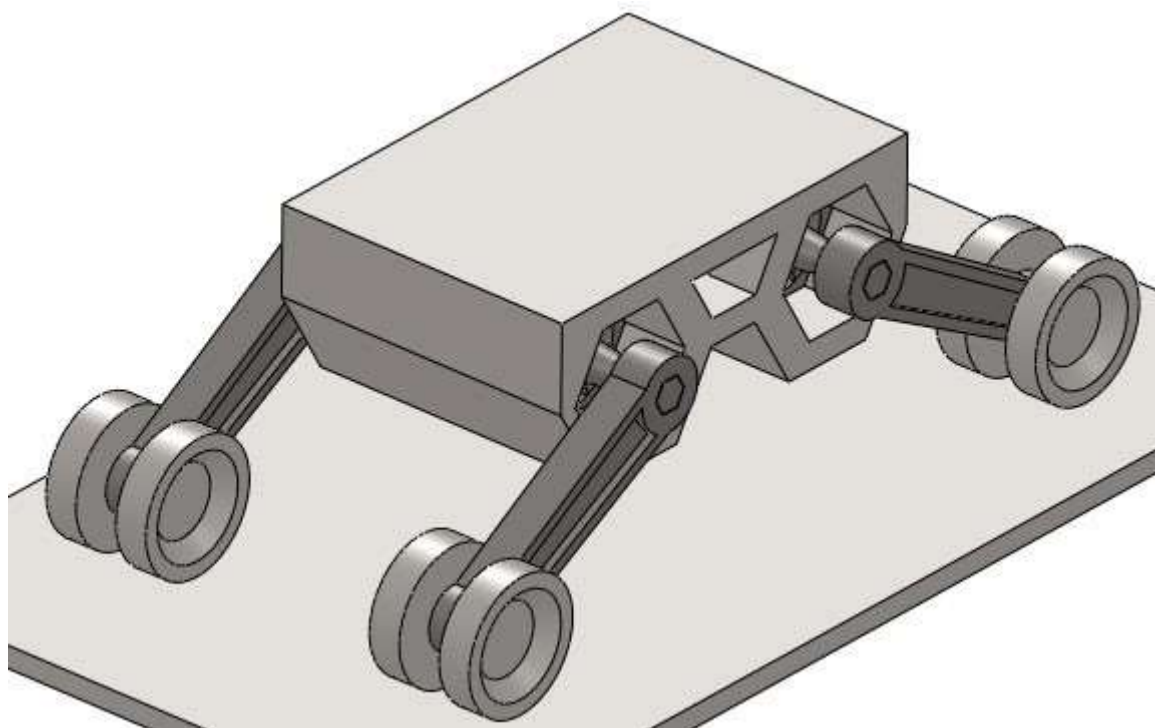


Рисунок 4 - Модель зборки автомобіля-робота

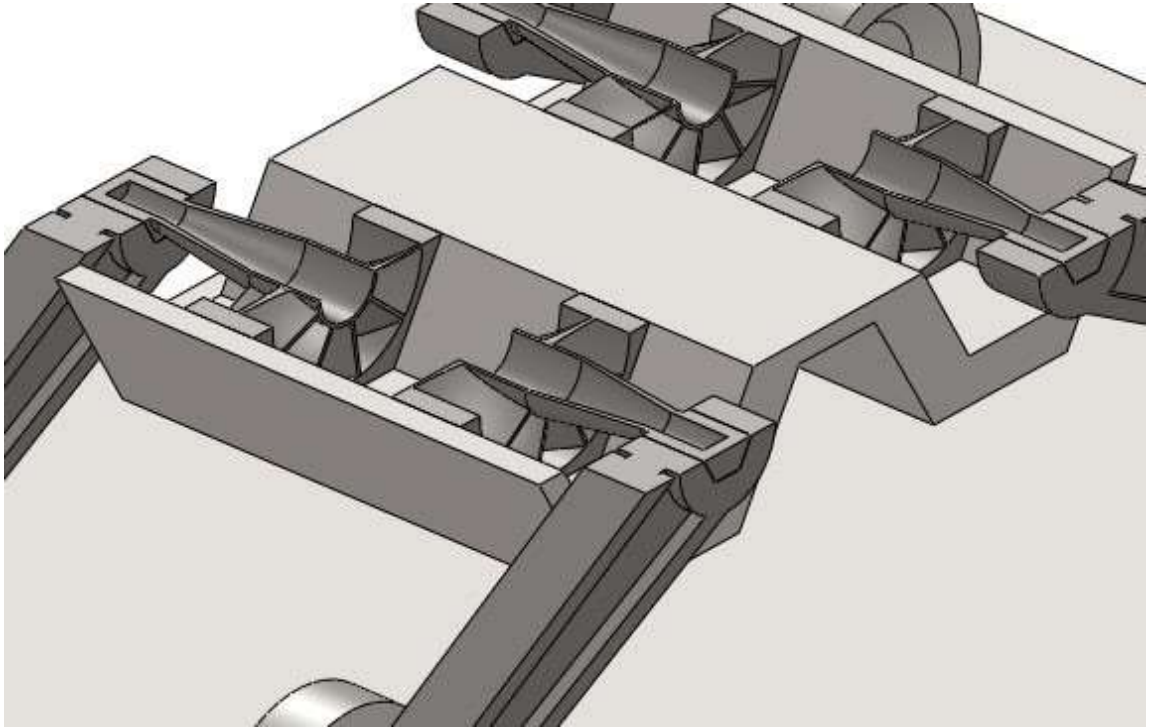


Рисунок 5 - Модель зборки автомобіля-робота

### **Дослідження прочностних характеристик**

Для досліджень використовуємо спрощену модель, що забезпечує отримання реальних характеристик, представлену основними елементами конструкції (Рисунок 6).

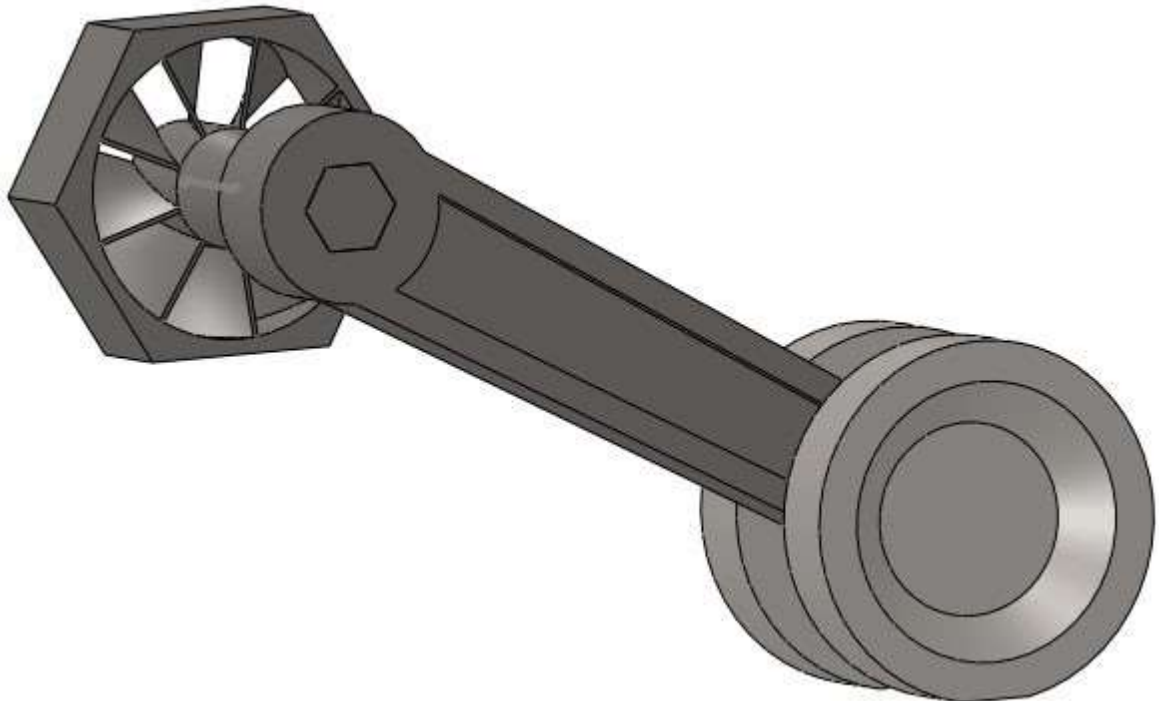


Рисунок 6 - Досліджувана модель зборки автомобіля-робота

Порядок організації і проведення дослідження прочностних характеристик моделі представлено на малюнках 7.12.

Відкриваємо панель типів досліджень «Simulation - Дослідження» (Рисунок 7). Вибираємо для першого наближення «Статичне».



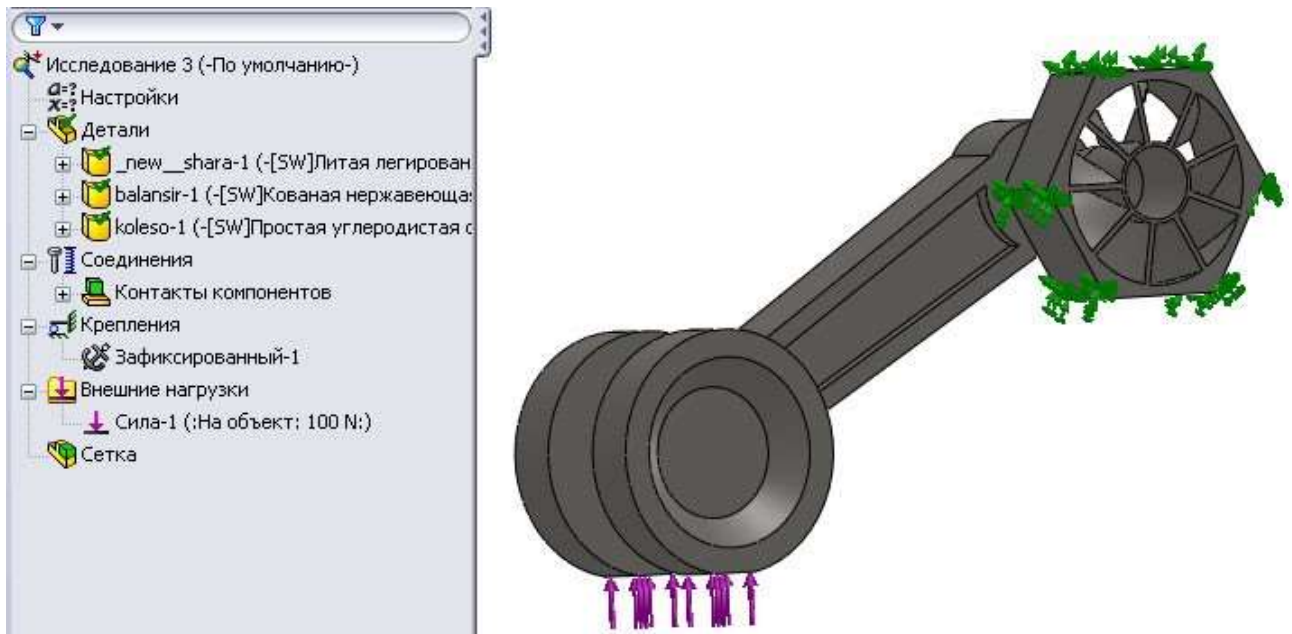


Рисунок 12 - Результат завдання умов для дослідження на міцність

Для побудови сітки слід оцінити однорідність геометричних розмірів конструкції. Програма дозволяє спростити початкову модель, вказати елементи для особливого управління розмірами кінцевих елементів і умови нев'язки (Рисунок 13).

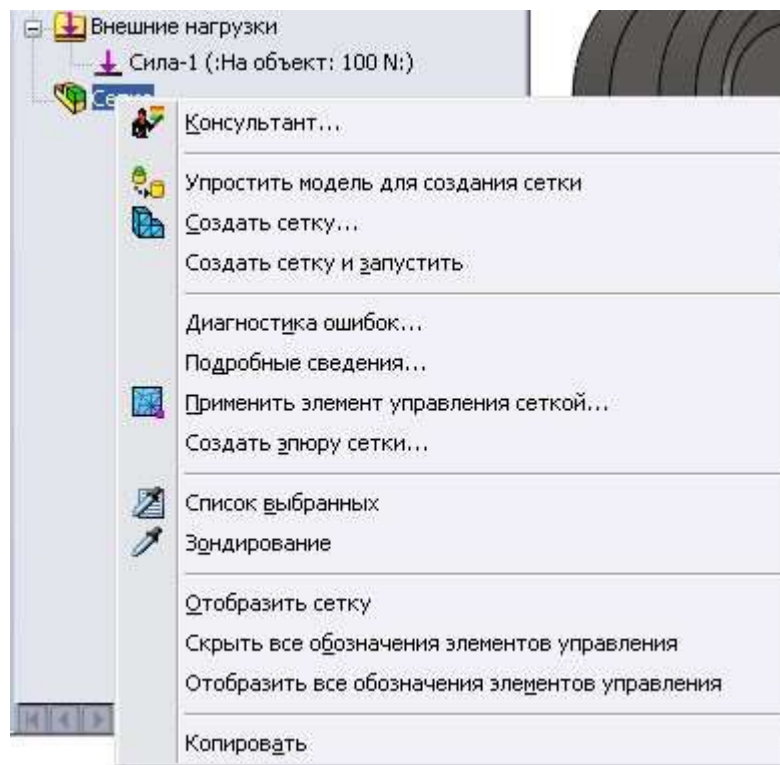


Рисунок 13 - Інструменти роботи з сіткою

Наявність тонких мембранних елементів в конструкції пружної частини зборки вимагає введення управління розмірами кінцевих елементів. Після активації «Застосувати елемент управління сіткою» перейдемо до вибору елементу в додатковому екранному дереві конструювання (Рисунок 14).

