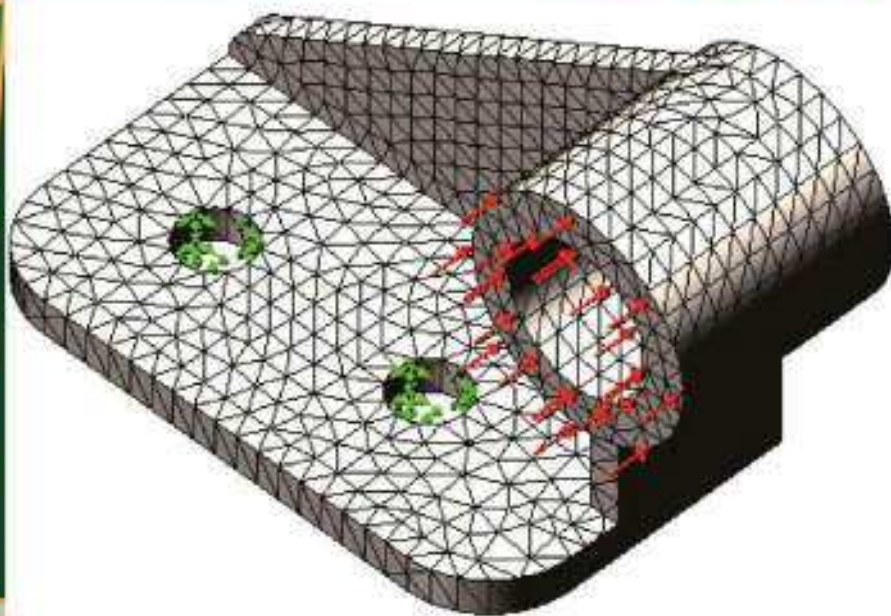


МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПІДПРИЄМСТВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Методичні вказівки до лабораторних робіт
для студентів спеціальності «Автомобільний транспорт»



МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПІДПРИЄМСТВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

*Методичні вказівки до лабораторних робіт
для студентів спеціальності «Автомобільний транспорт»*

*Затверджено на засіданні кафедри
зносостійкості та надійності машин.
Протокол № 1 від 21.09.2018*

Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту : методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів спеціальності «Автомобільний транспорт» / О. В. Диха, О. Ю. Рудик. – Хмельницький : ХНУ, 2018. – 102 с.

Укладачі: Диха О. В., д-р техн. наук, проф. ;
Рудик О. Ю., канд. техн. наук, доц.

Відповідальний за випуск: Диха О. В., д-р техн. наук, проф.

Редактор-коректор: Яремчук В. С.

Технічне редагування і верстка: Карпанасюк В. П.

Макетування здійснено редакційно-видавничим центром Хмельницького національного університету (м. Хмельницький, вул. Інститутська, 7/1). Підп. 26.10.2018. Зам. № 93є/18, електронне видання, 2018.

© ХНУ, 2018

ВСТУП

Методичні вказівки призначені для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту». Виконуються роботи на ПК у комп'ютерних класах I передбачають:

- відкриття документа деталі у SolidWorks (SW);
- запуск SW Simulation;
- вибір параметрів аналізу;
- призначення матеріалу;
- застосування обмежень;
- прикладення навантаження;
- аналіз моделі методом скінченних елементів;
- перегляд результатів;
- створення епюри еквівалентних напружень в моделі;
- створення епюри результуючого переміщення в моделі;
- відображення деформованої форми моделі;
- створення звіту про аналіз;
- вихід з SW Simulation і збереження сеансу аналізу.

Для самостійних завдань потрібно:

а) у SolidWorks створити модель деталі із застосуванням об'єктів ескізу (багатокутник, коло, лінія, вісь), створенням основи, нанесенням і зміною розмірів, додаванням бобишок, вирізів, зміною елементів, додаванням скруглень, дзеркальним відображенням половини деталі, створенням площин, кресленням, копіюванням і вставкою профілів, створенням елемента по перетинах;

б) у SW Simulation:

- вибрати параметри аналізу напруженого стану деталі методом скінченних елементів (МСЕ);
- призначити матеріал деталі;
- застосувати обмеження для розрахунку деталі МСЕ;
- прикласти навантаження до певних площин, граней чи елементів деталі;
- провести аналіз моделі і процес створення сітки МСЕ;
- запустити програму для активного дослідження;
- переглянути результати розрахунків;
- розрахувати максимальну силу (з допущенням лінійного статичного аналізу), яку може витримати деталь не руйнуючись;
- розрахувати запас міцності;
- провести розрахунки впливу зміни розмірів елементів деталі на коефіцієнт запасу міцності;
- провести розрахунки впливу вилучення матеріалу з деталі на коефіцієнт запасу міцності;
- провести розрахунки впливу вилучення одного з обмежень на коефіцієнт запасу міцності;
- дослідити ефект від зміни напрямку сили на протилежну;
- провести аналіз розрахунків напруженого стану зміненої деталі;
- створити епюру еквівалентних напружень;

- створити епюру результуючого переміщення;
- відобразити деформовану форму моделі;
- створити звіт HTML про аналіз напруженого стану деталі МСЕ;
- створити файл eDrawings результатів аналізу;
- зберегти сеанс аналізу в SW Simulation.

Загальні вимоги до виконання лабораторних робіт

Мета: вивчення й практичне засвоєння основ інженерного аналізу в САПР SolidWorks для міцнісного розрахунку виробів. При цьому отримуються наступні **навички:** задання для деталей автомобільної техніки матеріалів, граничних умов; створення розрахункової сітки; обробка отриманих результатів (проведення міцнісного аналізу твердотільних деталей, оцінних та оптимізаційних досліджень).

Вимоги до рівня знань: знання ОС Windows; досвід створення моделей в SolidWorks.

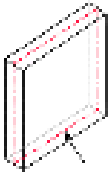

Теоретичні основи моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту

SolidWorks – CAD-система (computer-aided design – комп'ютерна підтримка проектування) з вбудованими CAE-модулями (computer-aided engineering – загальна назва для програм, призначених для інженерних розрахунків конструкцій та аналізу фізичних процесів, пов'язаних з ними). За допомогою CAE-систем вирішують два типи задач: розробка нових конструкцій; перевірка існуючої конструкції [1].

SolidWorks Simulation – CAE-модуль, заснований на МСЕ та призначений для проведення міцнісного аналізу.

МСЕ – чисельний метод розв'язку диференціальних рівнянь із частковими похідними, а також інтегральних рівнянь, які виникають при розв'язуванні задач прикладної фізики. Суть МСЕ полягає в тому, що досліджувана область розбивається на скінченні елементи, у кожному з яких довільно вибирається вид апроксимуючої функції й потім знаходяться значення цих функцій на межі елементів. **Процес розподілу моделі на малі частини називають створенням сітки.** При створенні сітки для моделі, програмне забезпечення генерує поєднання твердого тіла, оболонки, пружні й дотичні елементи на основі створеної геометрії. Програма автоматично створює наступні сітки (табл. 2.1) [2].

Таблиця 2.1 – Типи сіток

Сітка на твердому тілі	Програма створює сітку на твердому тілі з тетраедральними 3D твердотільними елементами для кожного твердого тіла у папці Деталі . Тетраедральні елементи є придатними для великих об'єктів	
Сітка оболонки	Програма автоматично створює сітку оболонки для листових металів з рівномірною товщиною (окрім дослідження «Випробування на ударне навантаження») і поверхонь. Для листових металів сітка автоматично створюється на серединній поверхні. Програма витягує товщину оболонки з товщини листового металу	
		
	Серединна поверхня листового металу виділена	
	Елемент оболонки, створюваний на серединній поверхні з показаними вузлами	
	Для оболонок програма розташовує сітку на поверхні (середня поверхня оболонки). Товщина оболонки задається в PropertyManager (Менеджері властивостей) «Визначення оболонки»	
Структура балок	Програма автоматично застосовує сітку і визначає з'єднання для дотичних або інтерферуючих елементів конструкції на заданій відстані (допуск). Балочний елемент є лінійним елементом, визначеним двома кінцевими точками і поперечним перетином. Вони здатні чинити опір осьовим, згинаючим, деформаційним і торсіонним навантаженням. Стрижні чинять опір тільки осьовими навантаженнями. При використанні зварних деталей програмне забезпечення визначає властивості поперечного перетину і знаходить зчленування	
Комбінована сітка	Програма автоматично застосовує комбіновану сітку, коли в моделі присутні різні геометричні форми	

Тіло, коли до нього застосовуються навантаження, деформується й дія навантажень передається через нього. Зовнішні навантаження включають внутрішні сили та реакції, які компенсують дії та повертають тіло в стан рівноваги. Лінійний статичний аналіз розраховує сили переміщень, напруження, навантаження та реакції при дії прикладених навантажень. У лінійному статичному аналізі використовуються допущення статички й лінійності [3].

Внутрішні сили в тому або іншому тілі змінюються від однієї точки до другої. Напруження – це інтенсивність цих термічних сил (сила на одиничну площадку).

Якщо задана модель з сіткою і набором обмежень переміщення і навантажень, то програма лінійного статичного аналізу поступає таким чином:

- 1) програма складає і вирішує систему лінійних спільних рівнянь рівноваги скінченних елементів для обчислення складових переміщення в кожному вузлі;
- 2) далі використовує результати переміщень для розрахунку складових деформації;
- 3) програма використовує результати розрахунку деформації та відношення напруження-деформація для обчислення напружень.

Результати розрахунку напружень спочатку обчислюються в спеціальних точках (гаусових або квадратури, розташованими усередині кожного елемента). Ці точки вибираються таким чином, щоб одержати оптимальні числові результати. Програма обчислює напруження у вузлах кожного елемента за допомогою екстраполювання результатів, доступних у гаусових точках.

Після успішного запуску стають доступними в базі даних результати вузлових напружень в кожному вузлі кожного сіткового елемента. Вузли, спільні для двох або більше елементів, мають множинні результати. Загалом, ці результати не є ідентичними, оскільки МСЕ є наближеним методом. Якщо, наприклад, якийсь вузол є загальним для трьох елементів, можуть бути одержані три злегка відмінних значення для кожного компонента в такій точці. Для перегляду результатів напружень, можуть знадобитися елементні або вузлові напруження. Для обчислення елементних напружень програма виконує усереднення відповідних вузлових напружень для кожного елемента. Для розрахунку вузлових напружень програма виконує усереднення відповідних результатів за всіма елементами, які ділять між собою таку вузлову точку.

Вимоги до виконання індивідуального завдання

Завдання 1. У SolidWorks створити модель деталі індивідуального завдання.

Завдання 2. У SolidWorks Simulation:

- вибрати параметри аналізу напруженого стану деталі МСЕ дослідження – **Статическое**;
- призначити матеріал деталі згідно з завданням;
- застосувати обмеження для розрахунку деталі МСЕ – **Фиксированная геометрия**;
- прикласти навантаження до певних площин, граней чи елементів деталі;
- створити сітку МСЕ – **Стандартная сетка**;
- створити епюри еквівалентних напружень, результуючого переміщення.

Завдання 3. У SolidWorks Simulation розрахувати запас міцності.

Критерії оцінювання індивідуального завдання

Оцінка	Бал	Критерій оцінювання навчальних досягнень
Відмінно	5	За глибоке і повне опанування змісту навчального матеріалу, в якому студент легко орієнтується, понятійним апаратом, за уміння зв'язувати теорію з практикою, вирішувати практичні завдання, висловлювати і обґрунтовувати свої судження. Відмінна оцінка передбачає грамотний, логічний виклад відповіді (як в усній, так і в письмовій формі), якісне зовнішнє оформлення
Добре	4	За повне засвоєння навчального матеріалу, володіння понятійним апаратом, орієнтування у вивченому матеріалі, свідоме використання знань для рішення практичних завдань, грамотний виклад відповіді, але у змісті і формі відповіді мали місце окремі неточності (похибки)
Задовільно	3	За знання і розуміння основних положень навчального матеріалу, при цьому виклад його не повний, непослідовний. Студент допускає неточності у визначенні понять, при використанні знань для вирішення практичних завдань, не вміє доказово обґрунтовувати свої судження
Незадовільно	2	Коли студент має розрізнені, безсистемні знання, не вміє виділяти головне і другорядне, допускається помилок у визначенні понять, перекручує їх зміст, хаотично і невпевнено викладає матеріал, не може використовувати знання при вирішенні практичних завдань. За повне незнання і нерозуміння навчального матеріалу або відмову від відповіді

При оцінюванні знань і умінь студентів використовуються такі показники: повнота, глибина засвоєння матеріалу, системність, оперативність, узагальненість знань і умінь. Крім цього враховуються уміння пов'язувати зміст дисципліни зі змістом майбутньої професійної діяльності, обґрунтовано вирішувати професійні завдання, а також ступінь самостійності виконання завдання. На оцінку впливає чіткість і логічність відповіді студента, культура його мовлення (письмова).

Виконання індивідуальних завдань оцінюються за чотирибальною шкалою, а саме:

- «незадовільно» – не виконане завдання 1 (не створена 3D-модель деталі);
- «задовільно» – правильне виконання завдання 2 і не повністю виконане завдання 3 (не визначений запас міцності);
- «добре» – 3D-модель деталі створена з помилками;

– «відмінно» – правильно виконані усі три завдання.
Ваговий коефіцієнт індивідуальних завдань – 0,5.

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ ТА ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

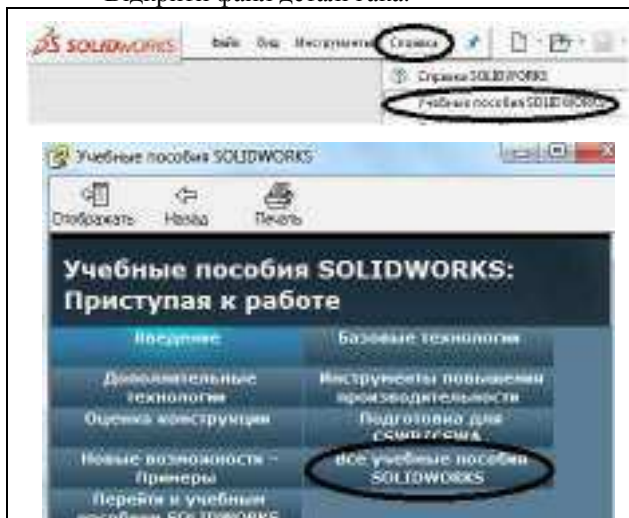
Лабораторна робота 1.

Використання МСЕ для аналізу напруженого стану гака в SW Simulation

Мета: вивчити основні функціональні можливості SW Simulation (на моделі гака провести вивчення основних кроків аналізу проектних рішень, оцінити міцність конструкції і точність результатів, задокументувати проект).

Методичні вказівки

Відкрити файл деталі гака.



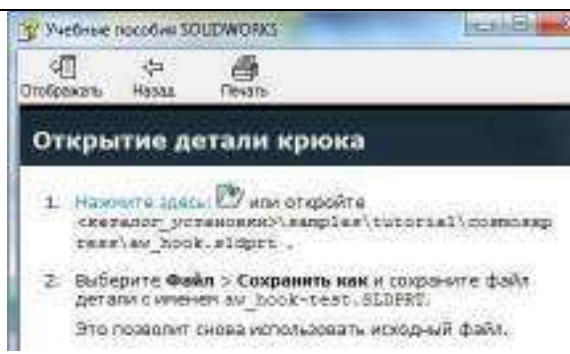
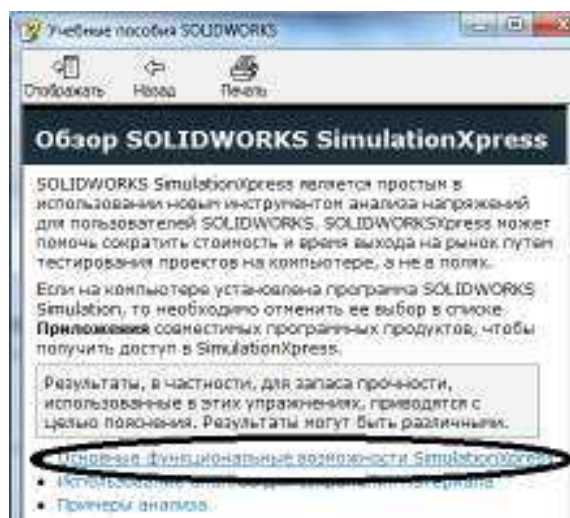
Натиснути кнопку **Пуск** на панелі задач Windows.

Вибрати **SOLIDWORKS 2016 x64 Edition** – з'явиться головне вікно SolidWorks.

У головному меню програми вибрати **Справка – Учебные пособия SOLIDWORKS – Все учебные пособия SOLIDWORKS** потім **SOLIDWORKS SimulationXpress**



У вікні **Обзор SOLIDWORKS SimulationXpress** вибрати **Основные функциональные возможности SimulationXpress** та **Открытие детали крюка**



Перейти до файла <каталог_установки>\samples\tutorial\SW Simulation\aw_hook.sldprt).

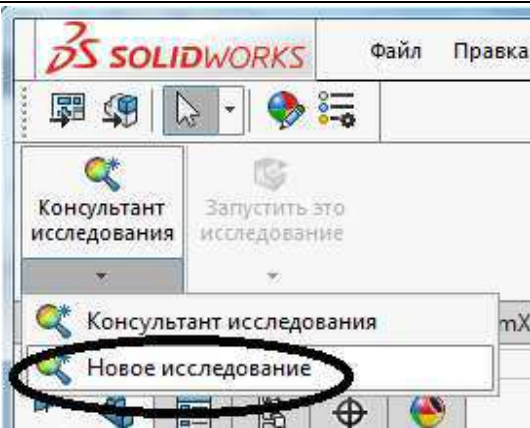


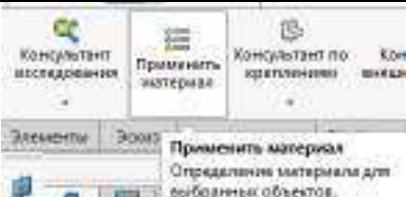
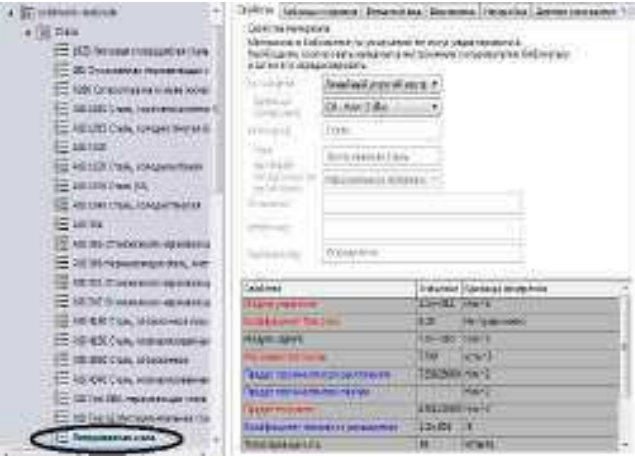

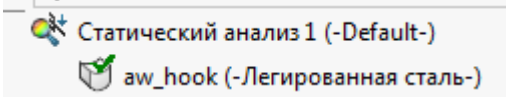
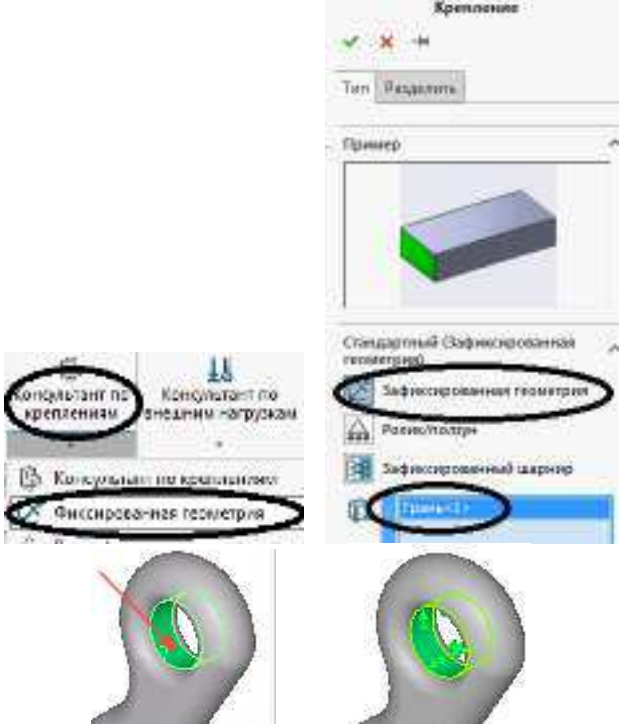
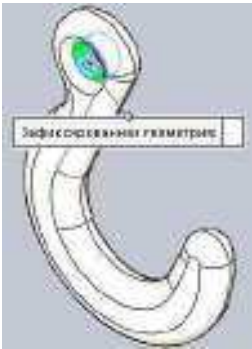

Вибрати **Файл, Сохранить как** і зберегти файл деталі з ім'ям **aw_hook-test.SLDPRТ** (це дозволить знову використовувати оригінальний файл).

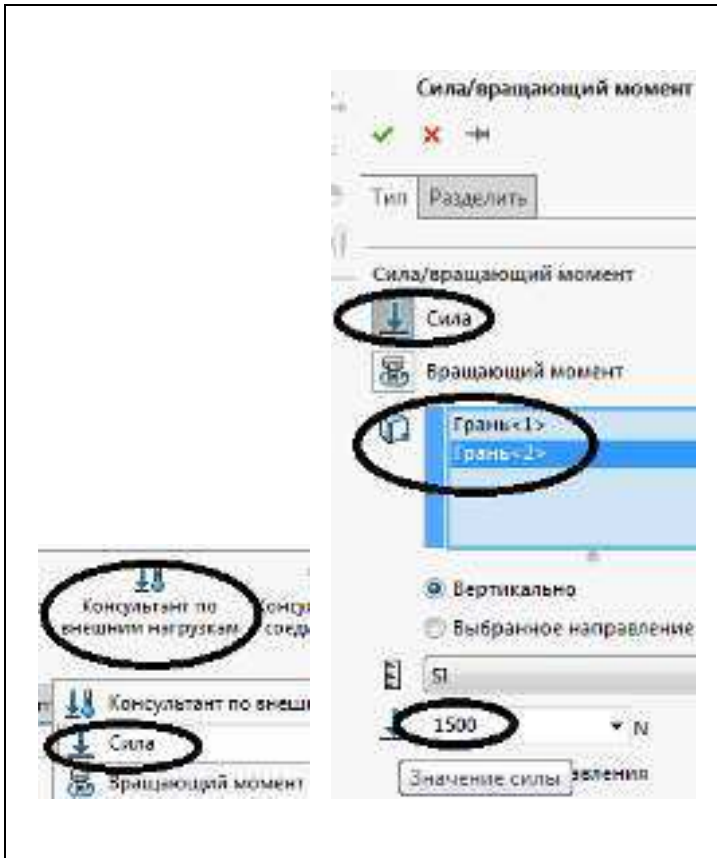
Гак, виготовлений з легованої сталі, закріплюється в отворі. На нього діє навантаження силою 1500 Н.

Закрити вікно



Виконати наступні дії.

	<p>У вікні Исследование вибрати Статический анализ 1:</p>  <p>Підтвердити дію:</p> 
	<p>На цьому етапі призначається матеріал для деталі з бібліотеки матеріалів SolidWorks. Гак виготовляється з легованої сталі. Щоб призначити леговану сталь для деталі необхідно:</p> <ul style="list-style-type: none"> – відкрити вкладку Применить материал
	<p>Вибрати Легированная сталь потім Применить. Закреть</p>  <p>SimulationXpress призначає леговану сталь як матеріал для деталі, а на екрані відображається: Легированная сталь:</p> 
	<p>На вкладці Консультант по креплениям вводиться інформація про те, як підтримується деталь. Щоб зафіксувати грань отвору необхідно:</p> <ul style="list-style-type: none"> – натиснути Фиксированная геометрия для продовження; – у графічній області натиснути на грані отвору (Грань<1> з'явиться в полі вибору, а символи обмеження з'являться на вибраній грані);  <p>– підтвердити дію:</p> 



Прикласти силу 1500 Н у напрямі донизу. Щоб прикласти силу необхідно:

- на вкладці **Консультант по внешним нагрузкам** вибрати **Сила**;
- у графічній області вибрати дві грані (**Грань <1>** і **Грань <2>**) відобразяться в полі вибору);

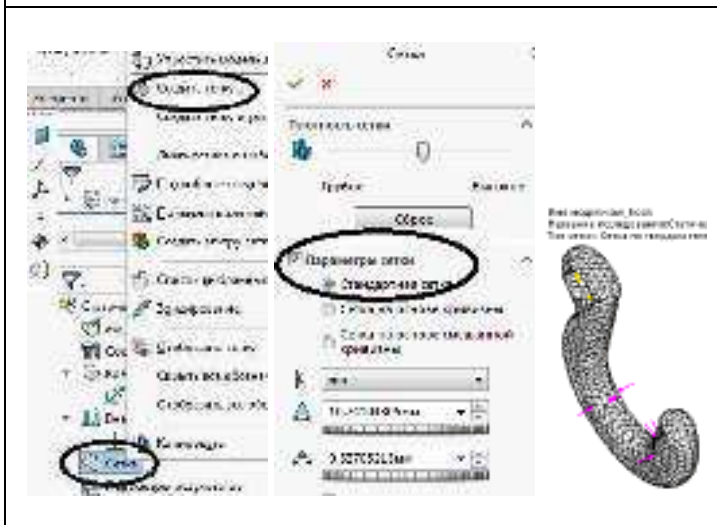


- на вкладці **Сила/вращающий момент** у поле **Значение силы** ввести 1500;



- підтвердити дію:

SW Simulation прикладає навантаження 1500 Н до кожної вибраної грані, що в цілому складає 3000 Н.



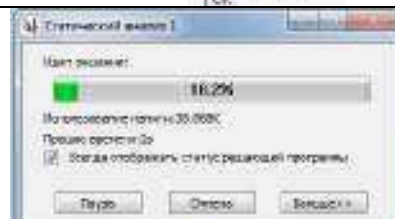
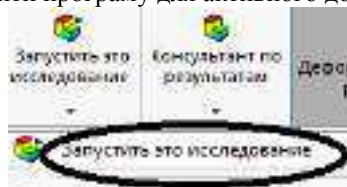
Наступний етап – створення сітки: елементи меншого розміру дозволяють виконати якісний аналіз, але вимагають більше комп'ютерних ресурсів і часу. SimulationXpress пропонує розмір глобального елемента і допуск для створення сітки. Розмір є тільки середнім значенням. Розміри реальних елементів в різних місцях можуть відрізнятися залежно від геометрії. При першому запуску рекомендується використовувати значення за замовчування для сітки. Для якіснішого аналізу використовуйте менший розмір елемента.

У дереві розрахунків вибрати **Сетка – Создать сетку**, у вікні **Сетка** прийняти параметри сітки за замовчуванням:

- підтвердити дію:



Запустити програму для активного дослідження:



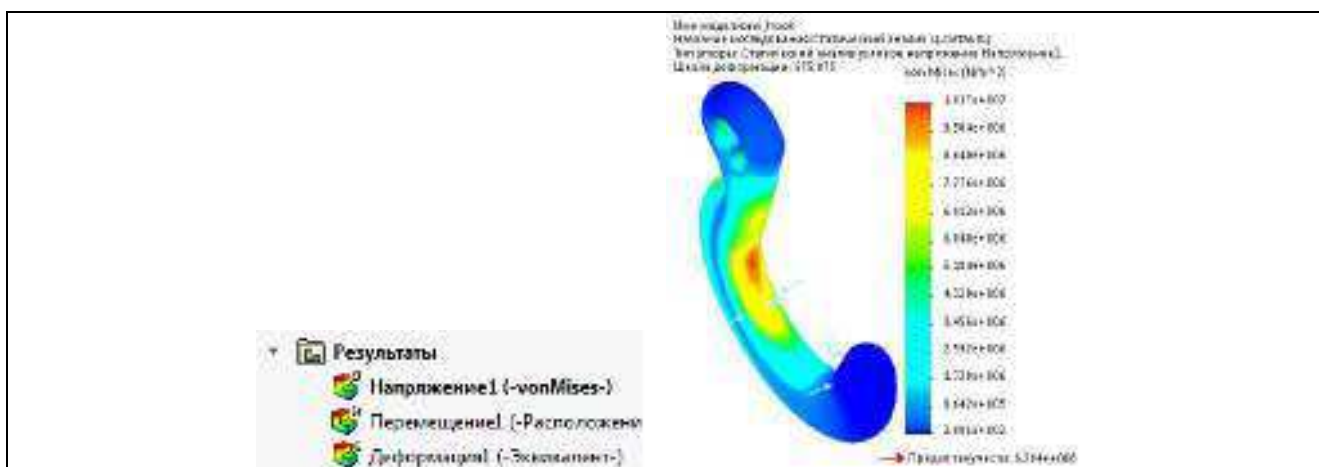
У лінійному статичному аналізі використовуються наступні допущення.
Допущення лінійності. Виникаюча реакція прямопропорційна прикладеним навантаженням. Наприклад, якщо удвічі збільшити величину навантаження, реакція моделі (переміщення, навантаження і напруження) також збільшиться удвічі. Допущення лінійності можна використовувати, якщо виконуються наступні умови:

- обчислений найвищий тиск має місце на лінійній ділянці діаграми напружень-деформацій, яка починається прямою лінією, що виходить з початку координат;
- максимальне розрахункове переміщення значно менше характеристичного розміру деталі. Наприклад, максимальний зсув плити повинен бути значно менший за її товщину, а максимальний зсув балки повинен бути значно менший за її поперечний перетин.

Якщо це допущення не виконуються, необхідно використовувати нелінійний аналіз.

Допущення пружності. При знятті навантажень деталь відновлює свою початкову форму (необоротна деформація відсутня). Якщо це допущення не виконується, необхідно використовувати нелінійний аналіз.

Допущення статички. Навантаження прикладаються поступово, поки не досягнуть своїх повних значень. Різке прикладення навантажень викликає додаткові переміщення, навантаження і напруження. Якщо це допущення не виконується, необхідно використовувати динамічний аналіз. Якщо ці допущення не виконуються, результати аналізу будуть неправильними.



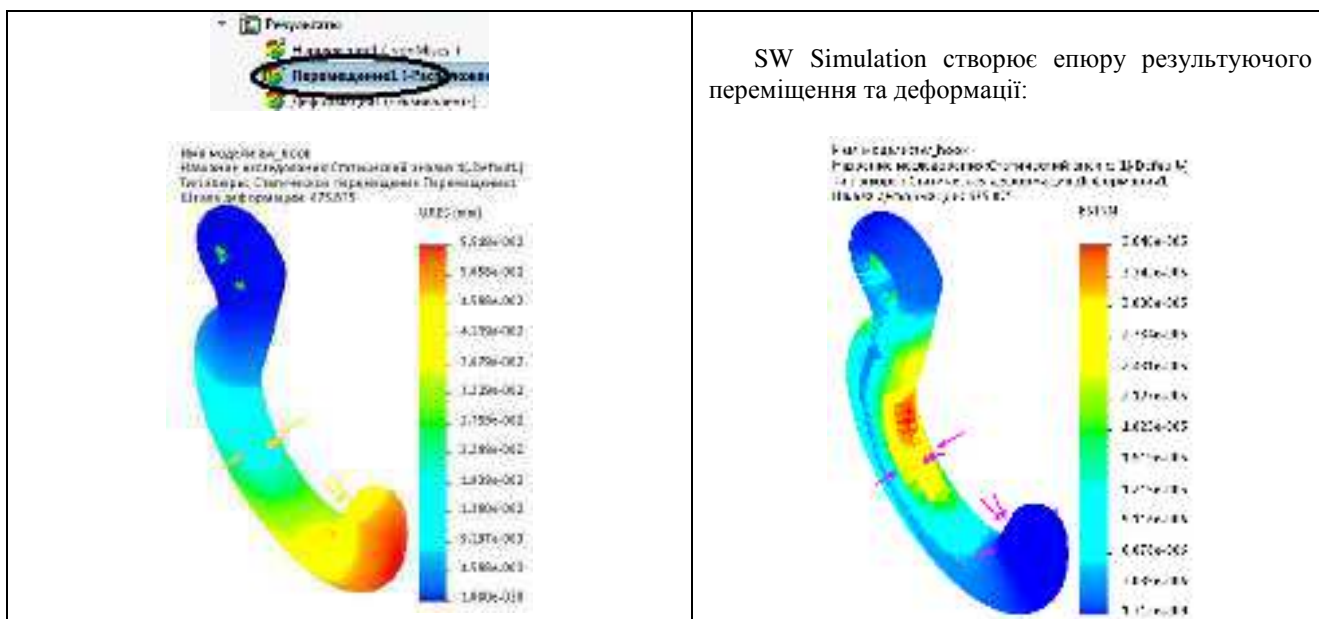
Отримані результати:

– епюра розподілу еквівалентного напруження (або напруження von Mises) в деталі (епюра напружень створюється на деформованій формі; для ілюстрації деформованої форми SW Simulation змінює масштаб максимальної деформації на 10 % щодо діагоналі граничної рамки; у цьому випадку шкала деформації дорівнює 675,875.

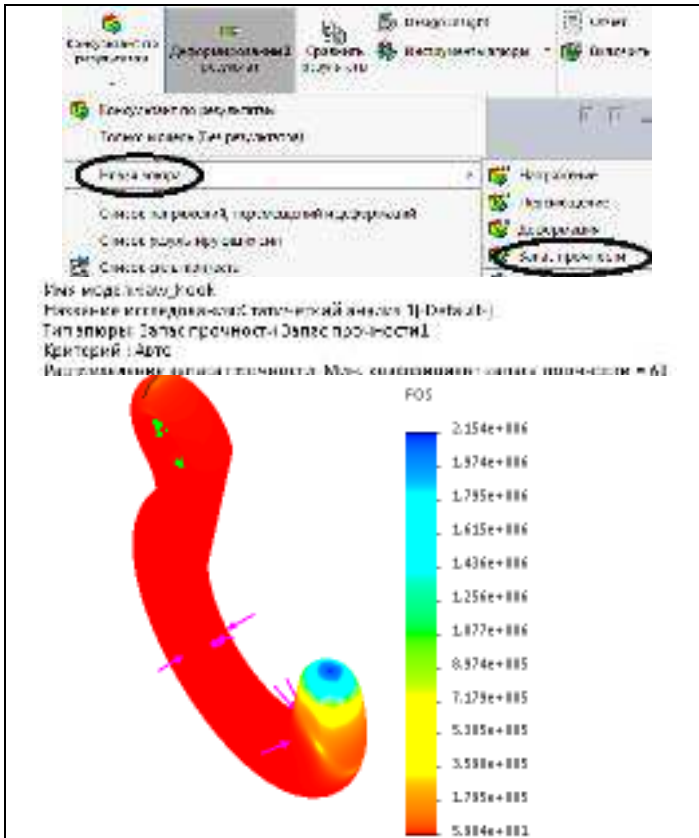
Коли до тіла прикладаються навантаження, воно намагається компенсувати їх дію, створюючи внутрішні сили, які в цілому змінюються від однієї точки до іншої. Інтенсивність цих внутрішніх сил називається **напруженням**. Одиниці напруження: сила на площу сегменту.

Еквівалентне напруження (також називається **напруженням von Mises**). У SW Simulation можна оглянути величину напруження, яка називається **еквівалентним** (або **von Mises**) **напруженням**. Не дивлячись на те, що еквівалентне напруження в якійсь точці не однозначно визначає стан напруження в цій точці, воно надає достатню інформацію, щоб оцінити надійність конструкції для багатьох пластичних матеріалів.

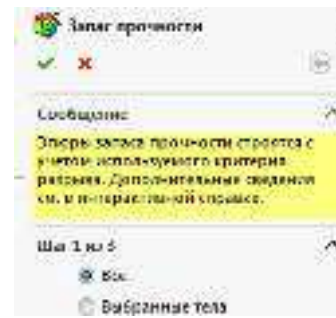
На відміну від компонентів напруження еквівалентне напруження немає напрямку. Воно повністю визначається величиною, вираженою в одиницях напруження. Щоб розрахувати коефіцієнти запасу міцності в різних точках, SW Simulation використовує **Критерій текучості von Mises**, який точно визначає те, що матеріал починає переходити в стан текучості в якійсь точці, коли еквівалентне напруження досягає межі текучості матеріалу.



SW Simulation використовує критерій максимального напруження von Mises для розрахунку запасу міцності. Цей критерій точно визначає, що пластичний матеріал починає розтягуватися, коли еквівалентне напруження (напруження von Mises) досягає межі текучості матеріалу. Межа текучості (SIGYLD) визначається як властивість матеріалу. SW Simulation розраховує коефіцієнт запасу міцності в якійсь точці як частку від межі текучості та еквівалентного напруження у цій точці.



Епора запасу міцності додається на вкладці **Консультант по результатам:**



– підтвердити дію:



Мінімальний запас міцності моделі, дорівнює приблизно 60 (5.984e+001), означає, що модель не повинна бути пошкоджена при вказаних навантаженнях і обмеженнях.

Інтерпретація значень запасу міцності

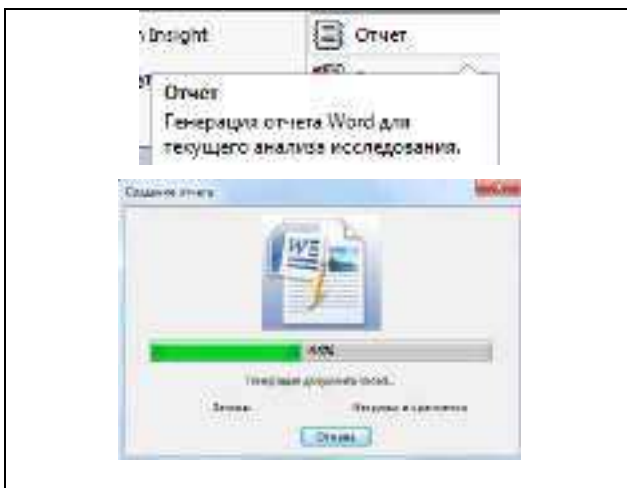
Запас міцності менше 1,0 в будь-якому місцеположенні указує на те, що матеріал перейшов в стан текучості і конструкція стала ненадійною.

Запас міцності, дорівнює 1,0 в будь-якому місцеположенні указує на те, що матеріал почав переходити в стан текучості.

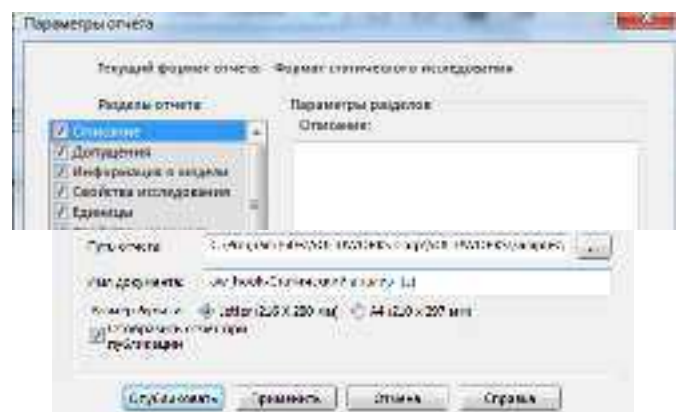
Запас міцності більше 1,0 в будь-якому місцеположенні указує на те, що матеріал ще неподатливий.

Матеріал в якомусь місцеположенні почне ставати текучим, якщо застосувати нові навантаження, які дорівнюють поточним навантаженням, помноженим на одержаний коефіцієнт запасу міцності.

SW Simulation пропонує декілька критеріїв руйнування для пластичних і крихких матеріалів.