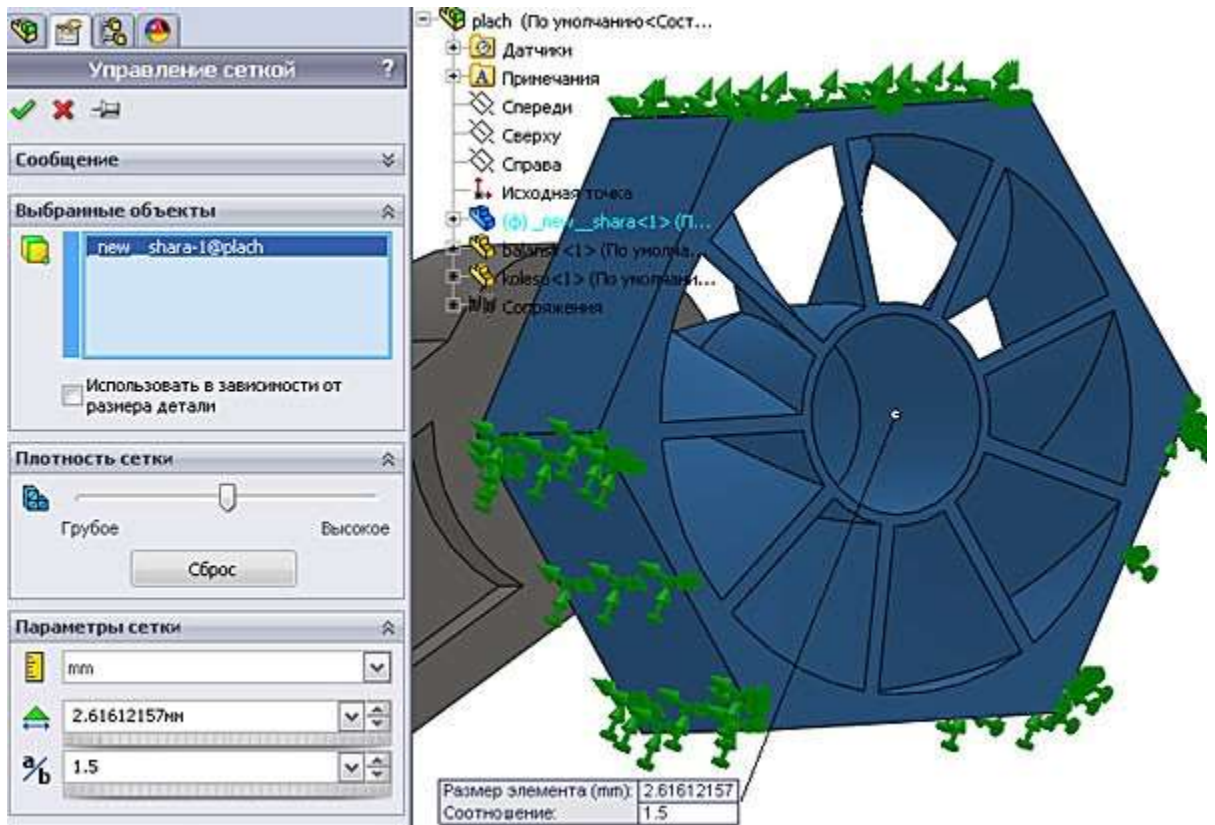


Рисунок 14 - Вибір елементу управління сіткою

З панелі інструментів роботи з сіткою (Рисунок 13) переходимо до формування сітки (рисунок 15).

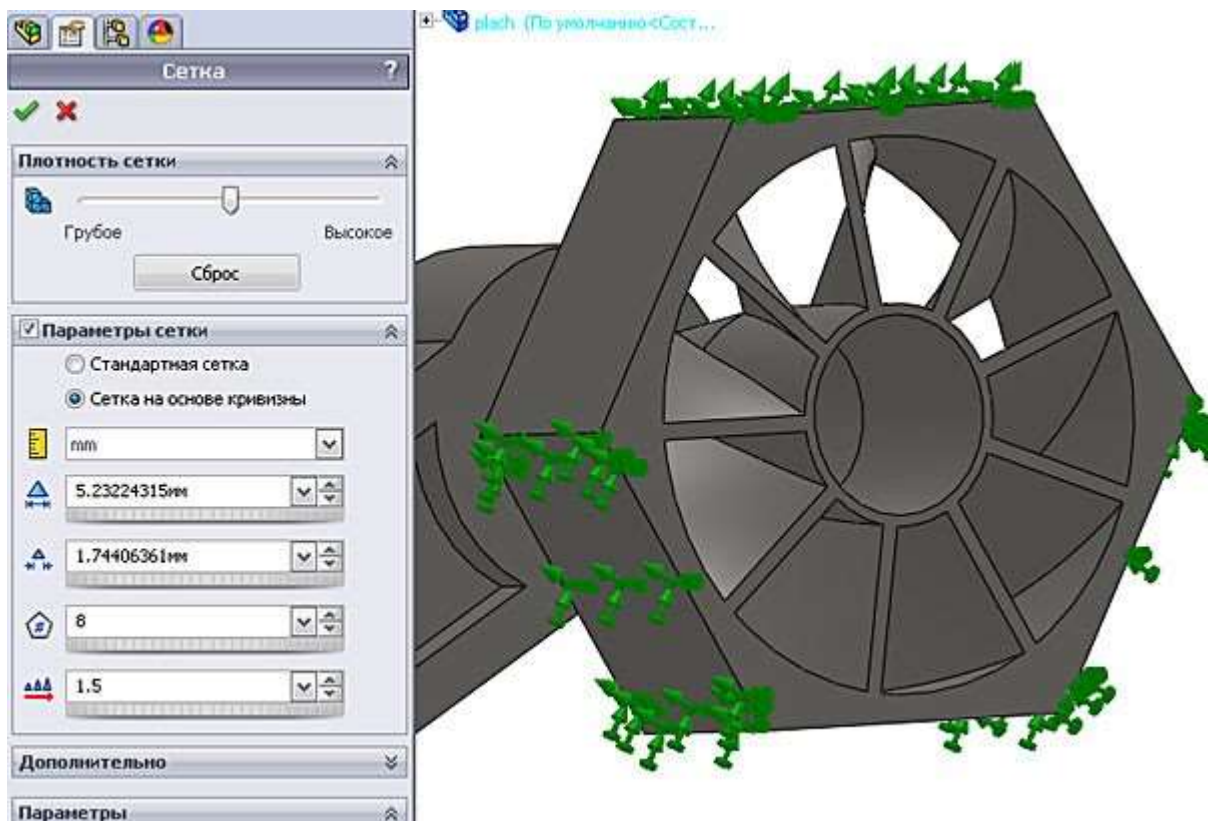


Рисунок 15 - Налаштування параметрів

сітки Результати побудови сітки показані на малюнку 16.

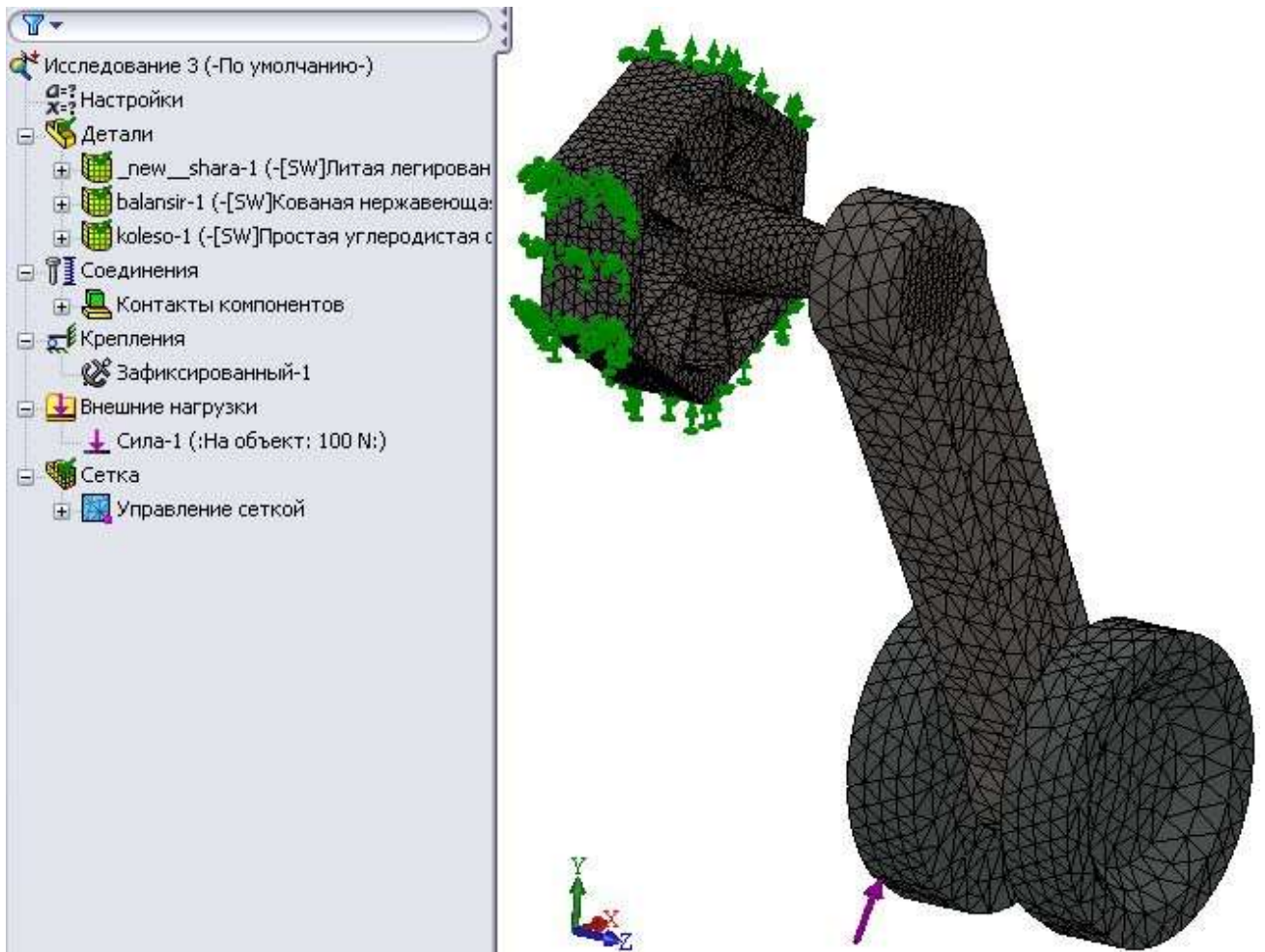


Рисунок 16 - Результат створення сітки

Далі запускаємо рішення сформованої задачі (Рисунок 17).

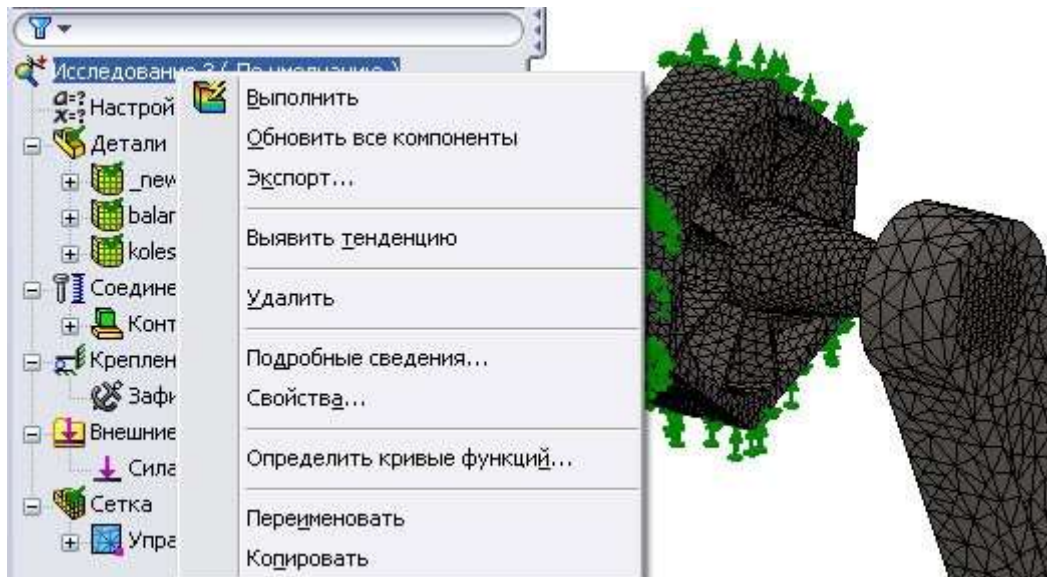


Рисунок 17 - Запуск рішення задачі

Результати рішення показані на малюнках 18, 19, 20. Окрім «звичайних» 3D-епюр програма має в розпорядженні вичерпний інструментарій представлення результатів досліджень.



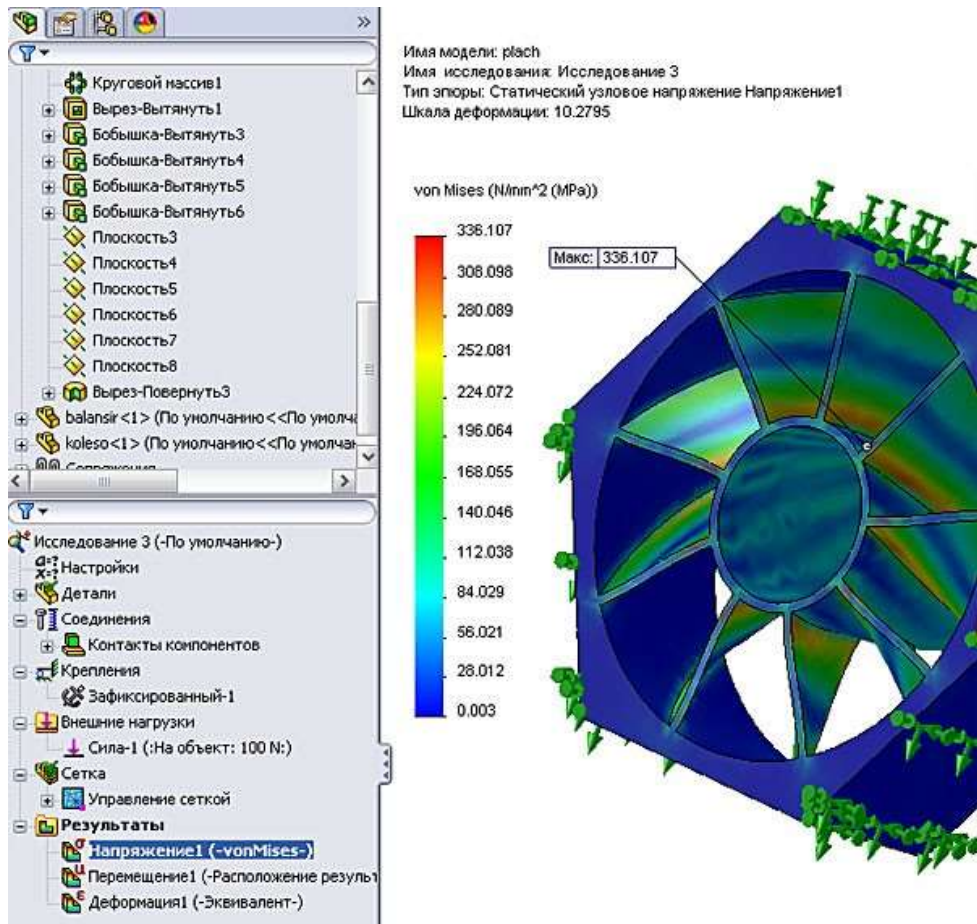


Рисунок 18 - Епюра напруги

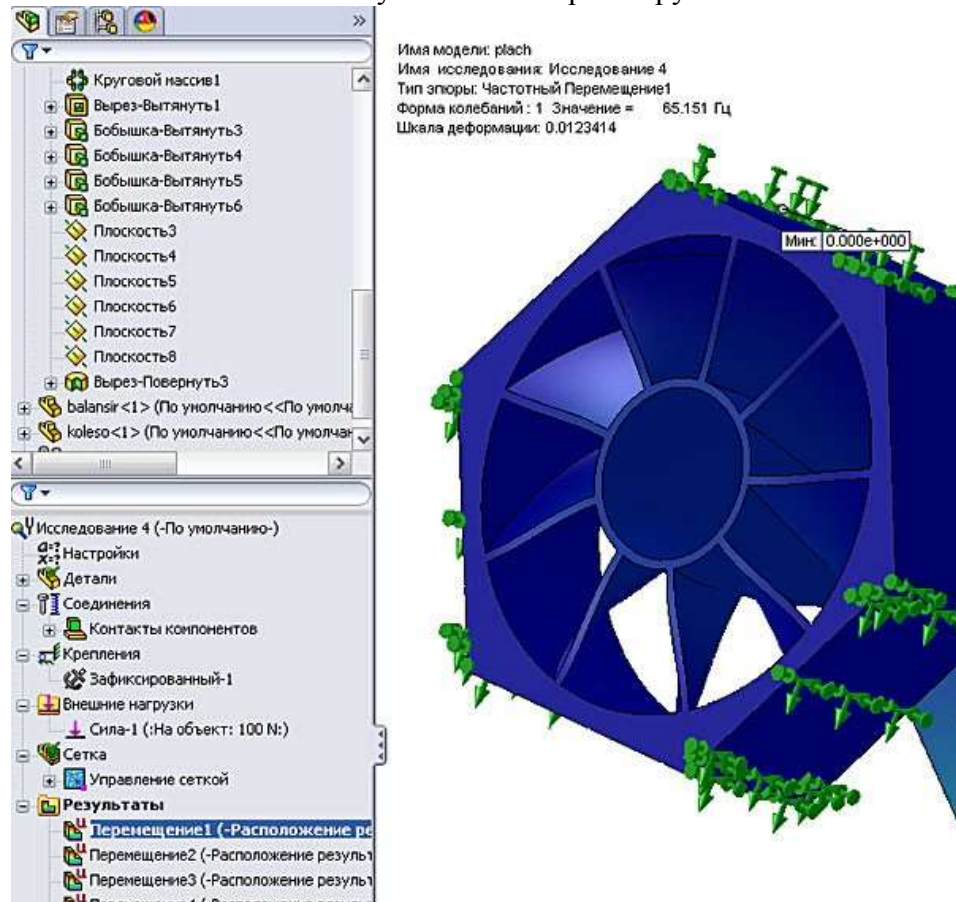


Рисунок 19 - Епюра переміщенъ

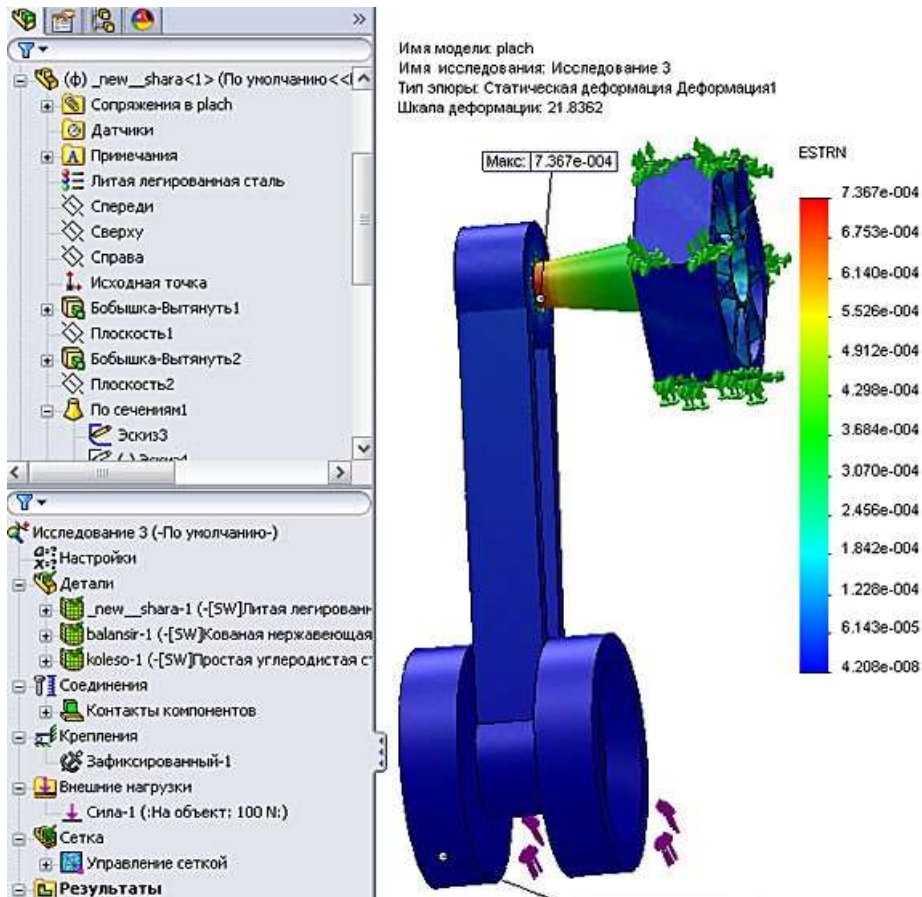


Рисунок 20 - Епюра деформацій

Аналогічним чином проводимо частотні дослідження. При цьому умови завдання мають бути повністю збережені. Для виключення повторного проведення налаштувань використовуємо їх копіювання (по кожній складовій окремо) з попереднього завдання (нижня позиція малюнка 17). Результати рішення задачі частотного аналізу показані на малюнку 21.

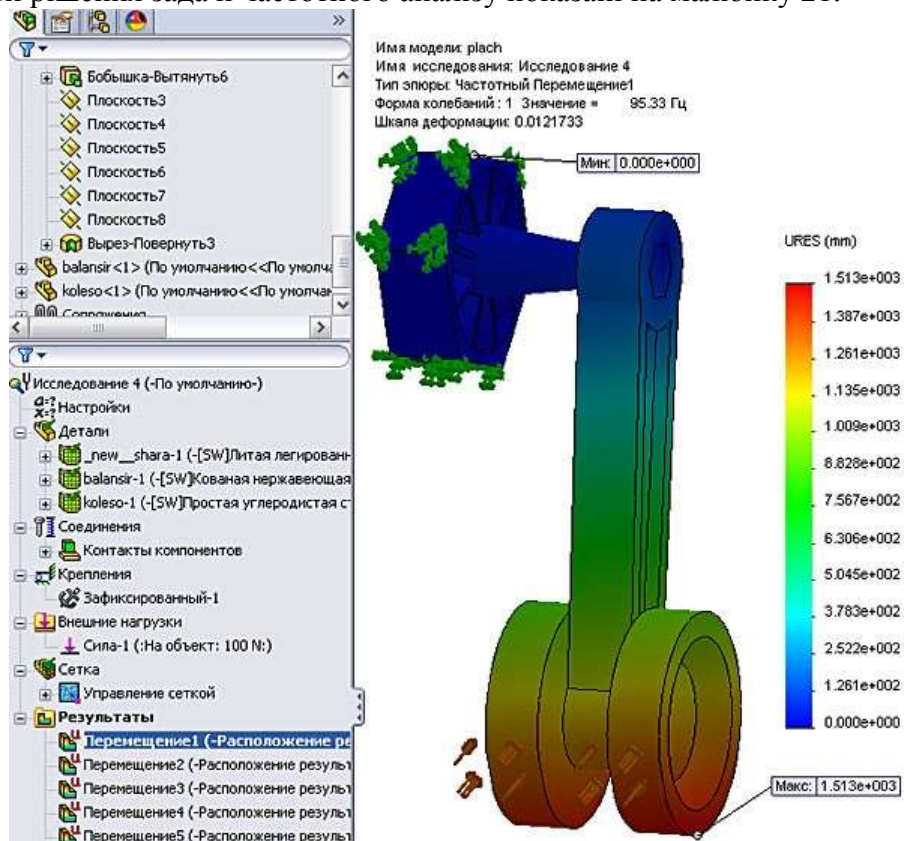


Рисунок 21 - Результати дослідження частотних властивостей конструкції

Наявність результатів базових досліджень дозволяє перейти до рішення задачі оптимізації конструкції в обкреслених раніше умовах.



Спершу активуємо опції «Вставка - Дослідження проектування - Додати» (Рисунок 22). Після цього стають доступними інструменти рішення задачі оптимізації конструкції (Рисунок 23).