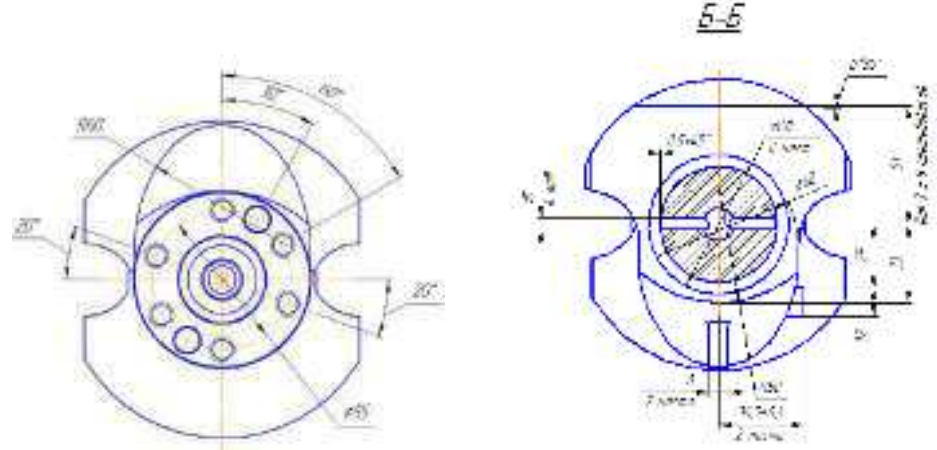
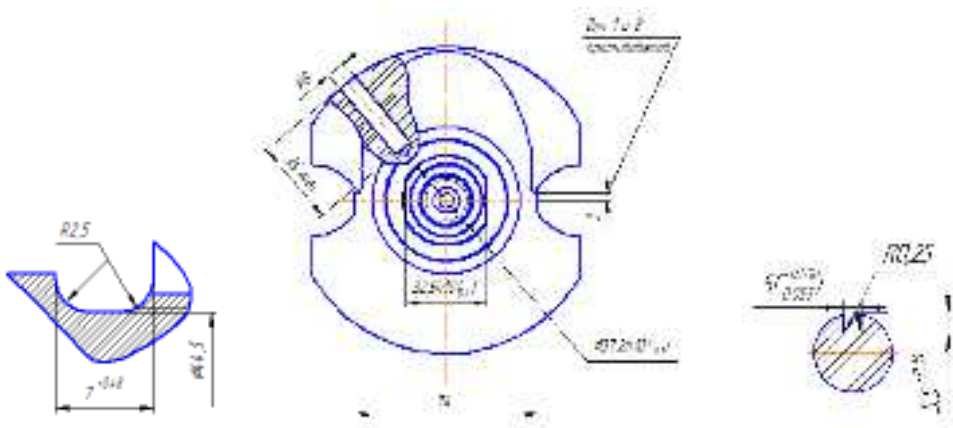
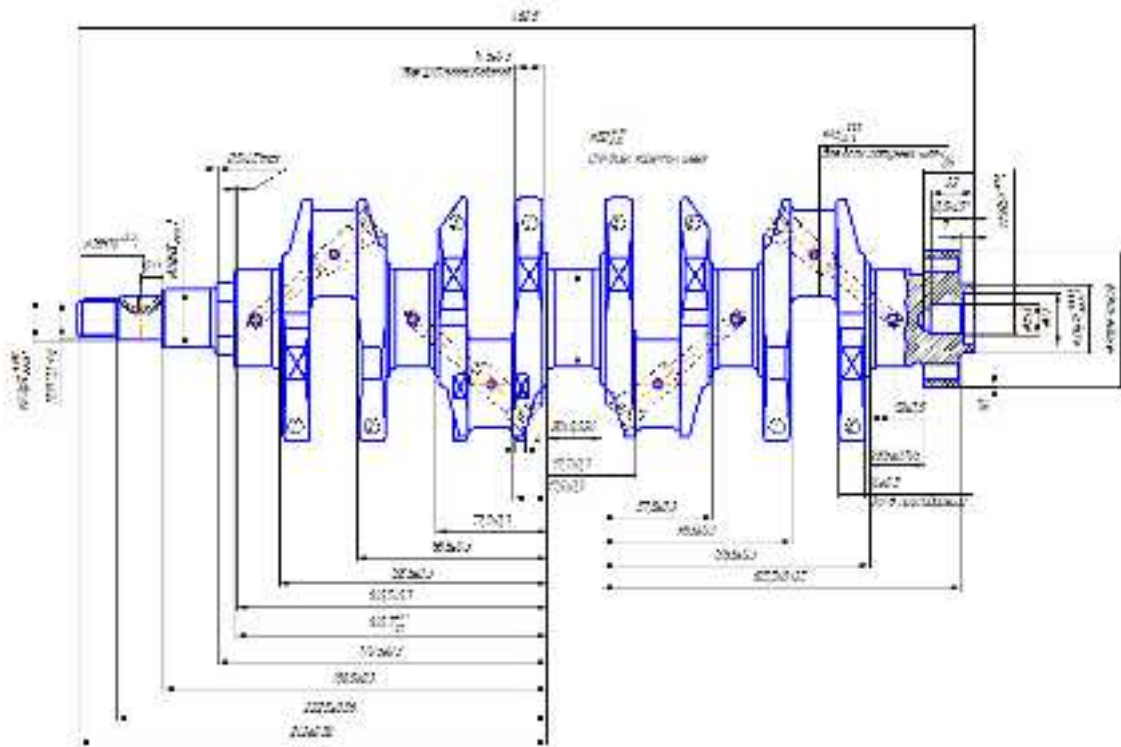


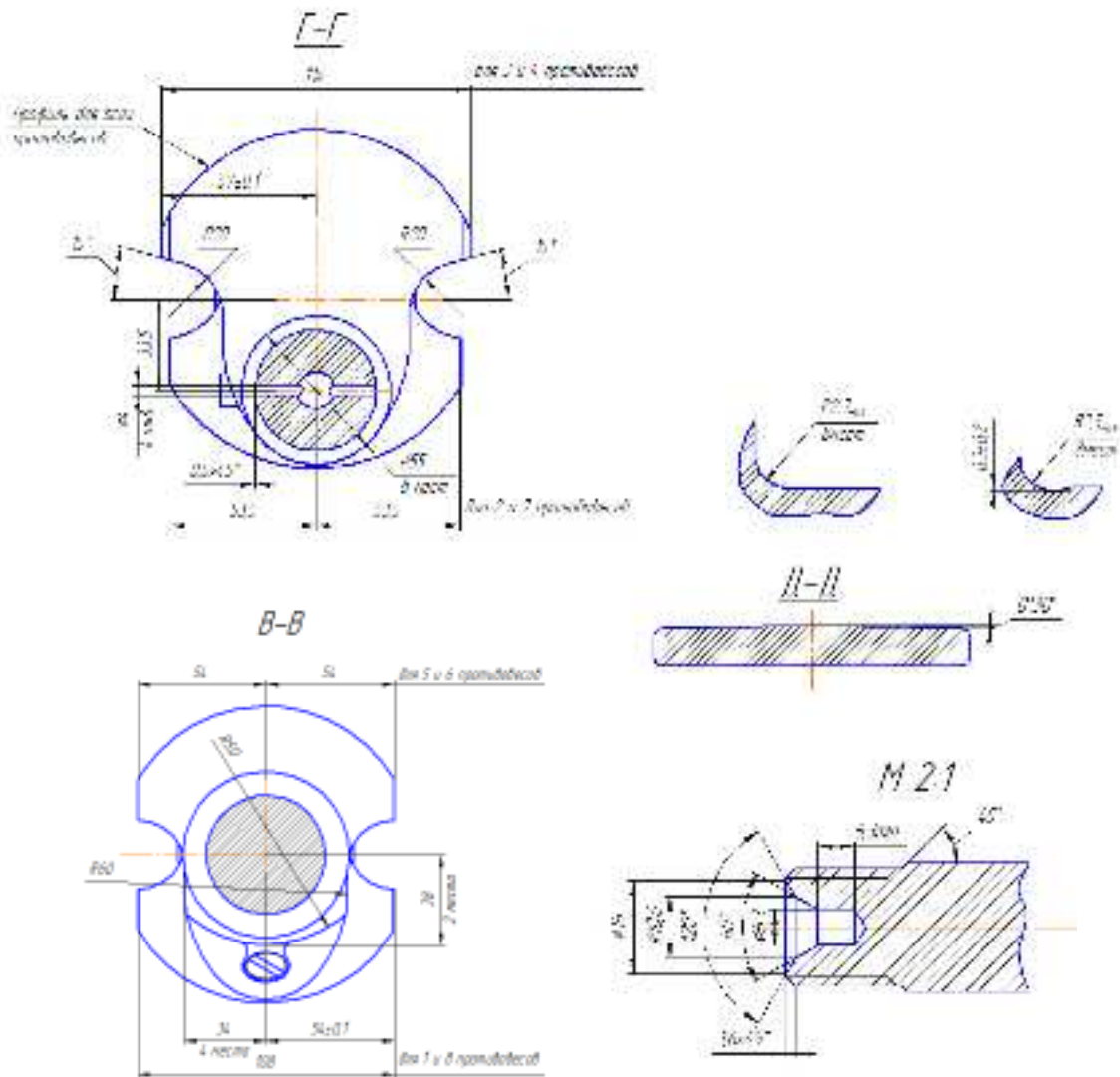
Створити звіт про аналіз: відкрити вкладку **Отчет**, ввести **Путь отчета**, вибрати **Опубликовать**.



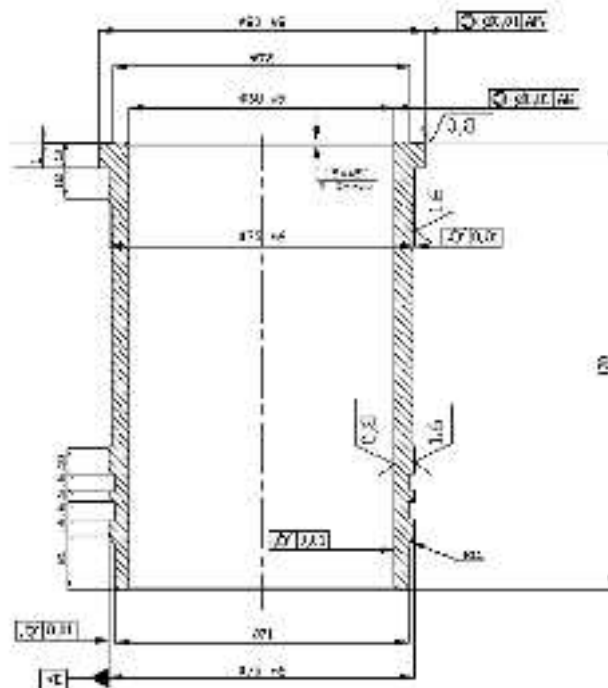
Вийти з SW Simulation і зберегти сеанс аналізу:
 – у вікні **Файл** вибрати кнопку **Закрыть** (з'явиться повідомлення, яке пропонує зберегти дані SW Simulation);
 – у новому вікні вибрати **Сохранить все**, щоб зберегти дані SW Simulation.

**Індивідуальне завдання 1.
Розрахунок в SW Simulation деталей кривошипно-шатунних механізмів**

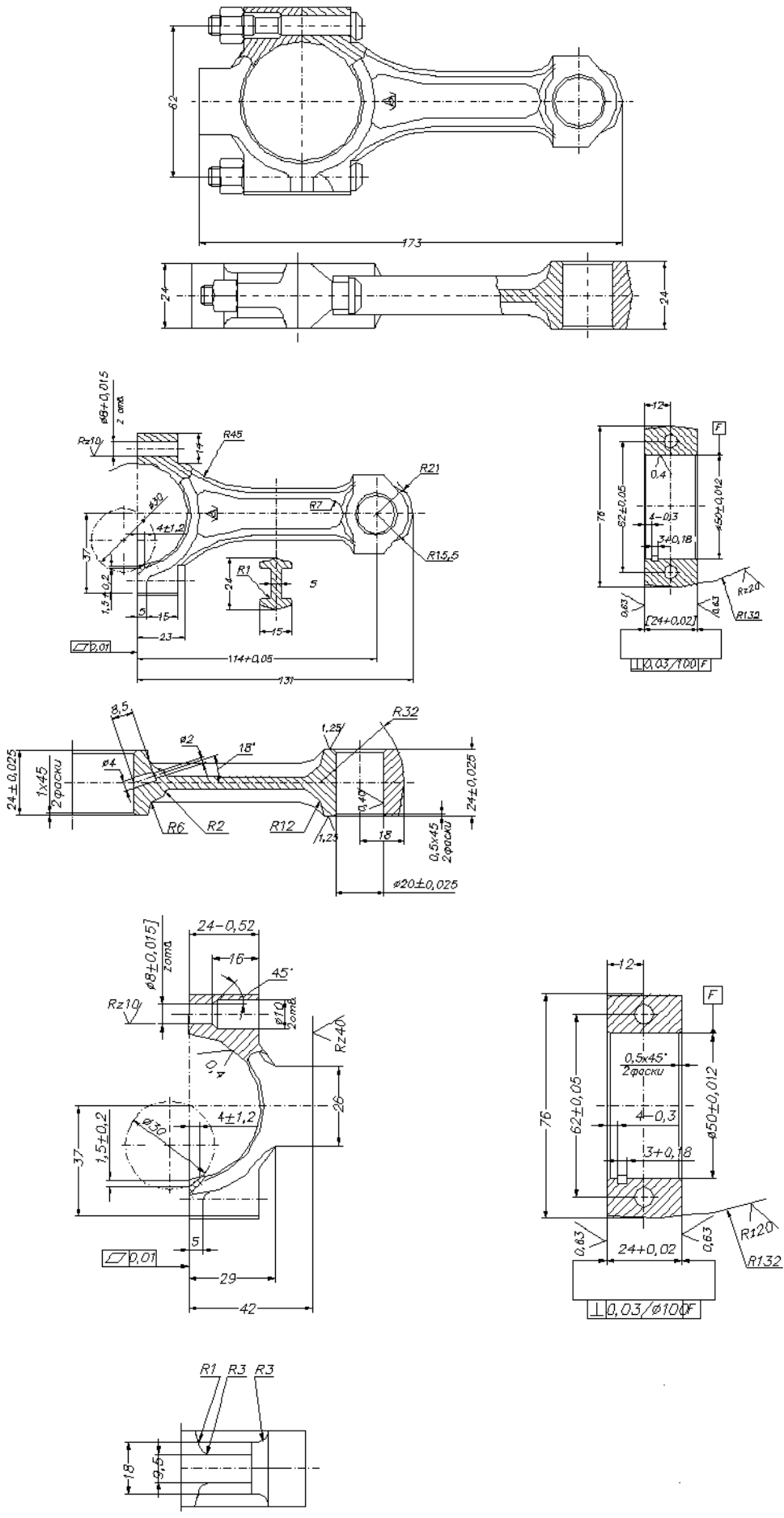




Інд. завдання 1, варіант 1 – Колінчастий вал (чавун ВЧ700–2) автомобіля ЗАЗ–1102



Інд. завдання 1, варіант 2 – Гільза (чавун СЧ24) компресора 2ФВ



Інд. завдання 1, варіант 3 – Шатун (сталь 45 Г2) автомобіля ВАЗ–2108


Література: [1]

Лабораторна робота 2. Використання в SW Simulation аналізу моделі методом скінченних елементів для економії матеріалу деталі

Мета: визначення власних властивостей матеріалу в SolidWorks. Зміна геометрії конструкції для економії матеріалу.

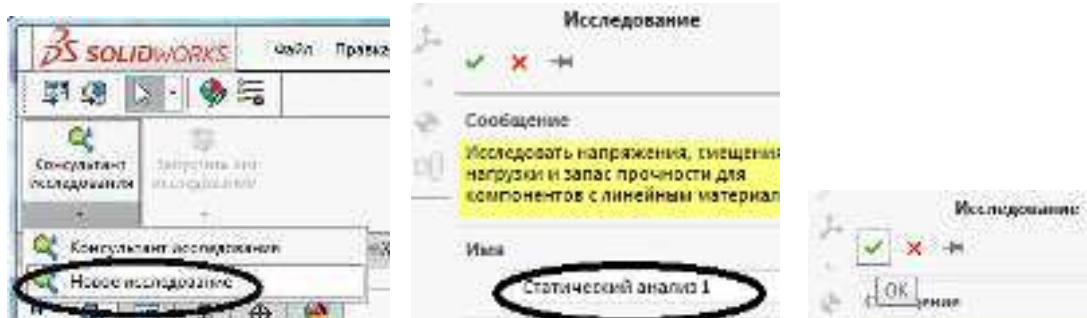
Методичні вказівки

Відкрити файл деталі рукоятки управління.

 <p>Использование анализа для сохранения материала</p> <p>В данном упражнении объектом изучения стали:</p> <ul style="list-style-type: none"> • формирование табличных записей колесиков в SolidWorks; • установка начальных ограничений для сохранения геометрии. <p>Целевые управленческие функции в SolidWorks открываются и их использование описано в курсе «Специализация».</p> <p>Модель: </p> <p>Примечание: модель имеет размер 4000x10x10 мм.</p>	<p>У вікні Обзор SOLIDWORKS SimulationXpress вибрати Использование анализа для сохранения материала і вибрати Открытие детали рукоятки управления:</p> <p>Предыдущая тема: Понимание использования и применения анализа в SolidWorks</p> <p>Следующая тема: Таблицы данных, таблицы в SolidWorks</p> <p>Рукоятка управління фіксується у великому отворі, а сила прикладається у малому отворі.</p>
	<p>Открытие детали рукоятки управления</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Нажать на  для открытия файла: <code>скачать_управляющую_рукоятку\solidworks\скачать_управляющую_рукоятку.ktd</code>. 2. Вбить в Файл - Создать как и сохранить файл (удерживая нажатием клавишу Shift) в папке. Это позволит сразу использовать новый файл. <p>Предыдущая тема: Использование ячеек для сохранения материала</p> <p>Следующая тема: Понимание использования и применения анализа в SolidWorks</p>

Виконати наступні дії:

– вибрати параметри аналізу напруженого стану деталі МСЕ:



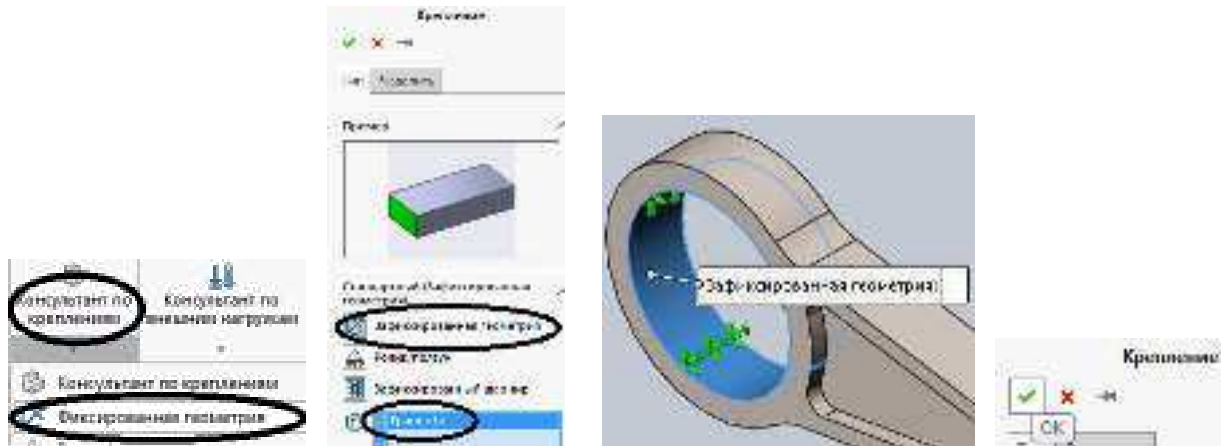
The image shows the 'Исследование' (Study) dialog box in SolidWorks Simulation. The 'Сообщение' (Message) field contains the text: 'Исследовать напряжения, смещения, нагрузки и запас прочности для компонентов с линейным материалом' (Study stresses, displacements, loads and safety factor for components with linear material). The 'Имя' (Name) field is set to 'Статический анализ 1' (Static Analysis 1). The 'Исследовать' (Study) button is highlighted.

– призначити матеріал деталі:

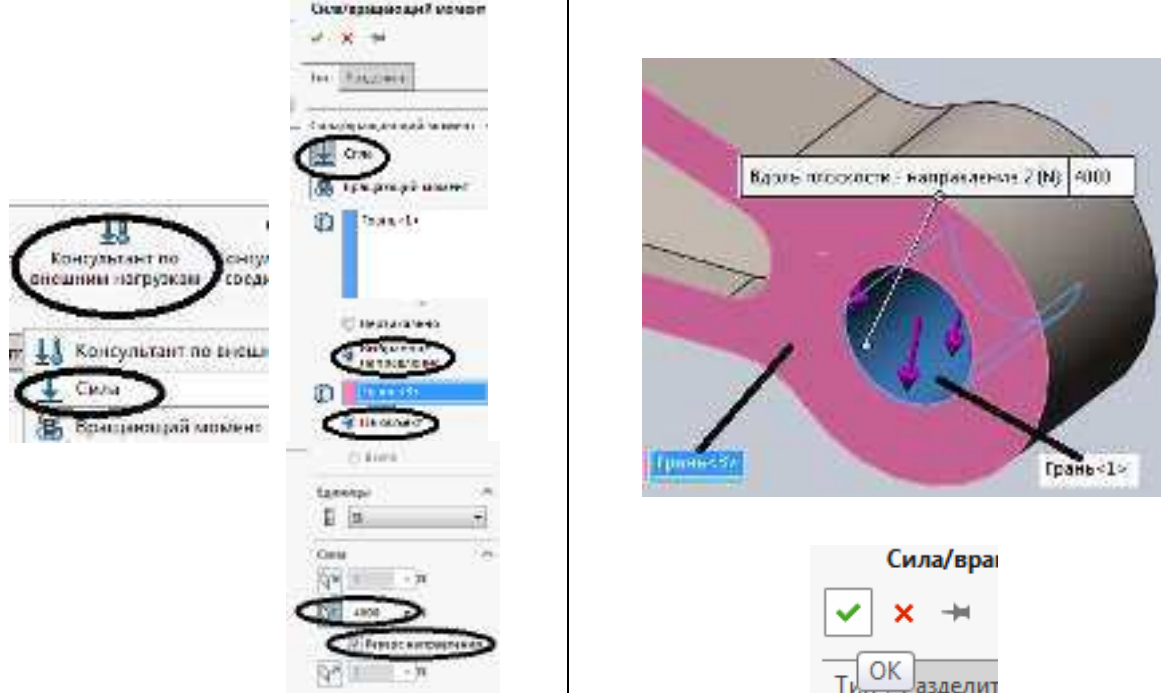


The image shows the material assignment process in SolidWorks Simulation. The 'Материалы' (Materials) dialog box is open, showing a list of materials. The 'Статический анализ 1' (Static Analysis 1) study is selected. The 'Материал' (Material) field is set to 'Steel'.

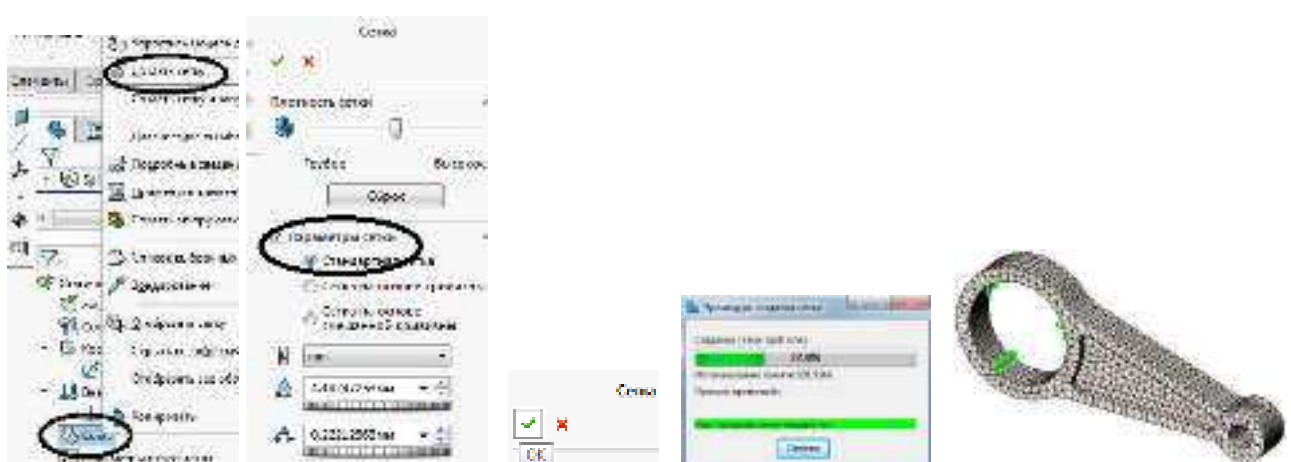
– застосувати обмеження для розрахунку деталей МСЕ:



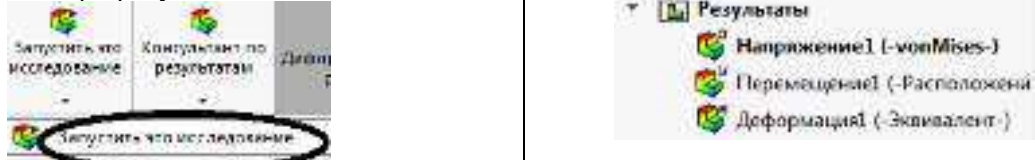
– прикласти навантаження до певних площин, граней чи елементів деталі:



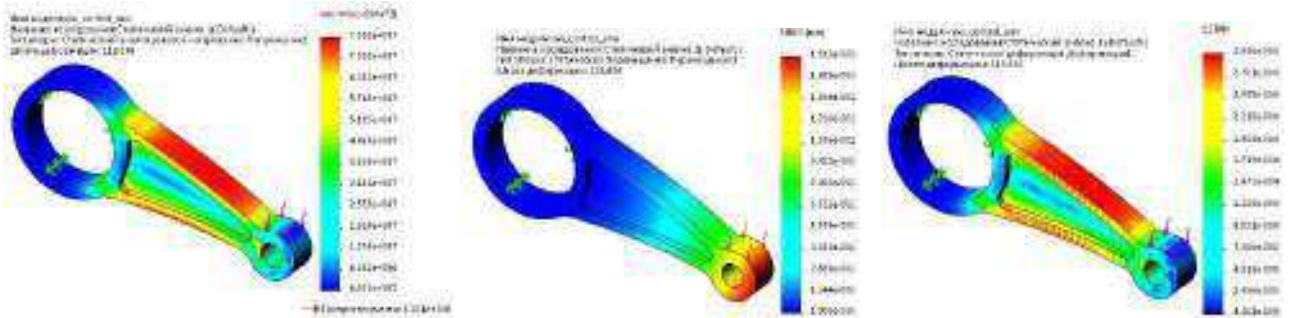
– провести аналіз моделі та процес створення сітки МСЕ:



– запустити програму для активного дослідження:



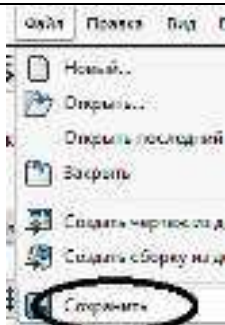
– провести аналіз розрахунків напруженого стану зміненої деталі (епюри еквівалентних напружень; епюри результуючого переміщення; деформованої форми моделі):



– розрахувати запас міцності:



На першому екрані вкладки **Результаты** відображається мінімальний запас міцності моделі, який дорівнює 8.102 при вказаному навантаженні та обмеженні. Це означає, що SW Simulation не припускає руйнування моделі при вказаних обмеженнях і навантаженні.

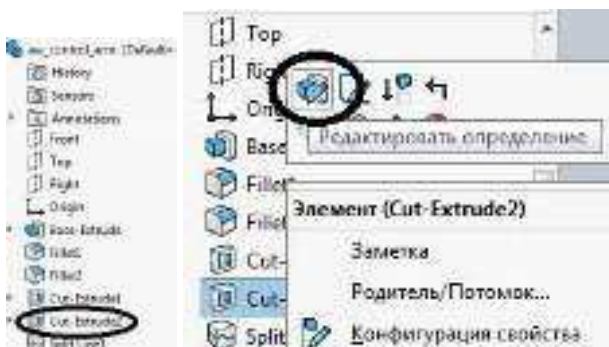


Зберегти сеанс аналізу:
– у вікні **Файл** вибрати кнопку **Сохранить**.

Дослідження розподілу запасу міцності показує, що можна вилучити матеріал з областей з високими значеннями запасу міцності без порушення запасу міцності деталі.

Вилучення матеріалу з деталі

У цьому розділі вилучається матеріал з рукоятки управління шляхом редагування визначення елемента **Cut-Extrude1 (Вырез-Вытянуть1)**:



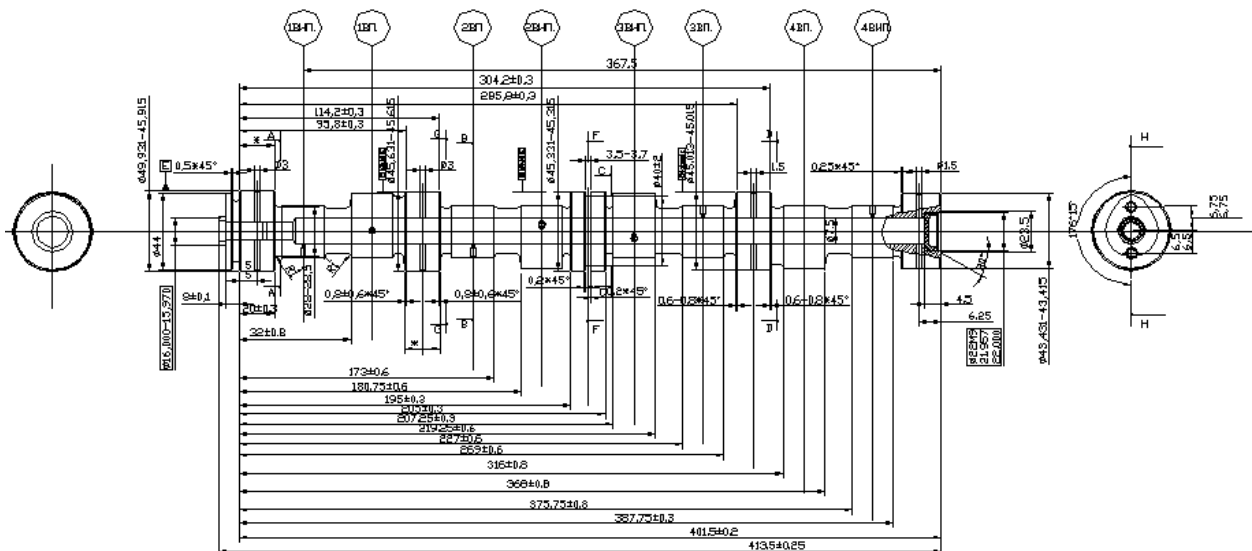
– у дереві конструювання FeatureManager правою кнопкою миші натиснути на елемент **Cut-Extrude2 (Вырез-Вытянуть2)** і вибрати **Редактировать определение** (з'явиться діалогове вікно **Cut-Extrude2 (Вырез-Вытянуть2)** PropertyManager (Менеджера властивостей))

	<ul style="list-style-type: none"> – у вікні групи Направление 1 вибрати Насквозь; – натиснути ОК (відобразиться змінена деталь).
--	--

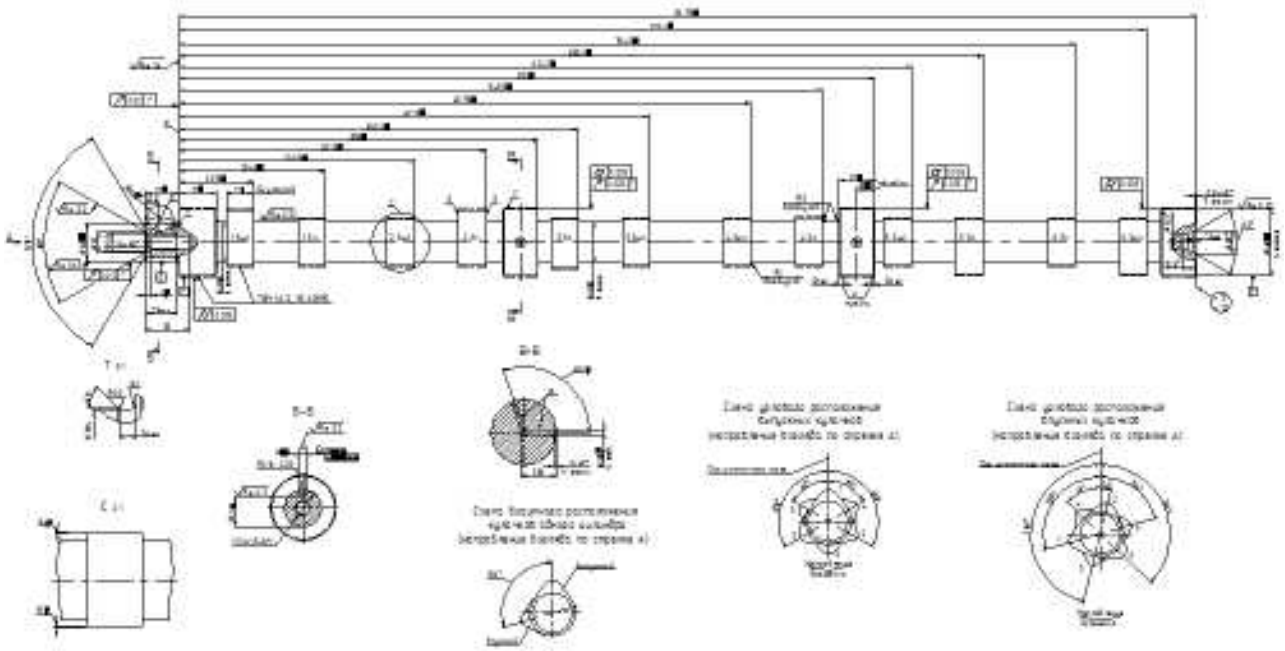
Аналіз зміненої деталі

<p>Запустити програму для активного дослідження:</p>	<p>Запас міцності зміненої моделі – 1.854:</p>				
	<p>Зберегти сеанс аналізу:</p> <ul style="list-style-type: none"> – у вікні Файл вибрати кнопку Сохранить как; – змінити назву файлу: <table border="1" data-bbox="877 1108 1284 1220"> <tr> <td>Имя файла:</td> <td>aw_control_arm1</td> </tr> <tr> <td>Тип файла:</td> <td>Деталь (*.prt;*.sldprt)</td> </tr> </table> <p>Для завершення сеансу SW Simulation: – натиснути кнопку Закерить.</p>	Имя файла:	aw_control_arm1	Тип файла:	Деталь (*.prt;*.sldprt)
Имя файла:	aw_control_arm1				
Тип файла:	Деталь (*.prt;*.sldprt)				

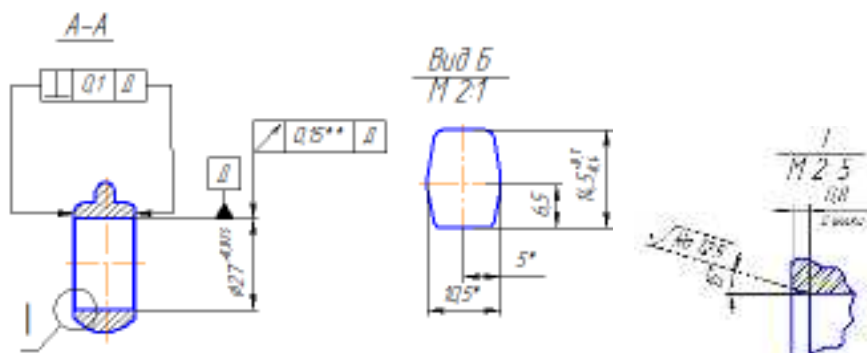
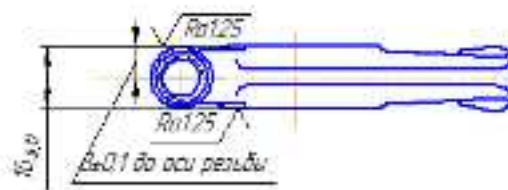
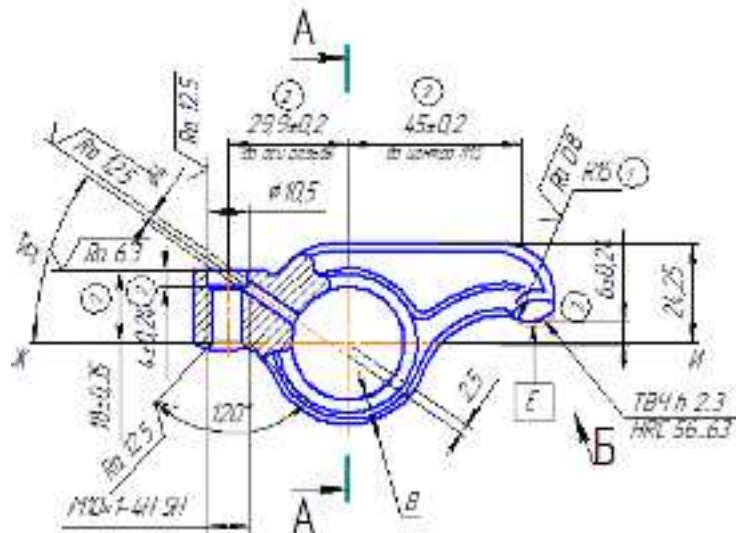
Індивідуальне завдання 2. Розрахунок в SW Simulation деталей механізмів газорозподілу



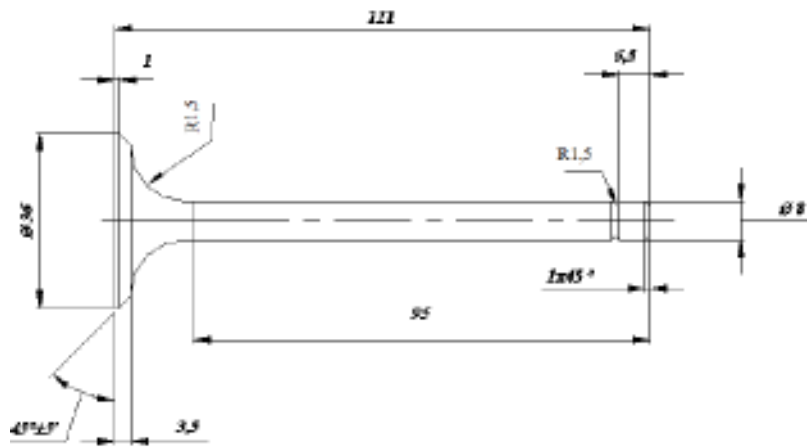
Інд. завдання 2, варіант 1 – Вал розподільний (чавун ВЧ60-2) автомобіля ВАЗ-2108



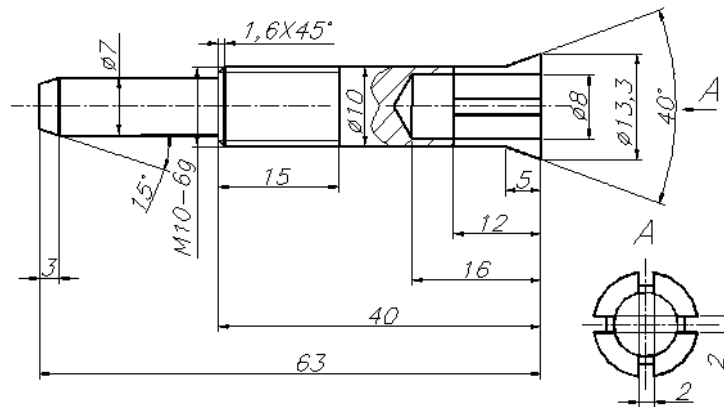
Інд. завдання 2, варіант 2 – Вал розподільний (сталь 45) двигуна Д260



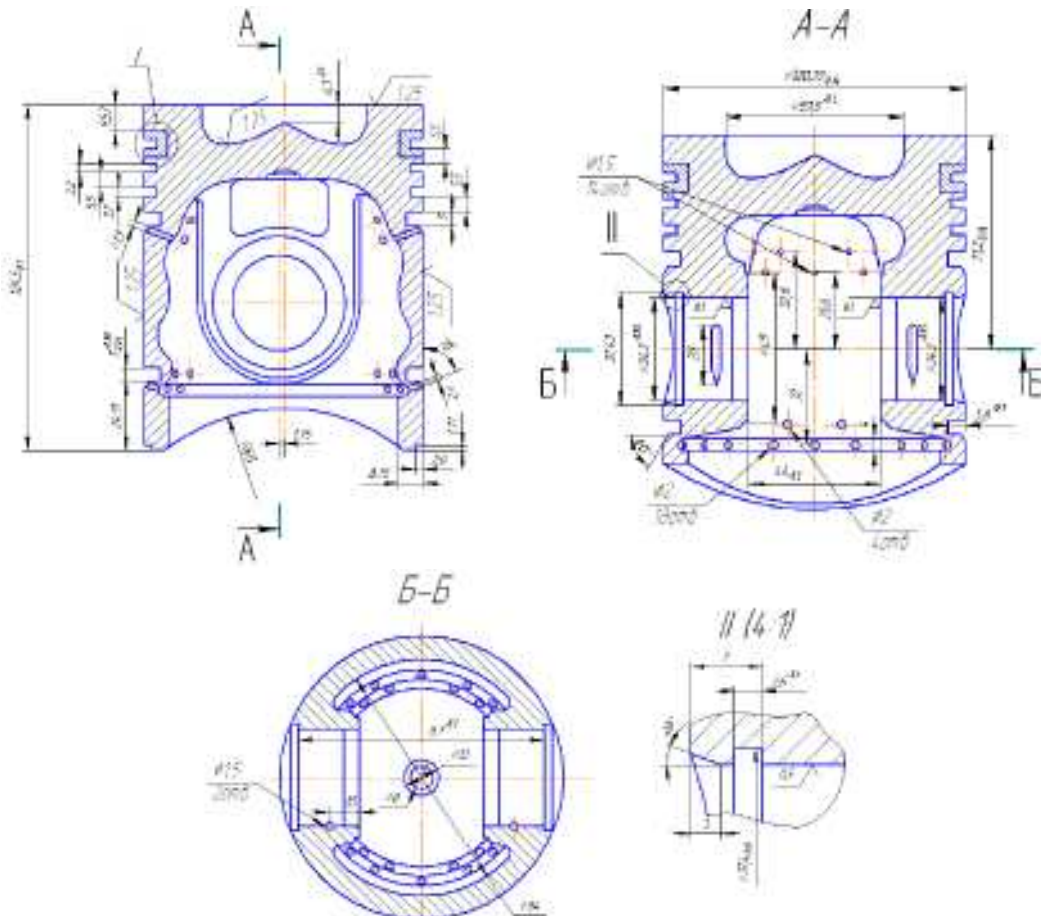
Інд. завдання 2, варіант 3 – Коромисло (сталь 45) головки блока циліндрів автомобіля КамАЗ



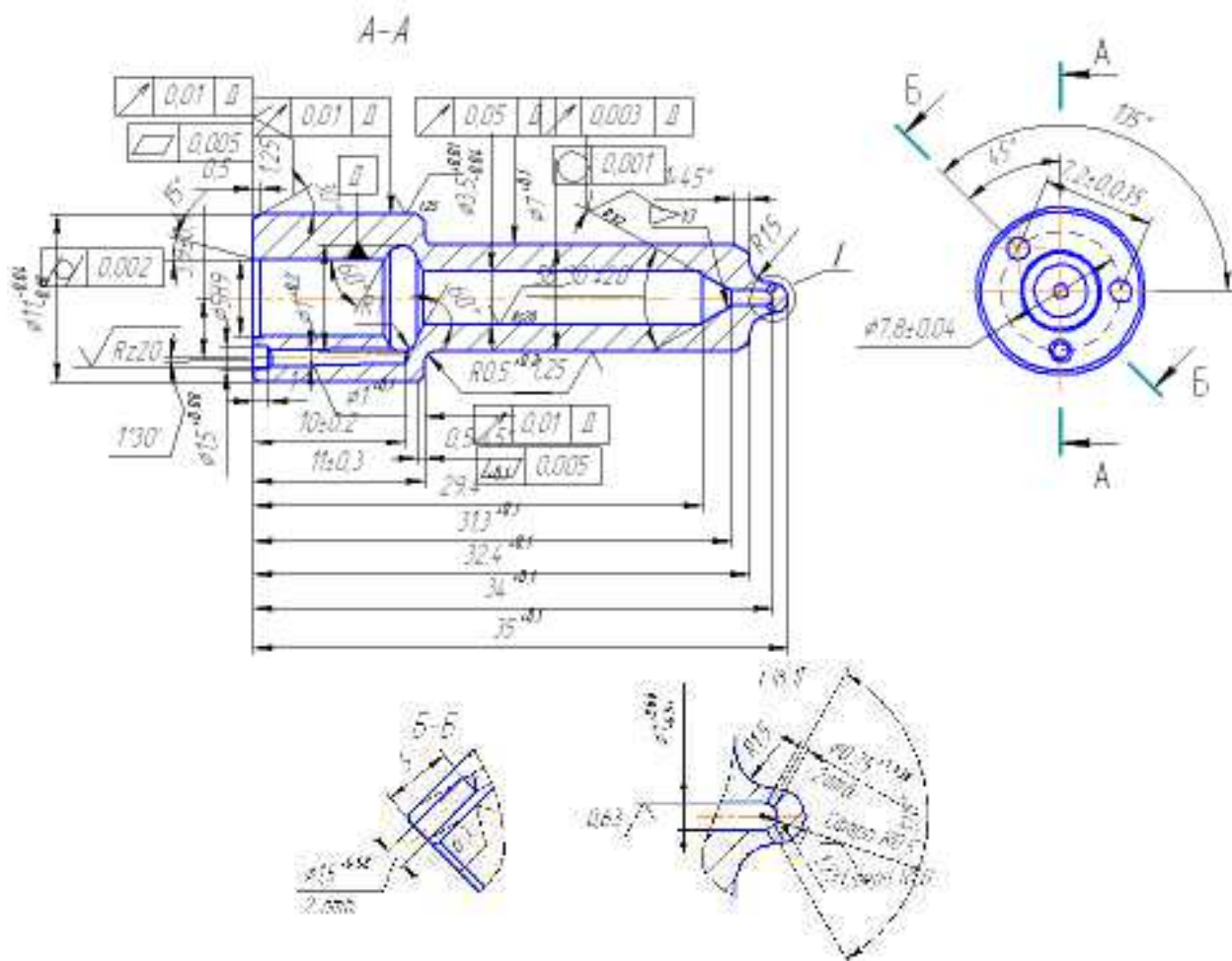
Інд. завдання 2, варіант 4 – Клапан (сталь 40ХНМА) ГРМ автомобіля ВАЗ–2108



Інд. завдання 2, варіант 5 – Захват (сталь 45) пристосування для притирання клапанів



Інд. завдання 2, варіант 6 – Поршень (сплав Al30) турбокомпресора автомобіля ГАЗ–3201



Інд. завдання 2, варіант 7 – Розпилювач (сталь 18Х2Н4М) форсунки турбокомпресора автомобіля ГАЗ–3201

Література: [2]

Лабораторна робота 3.

Визначення максимальної сили, яку може витримати анкерна плита, з передбаченням коефіцієнта запасу міцності $k = 3,0$

Мета: визначити максимальну силу, яку може витримати анкерна плита, з передбаченням коефіцієнта запасу міцності $k = 3,0$.

Методичні вказівки

Відкрити файл деталі анкерної плити:

Открытие детали и назначения материала

Откройте деталь и файл назначения материала на бесплатной платформе AutoCAD.

Обратите внимание на следующие шаги:

1. Щелкните здесь для открытия файла Tutor1.SLDPRT (или перейдите к файлу Simulation_install_dir\Examples\Tutor1.SLDPRT)
2. Нажмите на кнопку назначения материала для назначения материала для детали.
3. Нажмите на кнопку назначения материала для назначения материала для детали.
4. Нажмите на кнопку назначения материала для назначения материала для детали.

1. Щелкните здесь для открытия файла Tutor1.SLDPRT (или перейдите к файлу Simulation_install_dir\Examples\Tutor1.SLDPRT)



Виконати наступні дії:

– вибрати параметри аналізу напруженого стану деталі МСЕ:

Исследование

Сообщение

Исследовать напряжения, смещения, нагрузки и запас прочности для компонентов с линейным материалом

Или

Статический анализ

OK

– назначити матеріал деталі:

Материалы

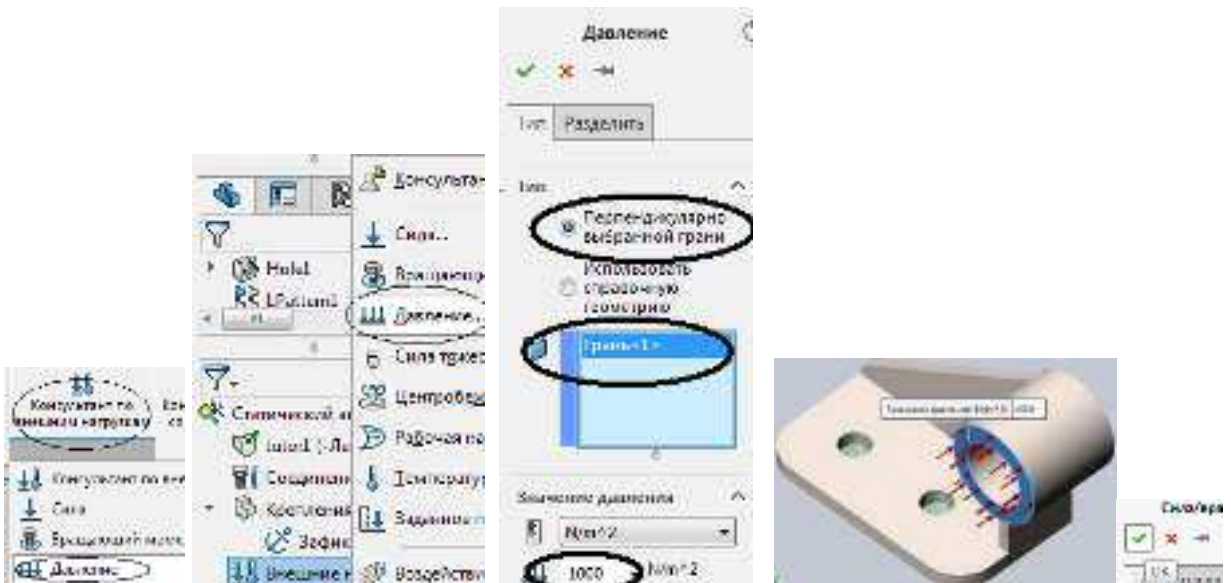
Материал: Сталь

OK

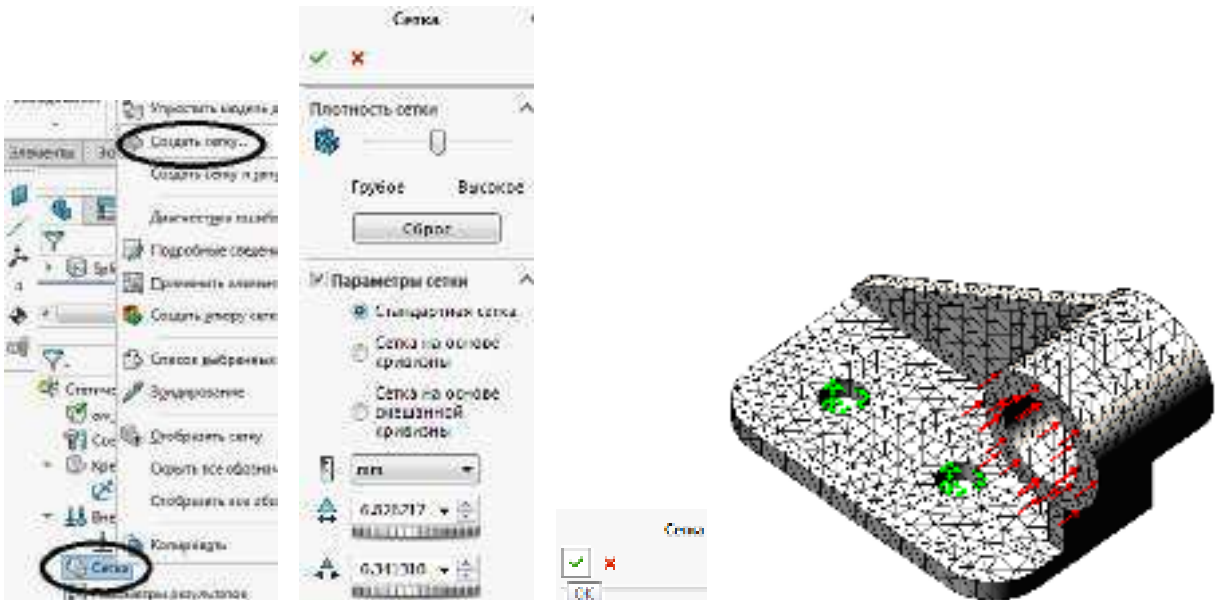
– застосувати обмеження для розрахунку деталі МСЕ:



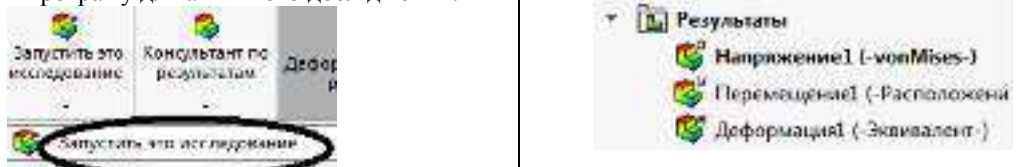
– прикласти навантаження до певних площин, граней чи елементів деталі:



– провести аналіз моделі і процес створення сітки МСЕ:



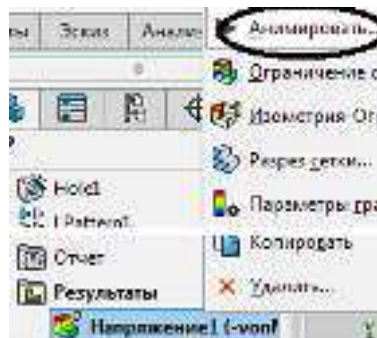
– запустити програму для активного дослідження:



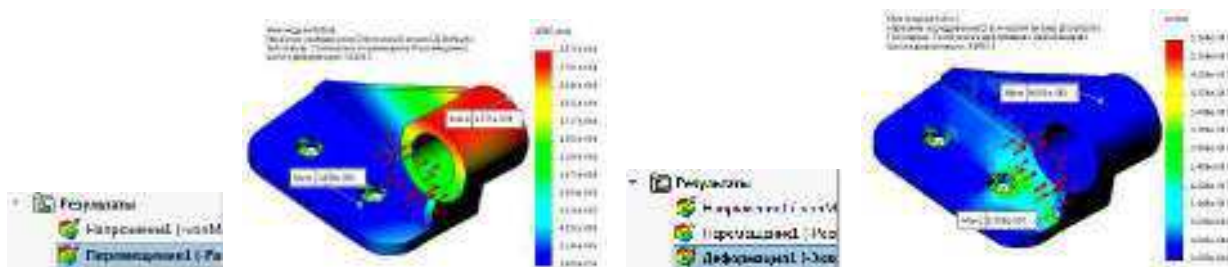
– провести аналіз розрахунків напруженого стану зміненої деталі (епюри еквівалентних напружень):



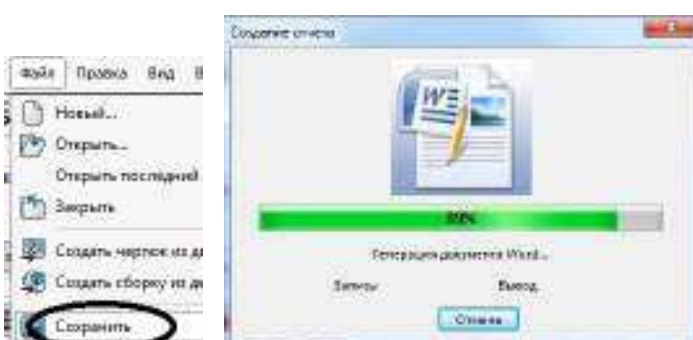
– анімувати епюру:



– провести аналіз розрахунків напруженого стану зміненої деталі (епюри результуючого переміщення; деформованої форми моделі):



– розрахувати запас міцності;



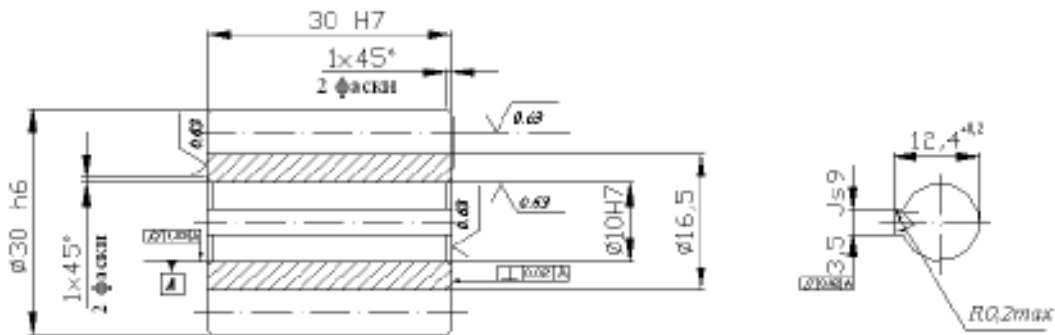
Зберегти сеанс аналізу:
– у вікні **Файл** вибрати кнопку **Сохранить**.

Визначити максимальну силу, яку може витримати анкерна плита, з передбаченням коефіцієнта запасу міцності $k = 3,0$.

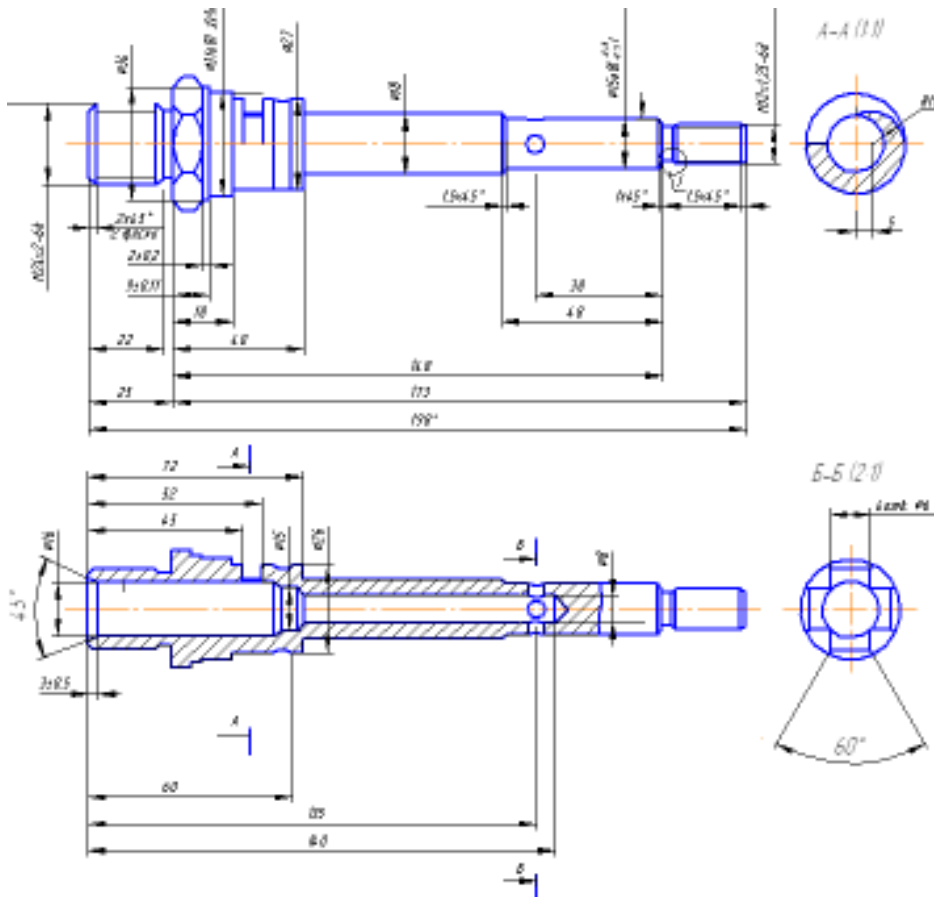
После выполнения анализа программа отображает минимальный запас прочности. Допустим, что это значение - 10. Это означает, что анкерная плита начнет деформироваться при изменении величины силы F на 10% . С учетом запаса прочности 3,0 максимальное усилие, которое способна выдержать анкерная плита, составляет $m \cdot F / 3,0$.

In normal working conditions, the force on the anchor plate is induced by a force applied to the handle. С практической точки зрения более важен вопрос, какую максимальную силу, не вызывающую деформаций, можно приложить к рукоятке. SimulationXpress не может правильно ответить на этот вопрос, так как не поддерживает анализ сборок. Когда деталь анализируется вне сборки, трудно описать нагрузку и соответствующие условия опор. SOLIDWORKS Simulation поддерживает анализ сборок, что позволяет вам проанализировать всю сборку, приложив силу к рукоятке.

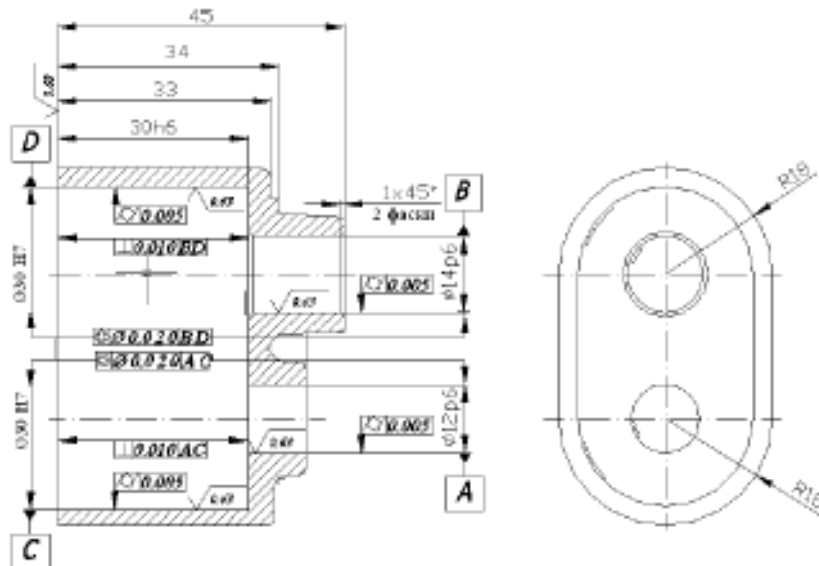
Індивідуальне завдання 3. Розрахунок в SW Simulation деталей систем змащування та охолодження ДВЗ, паливних систем



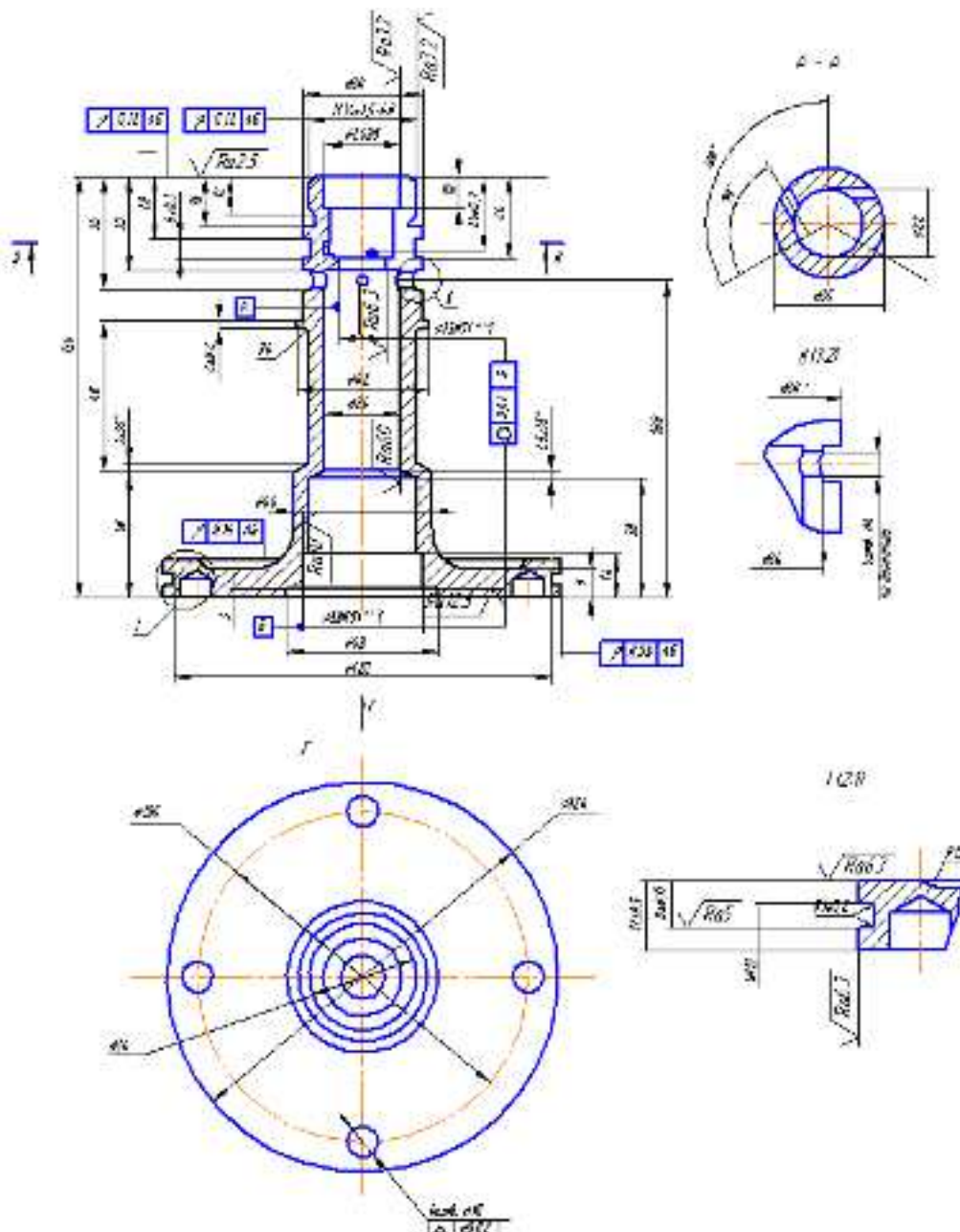
Інд. завдання 3, варіант 1 – Шестірня (сталь 40Х) масляного насоса двигуна Д-240 (модуль нормальний $m = 3$ мм, кількість зубів $z = 8$, дільний діаметр $d = 24$ мм)



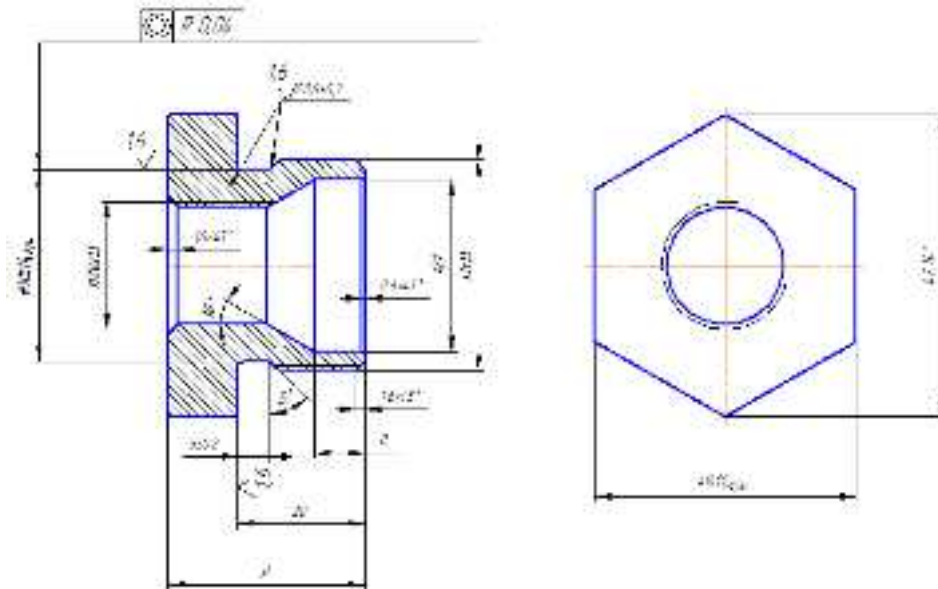
Інд. завдання 3, варіант 2 – Вісь ротора (сталь Ст 5) теплообмінника системи змащування двигуна СМД-31



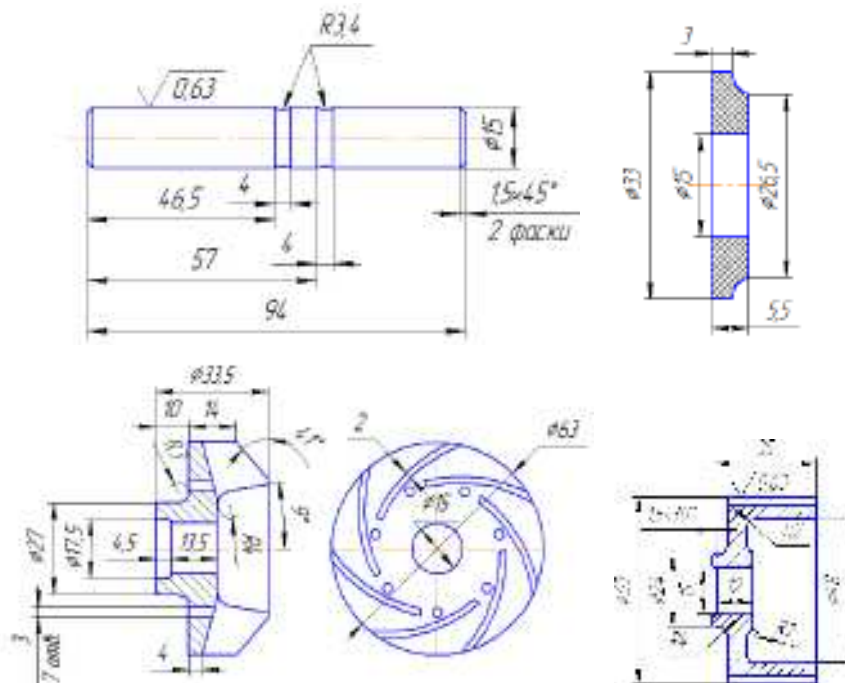
Інд. завдання 3, варіант 3 – Корпус (сплав АЛ13) масляного насоса двигуна Д-240



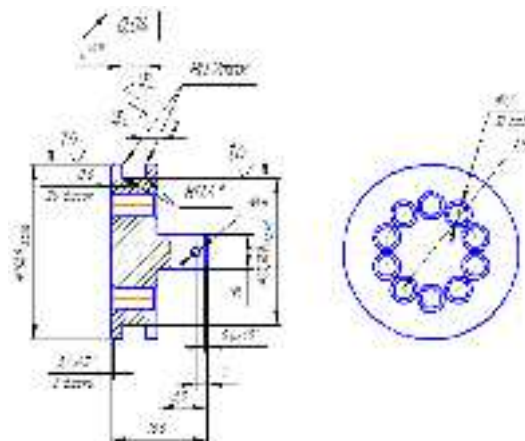
Інд. завдання 3, варіант 4 – Корпус ротора (сплав АЛ4) теплообмінника системи змащування двигуна СМД-31



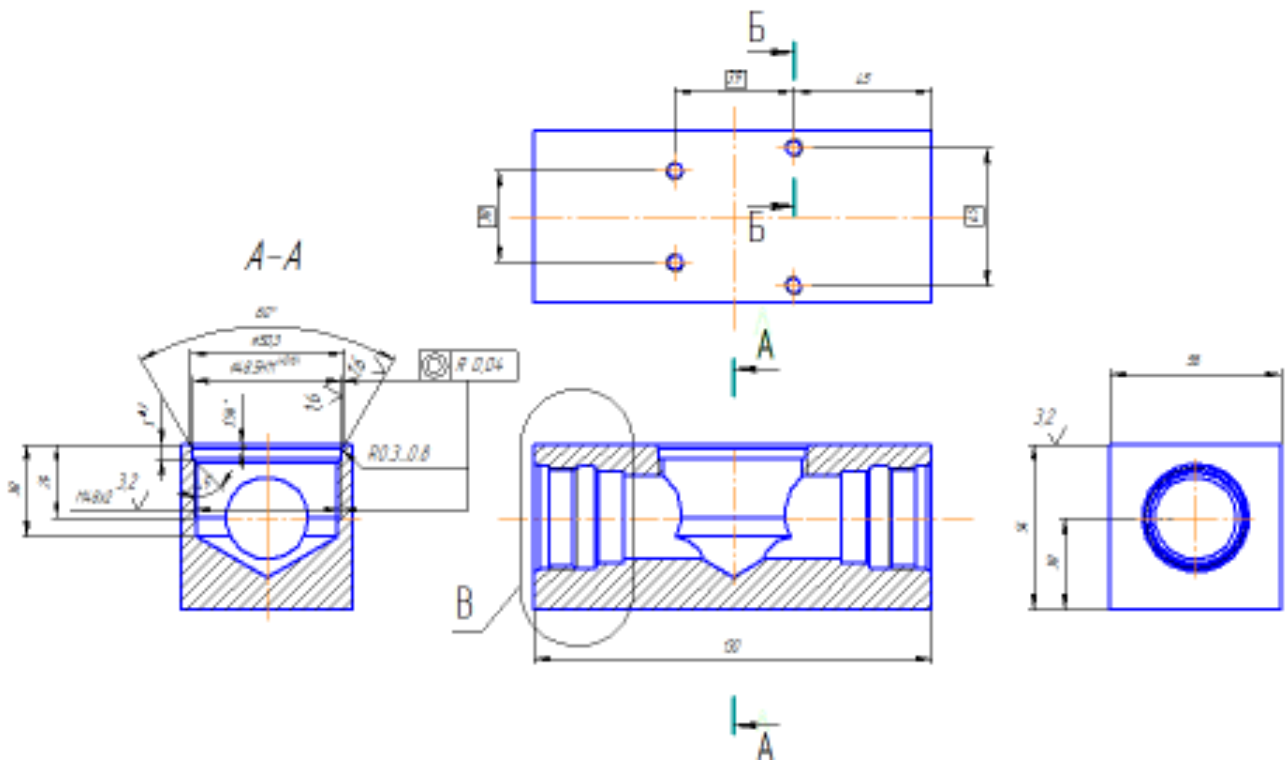
Інд. завдання 3, варіант 5 – Прохідник (сталь 35) паливного ручного насоса автомобіля КрАЗ



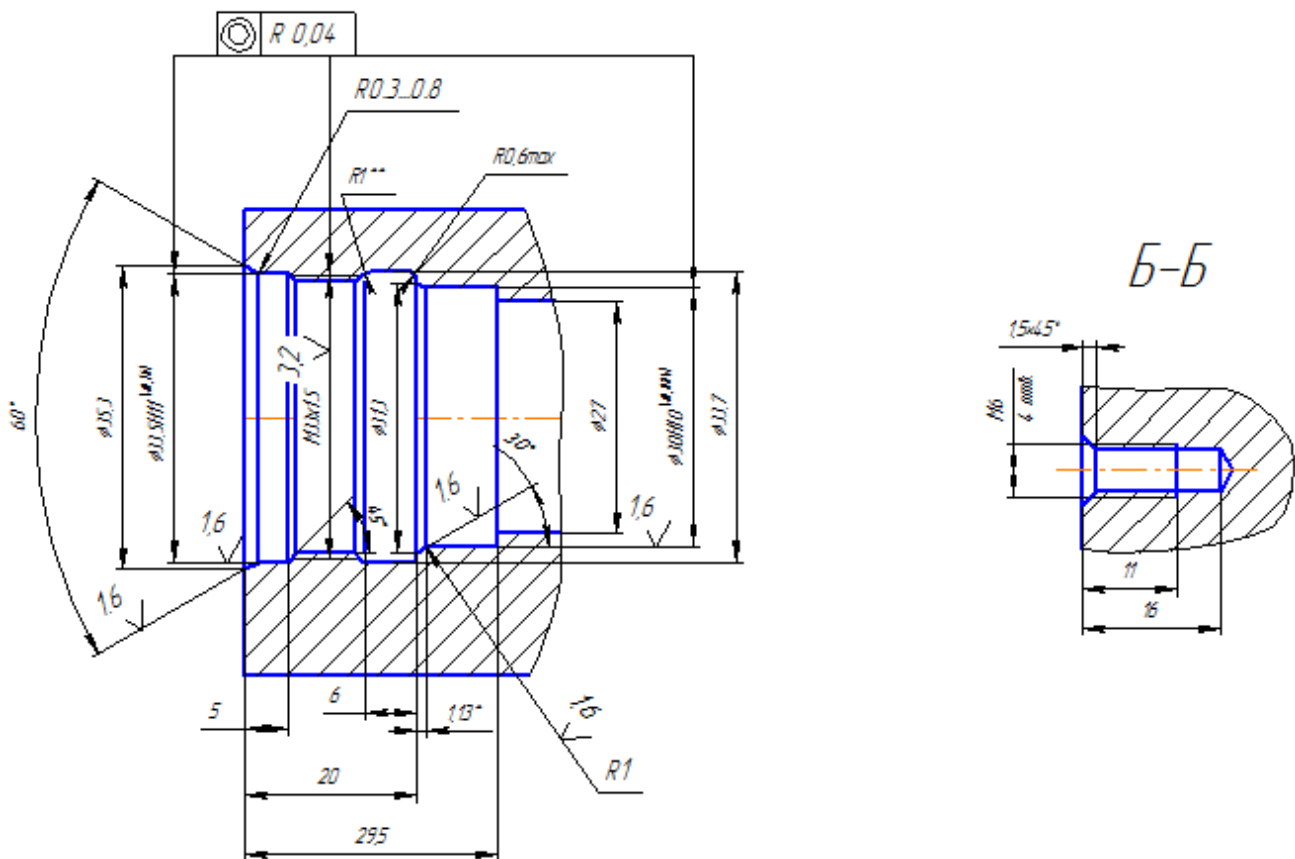
Інд. завдання 3, варіант 6 – Вал підшипника (сталь 40), упорне ущільнююче кільце сальника (гума), крильчатка (сплав АЛ4), шків зубчастий (сталь 40) водяного насоса автомобіля ВАЗ–2108



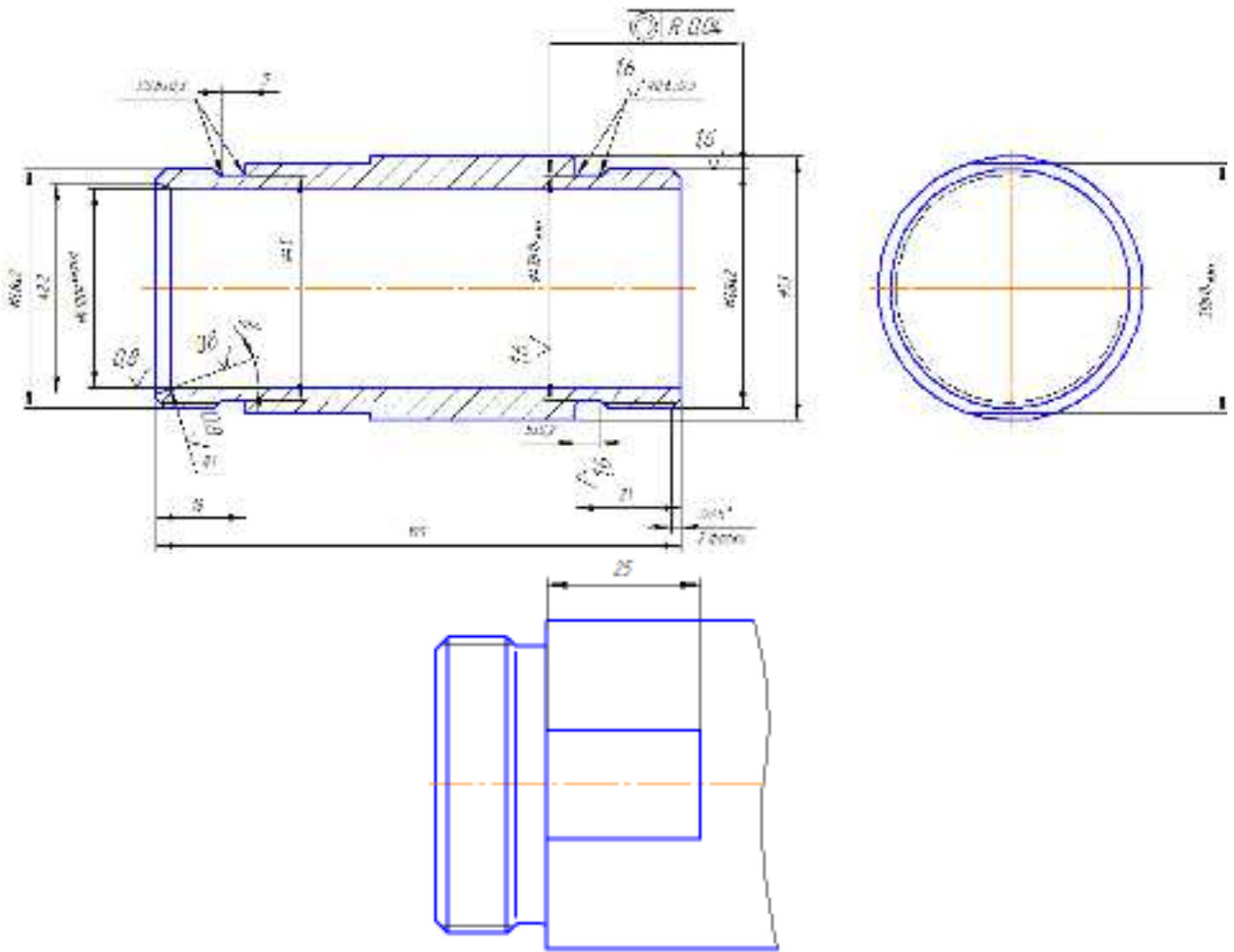
Інд. завдання 3, варіант 7 – Пробка (сталь 35) паливного ручного насоса автомобіля КрАЗ



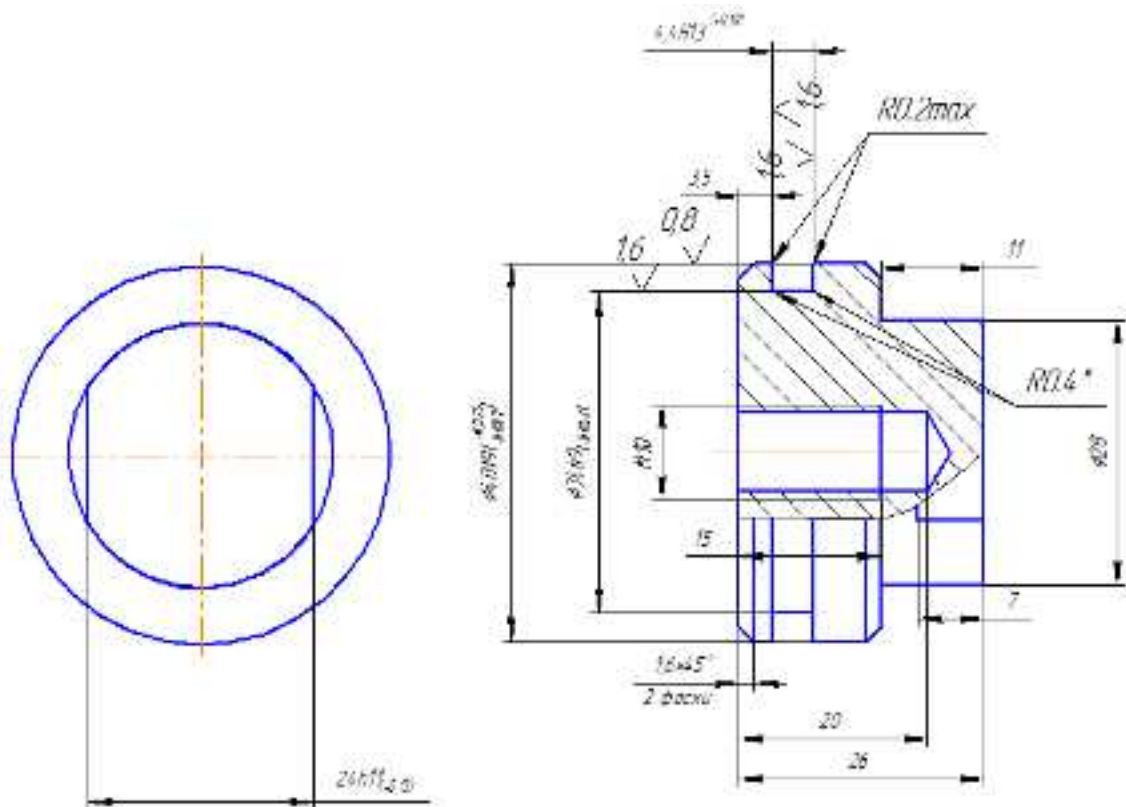
B(2 місця)