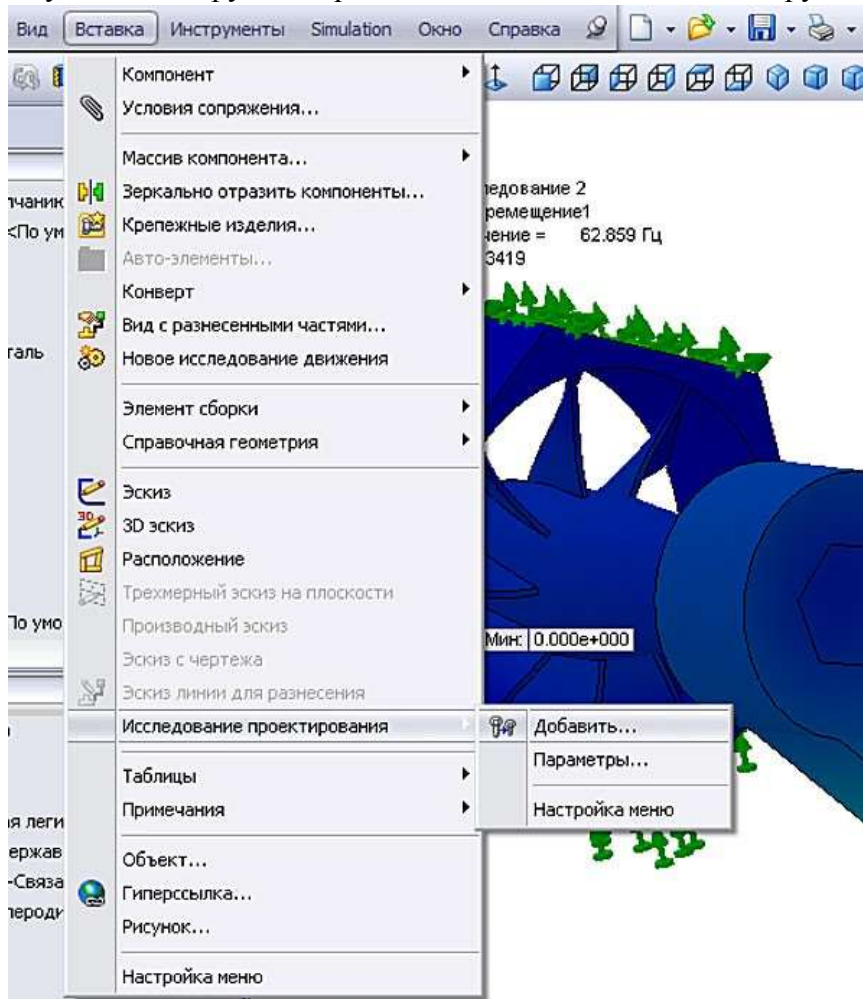


Рисунок 22 - Додавання інструментів рішення задачі оптимізації

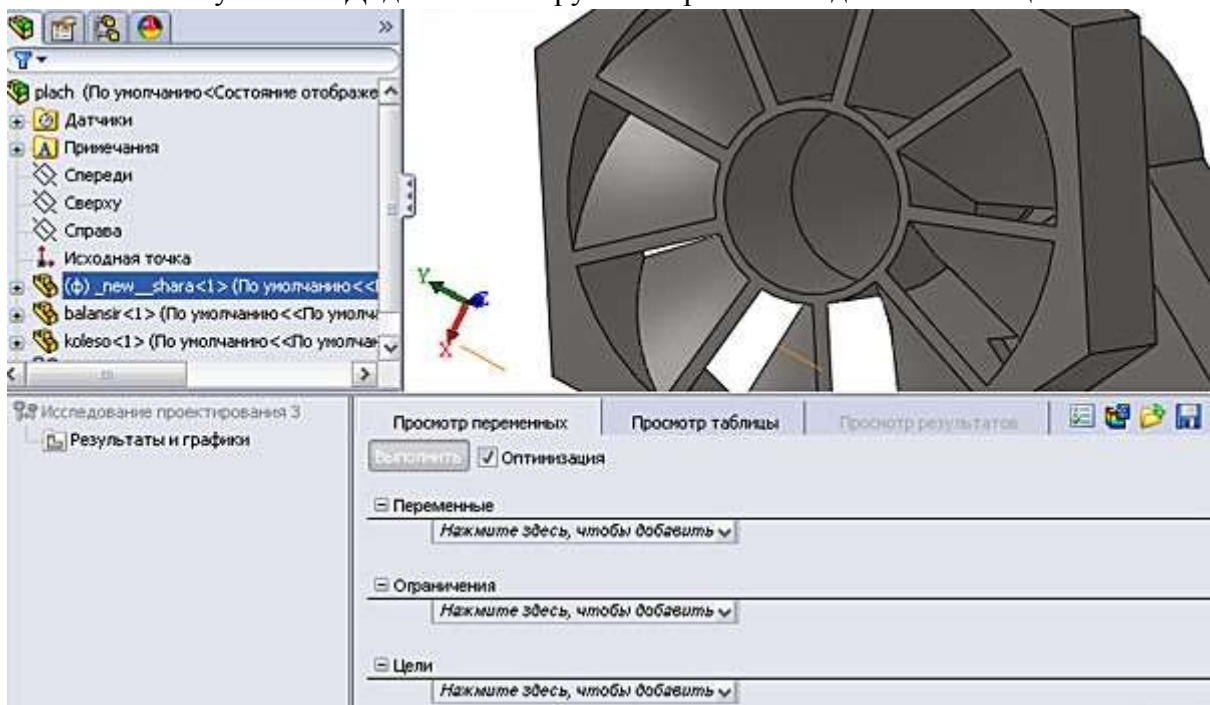


Рисунок 23 - Панель завдання умов рішення задачі оптимізації





Рисунок 24 - Завдання змінних



Рисунок 25 - Завдання типу змінній

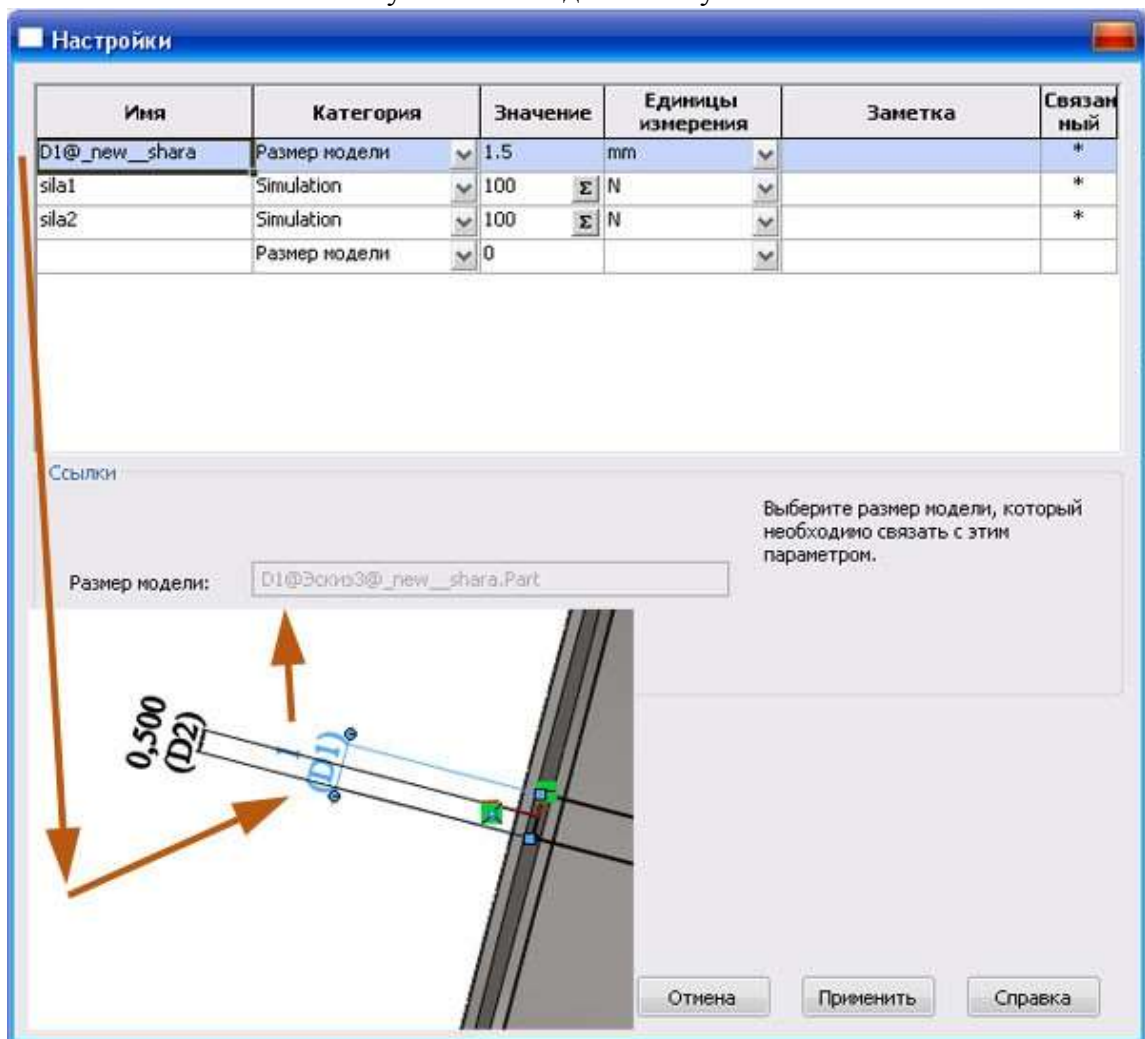


Рисунок 26 - Вказівка посилання на параметр (розмір) в моделі

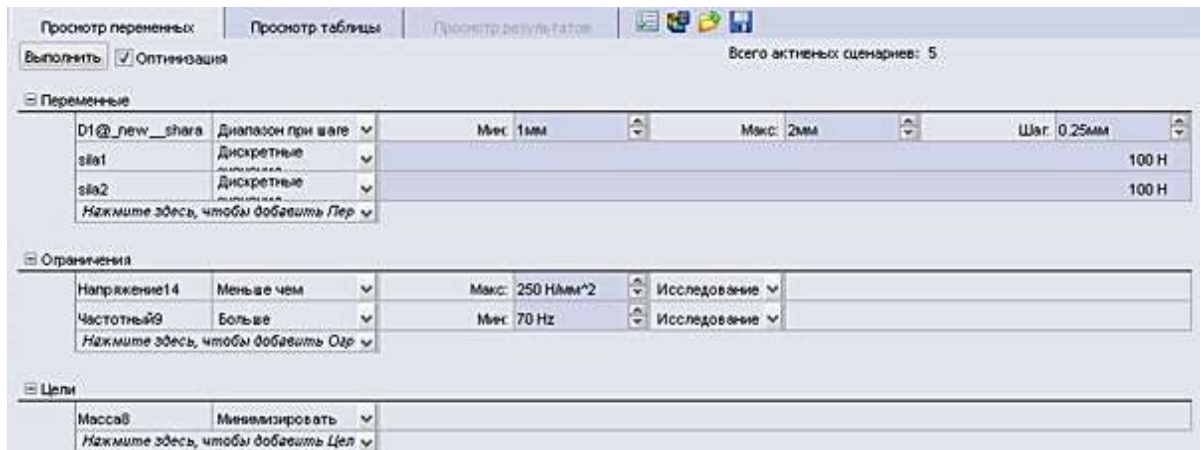


Рисунок 27 - Комплекс умов оптимізації

Просмотр переменных | Просмотр таблицы | Просмотр результатов

7 из 7 сценариев завершены успешно. Качество исследования проектирования: Высокое

	Текущая	Начальная	Оптимальная (2)	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3	Сценарий 4	Сценарий 5
D1@_lew_zhaga	1мм	1мм	1.25мм	1мм	1.25мм	1.5мм	1.75мм	2мм
sla1	100 Н	100 Н	100 Н	100 Н	100 Н	100 Н	100 Н	100 Н
sla2	100 Н	100 Н	100 Н	100 Н	100 Н	100 Н	100 Н	100 Н
Напряжение14	< 250 Н/мм <sup>2</sup>	336.11 Н/мм <sup>2</sup>	229.48 Н/мм <sup>2</sup>	336.11 Н/мм <sup>2</sup>	229.48 Н/мм <sup>2</sup>	195.38 Н/мм <sup>2</sup>	193.82 Н/мм <sup>2</sup>	193.1 Н/мм <sup>2</sup>
Частотный9	> 70 Hz	65.12175 Hz	76.87328 Hz	65.12172 Hz	76.87328 Hz	85.22656 Hz	91.20531 Hz	95.33044 Hz
Масса8	Минимизировать	1.106280	1.110847	1.106280	1.110847	1.115417	1.119992	1.124571

Рисунок 28 - Хід і результати оптимізації

Просмотр результатов

Качество исследования проектирования: Высокое

Имя	Начальная	Оптимальная	Отчет	Сценарий 3	Сценарий 4	Сценарий 5	
Шаг	1мм	1.25мм	Отчет Генерация отчета Word для текущего исследования проектирования.	1.5мм	1.75мм	2мм	
sla1	100 Н	100 Н		100 Н	100 Н	100 Н	
sla2	100 Н	100 Н		100 Н	100 Н	100 Н	
Напряжение	336.11 Н/мм <sup>2</sup>	229.48 Н/мм <sup>2</sup>	336.11 Н/мм <sup>2</sup>	229.48 Н/мм <sup>2</sup>	195.38 Н/мм <sup>2</sup>	193.82 Н/мм <sup>2</sup>	193.1 Н/мм <sup>2</sup>
Частота	65.12175 Hz	76.87328 Hz	65.12172 Hz	76.87328 Hz	85.22656 Hz	91.20531 Hz	95.33044 Hz
Масса	1.106280	1.110847	1.106280	1.110847	1.115417	1.119992	1.124571

Рисунок 29 - Перехід до формування звіту

### Висновки:

1. У заданих умовах проведені дослідження прочностних і частотних властивостей кін- струкції автомобіля-робота, визначені базові значення властивостей конструкції.
2. Здійснена оптимізація маси конструкції для заданих обмежень по макси- мальному напрузі і першій частоті в діапазоні зміни товщини пружної мембрани 1.2 мм.