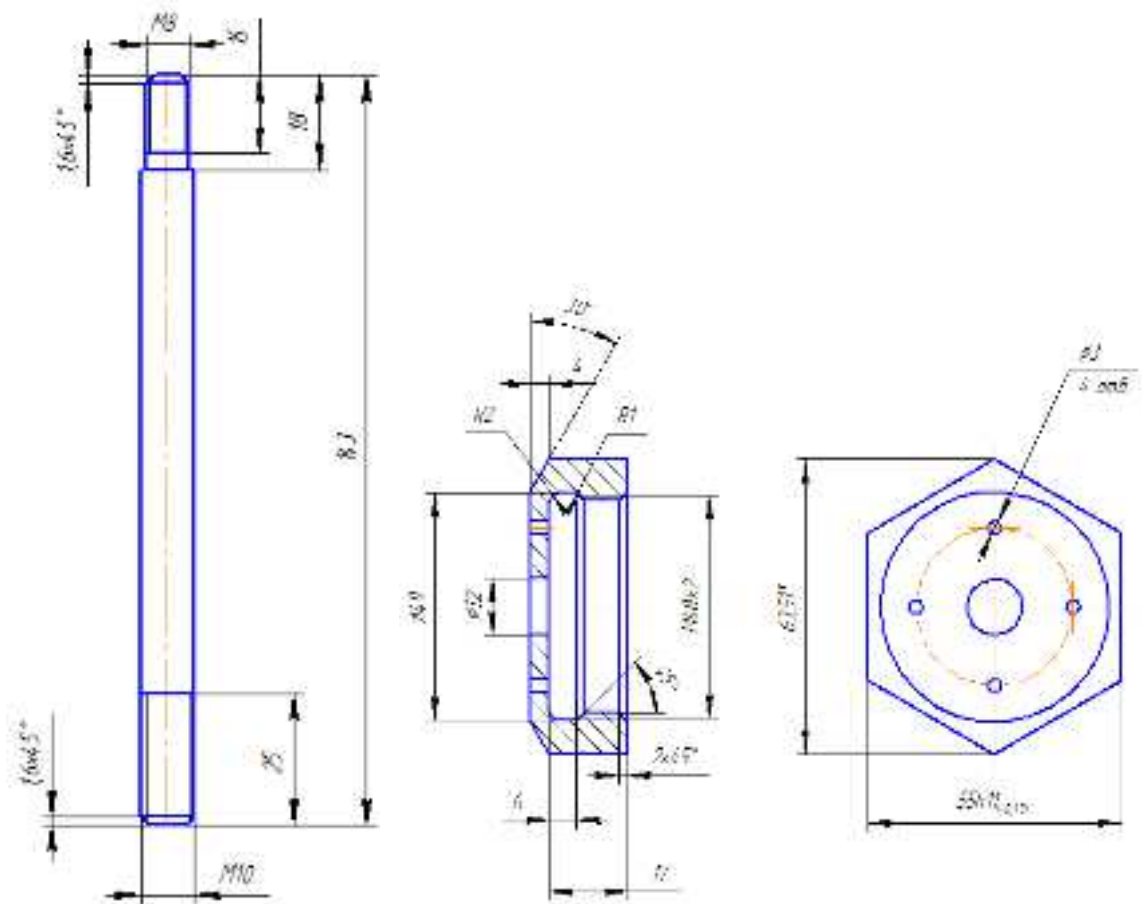
Інд. завдання 3, варіант 8 – Корпус (сталь 40Х) паливного ручного насоса автомобіля КраЗ



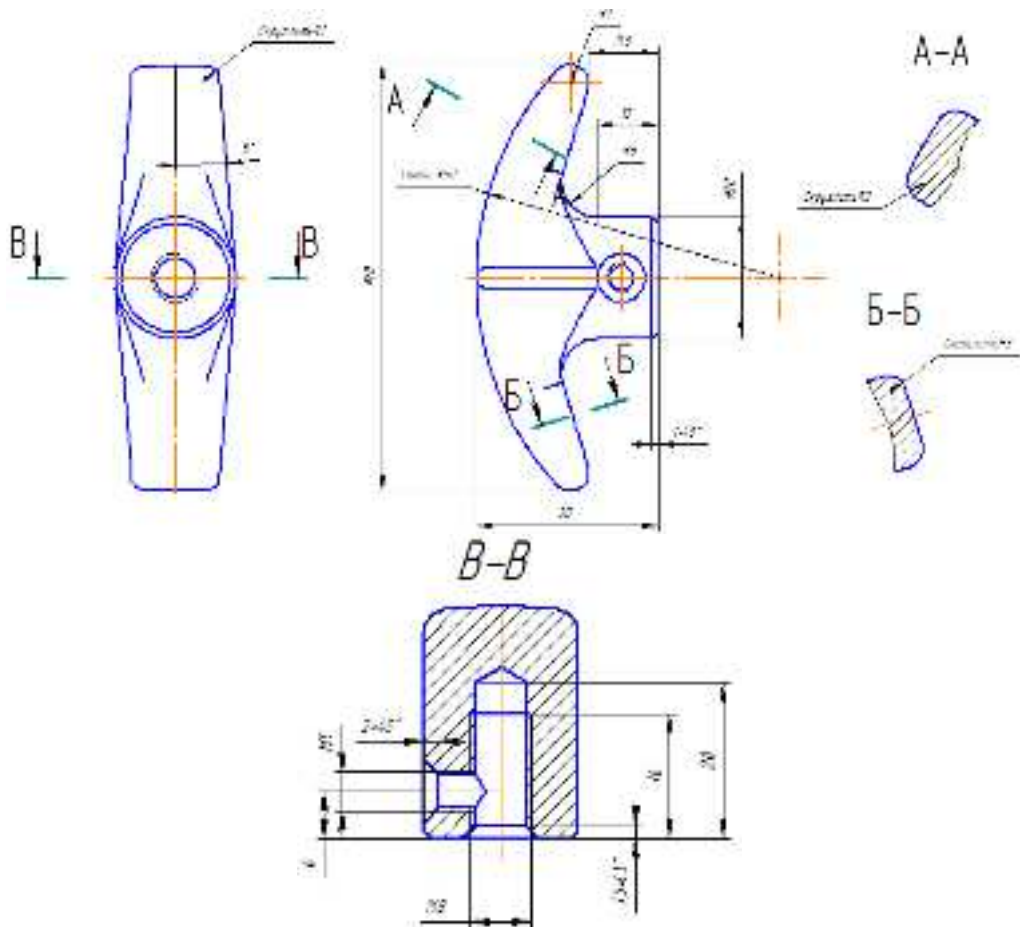
Інд. завдання 3, варіант 9 – Стакан (сталь 40Х) паливного ручного насоса автомобіля КрАЗ



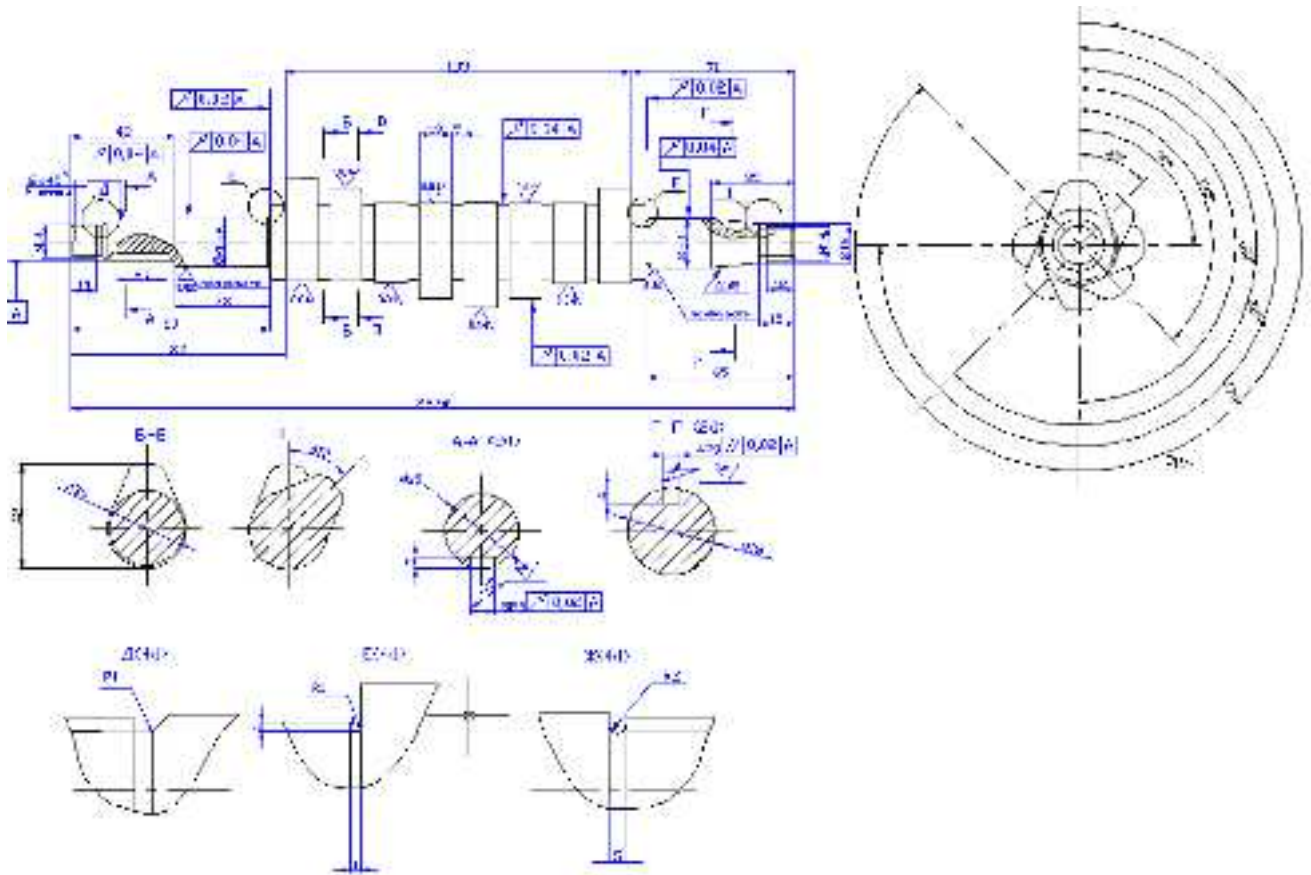
Інд. завдання 3, варіант 10 – Юбка (сталь 35) паливного ручного насоса автомобіля КрАЗ



Інд. завдання 3, варіант 11 – Шток і кришка (сталь 35) паливного ручного насоса автомобіля КраЗ



Інд. завдання 3, варіант 12 – Ручка (сталь 35) паливного ручного насоса автомобіля КраЗ



Інд. завдання 3, варіант 13 – Вал кулачковий (сталь 45) паливного насоса високого тиску автомобіля КамАЗ–740.10

Література: [3]

Лабораторна робота 4. Аналіз в SW Simulation напруженого стану хрестовини із застосуванням вилучення обмежень

Мета: на моделі хрестовини провести вивчення основних кроків аналізу проектних рішень, оцінити міцність конструкції і точність результатів, задокументувати проект.

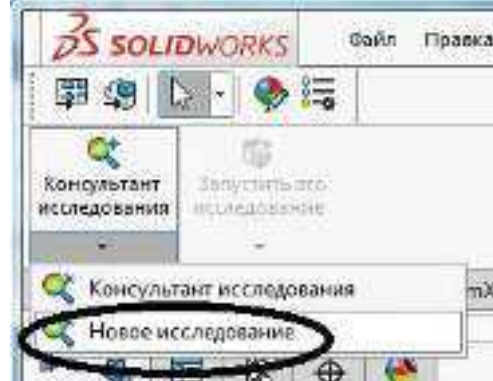
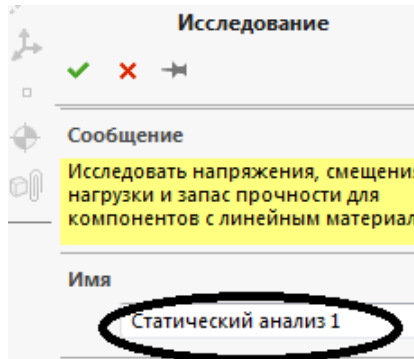
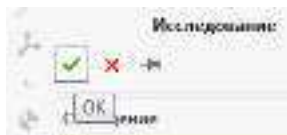
Методичні вказівки

Відкрити файл деталі хрестовини:




	<p>Хрестовина виготовлена з легованої сталі. Сила прикладається до грані центрального отвору. Деталь може мати декілька обмежувачих сценаріїв. З урахуванням запасу міцності 2.0 необхідно визначити максимальне зусилля, яке здатна витримати хрестовина, якщо зафіксовані:</p> <ol style="list-style-type: none"> а) всі зовнішні отвори; б) два зовнішні отвори; в) тільки один зовнішній отвір. <p>Нажмите здесь  чтобы открыть aw_spider.sldprt (или перейдите в командной строке к папке (\матрикс\пидор\1\сольвокарпек\aw_spider.sldprt).</p> <p>Вибрати Файл, Сохранить как і зберегти файл деталі з ім'ям aw_spider_Test1.SLDPRT (це дозволить знову використовувати оригінальний файл).</p>
--	--

Виконати наступні дії:

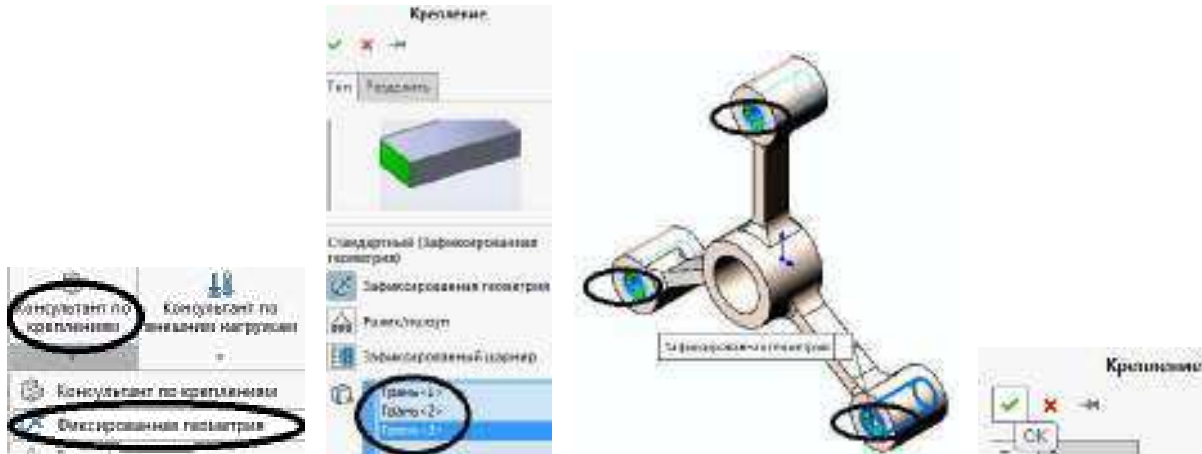
– вибрати параметри аналізу напруженого стану деталі МСЕ:

		
---	--	---

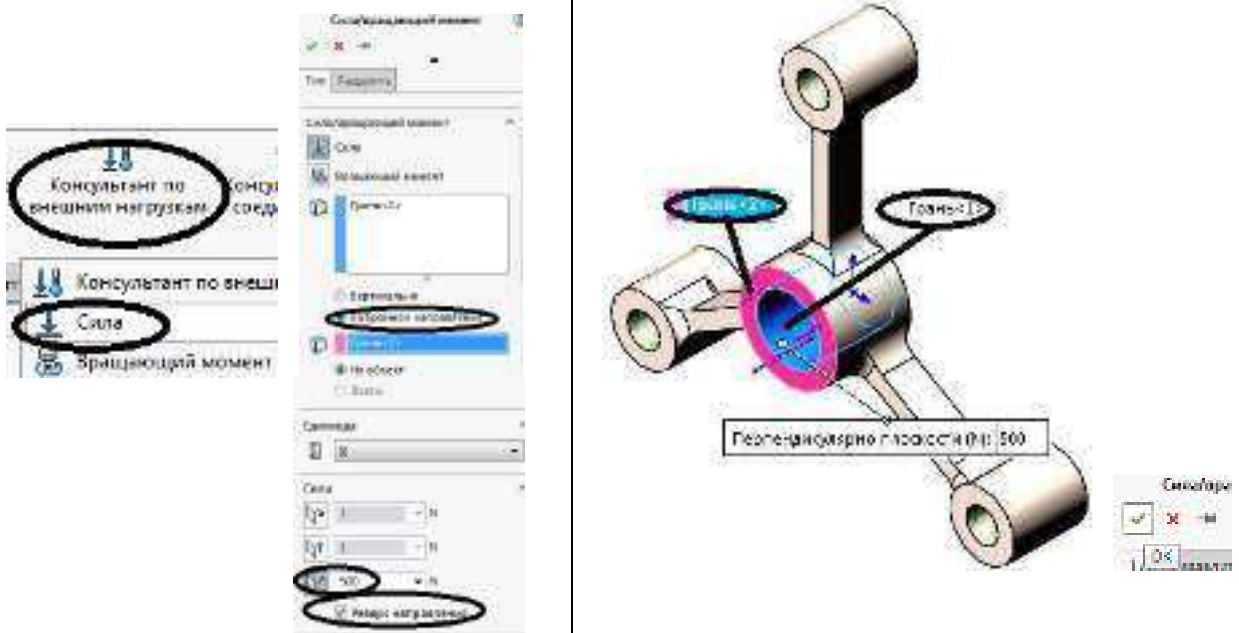
– призначити матеріал деталі:

		
---	--	---

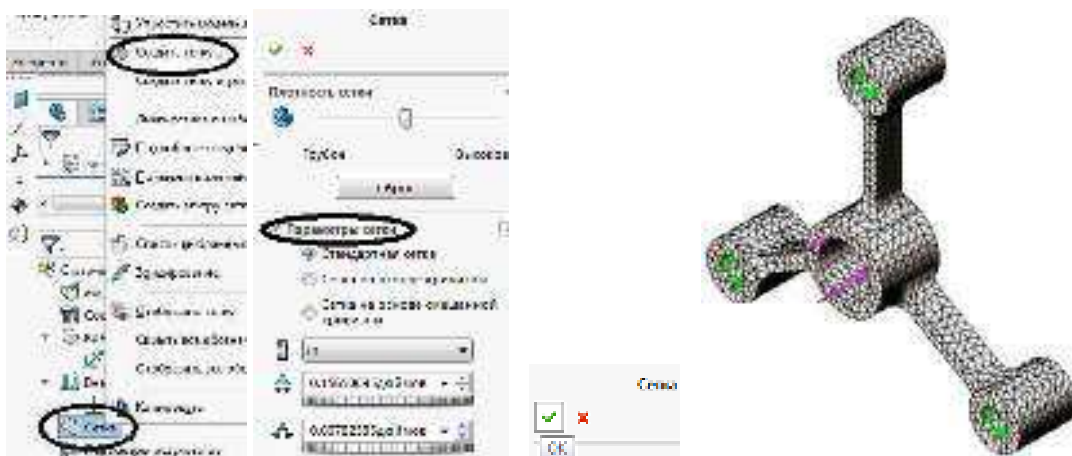
– застосувати обмеження для розрахунку деталі МСЕ:



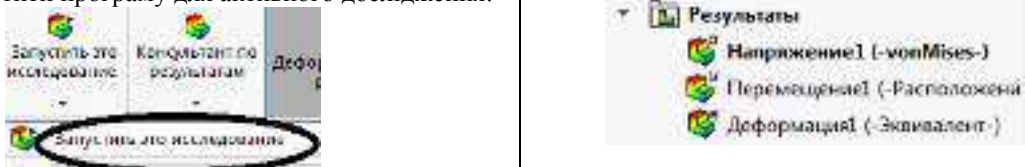
– прикласти навантаження до певних площин, граней чи елементів деталі:



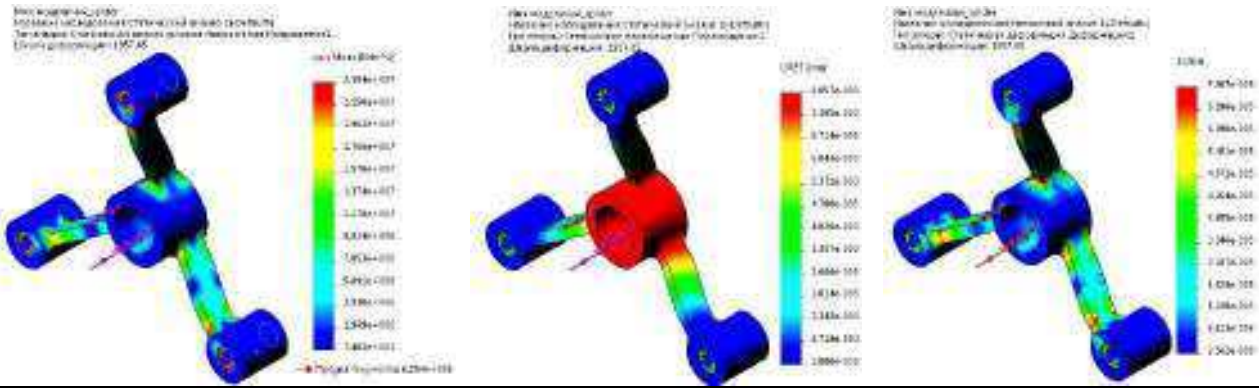
– провести анализ модели и процесс створення сітки МСЕ:



– запустить программу для активного исследования:



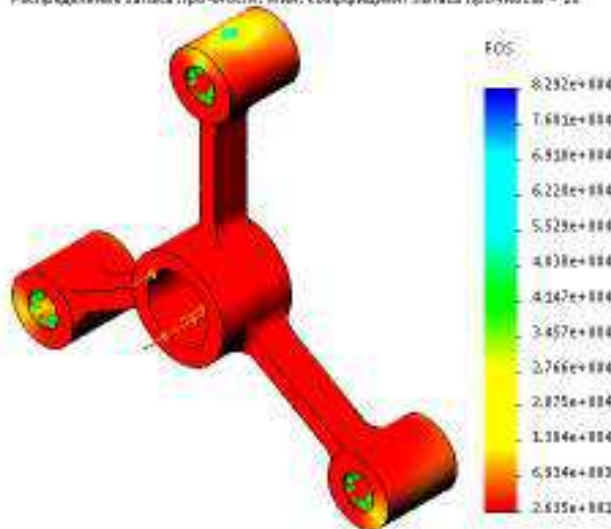
– провести аналіз розрахунків напруженого стану зміненої деталі (епюри еквівалентних напружень; епюри результуючого переміщення; деформованої форми моделі):



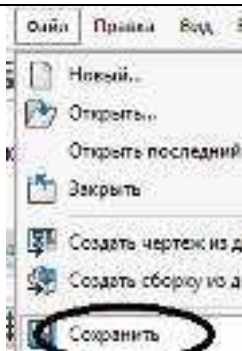
– розрахувати запас міцності:



Меню моделі: аналіз
 Названня дослідження: Статистичний аналіз II-Default
 Тип аналізу: Запас міцності: Запас міцності1
 Критерій: АБТО
 Розподілене запас міцності: Меню, коефіцієнт запаса міцності = 26



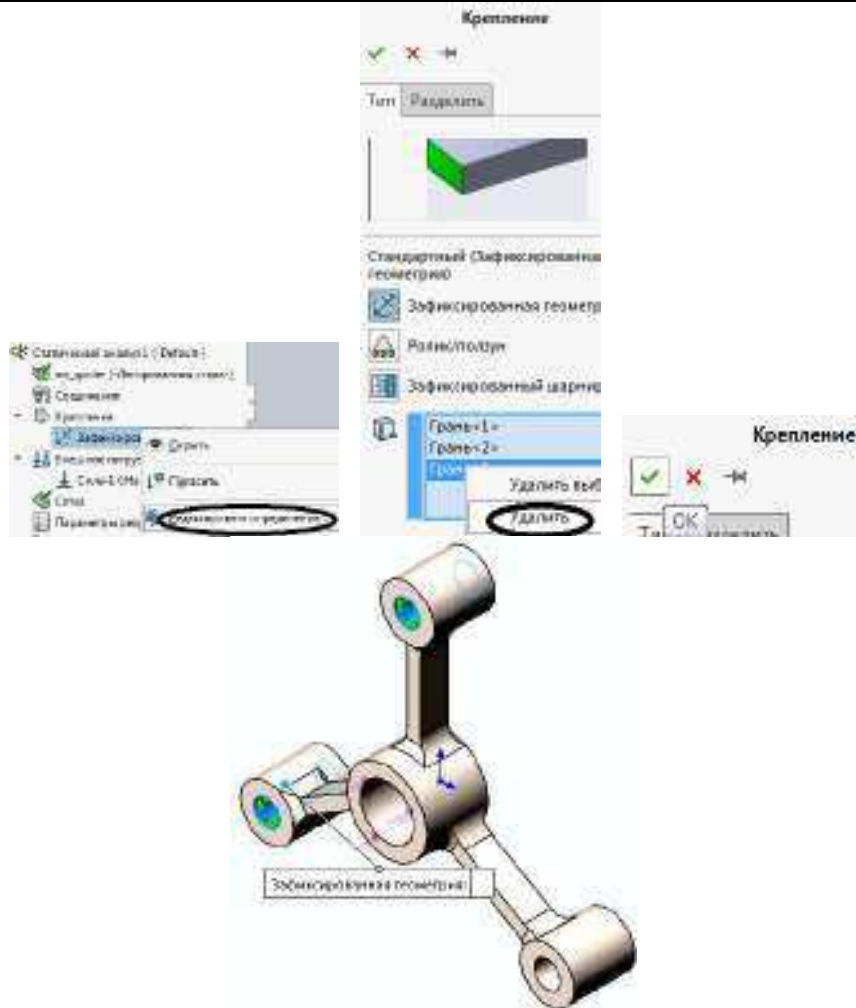
На першому екрані вкладки **Результаты** відображається мінімальний запас міцності моделі, який дорівнює 26.35 при вказаному навантаженні і обмеженні. Це означає, що SW Simulation не припускає руйнування моделі при вказаних обмеженнях і навантаженні.



Зберегти сеанс аналізу:
 – у вікні **Файл** вибрати кнопку **Сохранить**.

Вилучення одного з обмежень

Повернутися до кроку **Крепление, зафиксированная геометрия** і вилучити одне з обмежень:



Аналіз зміненої деталі

Необхідно наново проаналізувати модель.

Запустити програму для активного дослідження:



Зберегти сеанс аналізу:

– у вікні **Файл** вибрати кнопку **Сохранить как**;

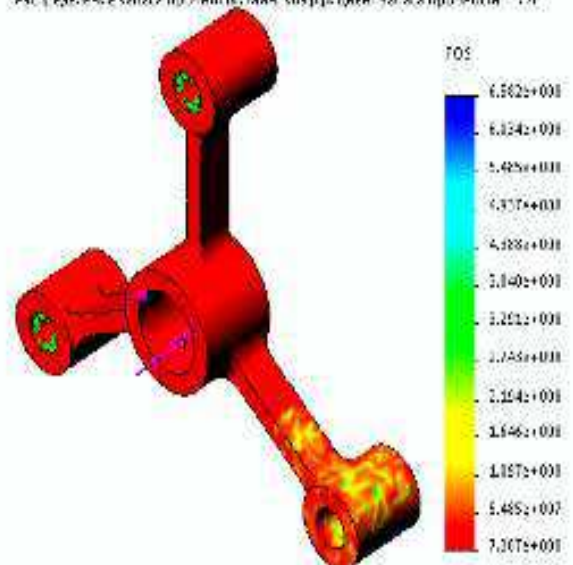


– змінити назву файлу:

Имя файла:

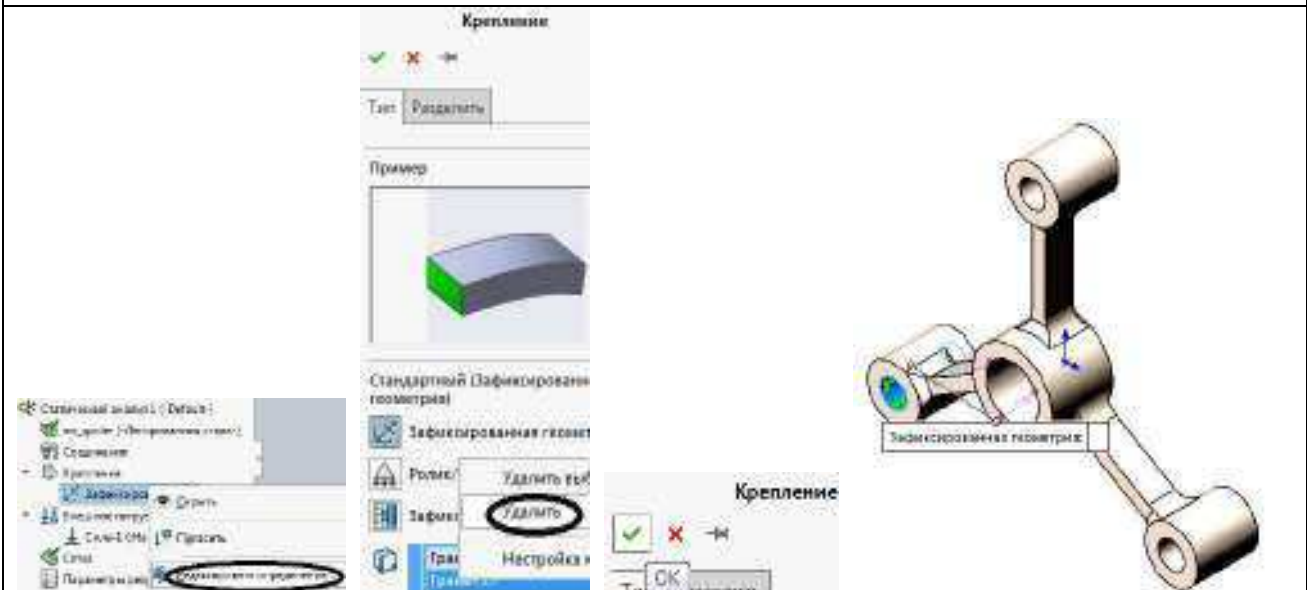
Запас міцності зміненої моделі – 7.387:

Имя модели: aw_spider2
Название исследования: статический анализ (Default)
Тип анализа: запас прочности (запас прочности)
Координат: Axis
Распределение запас прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 7.4



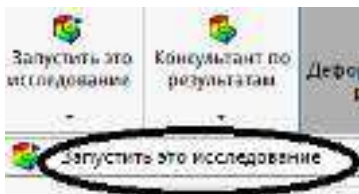
Вилучення другого обмеження

Повернутися до кроку **Крепление, Зафиксированная геометрия** і вилучити друге обмеження:



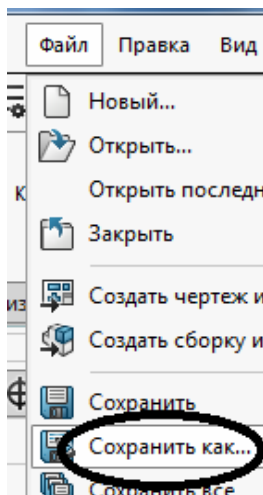
Аналіз зміненої деталі

Запустити програму для активного дослідження:



Зберегти сеанс аналізу:

– у вікні **Файл** вибрати кнопку **Сохранить как**;

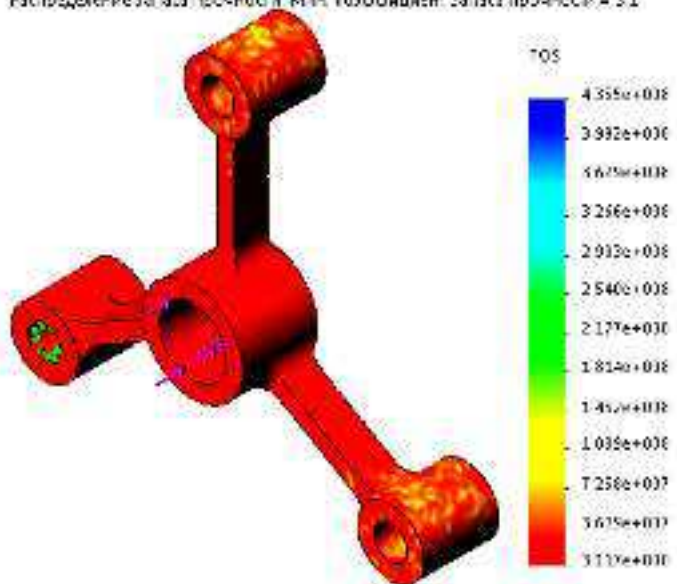


– змінити назву файлу:

Имя файла:

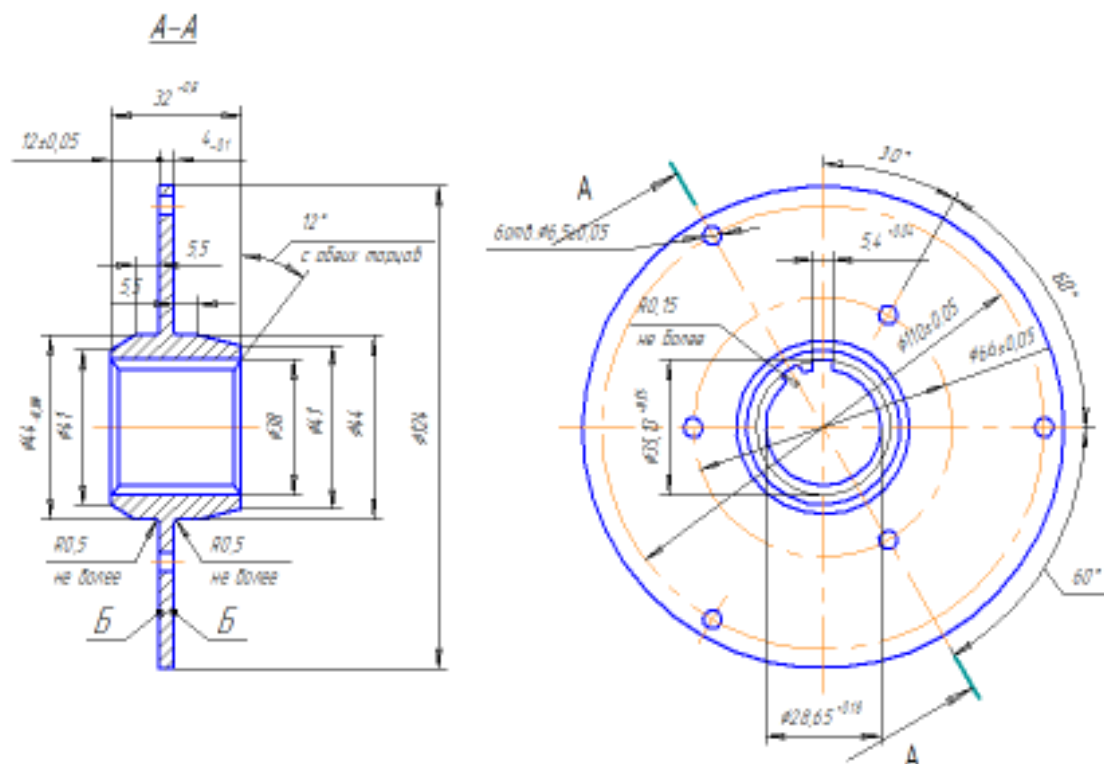
Запас міцності зміненої моделі – 3.117:

Имя модели: aw_spider2
Название исследования: Статический анализ 1-Default1
Тип анализа: Анализ прочности / Анализ напряжений
Контроль: Авто
Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 3.1

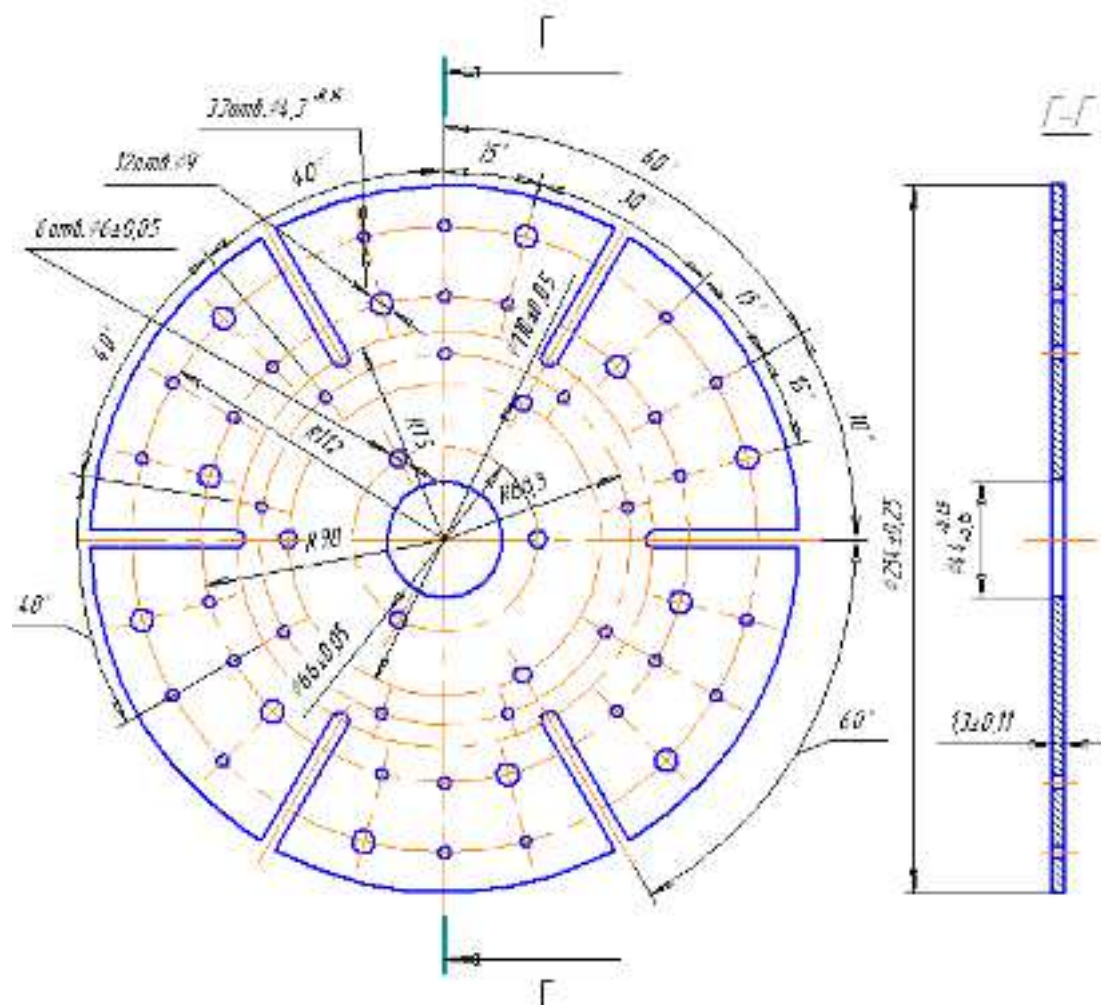


Напряження збільшується, оскільки використовується менше опор.
Для завершення сеансу SW Simulation натиснути кнопку **Закерть**.

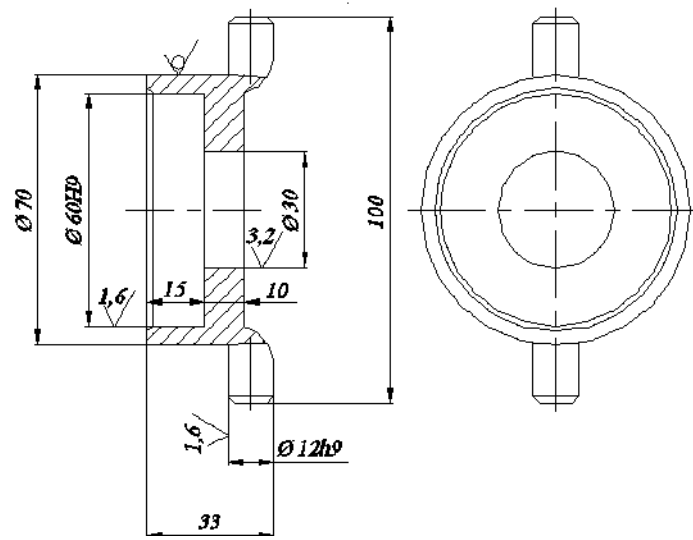
**Індивідуальне завдання 4.
Розрахунок в SW Simulation деталей зчеплень**



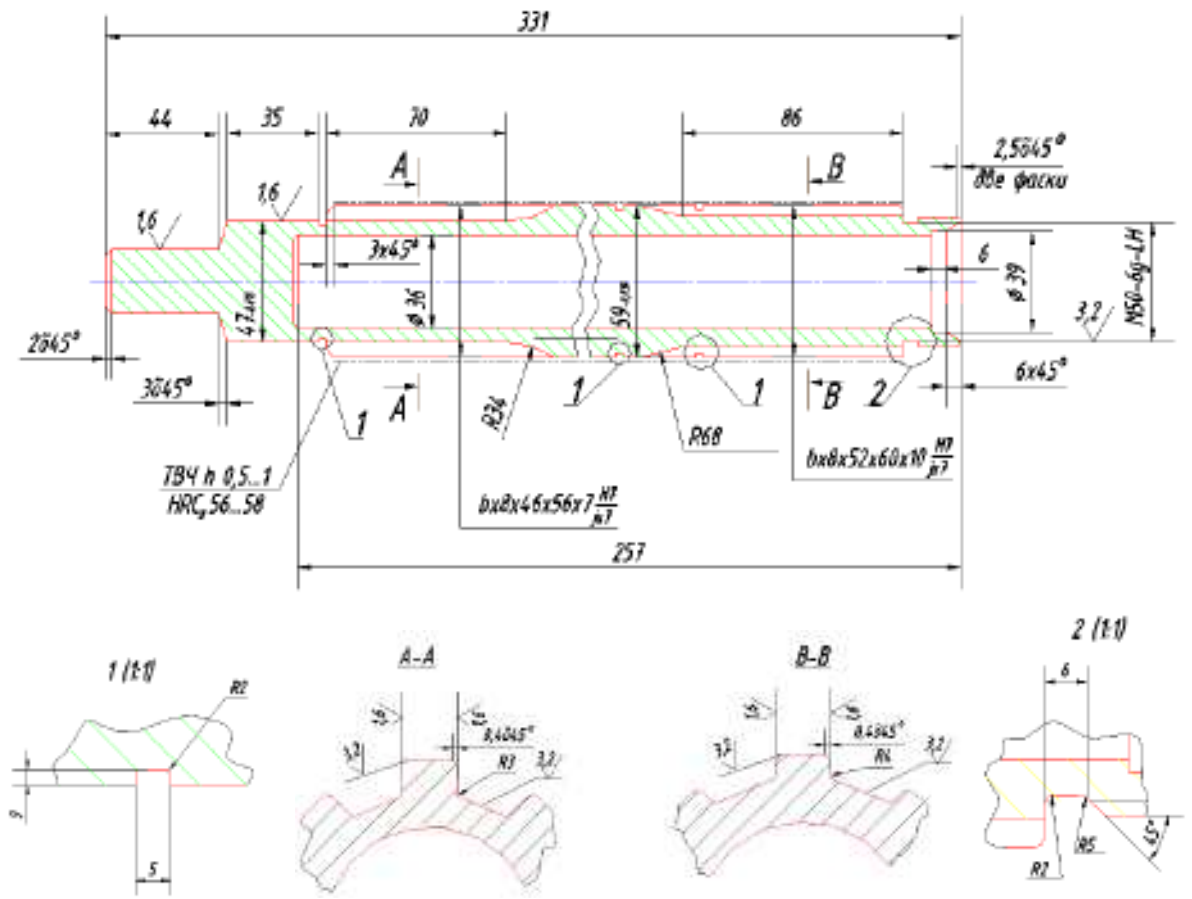
Інд. завдання 4, варіант 1 – Маточина (сталь 35 А) муфти зчеплення автомобіля ГАЗ–51



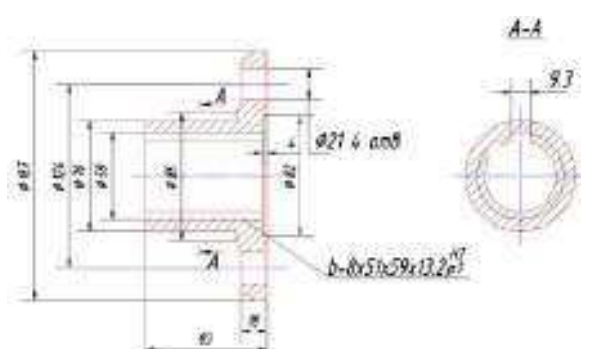
Інд. завдання 4, варіант 2 – Диск (сталь 85) муфти зчеплення автомобіля ГАЗ–51



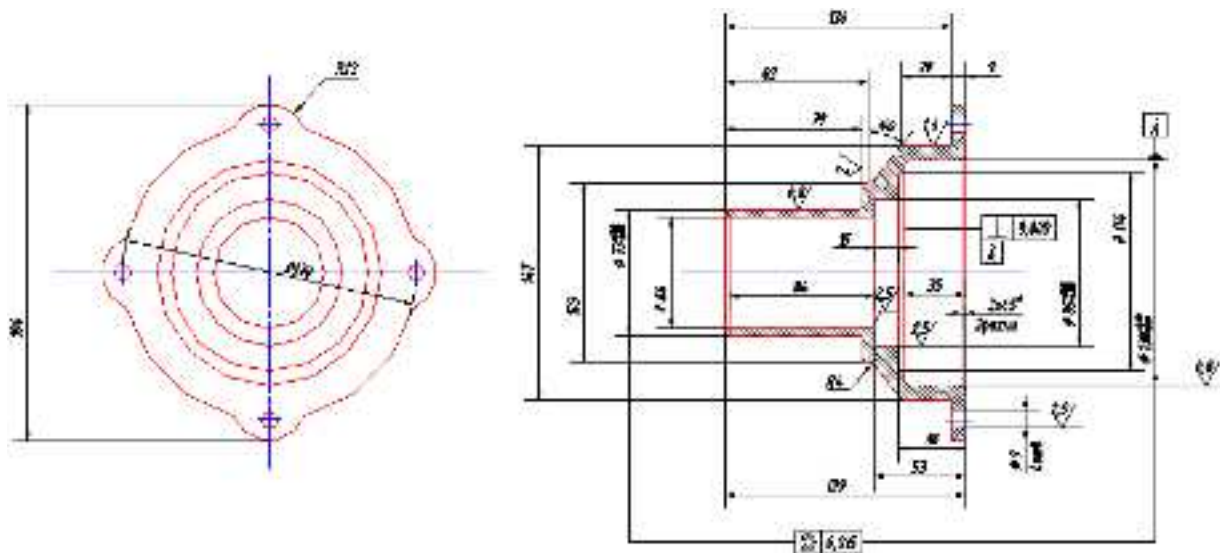
Інд. завдання 4, варіант 3 – Корпус підшипника зчеплення (чавун СЧ 20) автомобіля М-412



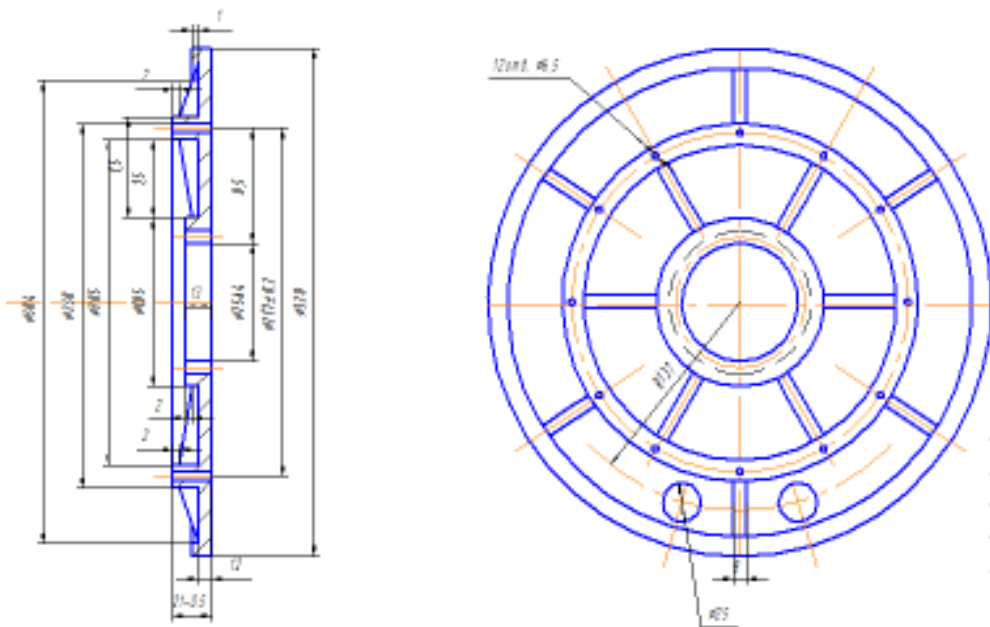
Інд. завдання 4, варіант 4 – Вал муфти зчеплення (сталь 30 ХН) трактора ДТ-75М



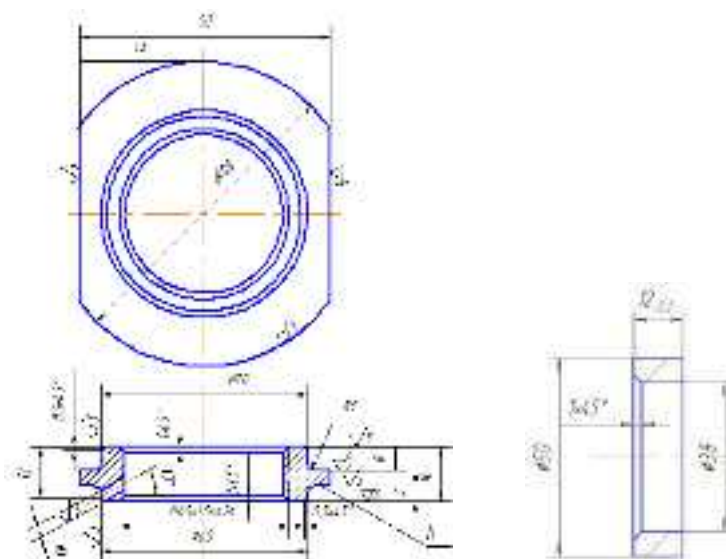
Інд. завдання 4, варіант 5 – Фланець (сталь 45) муфти зчеплення трактора ДТ-75М



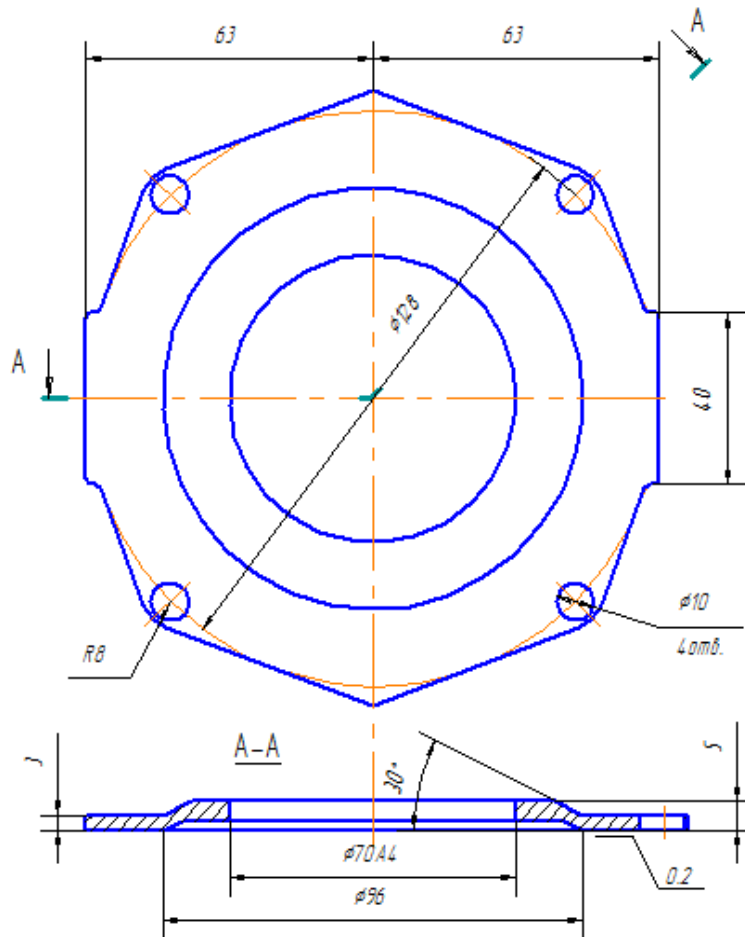
Інд. завдання 4, варіант 6 – Корпус зовнішнього підшипника (сталь 45) муфти зчеплення трактора ДТ–75М



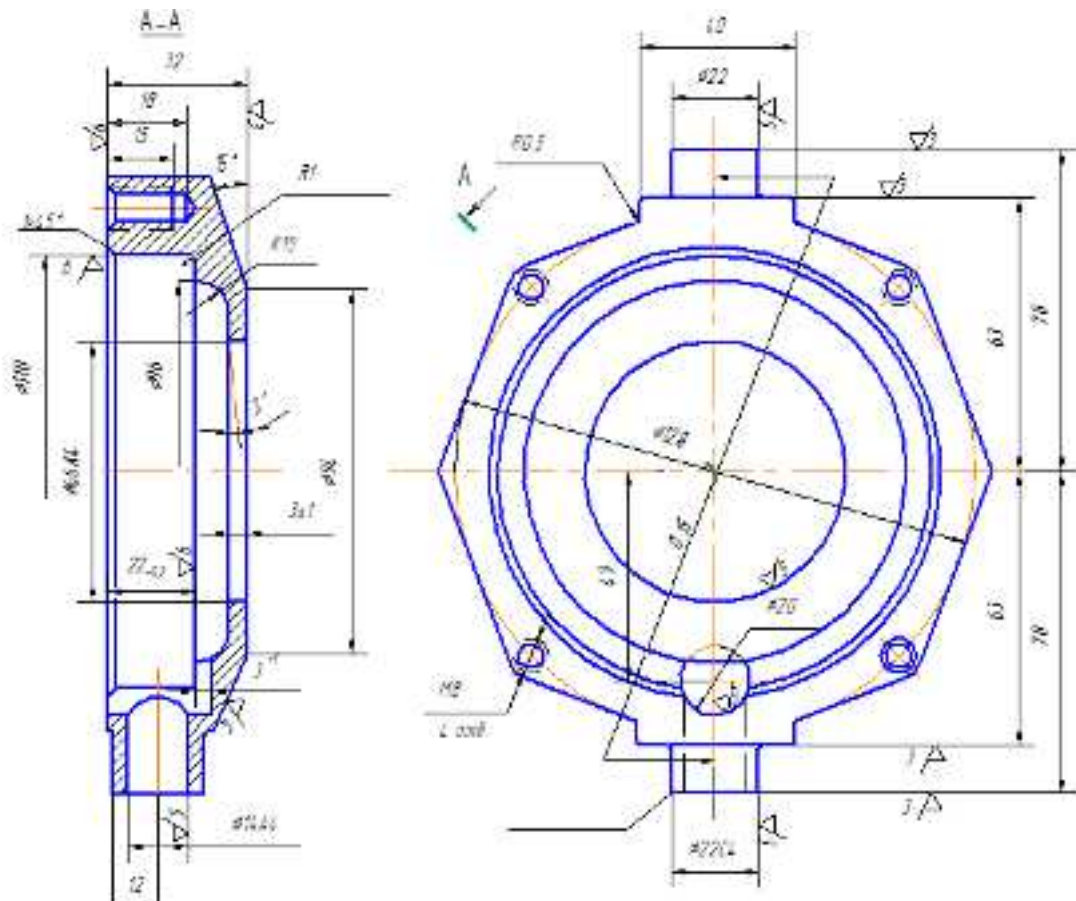
Інд. завдання 4, варіант 7 – Диск натискний (чавун ХНЧ–40) муфти зчеплення трактора КД–35 (модуль $m = 5$ мм, число зубів $z = 16$, висота головки зуба $h = 2,5$ мм)



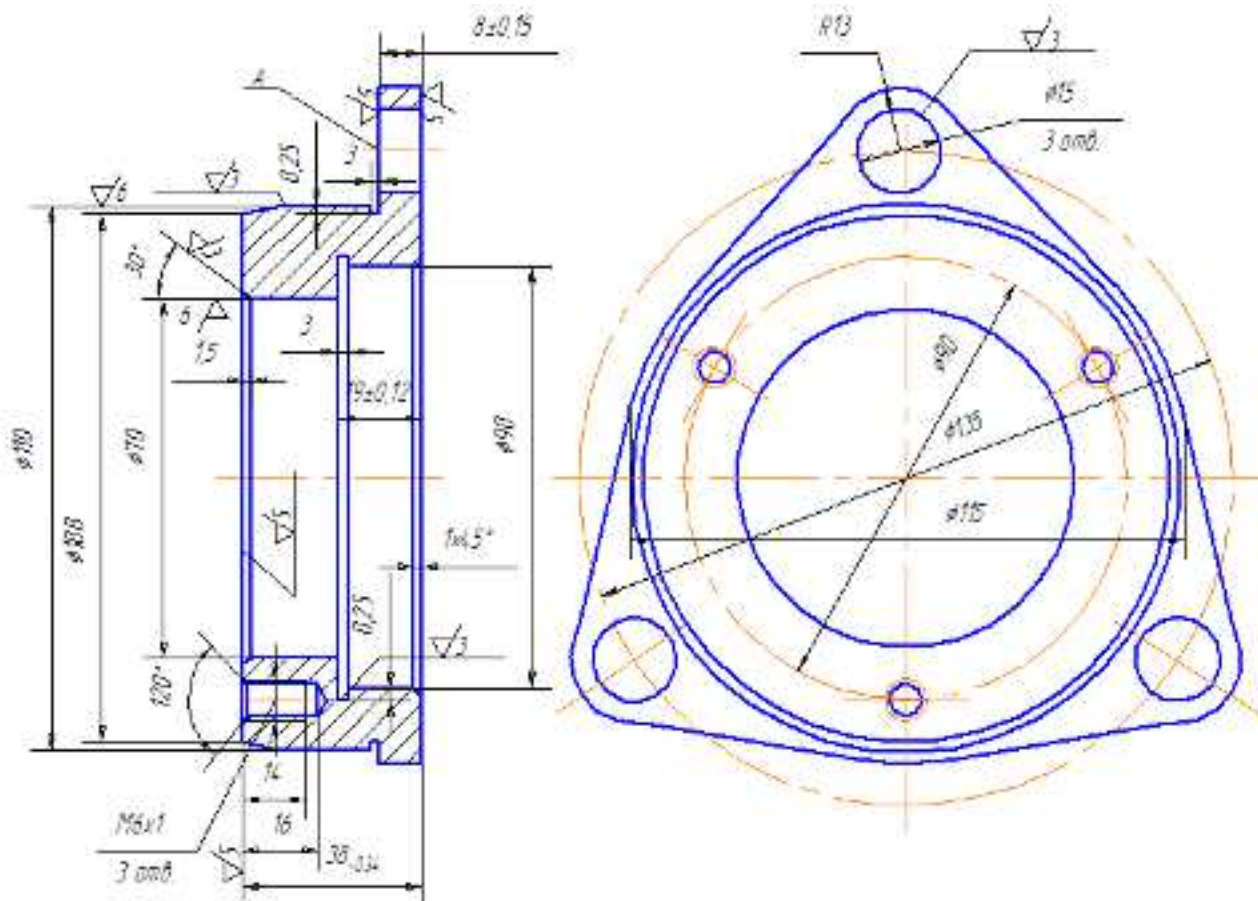
Інд. завдання 4, варіант 8 – Гайка (сталь Ст 5) та кільце (сталь 45) муфти зчеплення трактора КД–35



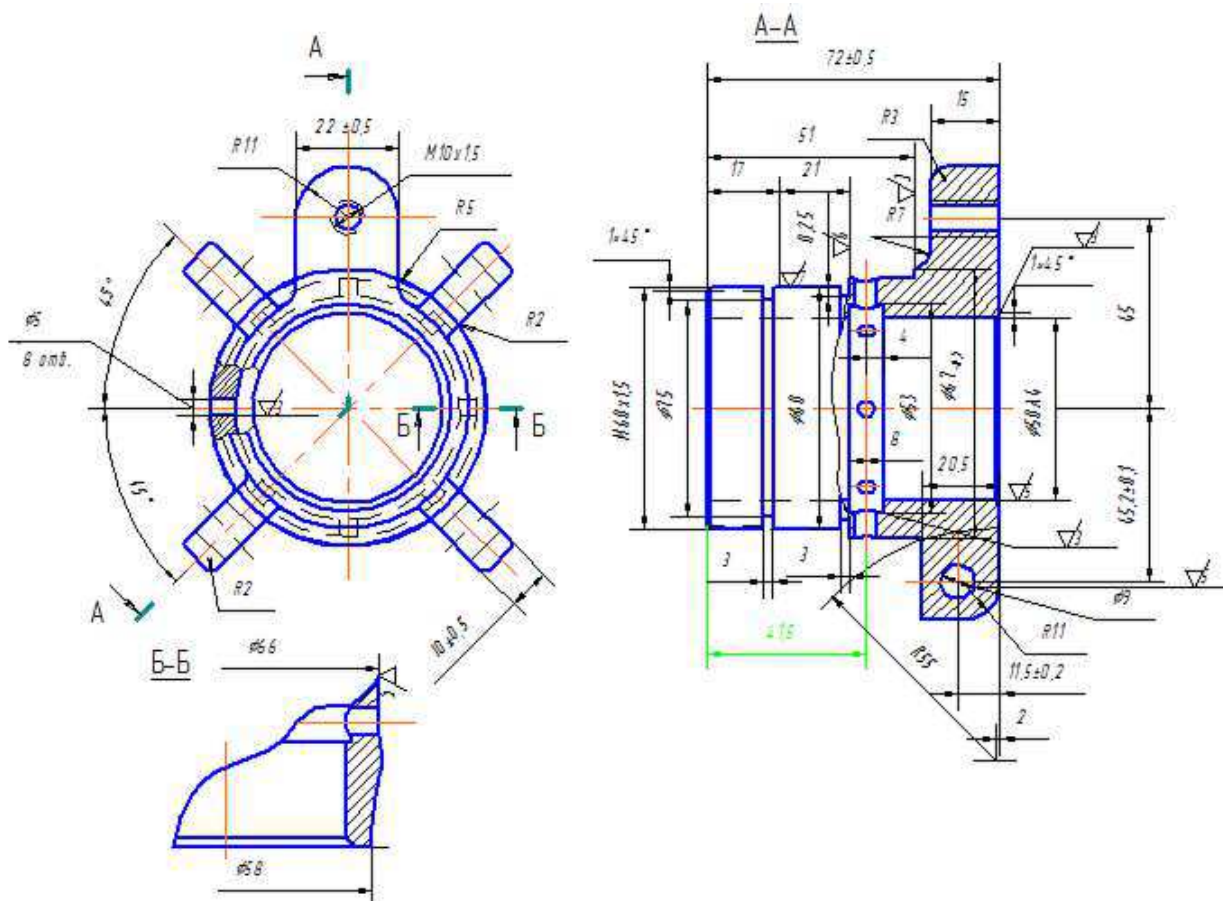
Інд. завдання 4, варіант 9 – Кришка обода підшипника (сталь 20) муфти зчеплення трактора КД–35



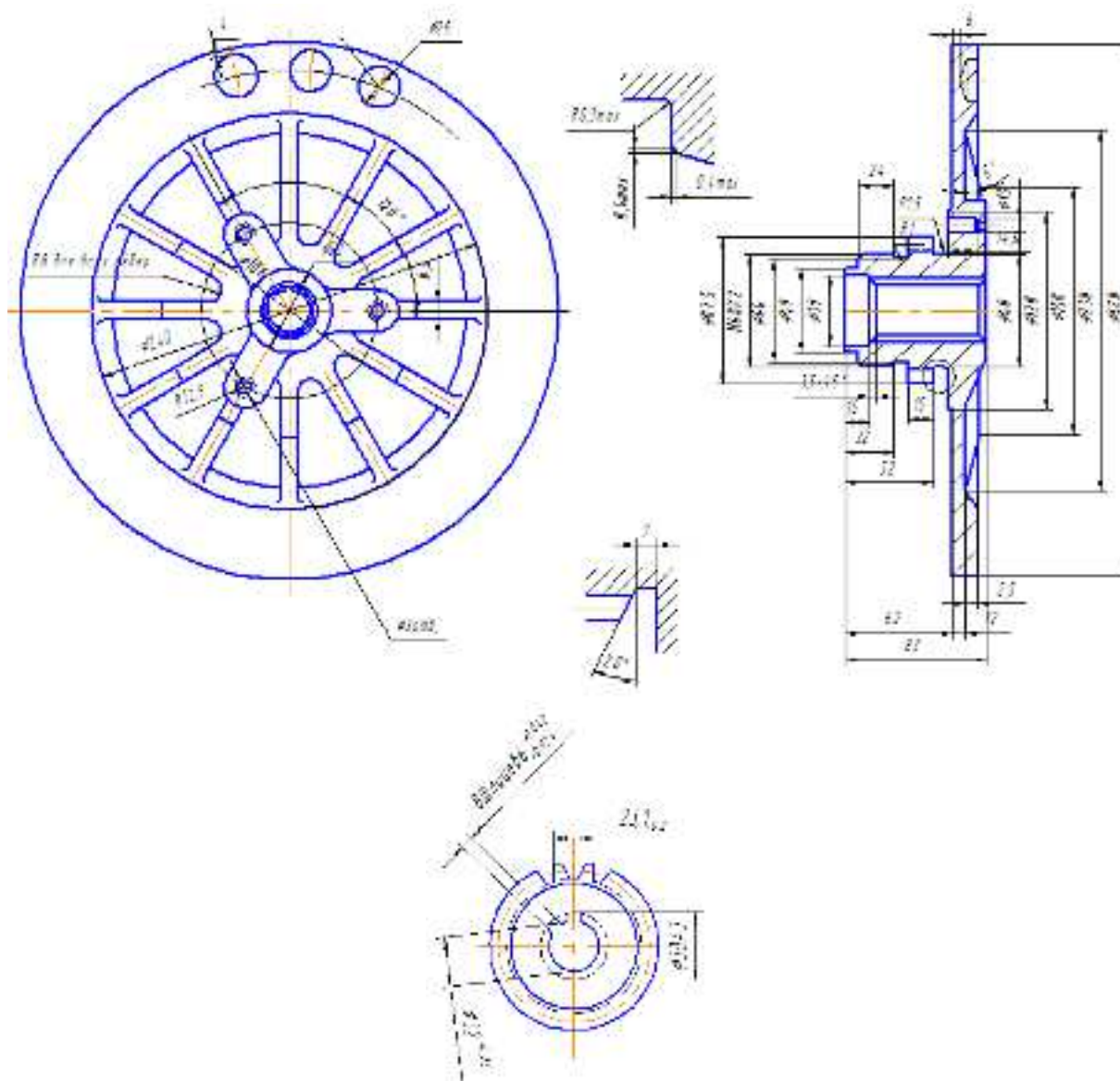
Інд. завдання 4, варіант 10 – Обойма підшипника (сталь 40) муфти зчеплення трактора КД–35



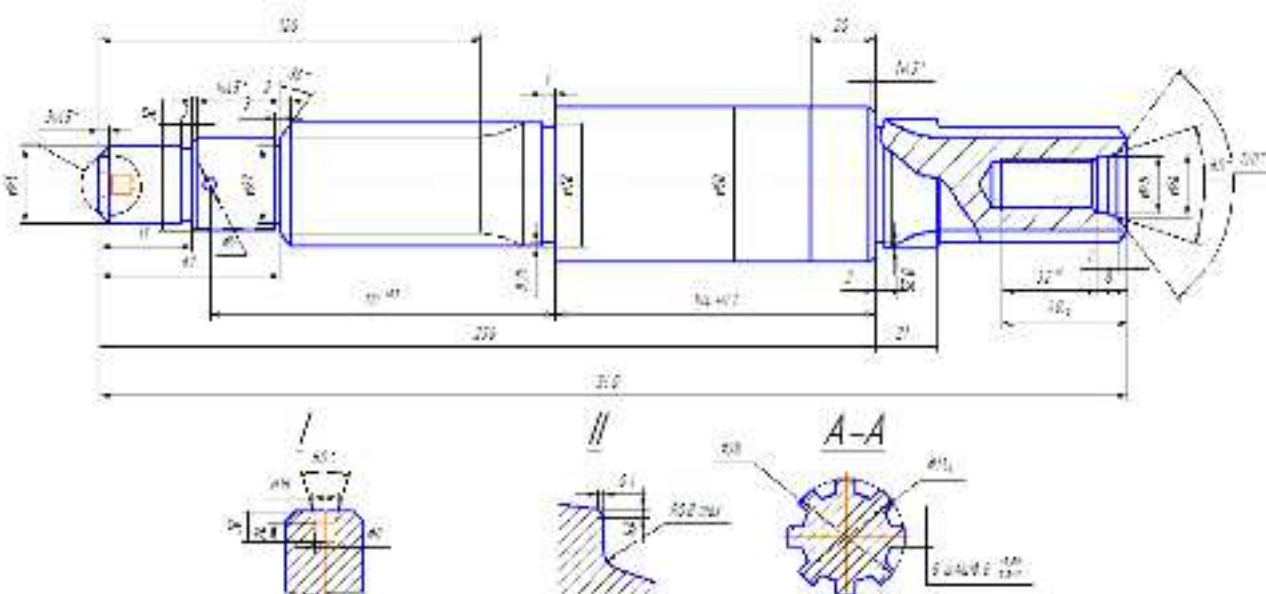
Інд. завдання 4, варіант 11 – Стакан підшипника (чавун СЧ21–40) муфти зчеплення трактора КД–35



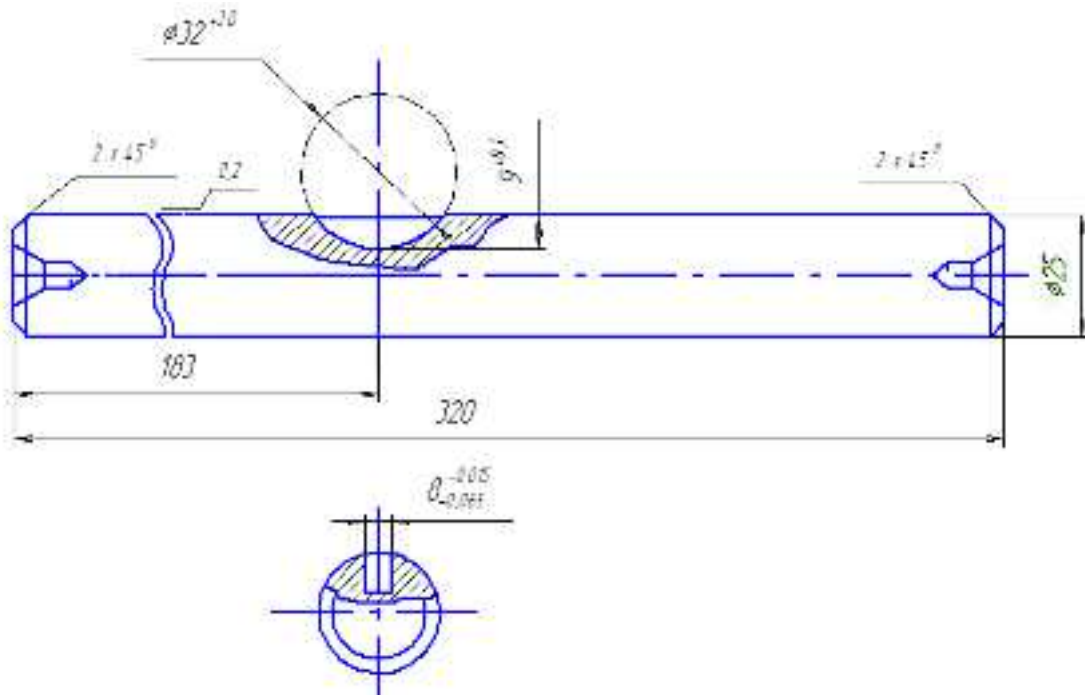
Інд. завдання 4, варіант 12 – Муфта вмикання зчеплення (сталь 40) трактора КД–35



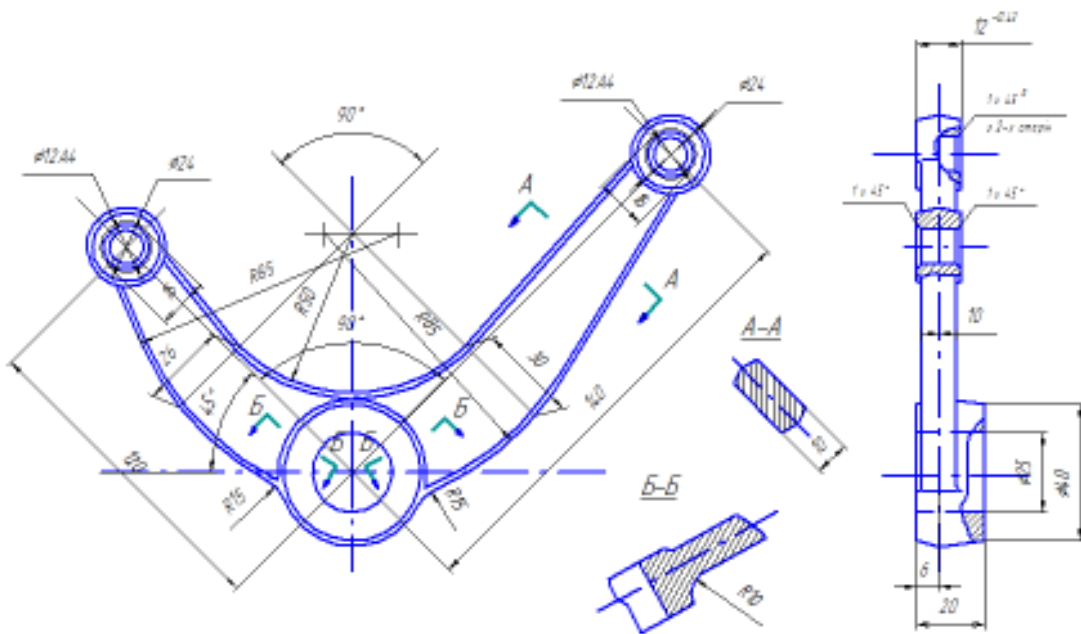
Інд. завдання 4, варіант 13 – Диск передній (чавун ХНЧ40) муфти зчеплення трактора КД-35 (модуль $m = 5$ мм, число зубів $z = 16$, висота головки зуба $h = 3,75$ мм)



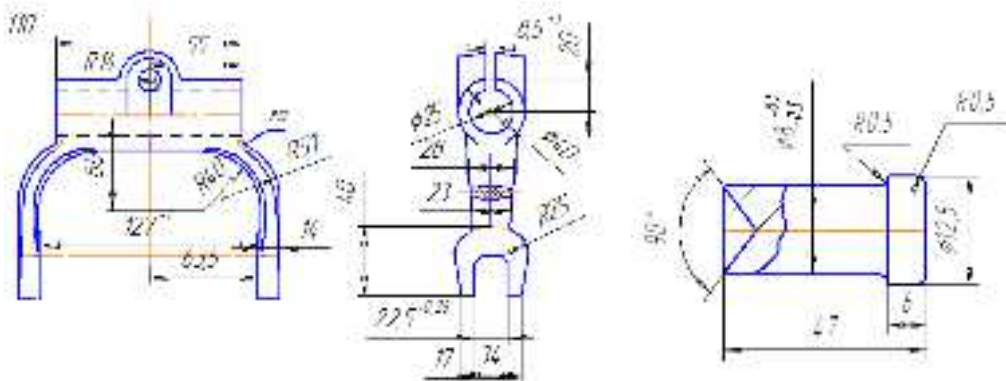
Інд. завдання 4, варіант 14 – Вал муфти зчеплення (сталь 45) трактора КД-35



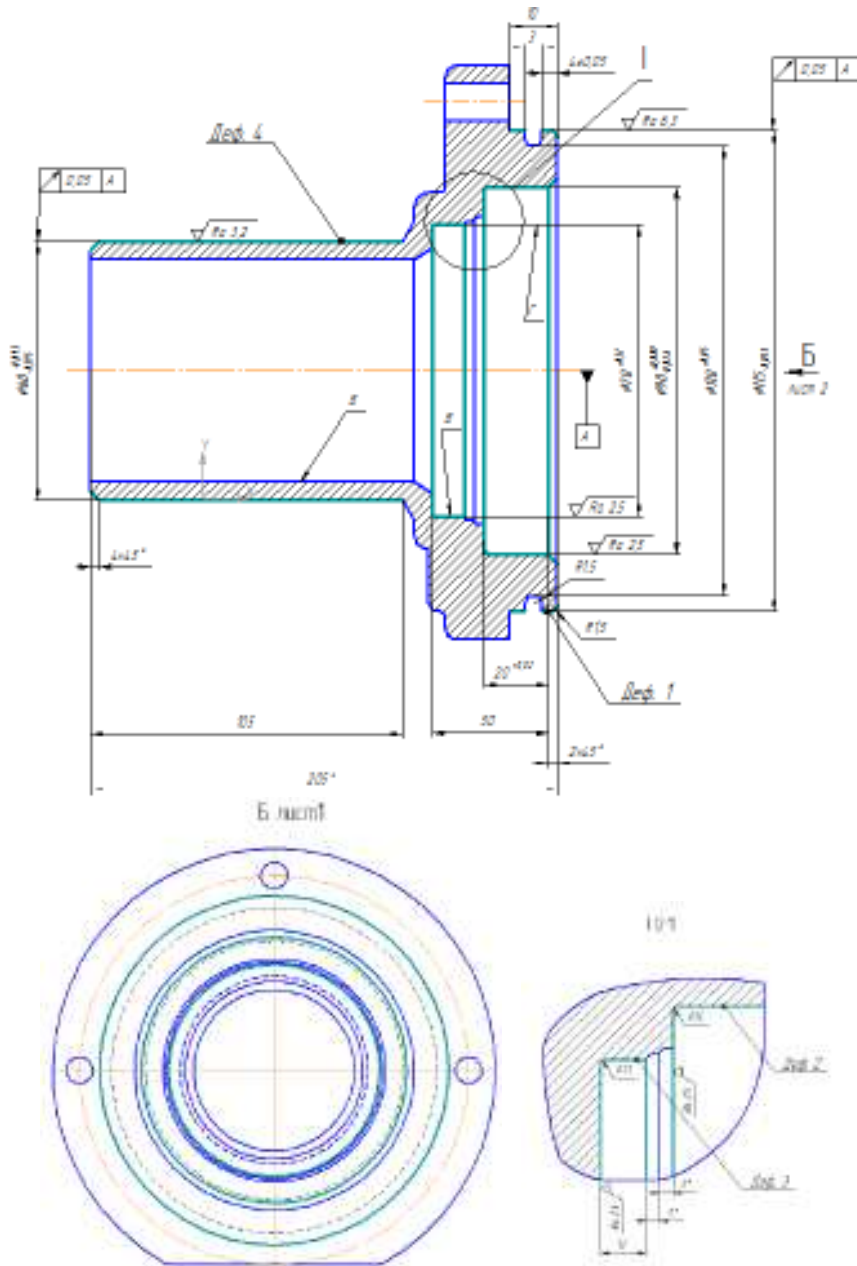
Інд. завдання 4, варіант 15 – Вал вилки вмикання (сталь 50) муфти зчеплення трактора КД-35



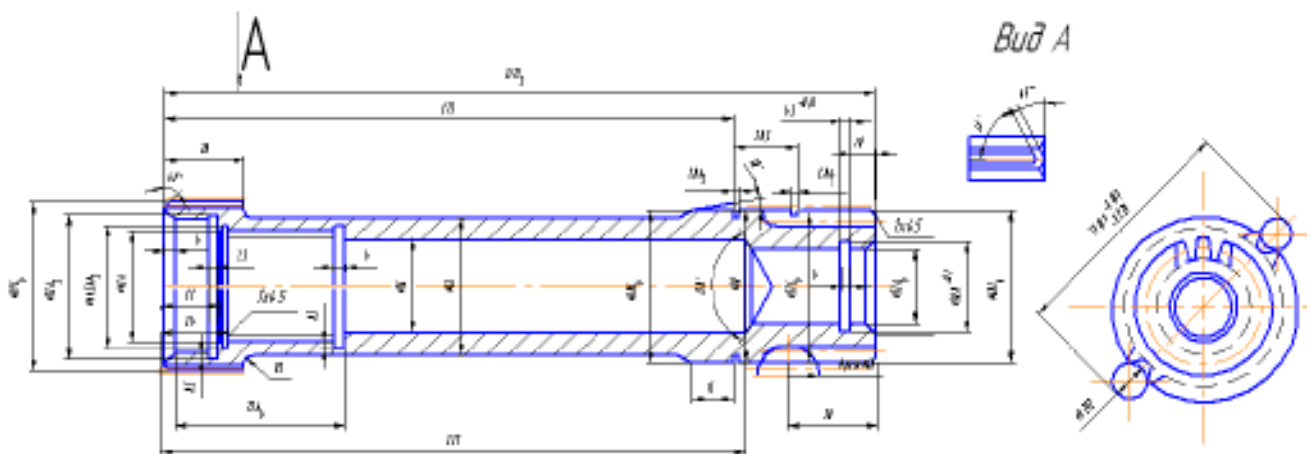
Інд. завдання 4, варіант 16 – Важіль (сталь 40) муфти зчеплення трактора КД-35