### ЗАВДАННЯ

1. В умовах розглянутого прикладу вирішити завдання оптимізації для виробу при зміні міжосьової відстані балансира в діапазоні 100.140 мм.
2. Скласти звіт за результатами рішення задачі оптимізації.

**Параметры отчета**

Текущий формат отчета: **Формат исследования проектирования**

Разделы отчета:

- Описание
- Допущения
- Информация о модели
- Свойства исследования
- Единицы измерения
- Настройка исследования про...
- Результаты исследования
- Вывод
- Приложение

Параметры разделов

Описание:

Данные заголовка

Создатель: \_\_\_\_\_

Компания: \_\_\_\_\_

URL: \_\_\_\_\_

Логотип: \_\_\_\_\_

Адрес: \_\_\_\_\_

Телефон: \_\_\_\_\_  Факс: \_\_\_\_\_

Параметры публикации отчета

Путь отчета: C:\lw\_7\_mts

Имя документа: Оптимизация автомобиля-робота

Отобразить отчет при публикации

Опубликовать Применить Отмена Справка

Рисунок 30 - Панель формирования змісту звіту

## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Поняття комплексної оптимізації.
2. Можливості модуля SolidWorks Simulation.
3. Необхідні умови для вирішення завдань оптимізації з використанням модуля SolidWorks Simulation.
4. Порядок завдання мети проекту.
5. Порядок завдання інтервалів варіювання параметрів, що оптимізуються.
6. Порядок завдання обмежень.
7. Який варіант рішення є доцільним з технологічної точки зору.
8. Які з параметрів найбільшою мірою роблять вплив на результат рішення завдання.
9. Позитивні моменти роботи в модулі SolidWorks Simulation.



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5

### *Дослідження конструкції в системі SolidWorks FlowSimulation. Внутрішня течія*

#### **Мета роботи :**

- формування і вдосконалення практичних навичок дослідження автотракторної техніки в середовищі SolidWorks Flow Simulation;

## ДОВІДКА

В процесі руху автомобіль випробовує дію набігаючого потоку віз-духу, при цьому частина цього потоку використовується для охолодження систем автомобіля - радіатора, двигуна, гальмівних елементів, салону і тому подібне

Рух повітряного потоку в підкапотному просторі організовується визначений-ним чином, що забезпечує раціональне обтікання розміщених тут елементів ав-томобіля.

Для оцінки аеродинамічних властивостей автомобіля проводять натурні, модельні фізичні експерименти, чисельне експериментування проводять в сучасних сре-дах інженерного аналізу.

Одним з інструментів аналізу течій рідин і газів є SolidWorks Flow Simulation. Порядок дослідження аеродинамічних властивостей автомобіля в цьому середовищі може включати:

- завдання оцінки внутрішньої течії (Internal);
- завдання оцінки зовнішньої течії (External);
- завдання комплексної оцінки внутрішнього і зовнішнього течій (External).

В основному порядок досліджень зберігається для усіх типів, відрізняючись очевидними нюансами, обумовленими фізичною природою досліджуваної ситуації.

Порядок дослідження внутрішньої течії розглянемо на прикладі оцінки характери-стик потоку повітря в просторі корпусу спортивного автомобіля.

## ПРИКЛАД

#### **Постановка завдання**

*Визначити траєкторію і швидкість потоку повітря в просторі корпусу спортивного автомобіля (Рисунок 1), швидкість, тиски і температуру в заданій точці пространст-ва, побудувати епюри основних характеристик процесу для наступних умов:*

- координати точки 1:  $X = 4,5$  м,  $Y = 0$  м,  $Z = 0,64$  м ;
- швидкість руху автомобіля - 324 км/год;
- атмосферні умови - норма.

#### Методичні аспекти.

1. У майстрові побудови вказуємо тип завдання Internal (Рисунок 2)
2. Будуємо область дослідження (Рисунок 3).
3. Задаємо меті дослідження (Рисунок 4).
4. Реалізуємо розрахунок характеристик процесу.
5. Проводимо побудову епю.

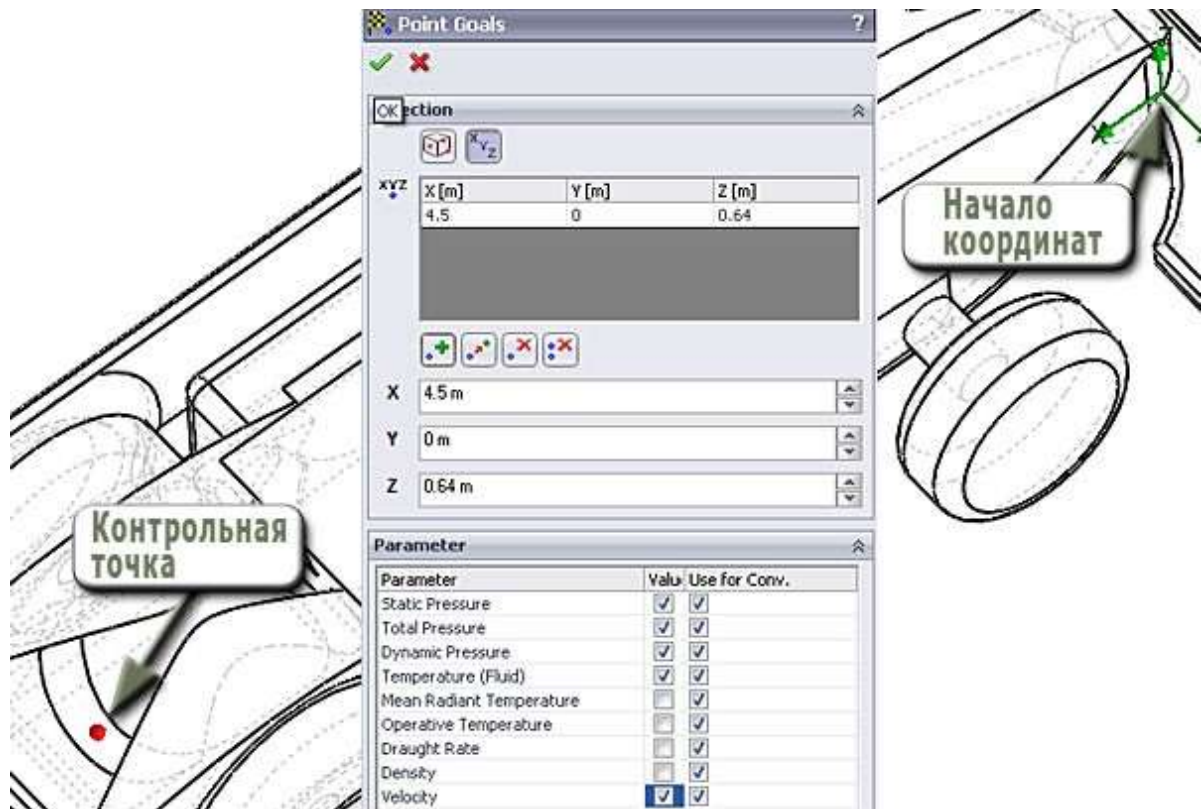


Рисунок 4 - Завдання цілей дослідження

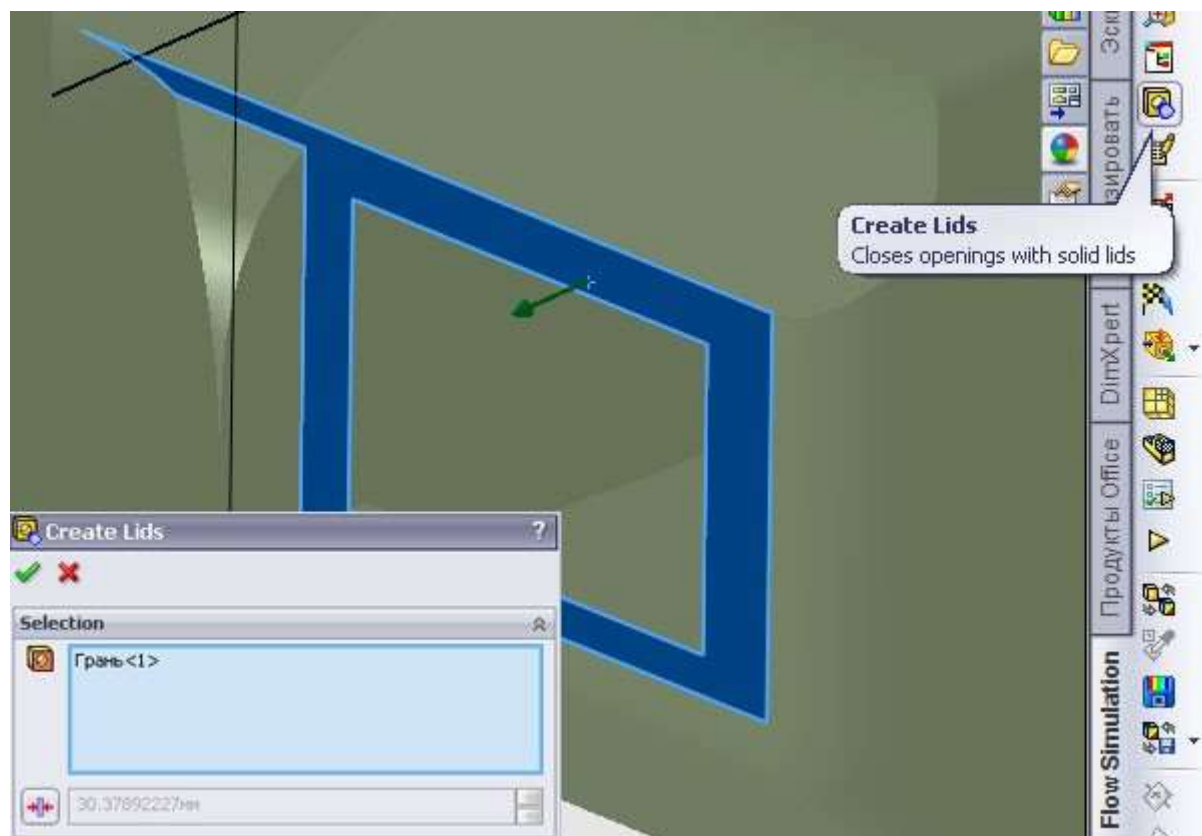


Рисунок 5 - Установка заглушок вхідних каналів потоку

Аналогічним чином вказуємо другий канал входу. Ці операції можна об'єднати, якщо характеристики потоків для обох каналів однакові.

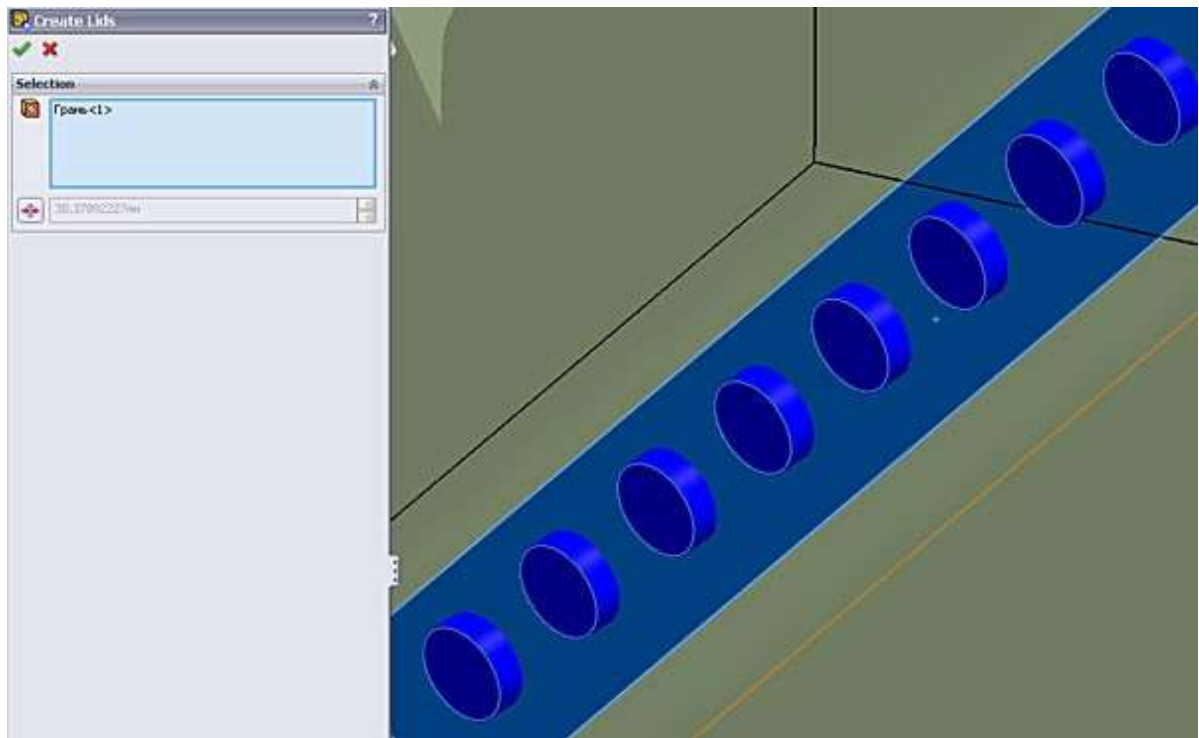


Рисунок 6 - Установка заглушек выходных каналов потока

Далі слід вказати характеристики - граничні умови (Рисунок 7) вхідного потоку (Рисунок 8) і характеристики на виході (Рисунок 9).