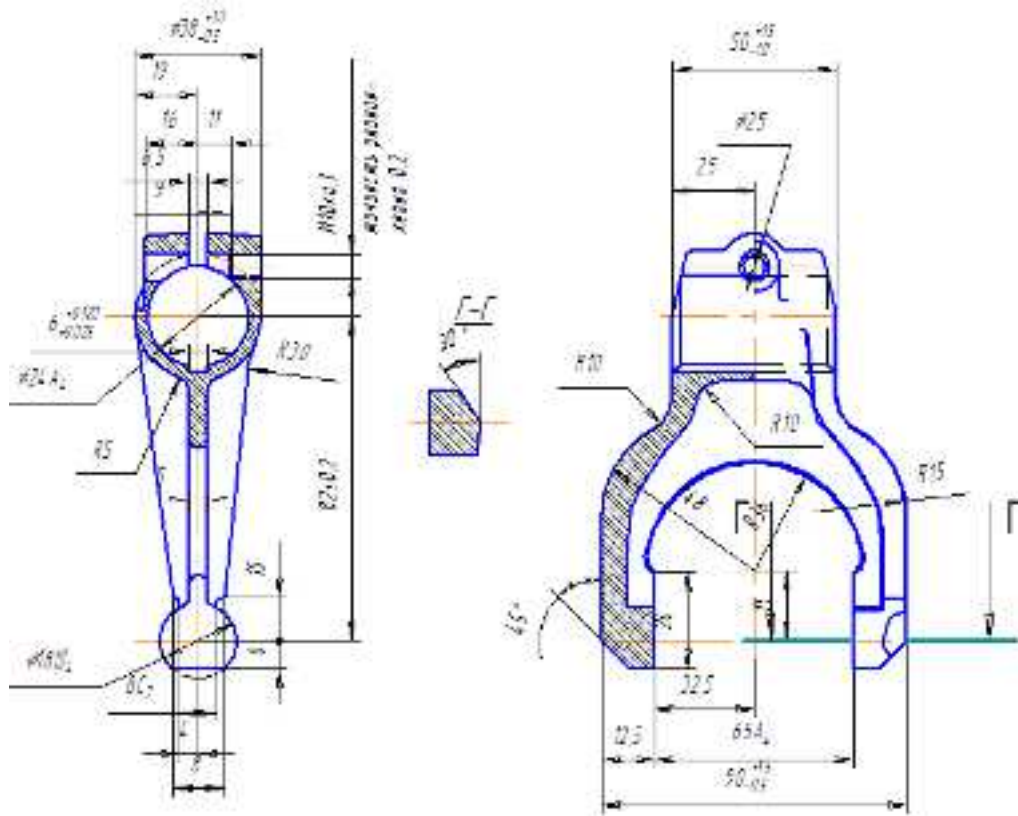
Інд. завдання 4, варіант 17 – Вилка вмикання (сталь 45) та палець виштовхувача (сталь 20) муфти зчеплення трактора КД-35



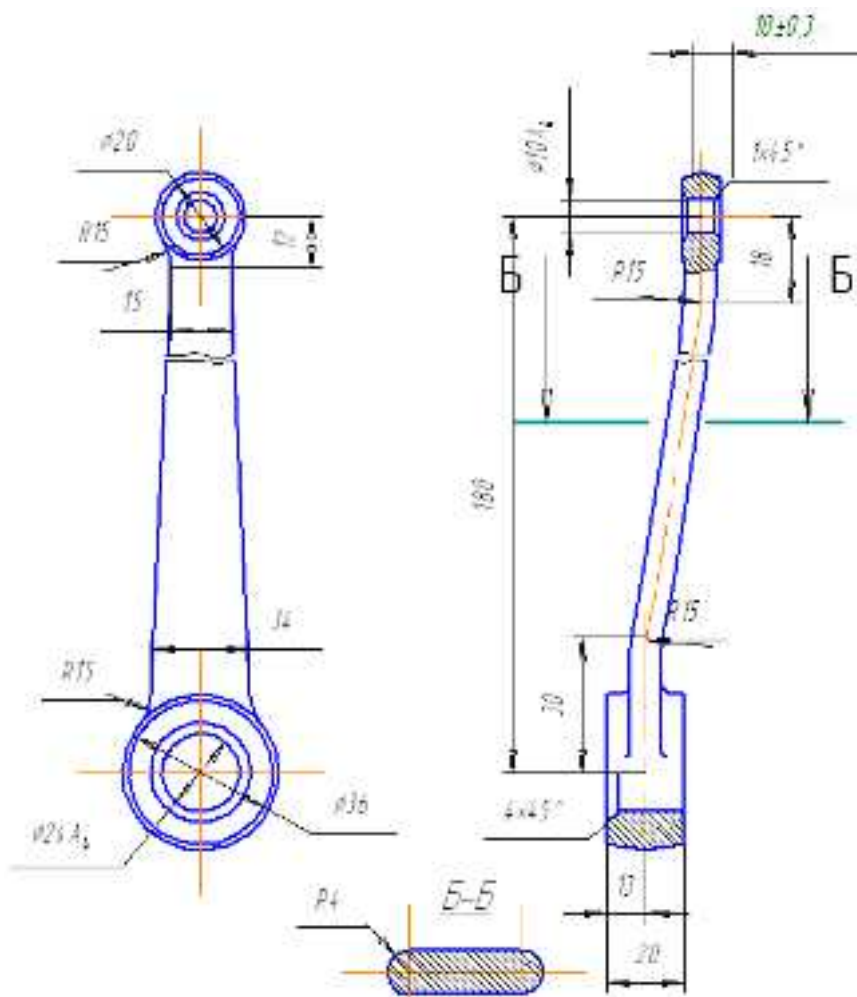
Інд. завдання 4, варіант 18 – Кронштейн відведення (чавун СЧ18) механізму вимкання зчеплення трактора МТЗ–80



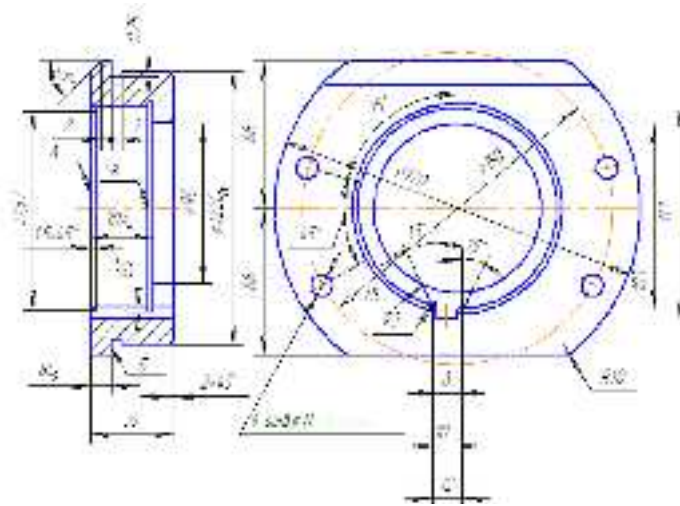
Інд. завдання 4, варіант 19 – Вал відбору потужності (сталь 20Х) муфти зчеплення трактора Т25
 (шліци: модуль $m = 3$ мм, число зубів $z = 22$, висота головки зуба $h = 1,5$ мм;
 шестірня: модуль $m = 3$ мм, число зубів $z = 18$, висота головки зуба $h = 3,0$ мм)



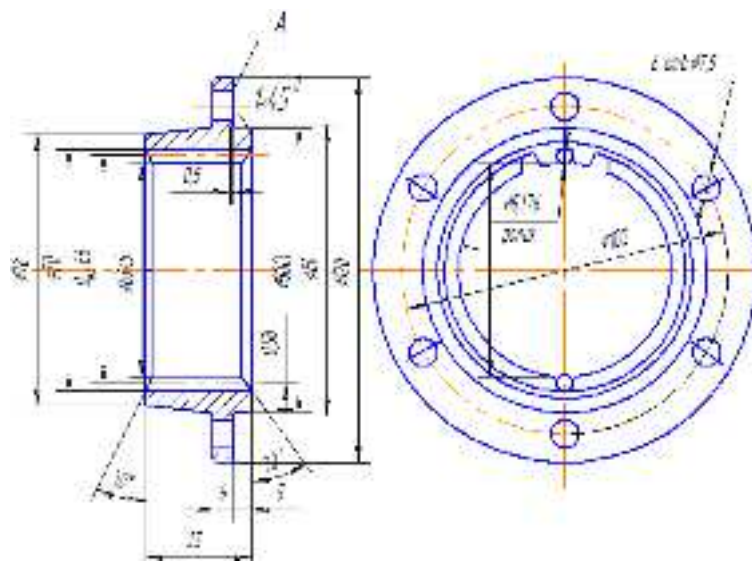
Інд. завдання 4, варіант 20 – Вилка вмикання муфти (сталь 40) муфти зчеплення трактора Т25



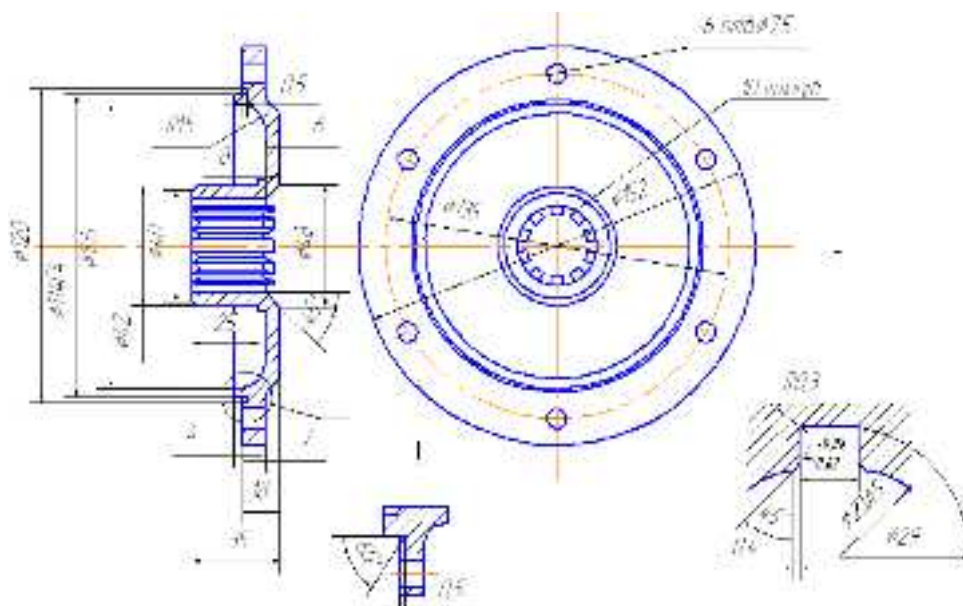
Інд. завдання 4, варіант 21 – Важіль вала вилки вмикання (сталь 40) головної муфти зчеплення трактора Т25



Інд. завдання 4, варіант 22 – Стакан підшипника (чавун СЧ15-32) вала відбору потужності головної муфти зчеплення трактора Т25



Інд. завдання 4, варіант 23 – Маточина (сталь 35) диска веденої муфти трактора Т25 (модуль $m = 3$ мм, число зубів $z = 22$, висота головки зуба $h = 3,0$ мм)



Інд. завдання 4, варіант 24 – Маточина (сталь 35) диска веденого головної муфти зчеплення трактора Т25

Література: [4]

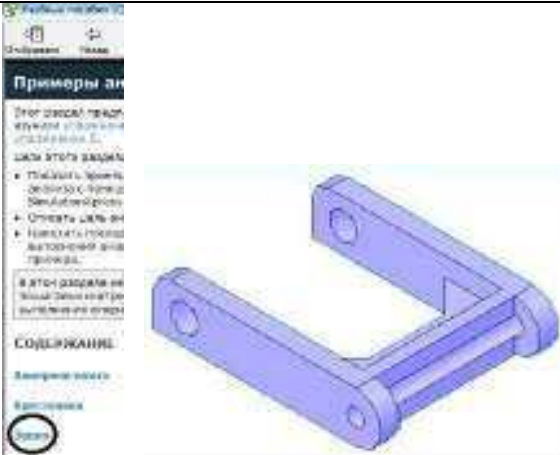

Лабораторна робота 5.

Вивчення ефекту від вилучення ребра жорсткості сполучної ланки в SW Simulation

Мета: на моделі сполучної ланки провести вивчення основних кроків аналізу проектних рішень, оцінити міцність конструкції і точність результатів, вивчити ефект від вилучення ребра жорсткості, задокументувати проект.


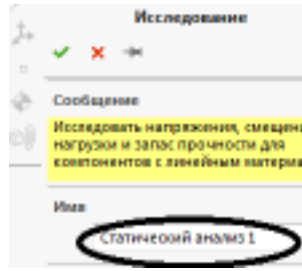
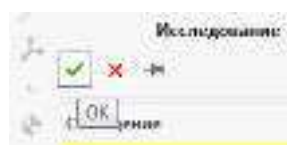
Методичні вказівки

Відкрити файл деталі сполучної ланки:



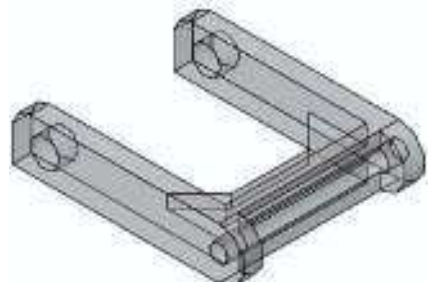
 <p>Нажмите здесь чтобы открыть aw_link.sldprt (или перейдите в <каталог_установки>\samples\tutorial\sampleexpress\aw_link.sldprt).</p> <p>Вибрати Файл, Сохранить как і зберегти файл деталі з ім'ям Імя файла: aw_link.sldprt (це дозволить знову використовувати оригінальний файл).</p>	<p>Деталь сполучної ланки – це невеликий компонент в механізмі картриджа для струминного принтера. Щоб зібрати компоненти, необхідно розсунути плечі сполучної ланки. Для моделювання цього процесу необхідно прикласти сили перпендикулярно до граней плечей. Потрібно визначити, як вплине відсутність ребра жорсткості на максимальне зусилля, що прикладається до кожного плеча, яке не викликає деформацію.</p> 
--	--

Виконати наступні дії:

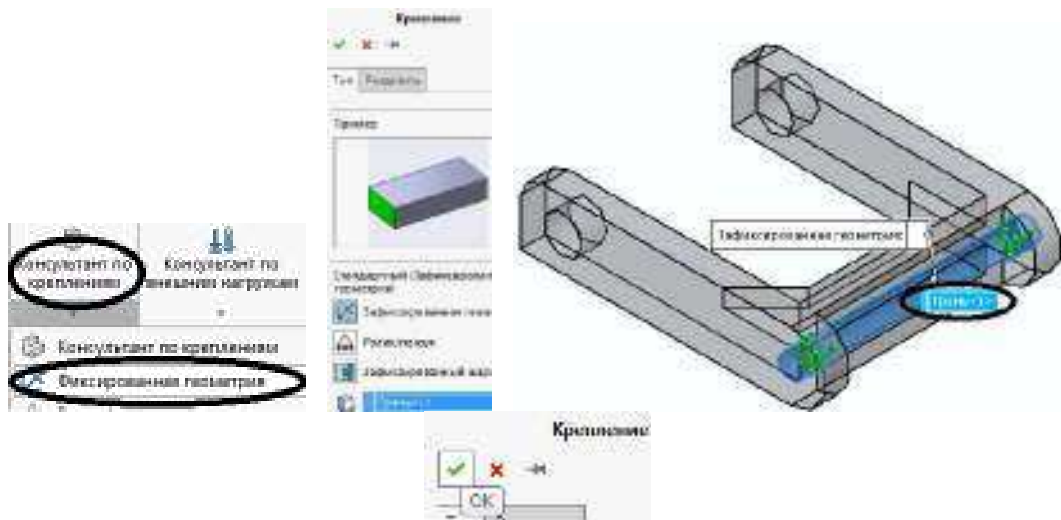
– вибрати параметри аналізу напруженого стану деталі МСЕ:

		
---	---	--

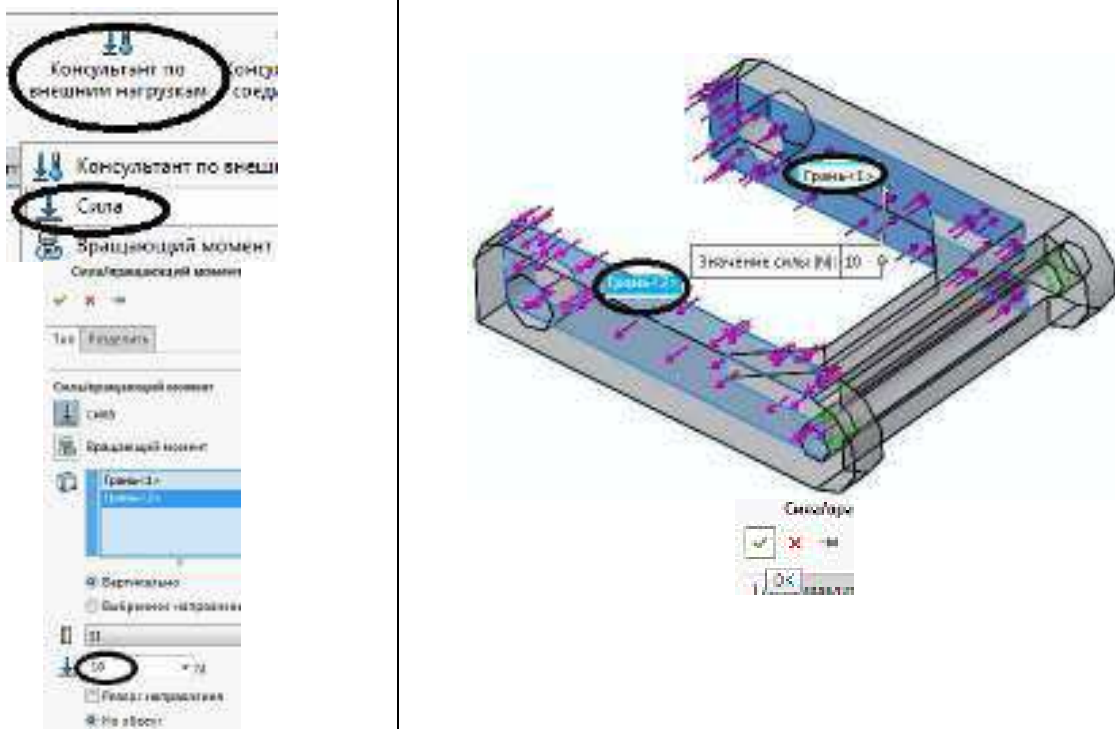
– призначити матеріал деталі:

		
---	---	--

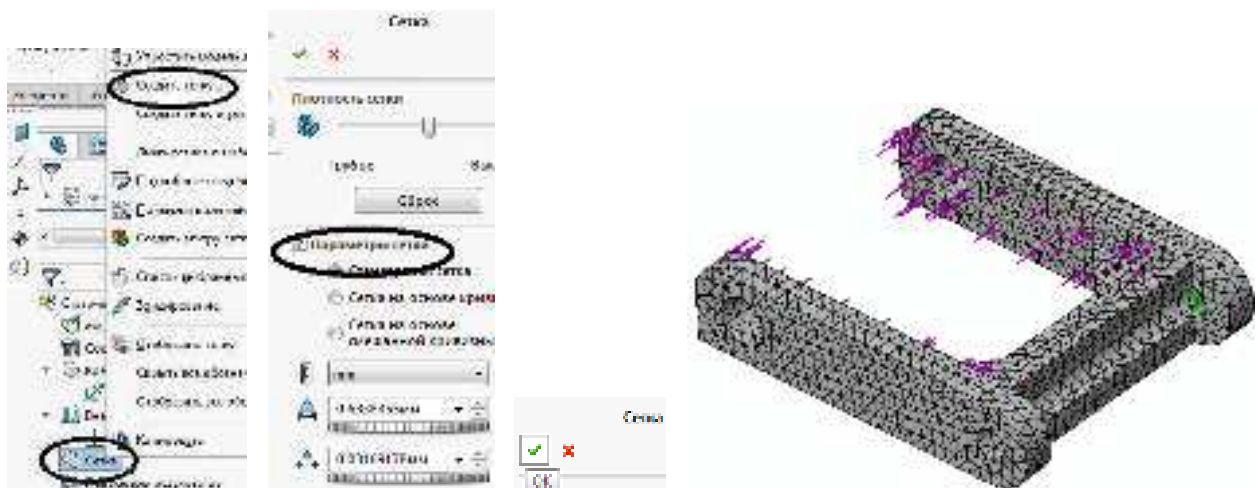
– застосувати обмеження для розрахунку деталі МСЕ:



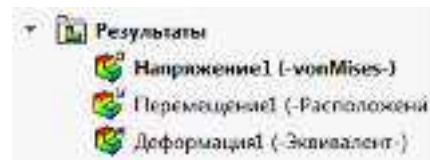
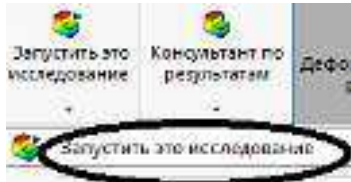
– прикласти навантаження до певних площин, граней чи елементів деталі:



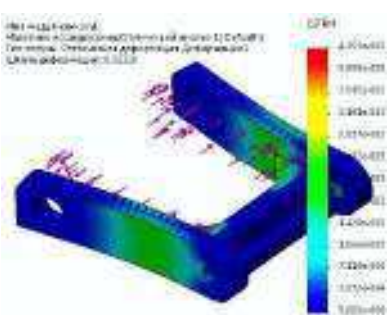
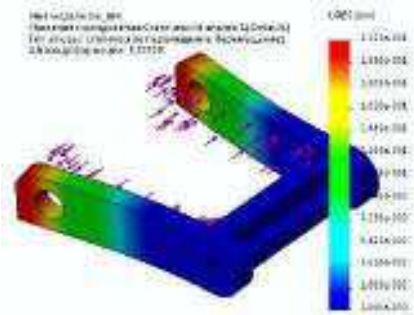
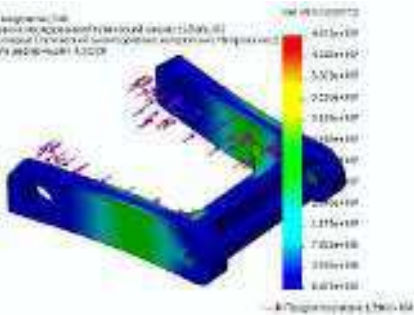
– провести анализ модели и процесс створення сітки МСЕ:



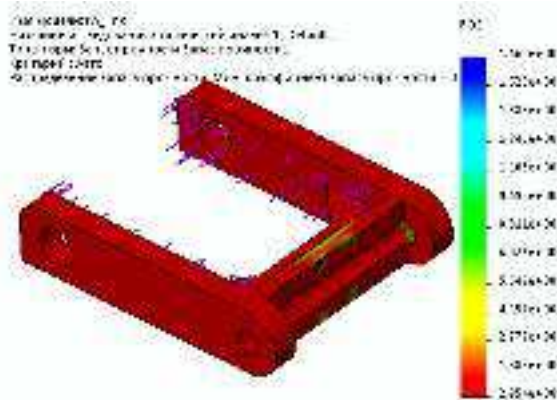
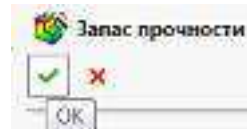
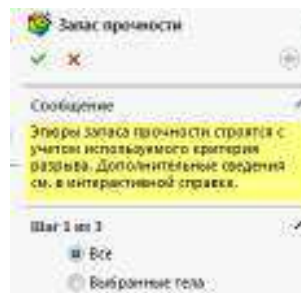
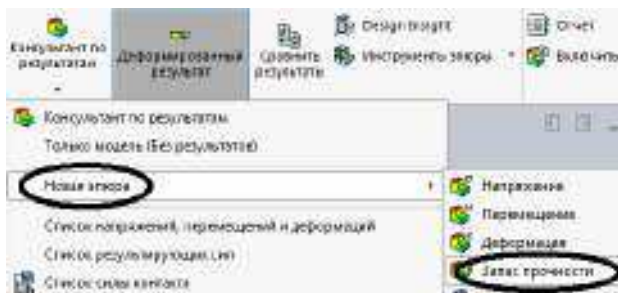
– запустити програму для активного дослідження:



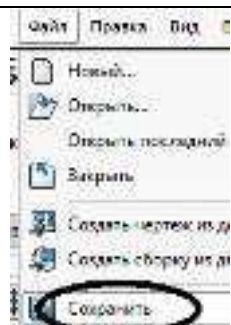
– провести аналіз розрахунків напруженого стану зміненої деталі (епюри еквівалентних напружень; епюри результуючого переміщення; деформованої форми моделі):



– розрахувати запас міцності:



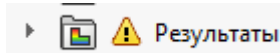
На першому екрані вкладки **Результаты** відображається мінімальний запас міцності моделі – 2.954 при вказаному навантаженні та обмеженні, який означає, що модель не повинна бути пошкоджена.



Зберегти сеанс аналізу:
– у вікні **Файл** вибрати кнопку **Сохранить**.

Вивчення ефекту від вилучення ребра жорсткості

Для вивчення ефекту від видалення ребра жорсткості погасити елемент **Boss-Extrude1 (Бобышка-Вытянуть1)** у дереві конструювання FeatureManager (SW Simulation блокує виконання команд, які змінюють геометрію моделі).



⚠ отображается рядом с папкой **Результаты** в дереве исследования SimulationXpress, что означает, что необходимо заново запустить симуляцию.

Аналіз зміненої деталі

Необхідно наново проаналізувати модель.

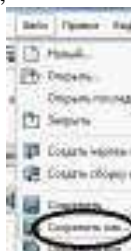
Запустити програму для активного дослідження:



Зберегти сеанс аналізу:

– у вікні **Файл** вибрати кнопку

Сохранить как;

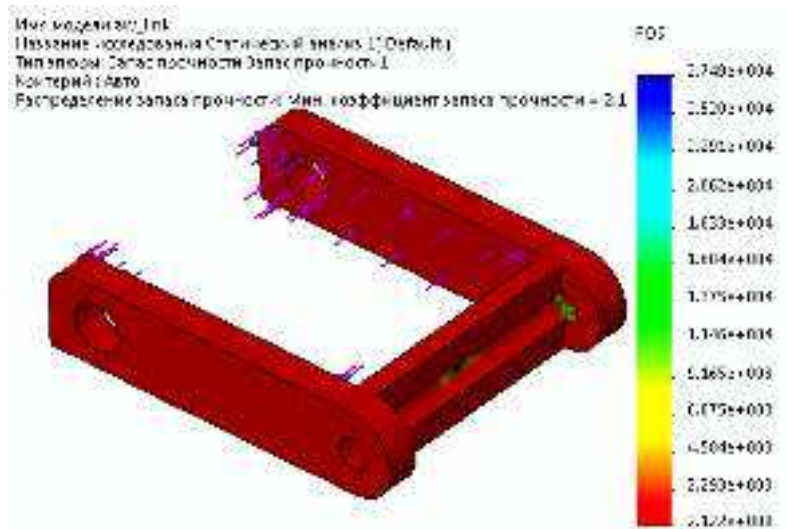


– змінити назву файлу:

Имя файла:

Після виконання аналізу SW Simulation відображає оновлене значення мінімального запасу міцності на основі нової геометрії.

Запас міцності зміненої моделі – 2.122:



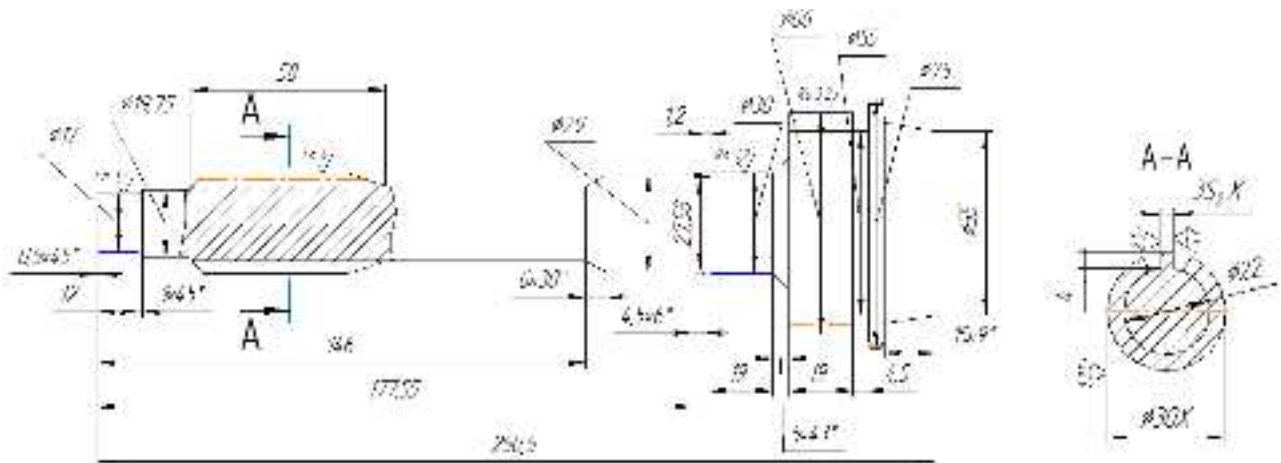
У SW Simulation результати аналізу проектування базуються на лінійному статичному аналізі і передбачається анізотропний матеріал. Лінійний статичний аналіз припускає, що:

- 1) за законом Гука поведінка матеріалу є лінійною;
- 2) індуквані зсуви є достатньо невеликими, щоб не враховувати зміни в жорсткості в результаті навантаження;
- 3) навантаження прикладаються повільно, щоб не враховувати динамічні ефекти.

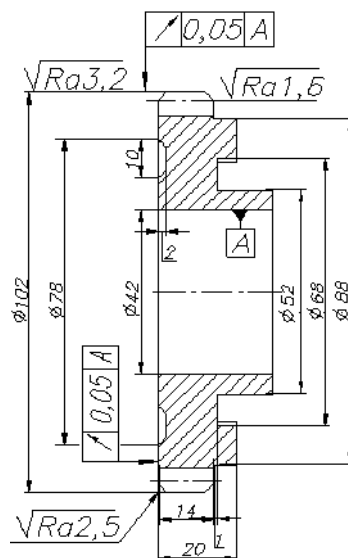
Як видно з результатів розрахунку, мінімальний запас міцності моделі дорівнює приблизно 2.122, це означає, що модель не повинна бути пошкоджена при вказаних навантаженнях і обмеженнях. При цьому зменшення запасу міцності у порівнянні з базовим варіантом (2.954) незначне, а економія матеріалу істотна.

Індивідуальне завдання 5.

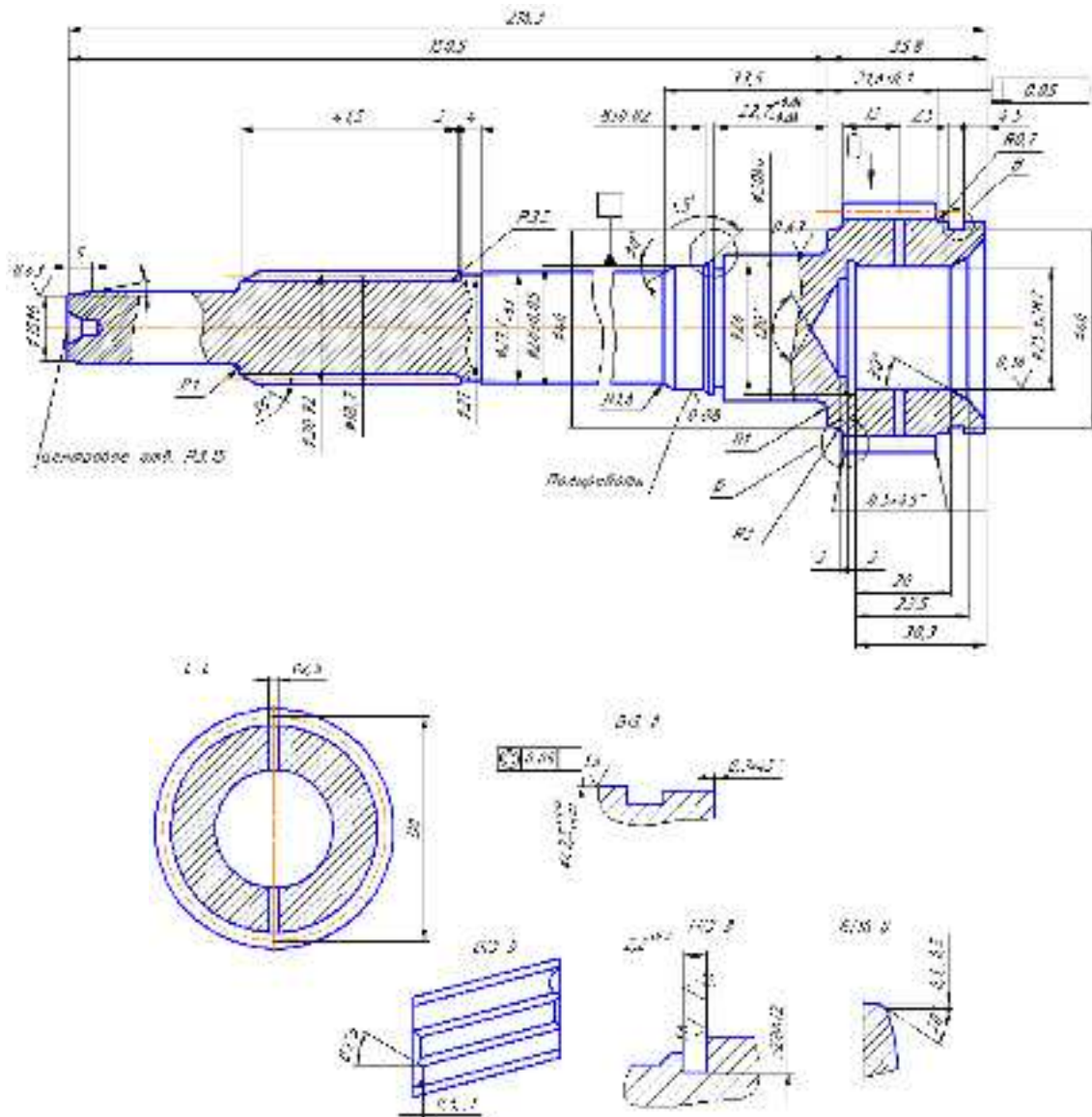
Розрахунок в SW Simulation деталей коробок передач та роздавальних коробок



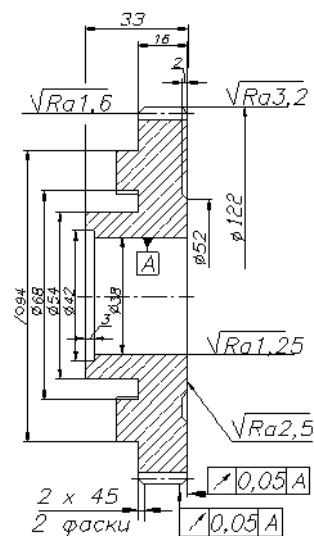
Інд. завдання 5, варіант 1 – Первинний вал (сталь 12X18Н10Т) коробки передач автомобіля ГАЗ–24
(шліці: модуль $m = 2,5$ мм, число зубів $z = 16$, висота головки зуба $h = 3,0$ мм;
шестірня: модуль $m = 2,5$ мм, число зубів $z = 25$, висота головки зуба $h = 1,75$ мм)



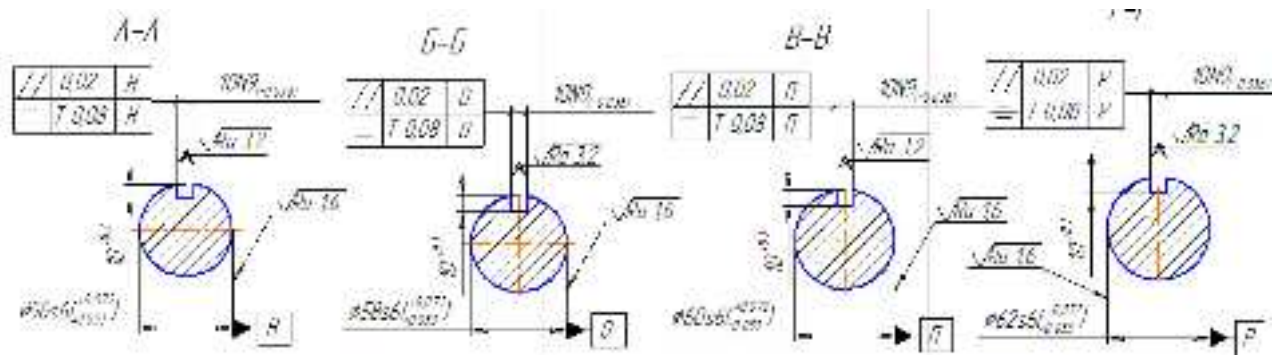
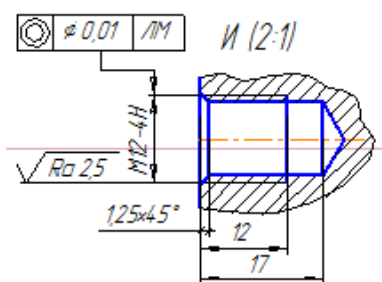
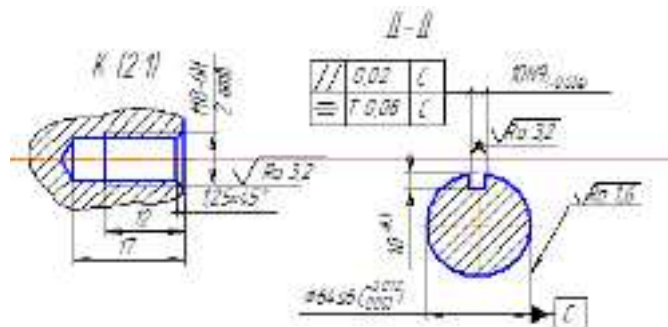
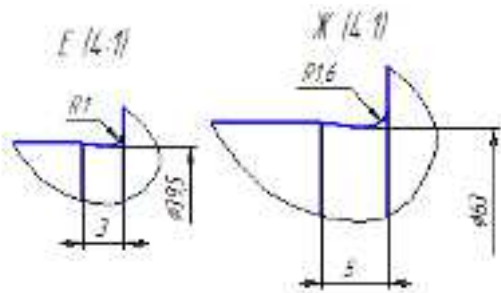
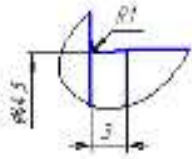
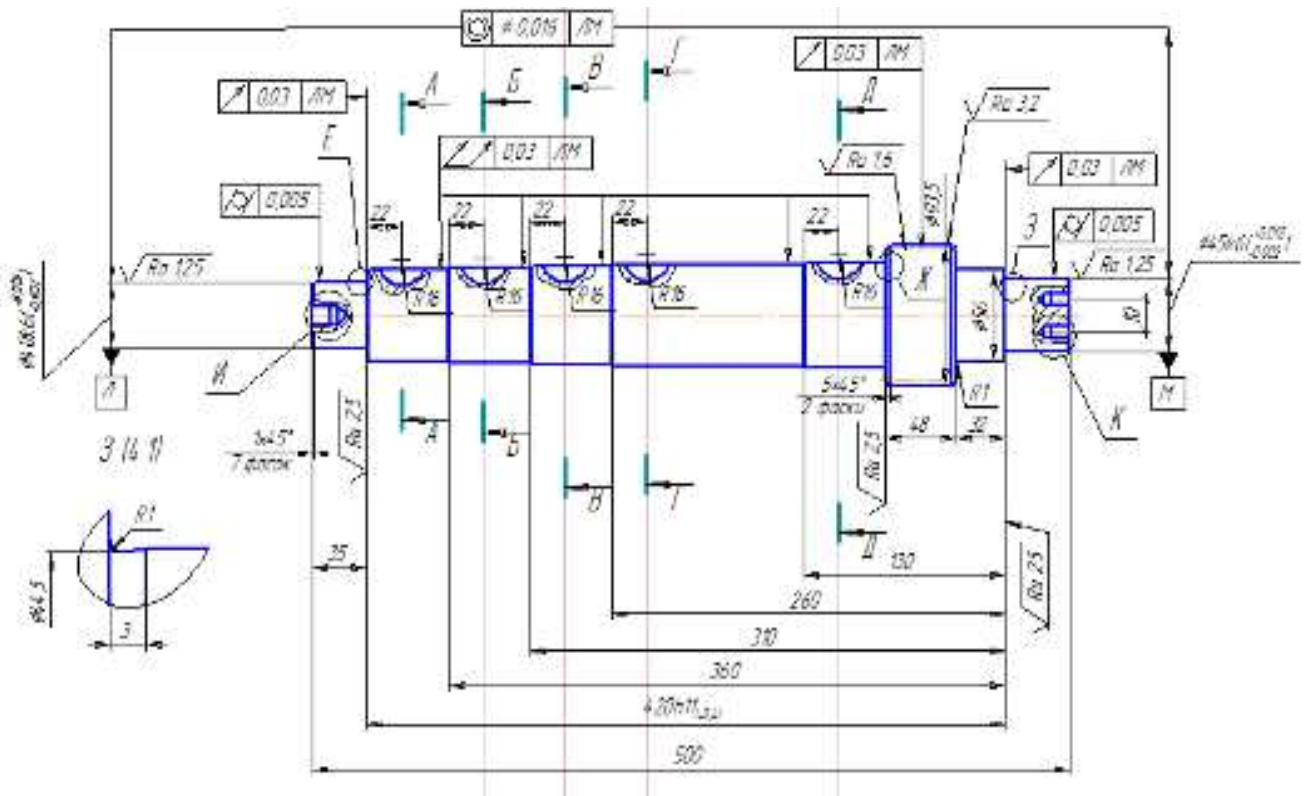
Інд. завдання 5, варіант 2 – Ведена шестірня першої передачі (сталь 40ХН) коробки передач автомобіля ВАЗ–2110
(модуль нормальний $m = 2,5$ мм, число зубів $z = 35$, діаметр дільного кола $d = 100$ мм, кут нахилу зубів $\beta = 9^\circ 42'$)