Рисунок 7 - Активация панели формирования граничных условий

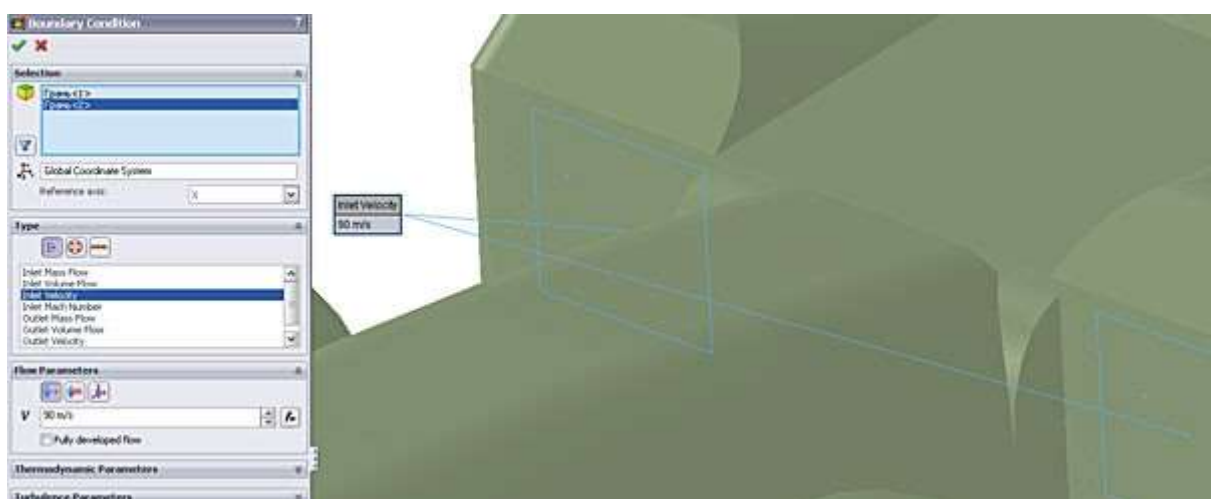


Рисунок 8 - Формування граничних умов входу (швидкість потоку  $V = 90 \text{ м/с}$ )



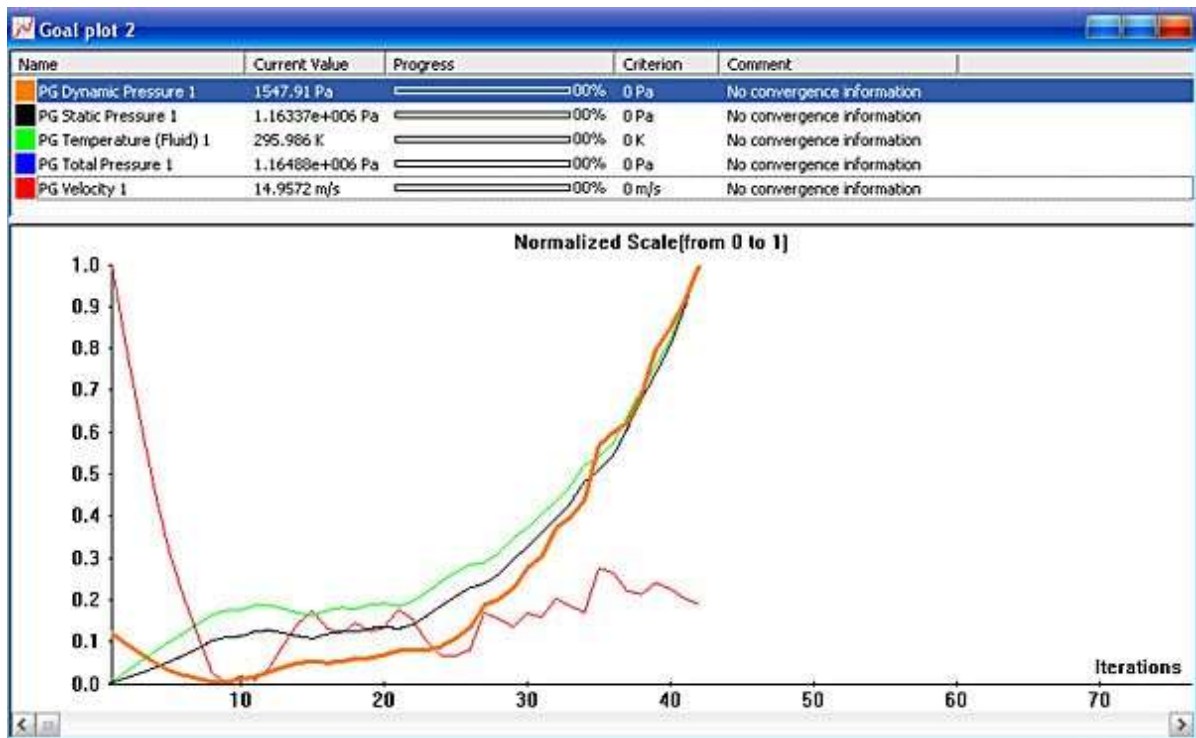


Рисунок 12 - Поточні значення характеристик процесу а контрольній точці

**f1\_9.SLDPRT [Внутреннее течение]**

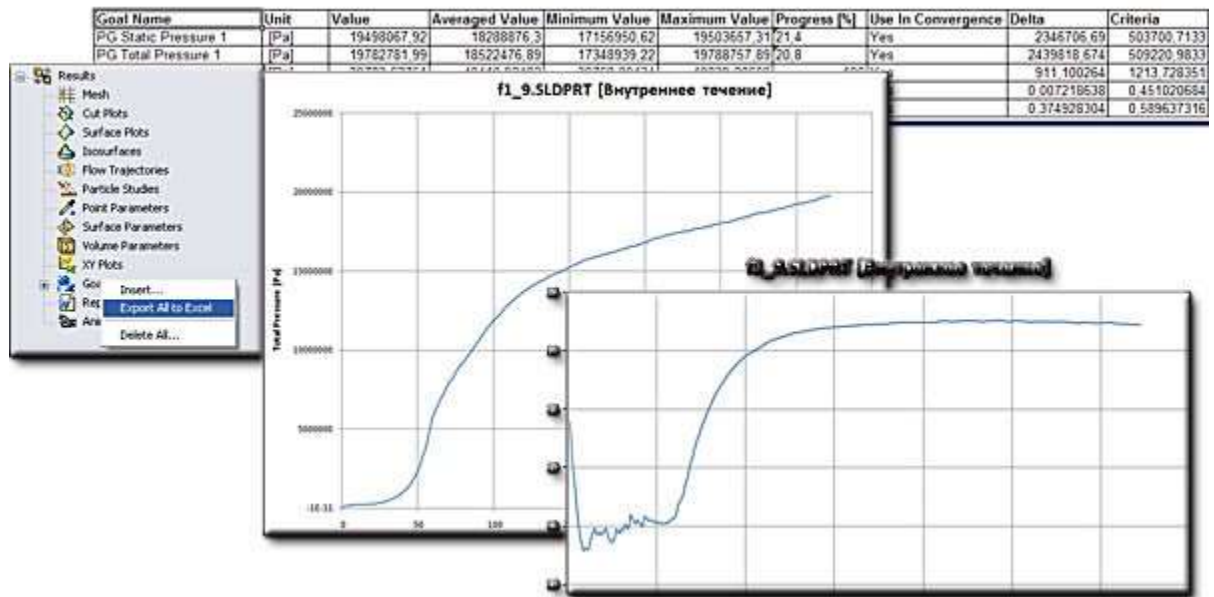


Рисунок 13 - Активация dodatka MS Excel, побудова графіків характеристик процесу в контрольній точці

Експорт результатів розрахунків для контрольної точки в додаток MS Excel забезпечує детальну оцінку усіх зареєстрованих характеристик залежно від номера ітерації або від реального часу процесу. На малюнку 13 показані графіки зміни температури і швидкості потоку в контрольній точці.

На малюнках 14, 19 показані епюри швидкості потоку у внутрішній порожнині автомобіля, що забезпечують візуальний аналіз його напрямів і інтенсивності.

На малюнку 20 показана епюра температури повітря на поверхні з вихідними каналами.