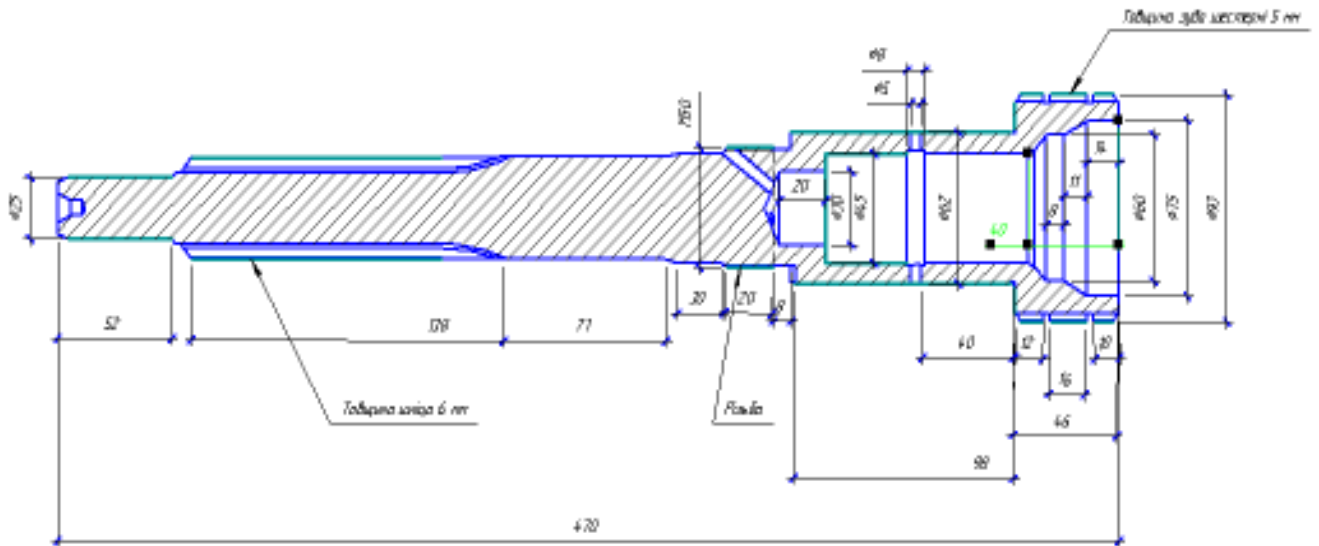
Інд. завдання 5, варіант 3 – Первинний вал (сталь 25ХГМ) коробки передач автомобіля Урал-4320
 (шліци: модуль $m = 1,058$ мм, число зубів $z = 20$, діаметр ділільного кола $Dd = 21,166$ мм;
 шестірна: модуль нормальний $m = 2,5$ мм, модуль торцевий $m = 2,9166$, число зубів $z = 17$, діаметр ділільного
 кола $d = 49,5819$ мм, кут нахилу зубів по ділільному колу $\beta = 31^\circ$; висота головки зуба по хорді $h = 3,58$ мм)



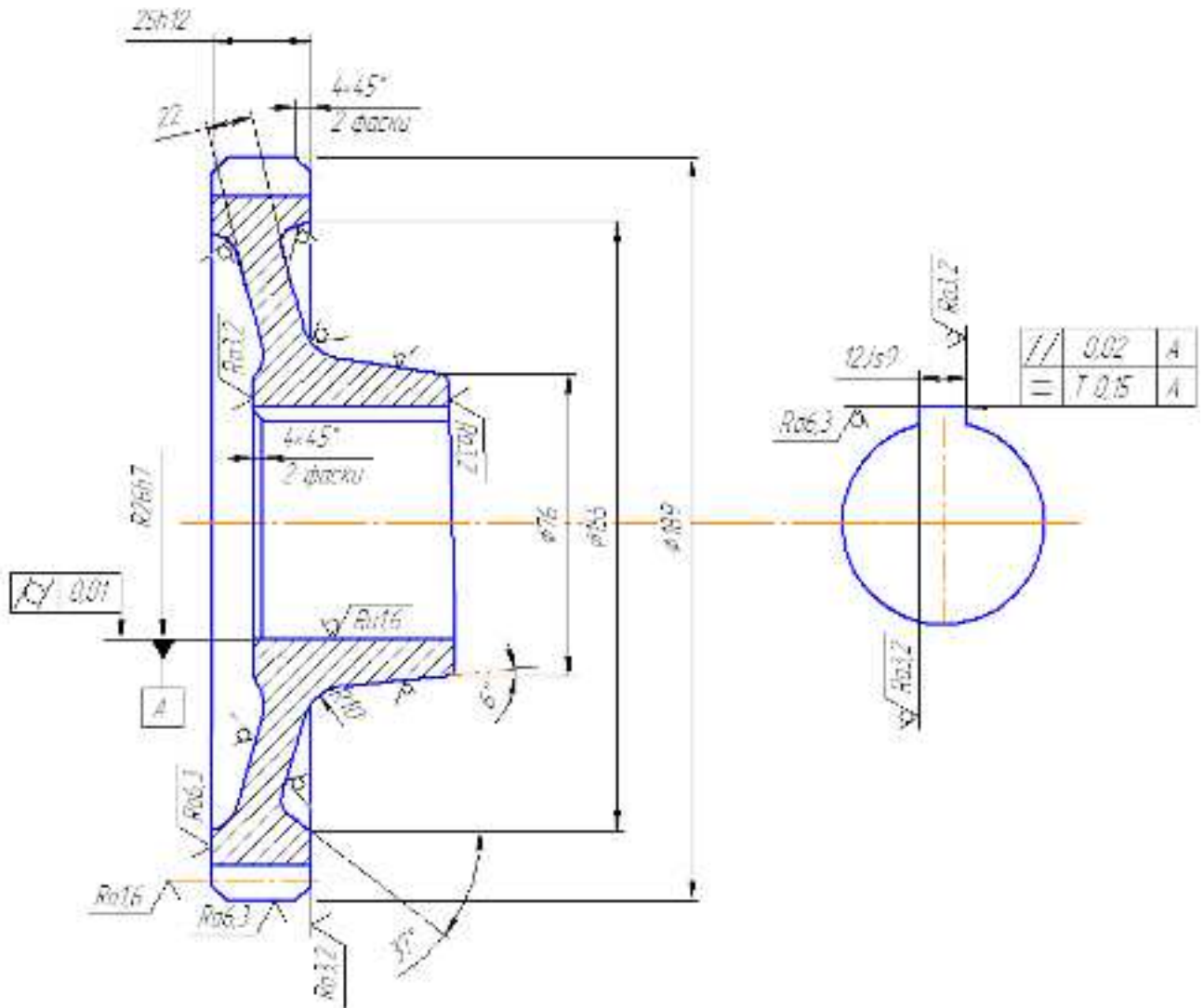
Інд. завдання 5, варіант 4 – Ведена шестірна першої передачі (сталь 40ХН) коробки передач автомобіля ВАЗ-2110
 (модуль нормальний $m = 2,5$ мм, число зубів $z = 43$, діаметр ділільного кола $d = 107,5$ мм, кут нахилу зубів $\beta = 9^\circ 42'$)



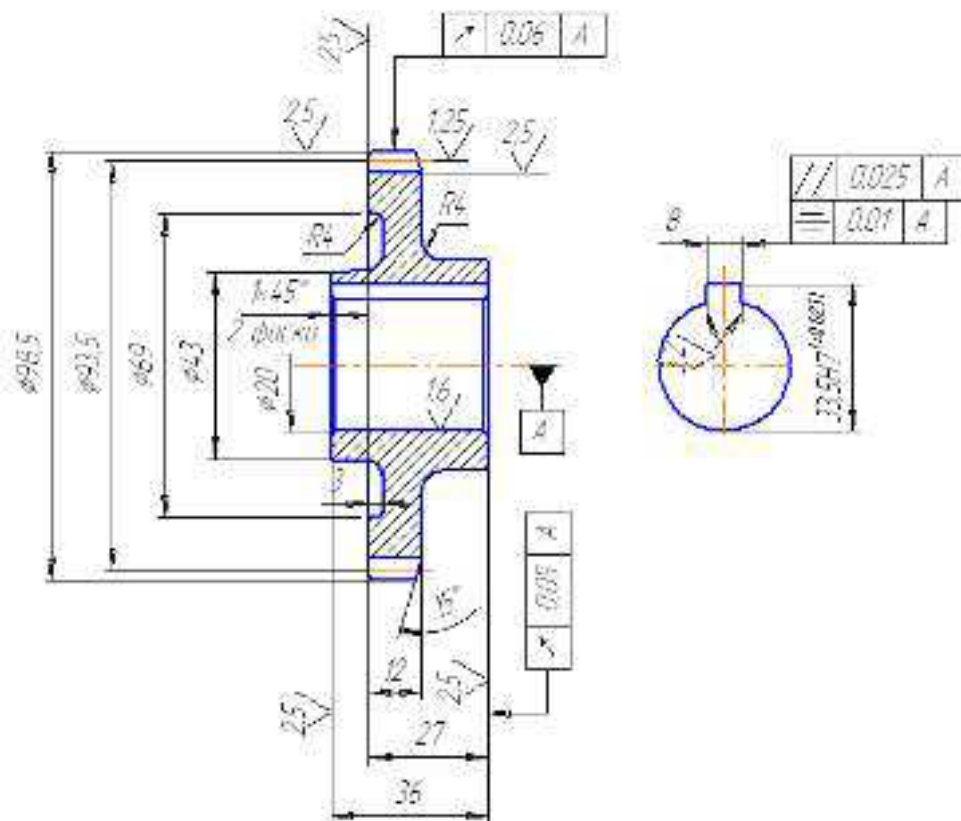
Інд. завдання 5, варіант 5 – Вал (сталь 15ХГН2ГА) коробки передач автомобіля Урал-4320 (модуль $m = 4,25$ мм, число зубів $z = 20$, діаметр діляльного кола $d = 85$ мм)



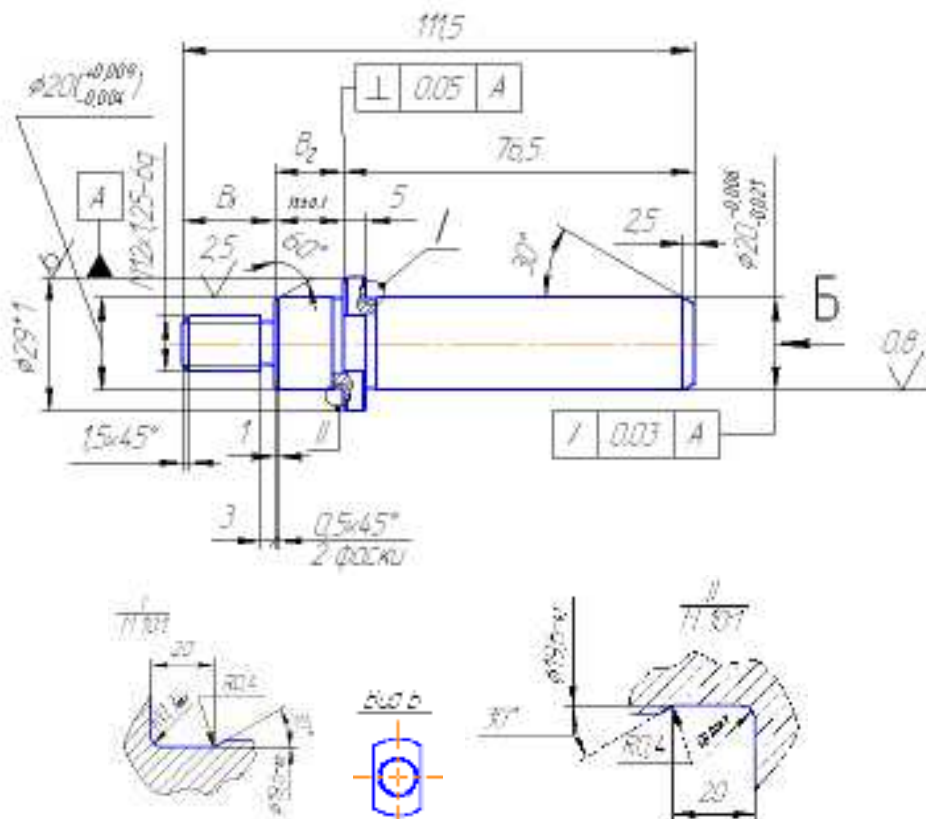
Інд. завдання 5, варіант 6 – Первинний вал (сталь 25ХГМ) коробки передач автомобіля КамАЗ–5320
 (шліці: модуль $m = 3$ мм, число зубів $z = 18$, висота головки зуба $h = 3,5$ мм;
 шестірня: модуль $m = 3$ мм, число зубів $z = 30$, висота головки зуба $h = 1,5$ мм)



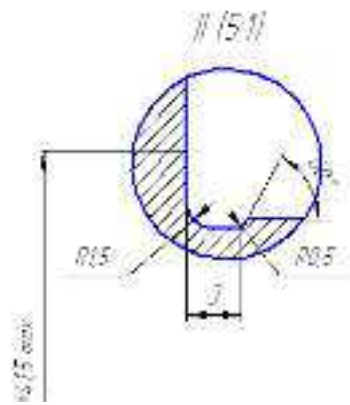
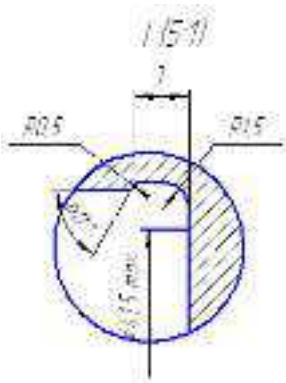
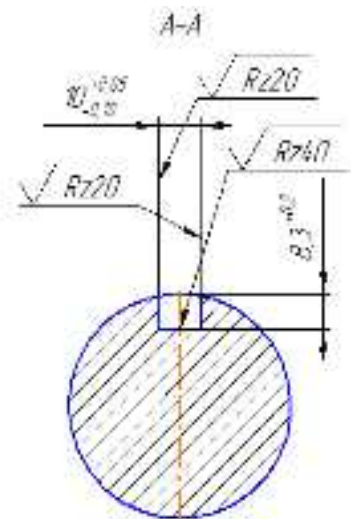
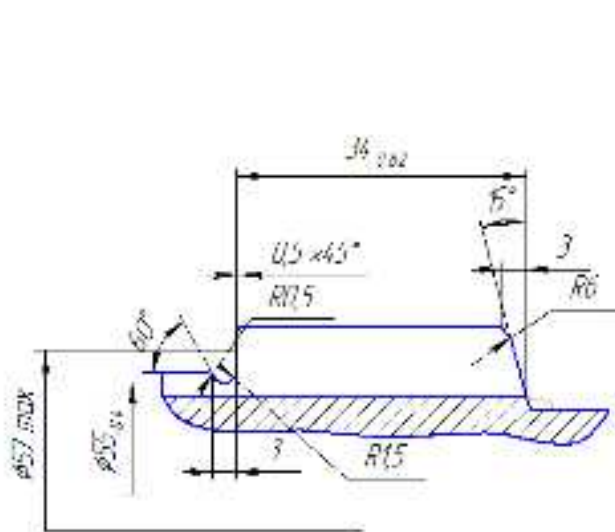
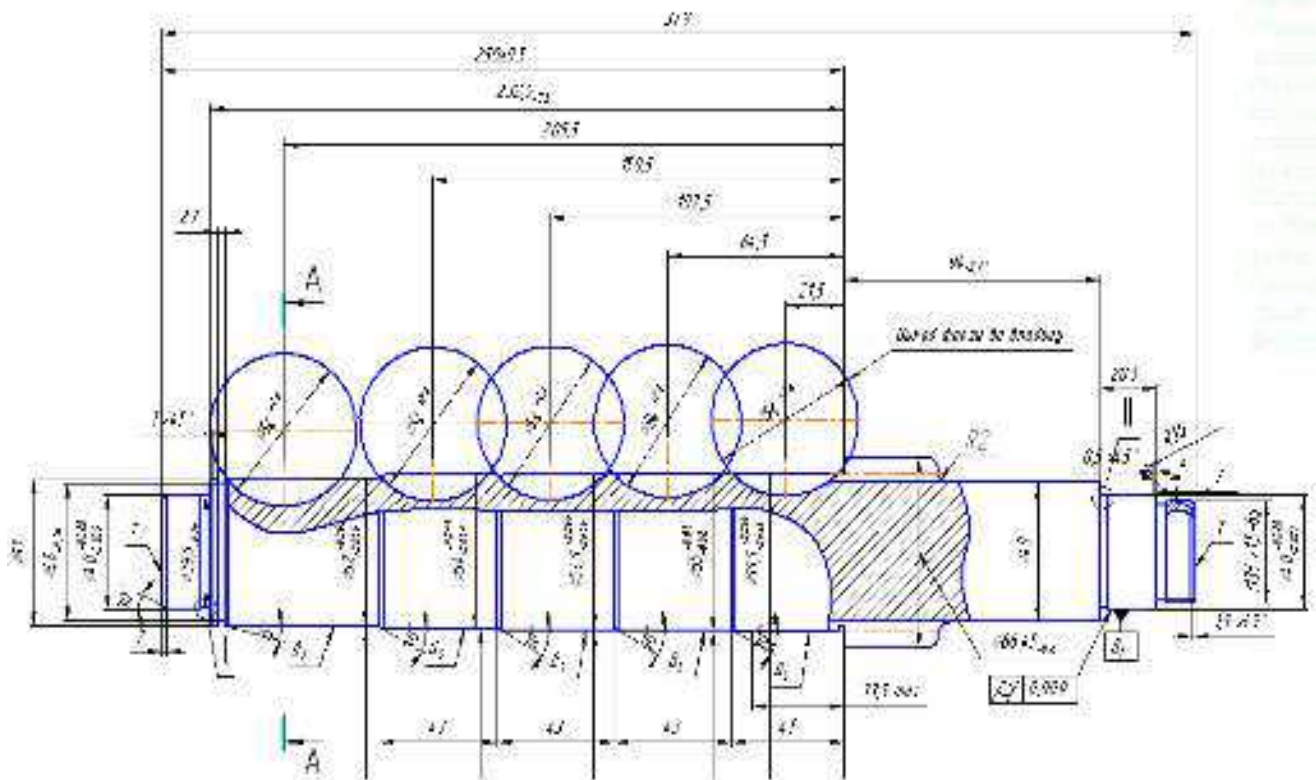
Інд. завдання 5, варіант 7 – Колесо зубчасте першої передачі (сталь 25ХГМ) коробки передач автомобіля ЗІЛ–5301
 (модуль $m = 3$ мм, число зубів $z = 22$, дільний діаметр $d = 180$ мм)



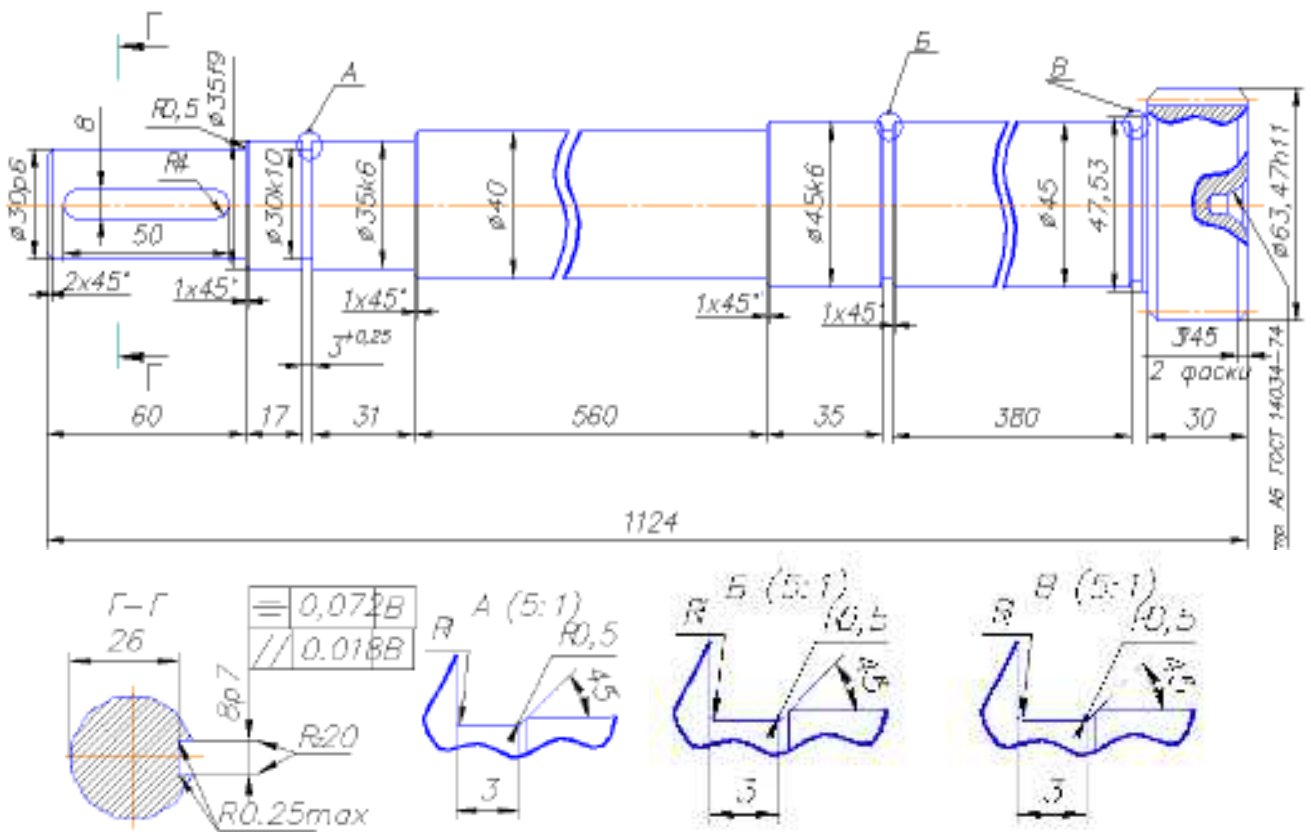
Інд. завдання 5, варіант 8 – Шестірня заднього ходу ведена (сталь 12Х2Н4А) коробки передач автомобіля ВАЗ–2107
(модуль $m = 2,5$ мм, число зубів $z = 37$, дільний діаметр $d = 93,5$ мм)



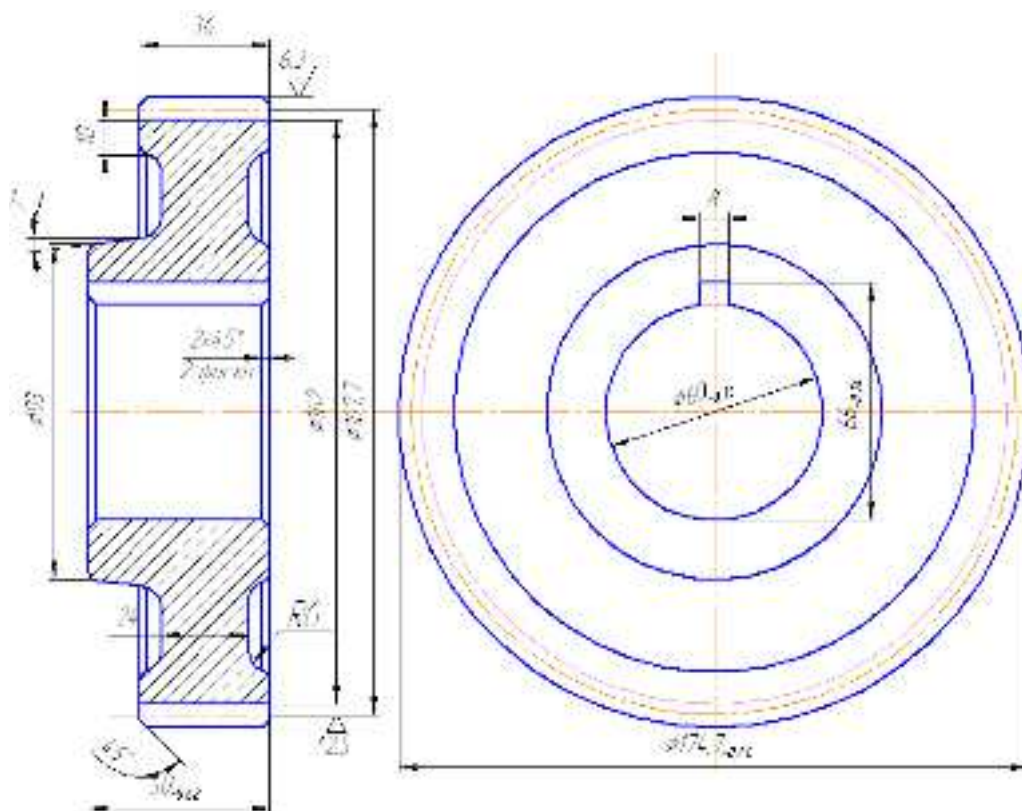
Інд. завдання 5, варіант 9 – Вісь проміжної шестірні заднього ходу (сталь 20ХГНМ) коробки передач автомобіля ВАЗ–2107



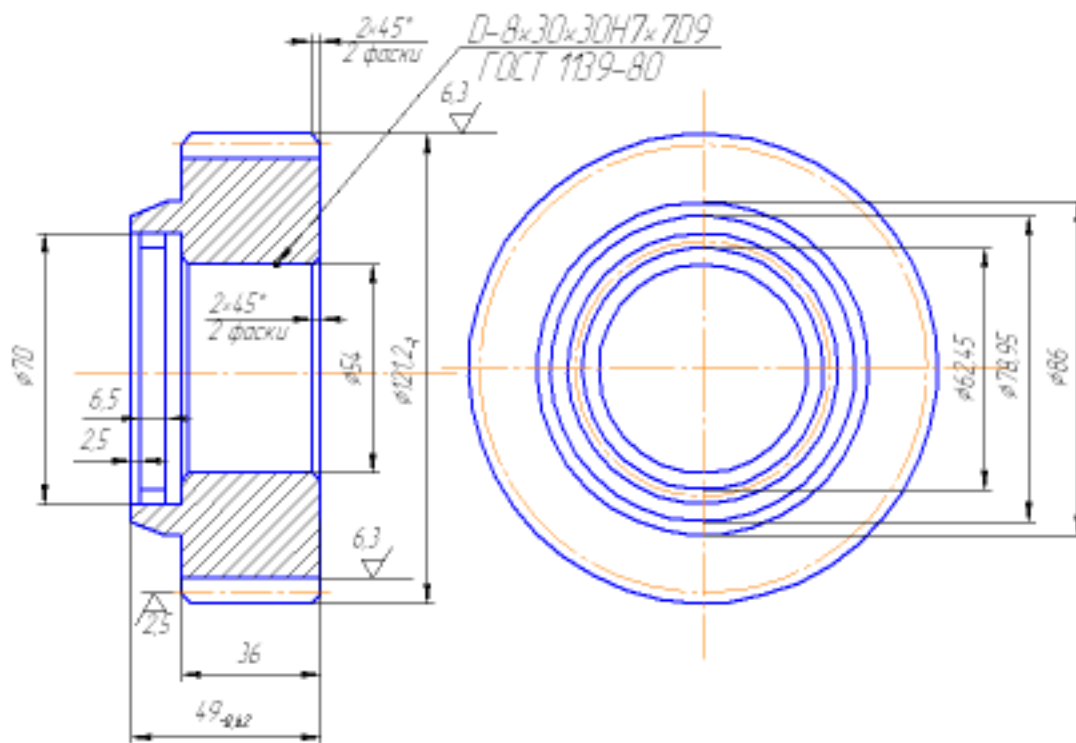
Інд. завдання 5, варіант 10 – Проміжний вал (сталь 25ХГМ) коробки передач автомобіля ЗІЛ-130 (модуль $m = 4,25$ мм, число зубів $z = 13$, дільний діаметр $d = 55,25$ мм)



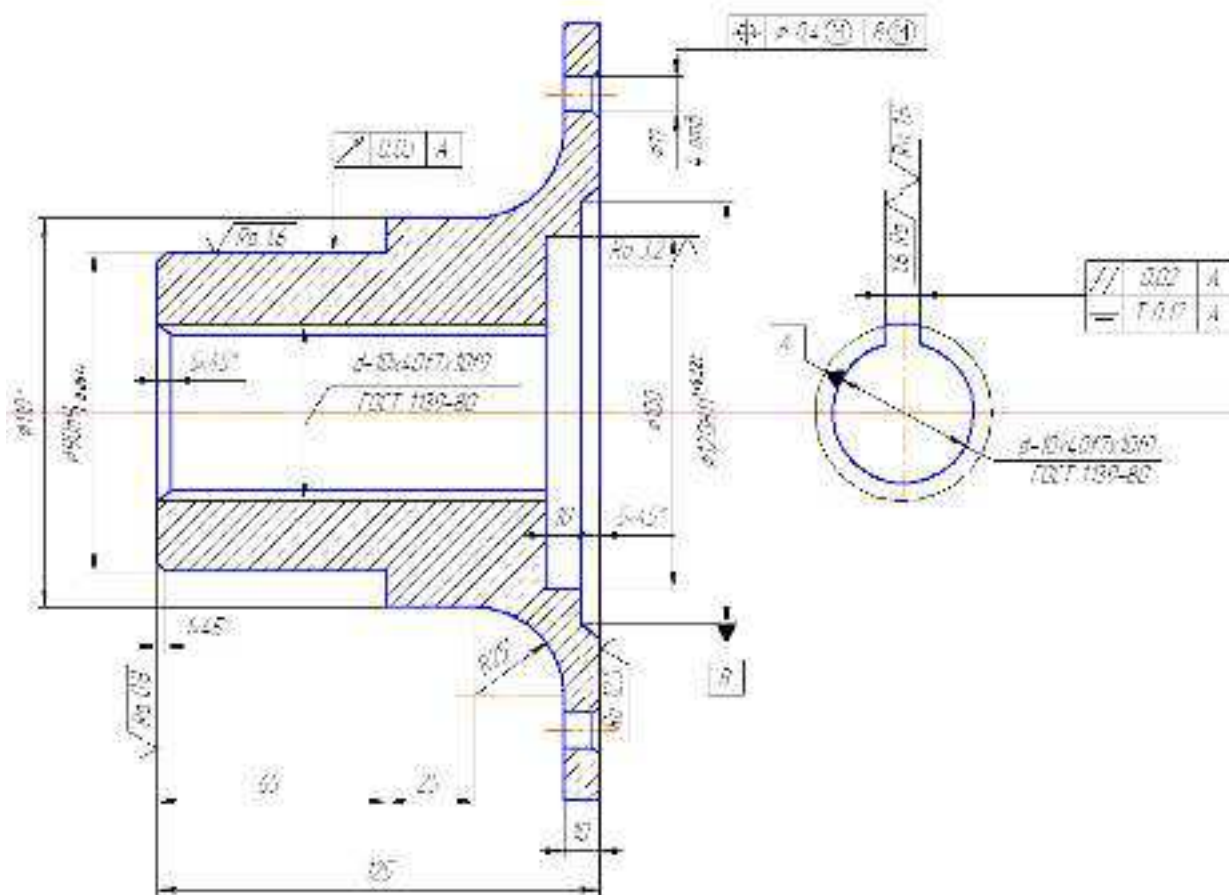
Інд. завдання 5, варіант 11 – Вал-шестірна (сталь 25ХГТ) коробки передач автомобіля ВА3–2110 (модуль нормальний $m = 3$ мм, число зубів $z = 18$, діаметр діляного кола $d = 57,47$ мм, основний діаметр $d = 54$ мм; кут нахилу зубів $\beta = 20^\circ$)



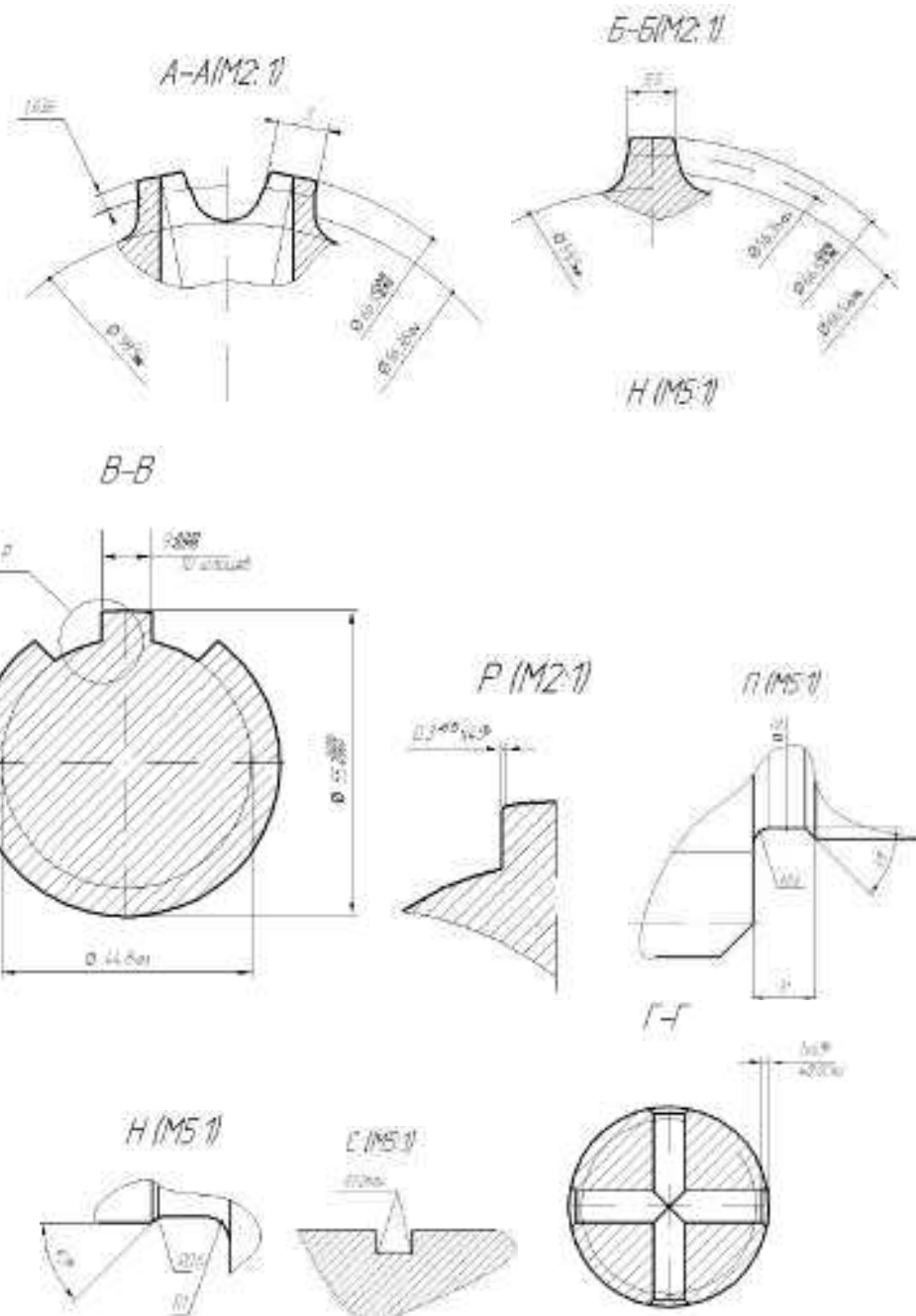
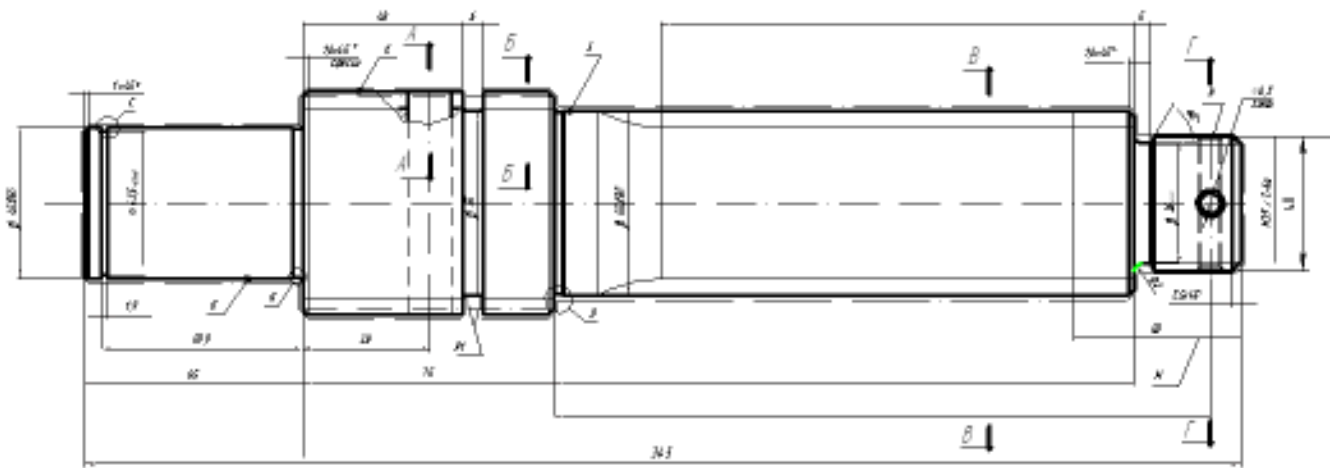
Інд. завдання 5, варіант 12 – Зубчасте колесо четвертої передачі (сталь 40ХН) коробки передач автомобіля ЗІЛ–130



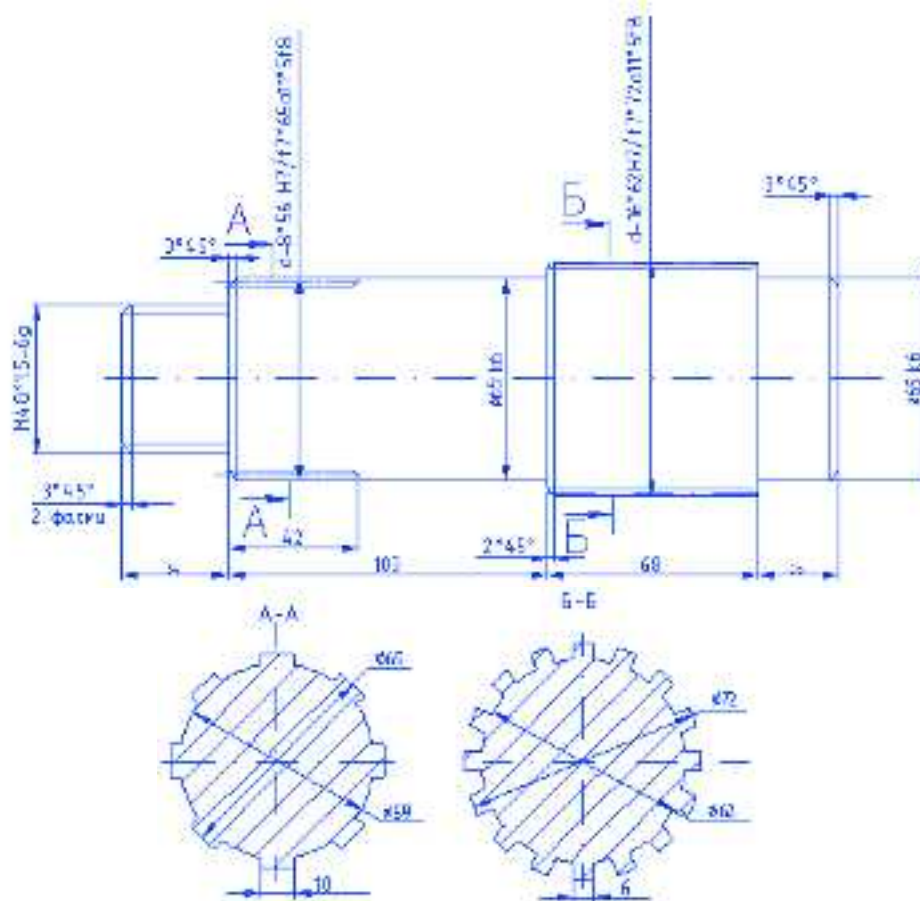
Інд. завдання 5, варіант 13 – Шестірня четвертої передачі (сталь 40ХН) коробки передач автомобіля ЗІЛ–130



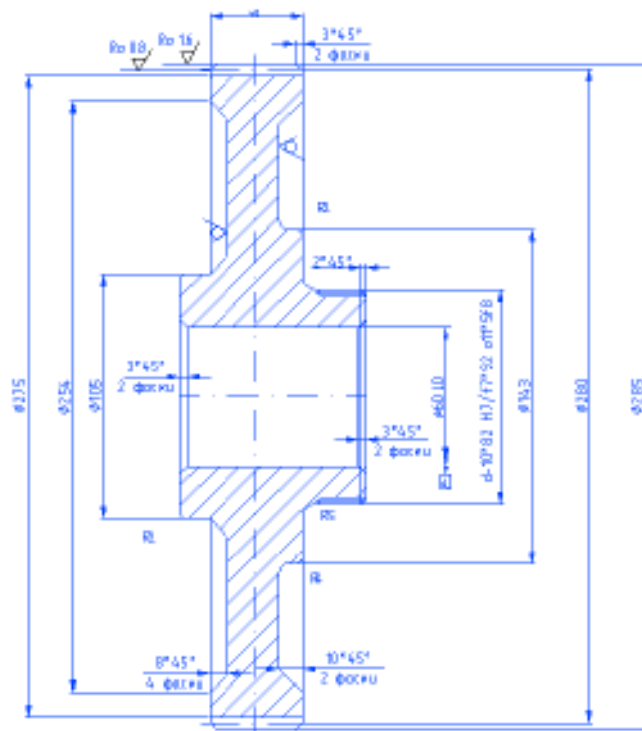
Інд. завдання 5, варіант 14 – Фланець кріплення карданного шарніра (сталь 40Х) роздавальної коробки передач автомобіля ІЖ–2126



Інд. завдання 5, варіант 15 – Вал первинний (сталь 40X) коробки відбору потужності скрепера самохідного МоАЗ-6014
(модуль $m = 3,5$ мм, число зубів $z = 18$, дільний діаметр $d = 63$ мм)



Інд. завдання 5, варіант 16 – Вал (сталь 20ХНМ) роздавальної коробки передач автомобіля ГАЗ–3308



Інд. завдання 5, варіант 17 – Колесо зубчасте (сталь 20ХН2М) роздавальної коробки передач автомобіля ГАЗ–3308 (модуль $m = 4$ мм, число зубів $z = 72$, дільний діаметр $d = 282$ мм; висота зуба $h = 4$ мм, кут нахилу зубів $\beta = 15^\circ$)

Література: [4]

Лабораторна робота 6. Розрахунок в SW Simulation значень фронтальних і поперечних горизонтальних сил, які приведуть до деформації

Мета: на моделі деталі «кран» розрахувати значення фронтальних і поперечних горизонтальних сил, які призведуть до деформації.