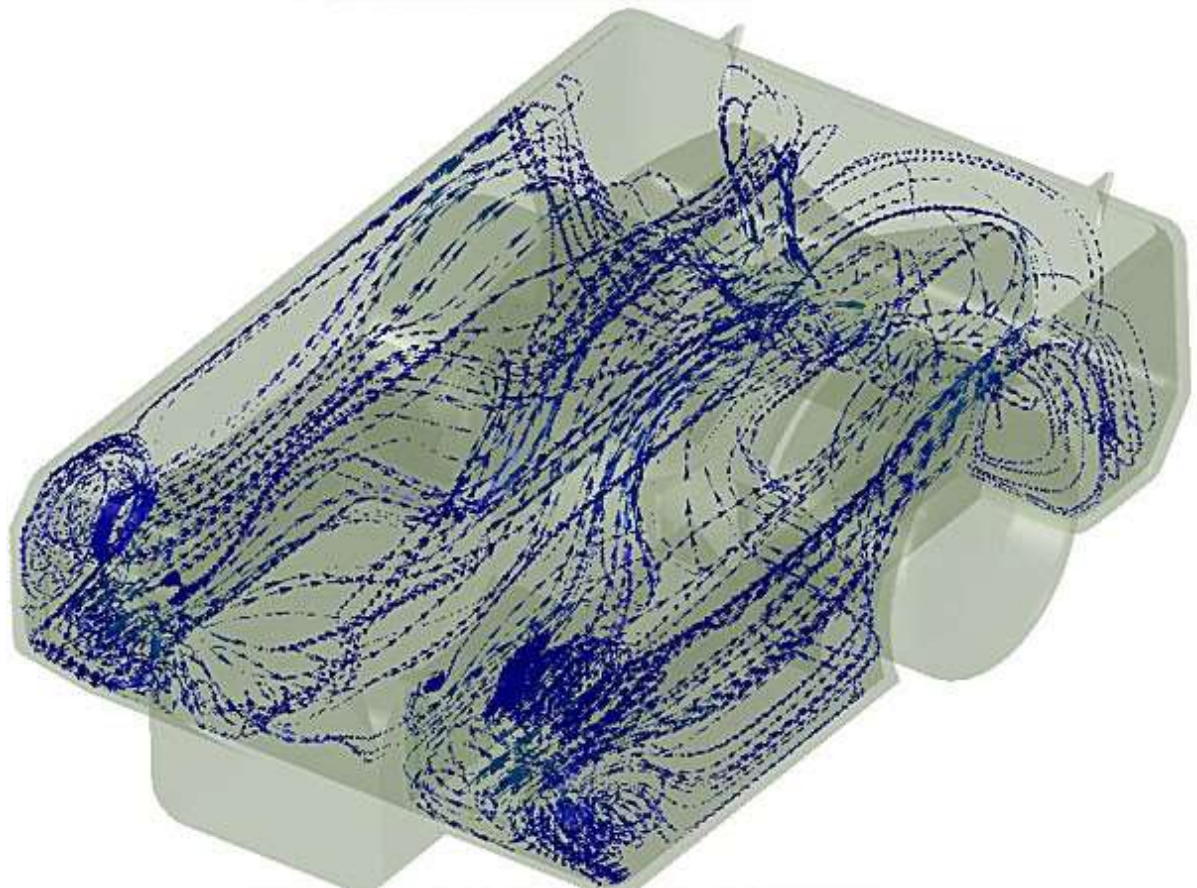


Рисунок 14 - Епюра швидкості потоку повітря

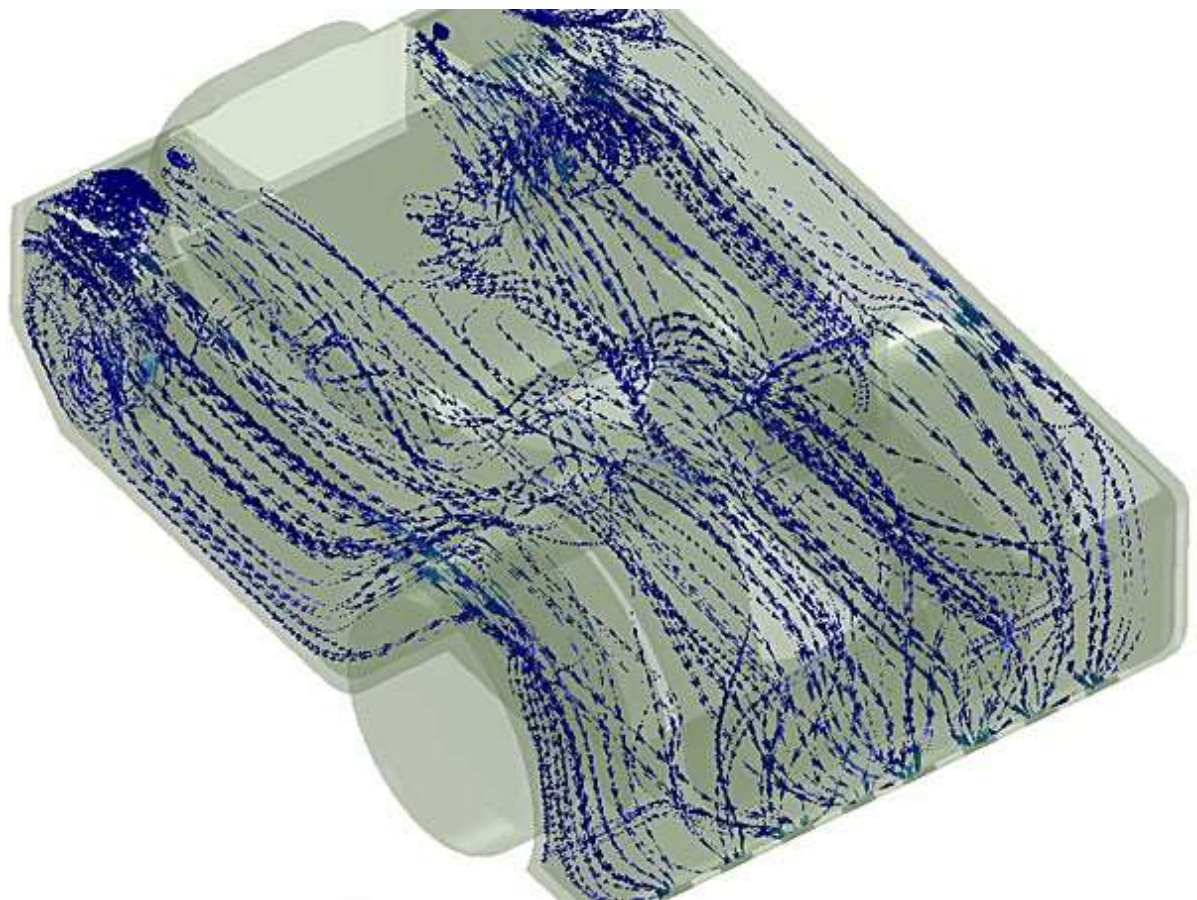


Рисунок 15 - Епюра швидкості потоку повітря



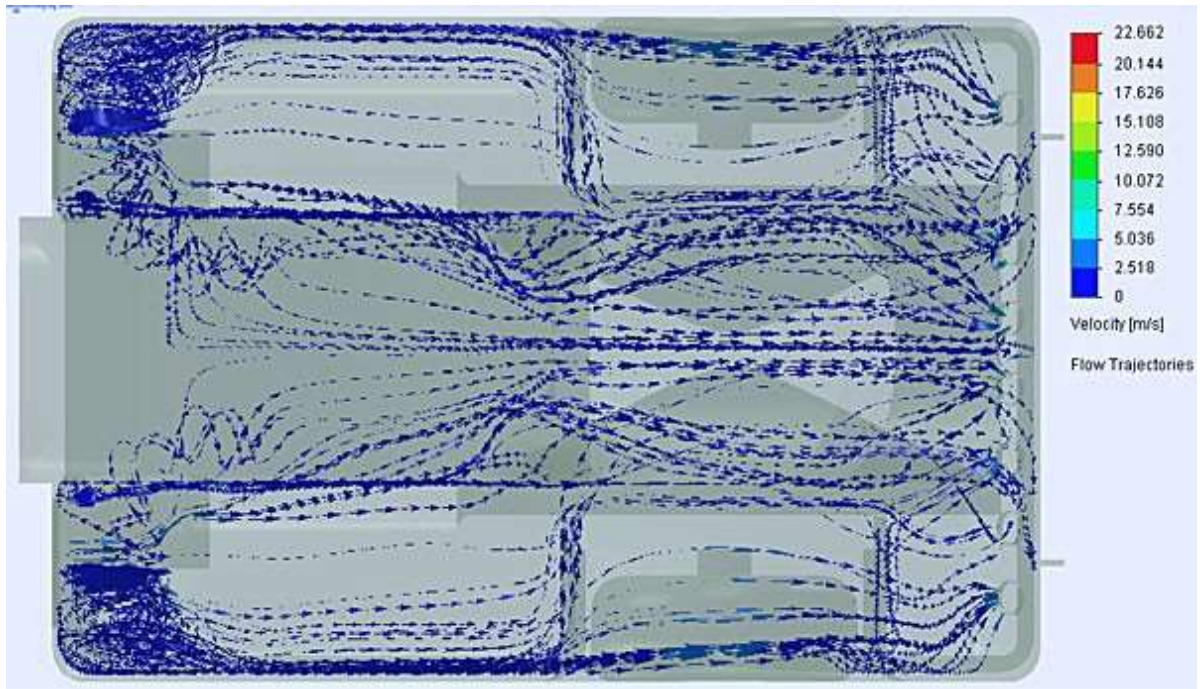


Рисунок 16 - Епюра швидкості потоку повітря

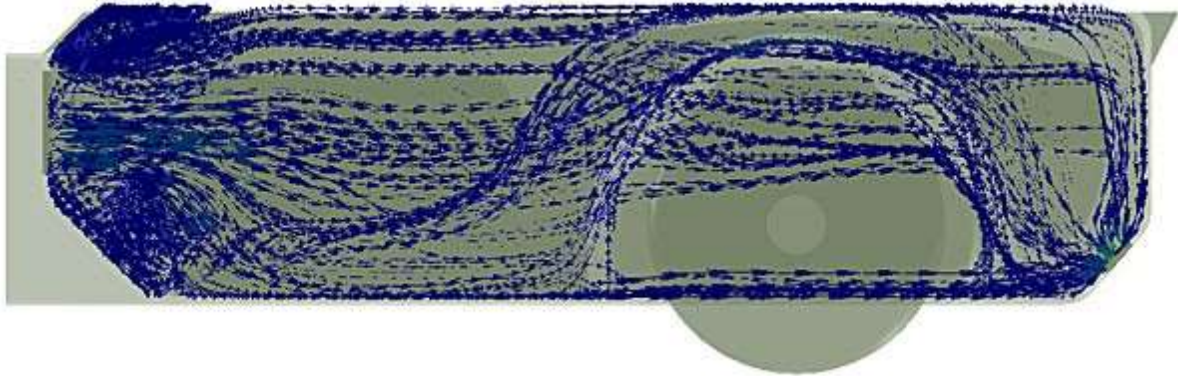


Рисунок 17 - Епюра швидкості потоку повітря

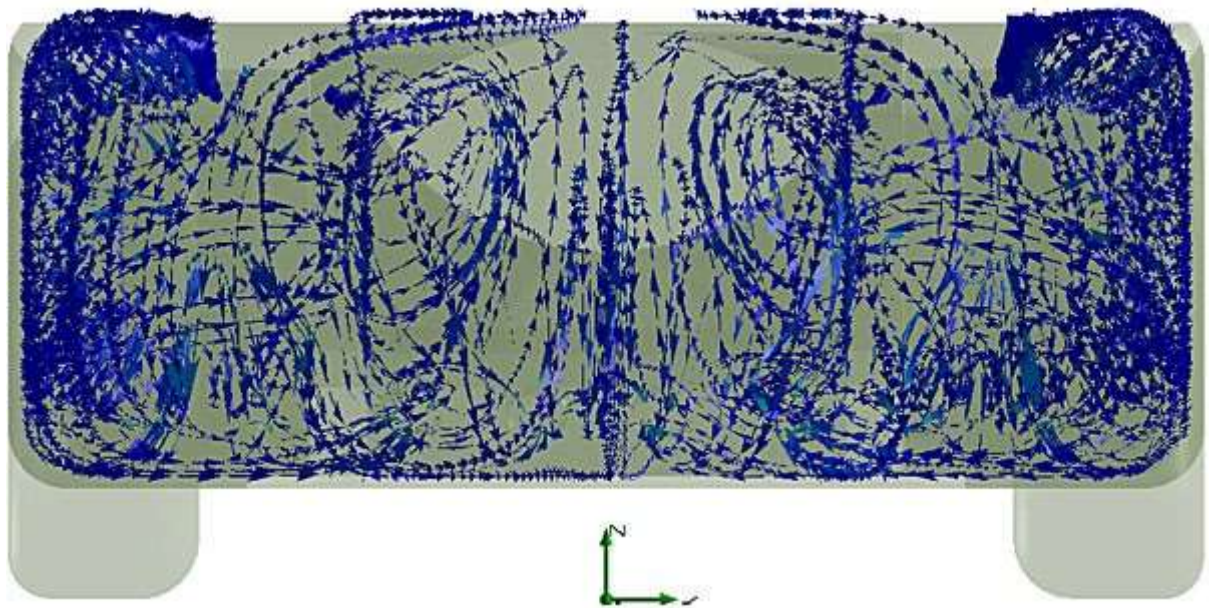


Рисунок 18 - Епюра швидкості потоку повітря. Вид зсередини



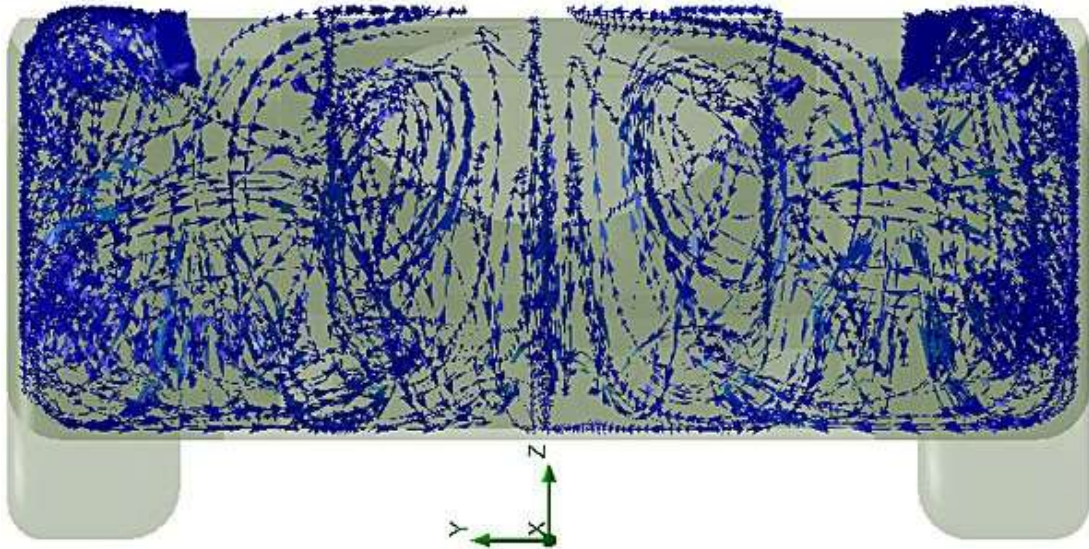


Рисунок 19 - Епюра швидкості потоку повітря. Вигляд ззаду

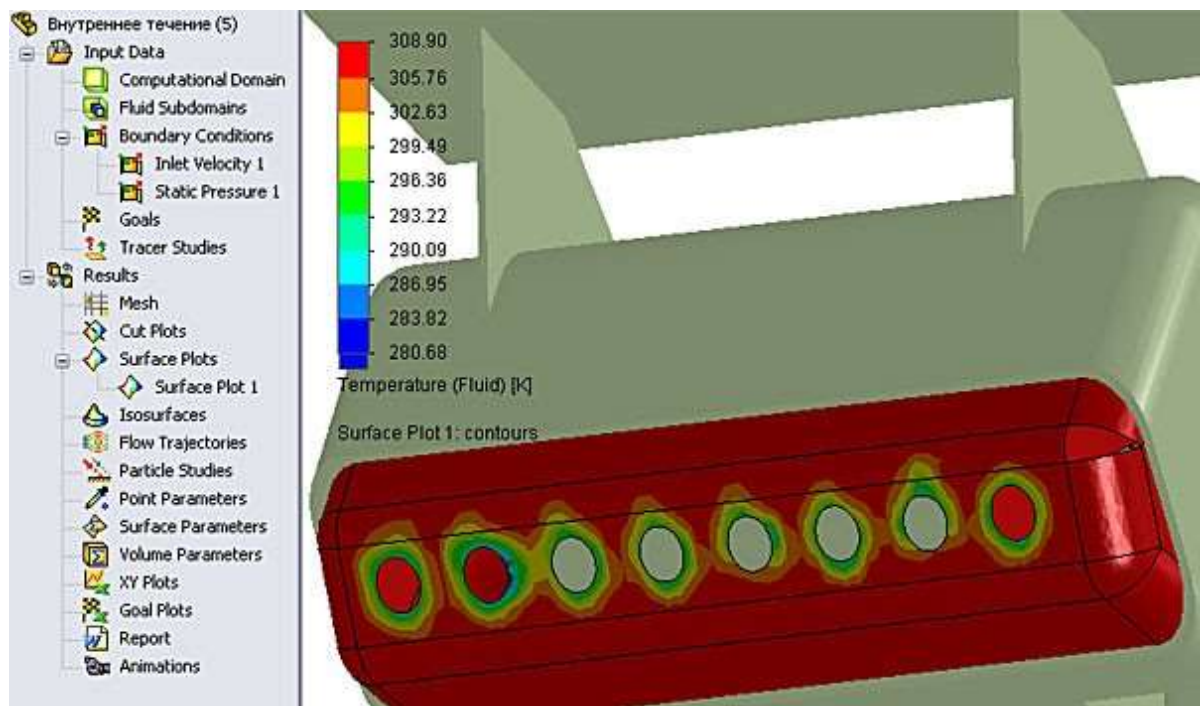


Рисунок 20 - Епюра температури повітря на поверхні з вихідними каналами

У програмі є можливість налаштування властивостей інформаційної шкали. Для цього досить клацнути правою кнопкою миші в полі шкали (Рисунок 21)

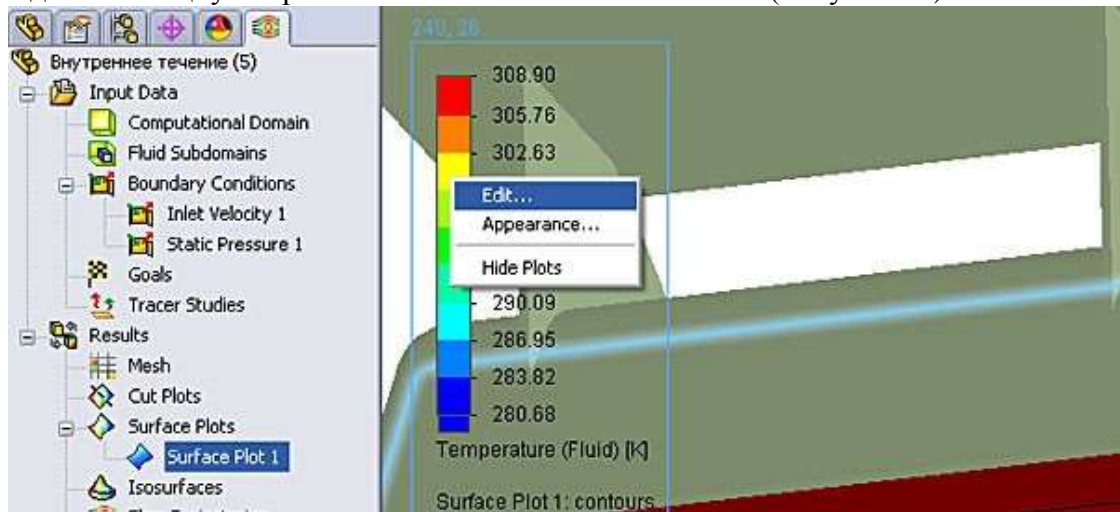


Рисунок 21 - Активація панелі властивостей інформаційної шкали

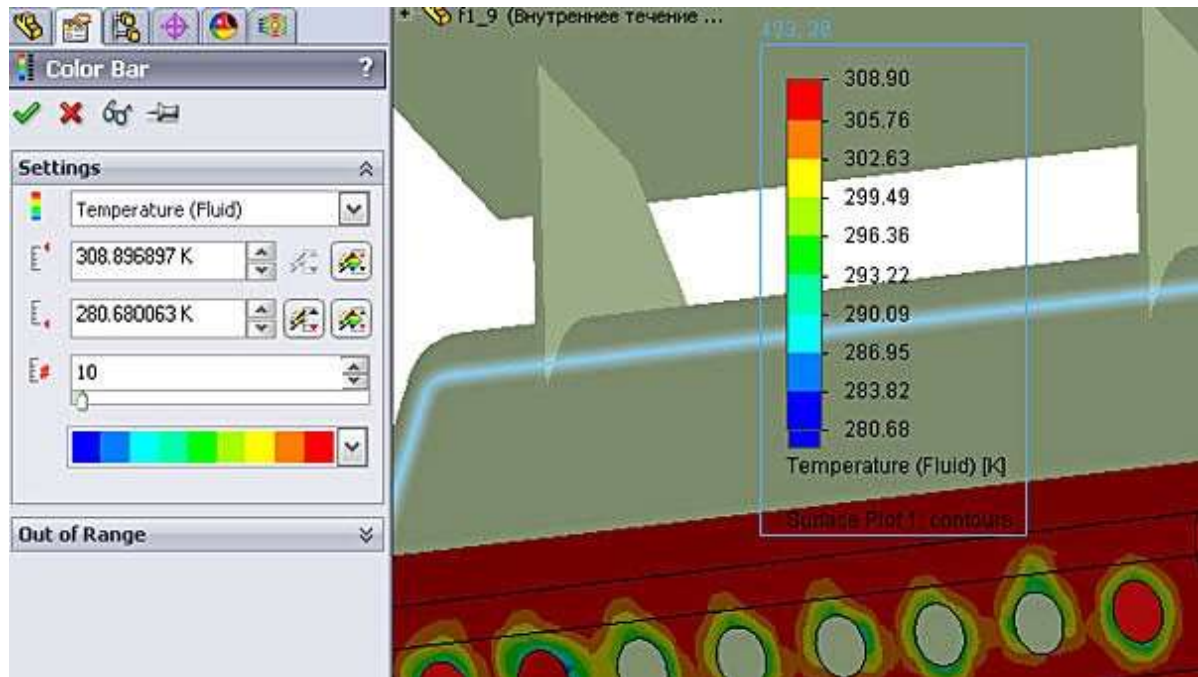


Рисунок 22 - Налаштування діапазону індикації і кроку кольору

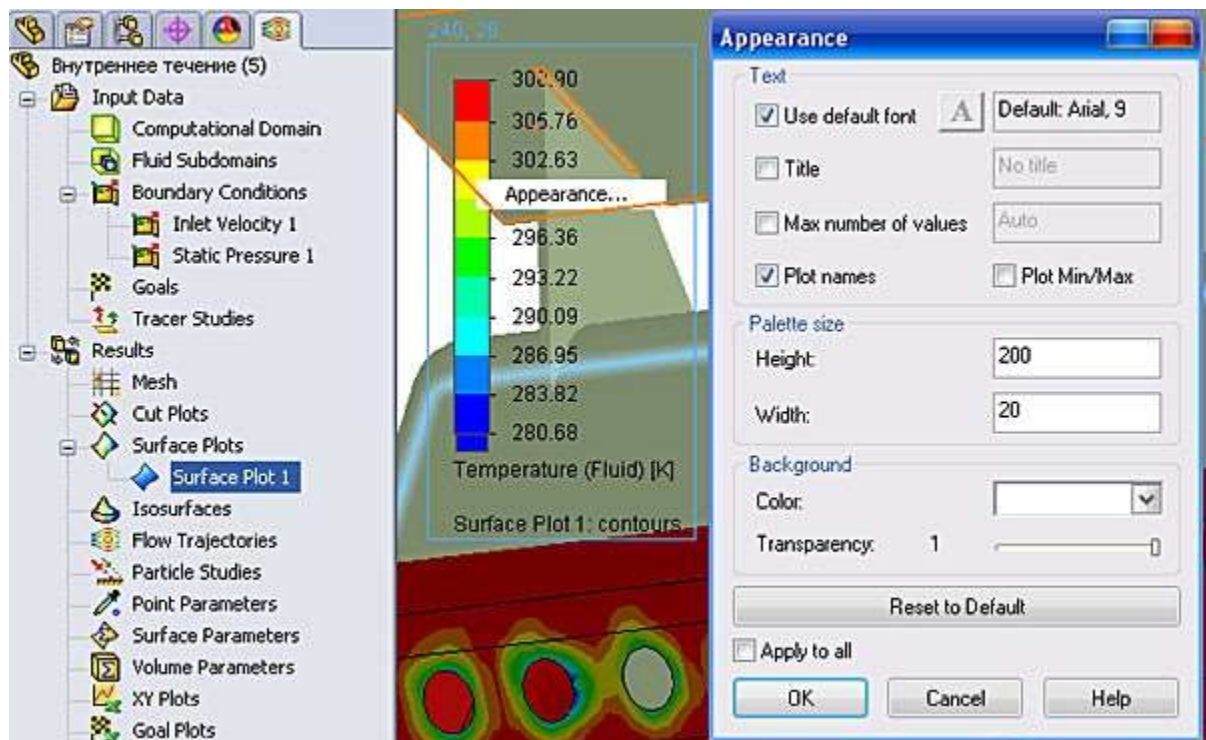


Рисунок 23 - Налаштування установок виду інформаційної шкали

Програма забезпечує побудову графіків зміни характеристик процесу для будь-якого елемента конструкції. На малюнку 24 показано завдання графіків зміни властивостей потоку по довжині кромки центрального каналу, а на малюнках 25, 26, 27 - пред- ставлення результатів в MS Excel.

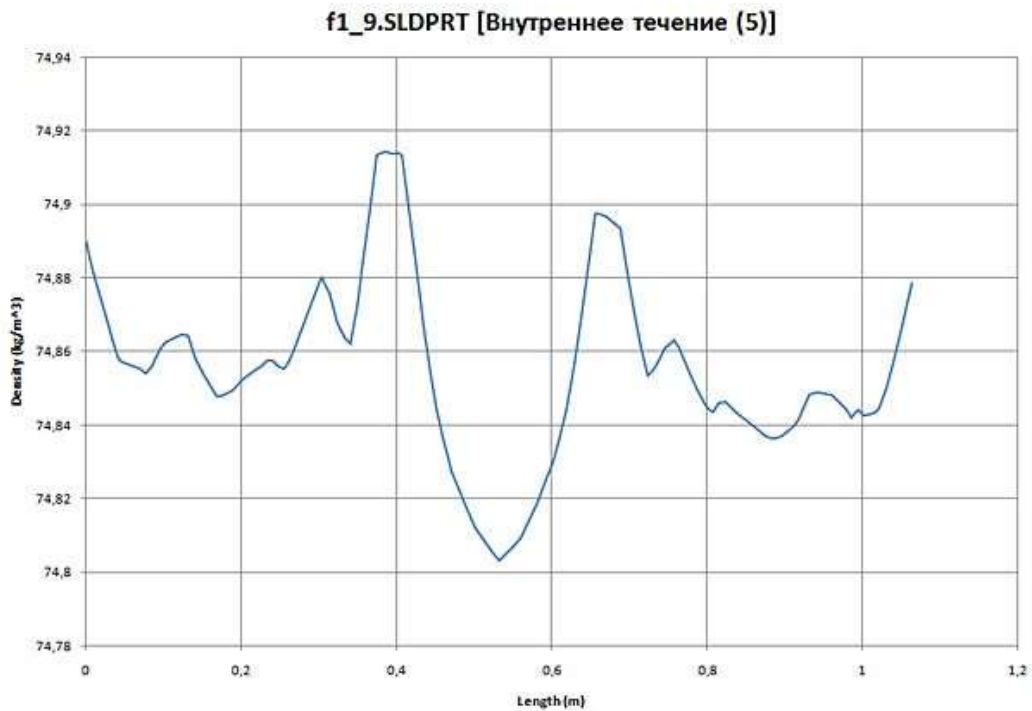


Рисунок 27 - Зміна щільності повітря по довжині кромки

Висновки:

1. *Поставлено і вирішено завдання моделювання внутрішньої течії для заданих умов дослідження.*
2. *Отримані результати дослідження, що описують зміну характеристик потоку повітря.*

### ЗАВДАННЯ

1. *В умовах прикладу провести дослідження характеристик повітряного потоку при швидкості руху автомобіля  $V = 230,4$  км/ч.*
2. *Скласти звіт за результатами дослідження*

### КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Призначення модуля SolidWorks Flow Simulation.
2. Можливості модулів SolidWorks Flow Simulation по дослідженню внутрішніх течій в процесі проектування виробів автомобілебудування.
3. Необхідні умови для вирішення завдань дослідження з використанням модуля SolidWorks Flow Simulation.
4. Порядок формування проекту.
5. Завдання цілей дослідження.
6. Налаштування області дослідження.
7. Налаштування візуалізації результатів дослідження.
8. Позитивні моменти роботи в модулі SolidWorks Flow Simulation.



1. Іванюк Н.І. Моделювання об'єктів нафтогазового комплексу: лабораторний практикум. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2013. – 35 с.
2. Мислюк М.А. Моделювання явищ і процесів у нафтогазопромисловій справі : Підручник / М.А. Мислюк, Ю.О. Зарубін. - Івано-Франківськ : Екор, 1999. – 494 с.
3. Білецький В.С. Моделювання у нафтогазовій інженерії: навч. посібник / В.С. Білецький ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Львів : Новий Світ – 2000, 2021. – 306 с.
4. Справочна система SolidWorks.
5. Стеценко І.В. Моделювання систем. М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2010. – 399 с/