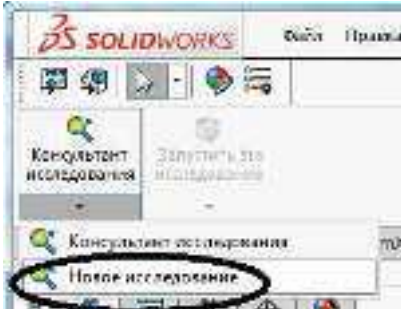
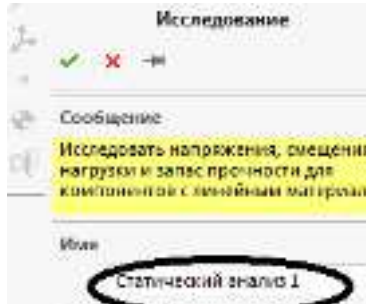
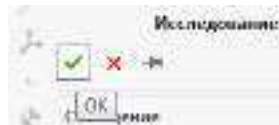
Методичні вказівки

Відкрити файл деталі «кран»:

	<p>Деталь «кран» є компонентом вузла крана.</p> <p>Нажмите здесь, чтобы открыть aw_faucet.sldprt (или перейдите в <каталог_установки>\samples\tutorial\cosmosxpress\aw_faucet.sldprt).</p> 
<p>Вибрати Файл, Сохранить как і зберегти файл деталі з ім'ям Имя файла: aw_faucet.SLDPRT (це дозволить знову використовувати оригінальний файл).</p>	

Виконати наступні дії:

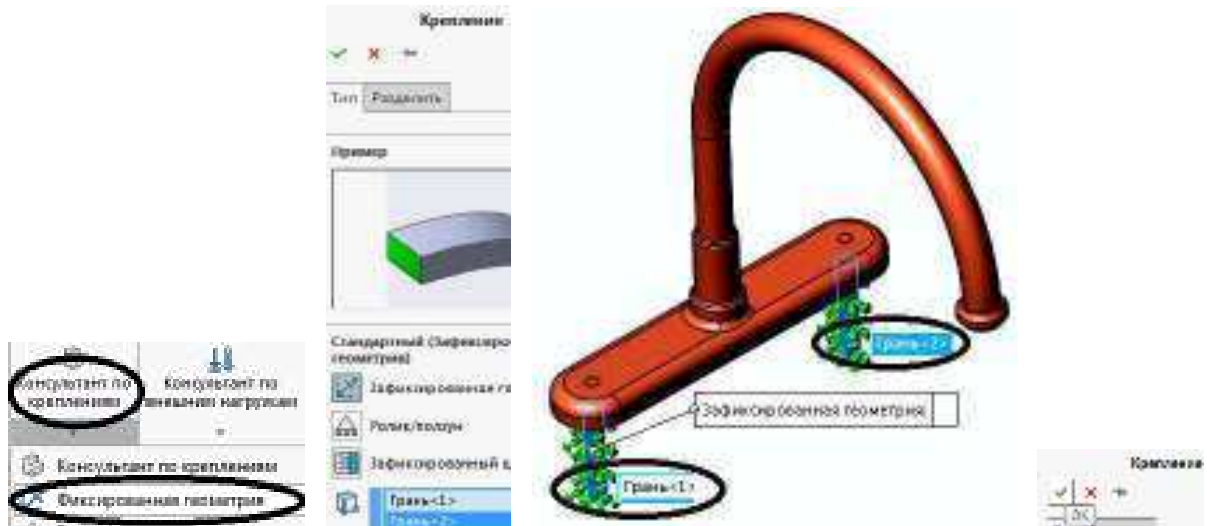
– вибрати параметри аналізу напруженого стану деталі МСЕ:

		
---	--	---

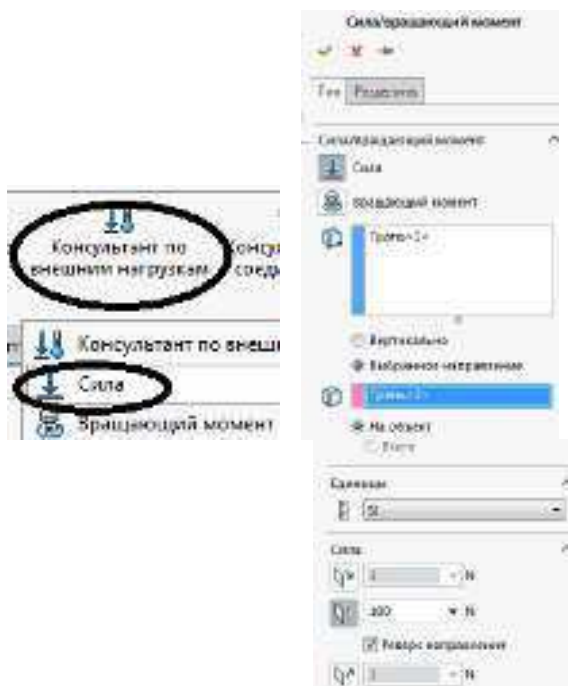
– призначити матеріал деталі:

		
---	---	---

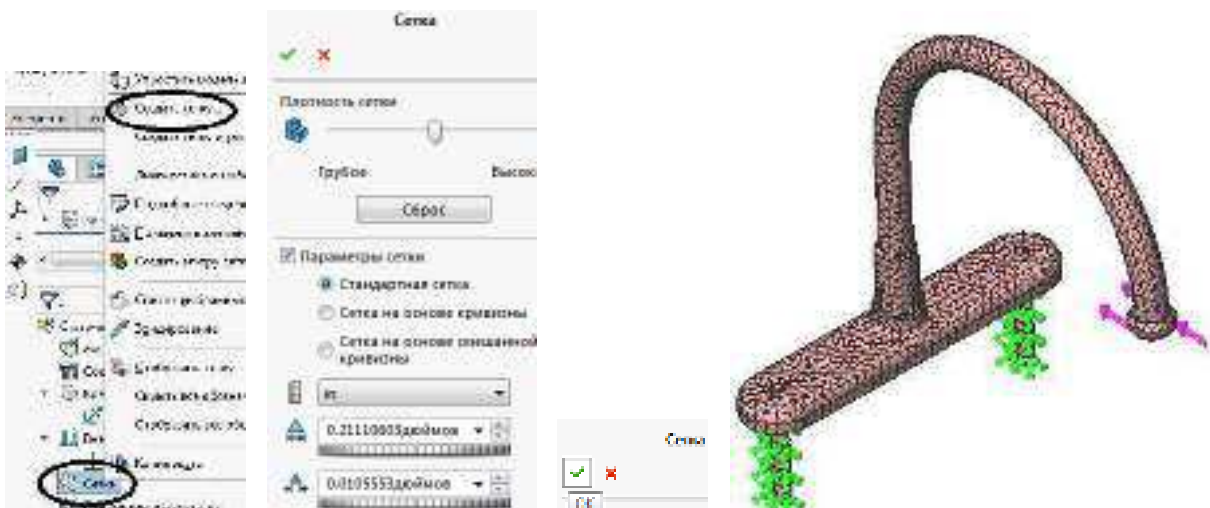
– застосувати обмеження для розрахунку деталі МСЕ:



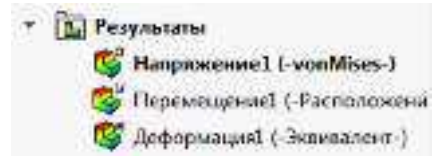
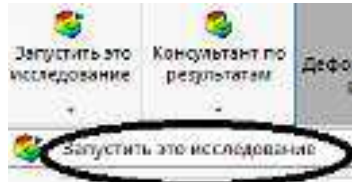
– прикласти навантаження до певних площин, граней чи елементів деталі:



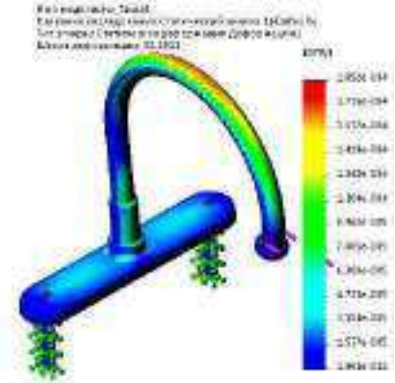
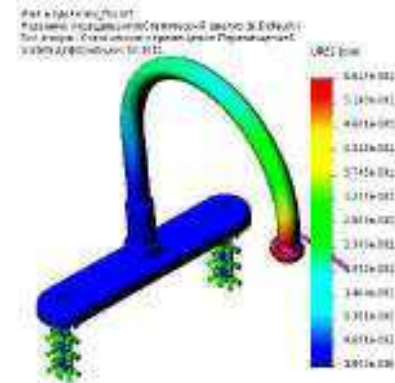
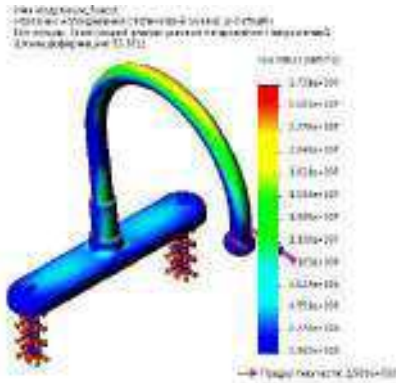
– провести анализ модели и процесс створення сітки МСЕ:



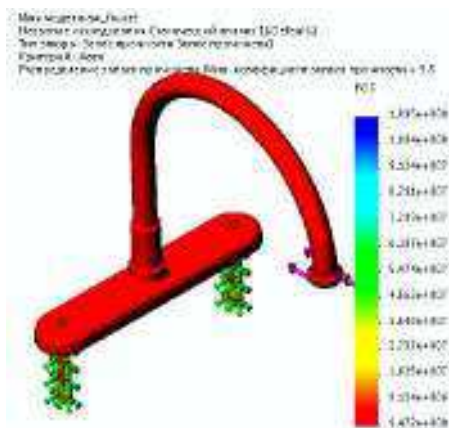
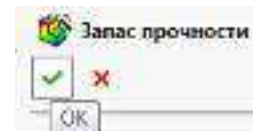
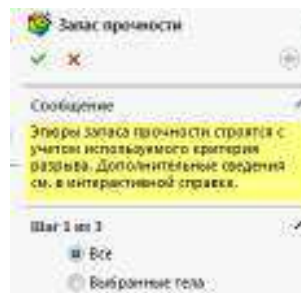
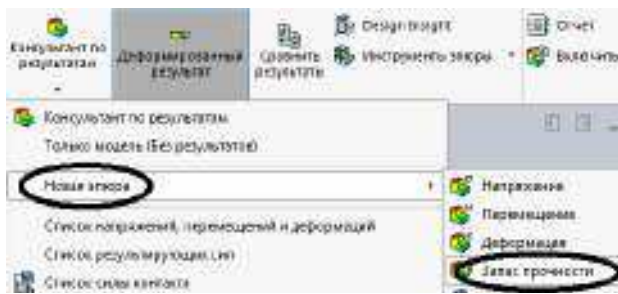
– запустити програму для активного дослідження:



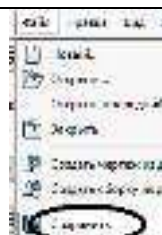
– провести аналіз розрахунків напруженого стану зміненої деталі (епюр еквівалентних напружень і результируючого переміщення; деформованої форми моделі):



– розрахувати запас міцності:

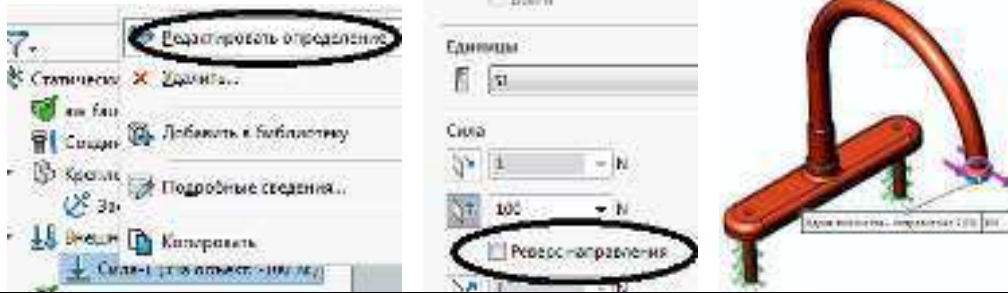


На першому екрані вкладки **Результаты** відображається мінімальний запас міцності моделі, який дорівнює 9.472 при вказаному навантаженні та обмеженні, який означає, що модель не повинна бути пошкоджена.



Зберегти сеанс аналізу:
– у вікні **Файл** вибрати кнопку **Сохранить**.

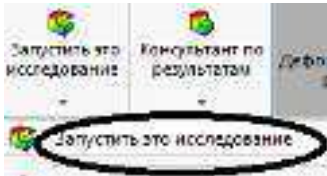
Вивчення ефекту від зміни напрямку сили на протилежний



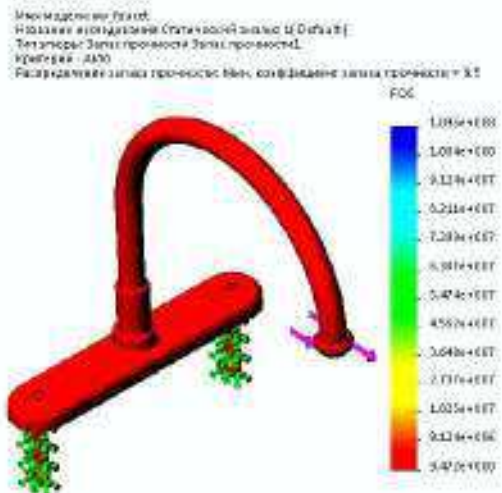
Аналіз зміненої деталі

Необхідно наново проаналізувати модель.

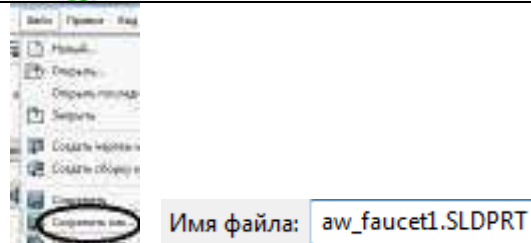
Запустити програму для активного дослідження:



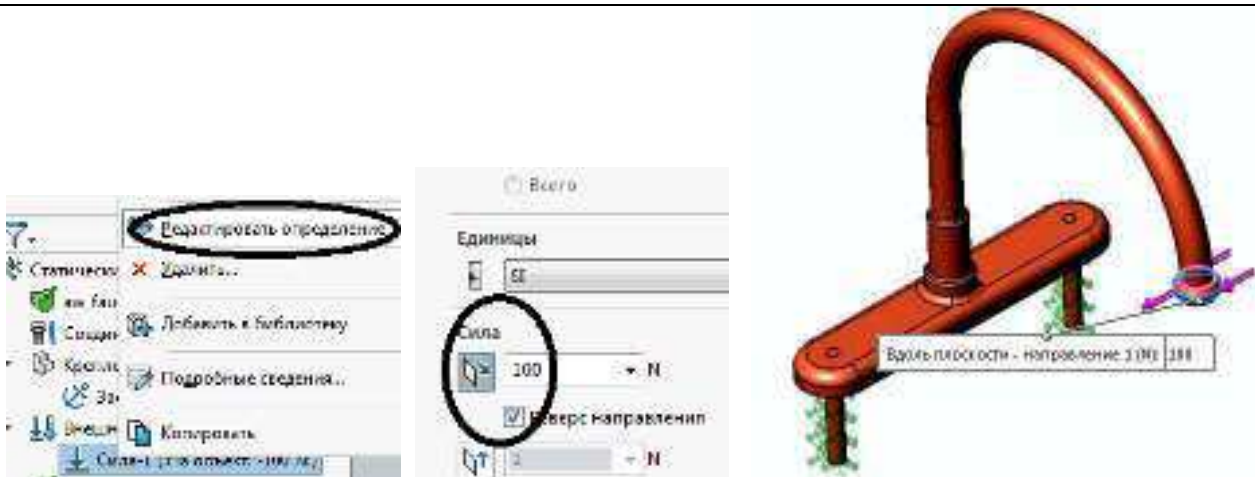
Після виконання аналізу SW Simulation відображає оновлене значення мінімального запасу міцності на основі нової геометрії. Запас міцності зміненої моделі не змінився – 9.472:



Зберегти сеанс аналізу:
– у вікні **Файл** вибрати кнопку **Сохранить как**;
– змінити назву файлу.



Вивчити ефект від зміни напрямку дії сили так, щоб вона тиснула на бічну сторону крана



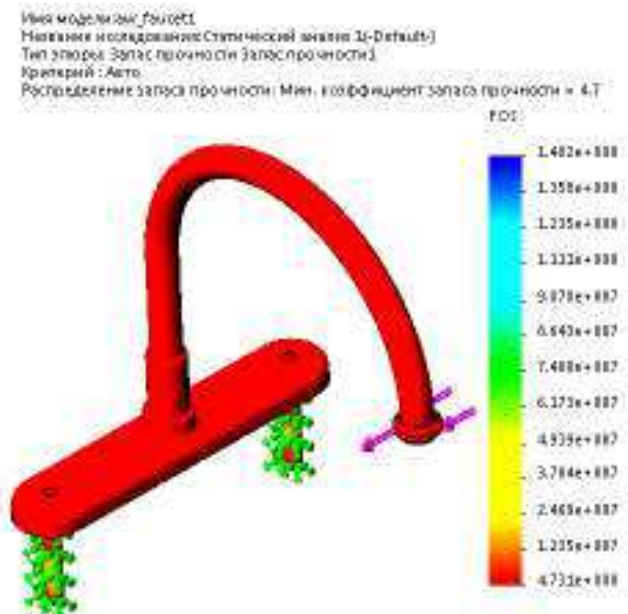
Аналіз зміненої деталі

Необхідно наново проаналізувати модель.

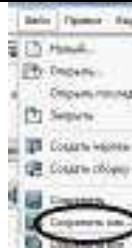
Запустити програму для активного дослідження:



Після виконання аналізу SW Simulation відображає оновлене значення мінімального запасу міцності на основі нової геометрії. Запас міцності зміненої моделі змінився – 4.731:



Зберегти сеанс аналізу:
 – у вікні **Файл** вибрати кнопку **Сохранить как**;
 – змінити назву файлу.



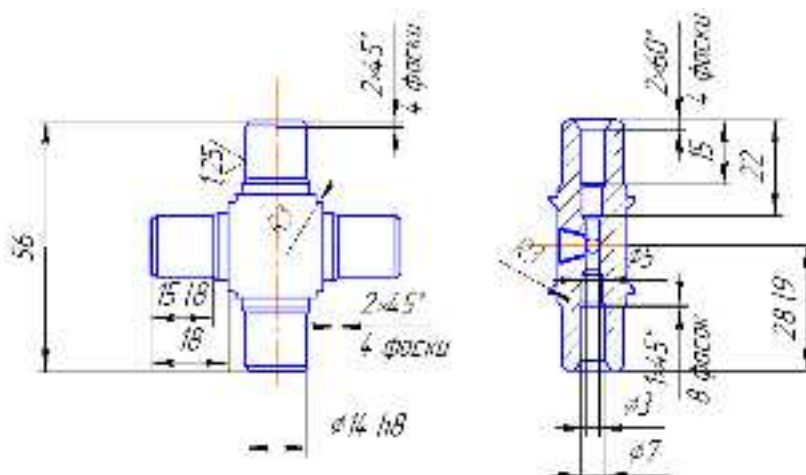
Имя файла: aw_faucet2.SLDPRT

Мінімальний запас міцності моделі при різних видах прикладення навантаження до кінця труби:

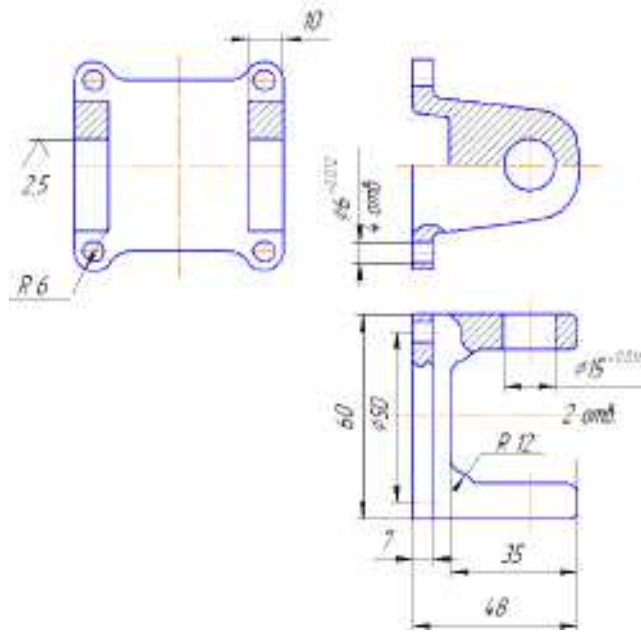
всередину крана	від крана	збоку крана
9.472	9.472	4.731

Висновок: найменший запас міцності при прикладенні навантаження до кінця труби збоку, але й у цьому випадку необоротних змін при деформації крана не відбувається.

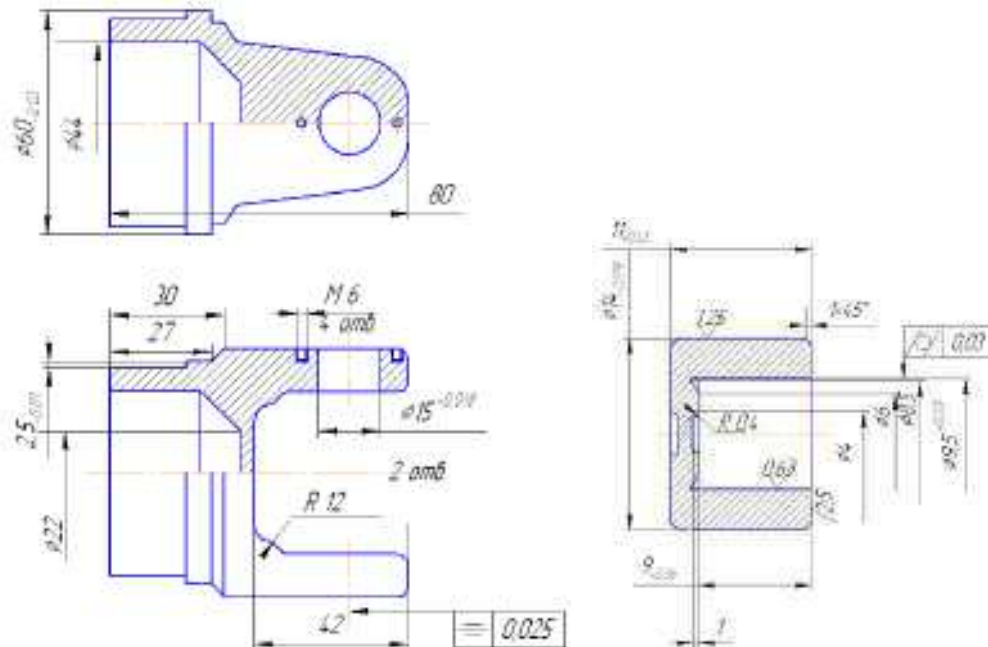
Індивідуальне завдання 6. Розрахунок в SW Simulation деталей карданних передач



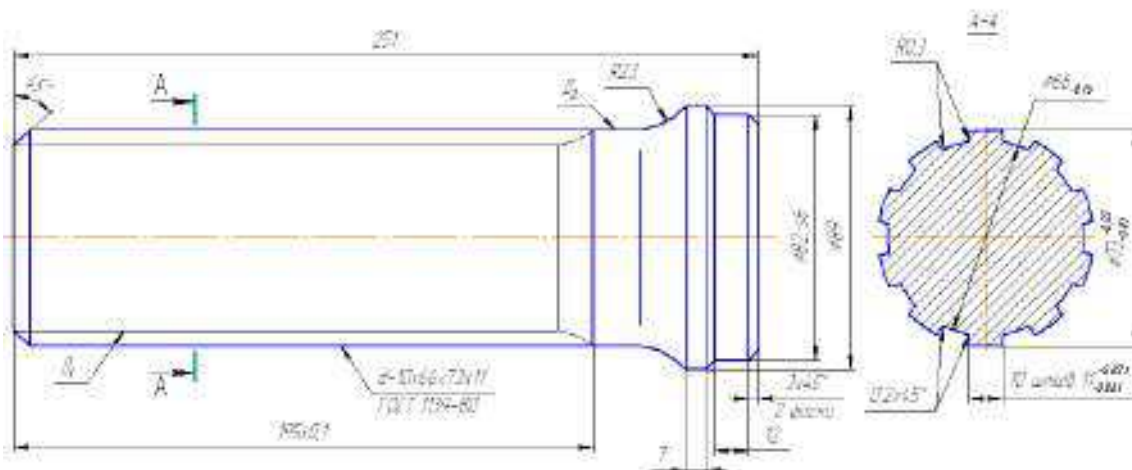
Інд. завдання 6, варіант 1 – Хрестовина (сталь 20) карданної передачі автомобіля ВА3–2107



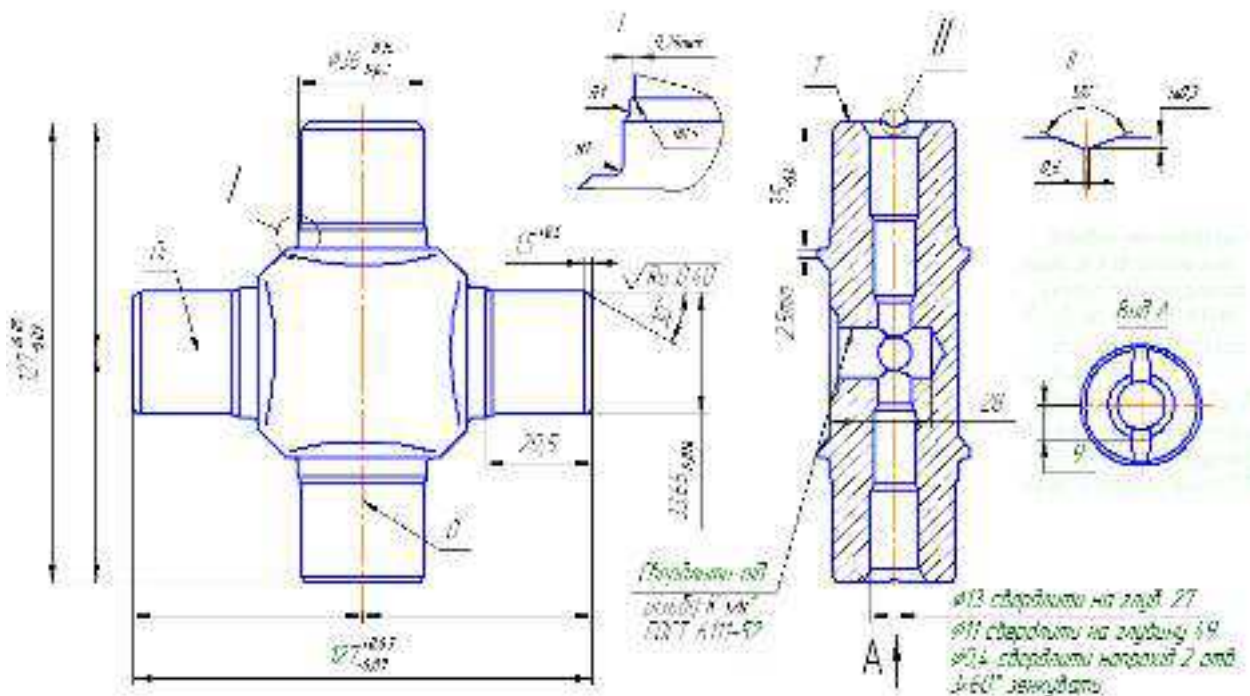
Інд. завдання 6, варіант 2 – Фланець (сталь 45) карданної передачі автомобіля ВАЗ–2107



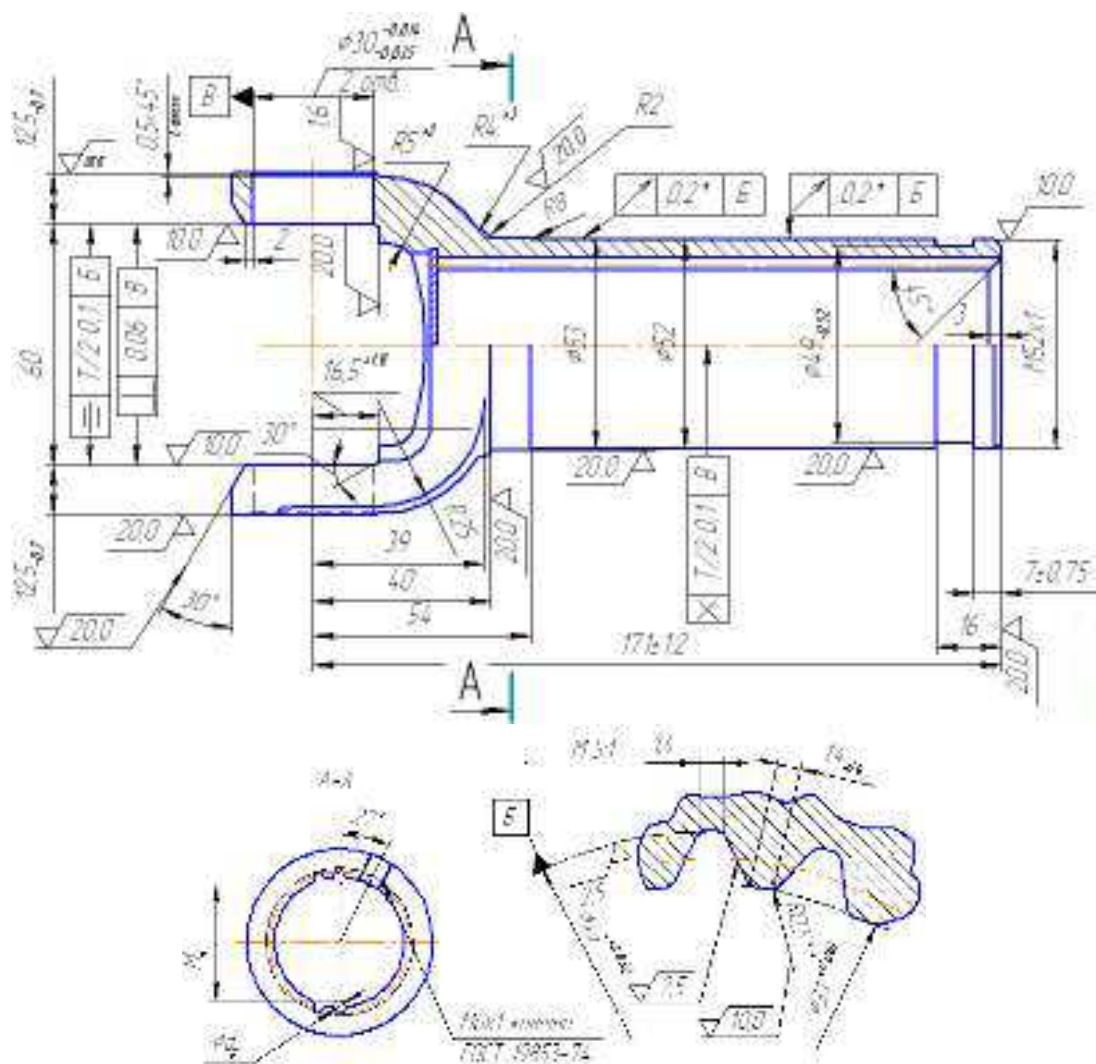
Інд. завдання 6, варіант 3 – Вилка (сталь 45) і стакан (сталь 45) карданної передачі автомобіля ВАЗ–2107



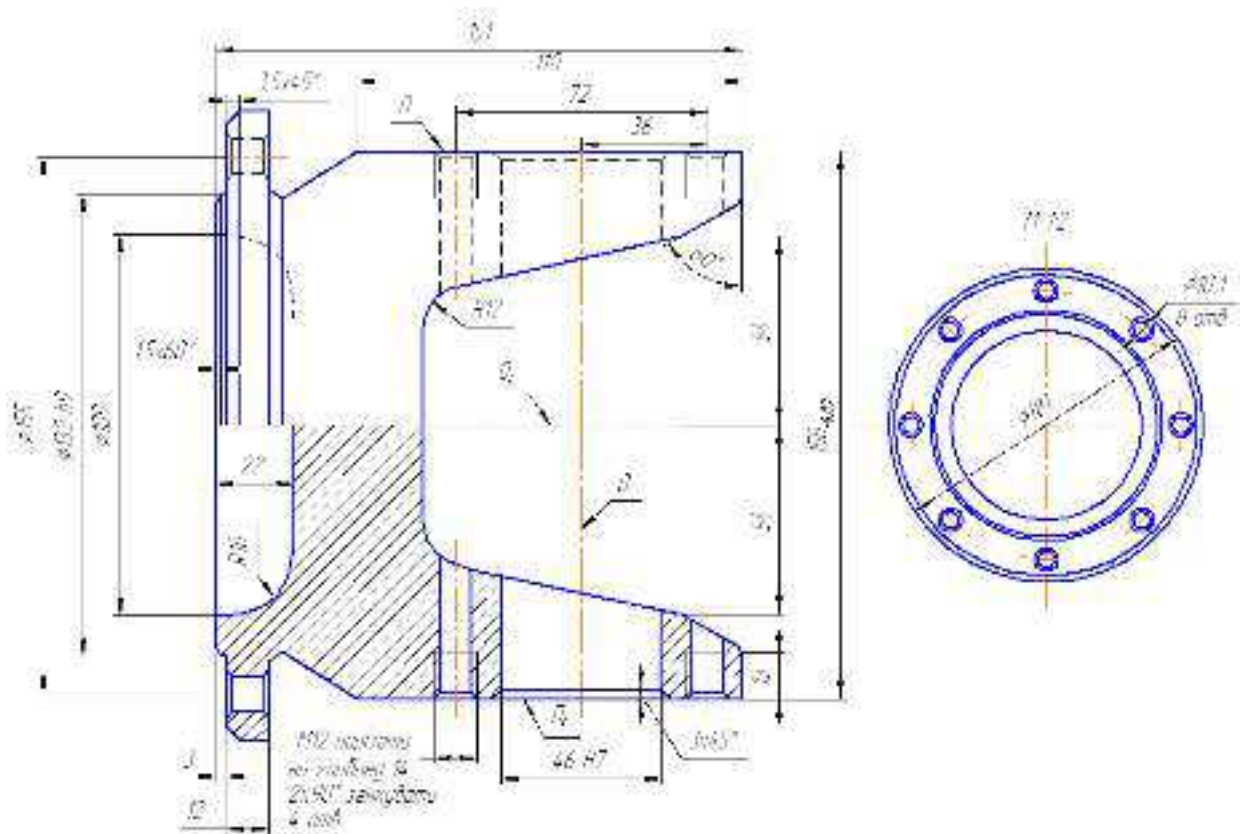
Інд. завдання 6, варіант 4 – Вал шліцьовий (сталь 40X) карданної передачі автомобіля МАЗ–533



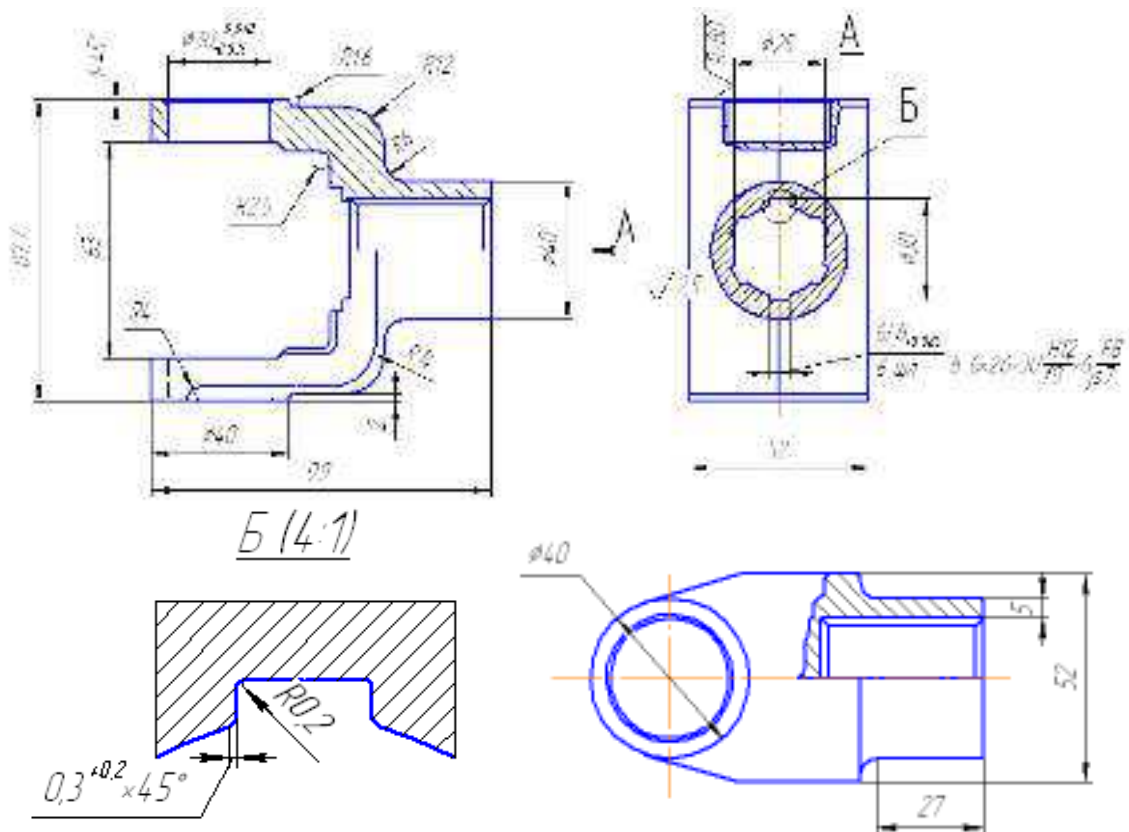
Інд. завдання 6, варіант 5 – Хрестовина (сталь 15ХГНТА) карданної передачі автомобіля МАЗ–5336



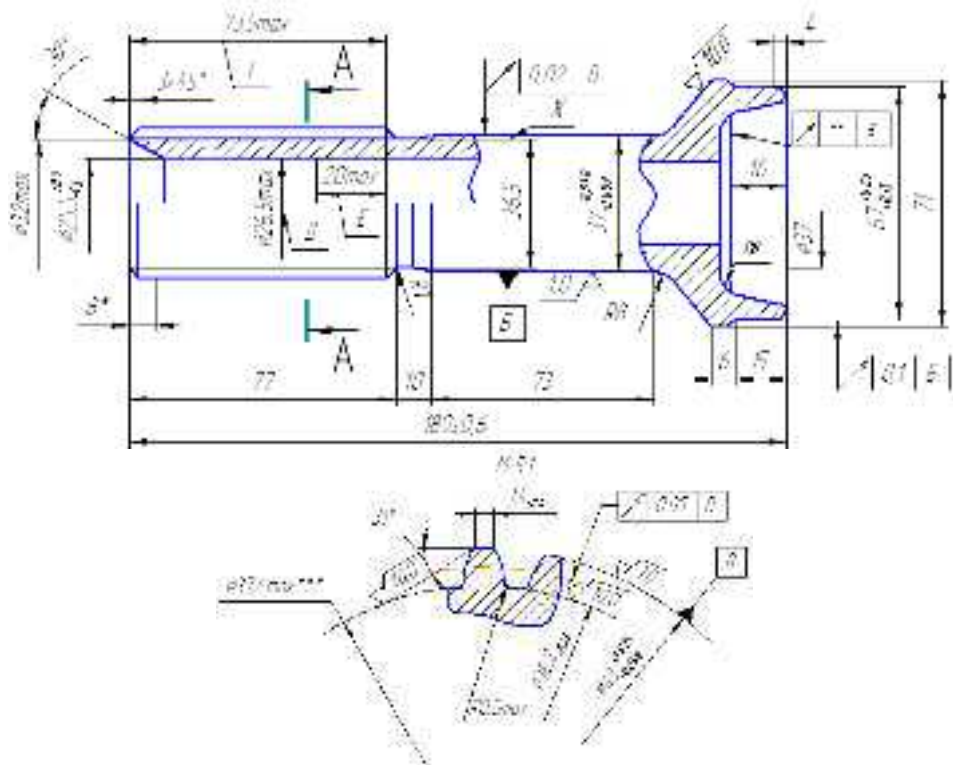
Інд. завдання 6, варіант 6 – Вилка ковзна (сталь 30Х) карданного вала автомобіля «Газель» (модуль $m = 2$ мм, число зубів $z = 20$, висота головки зуба $h = 1,5$ мм, діаметр діляного кола $d = 40$ мм)



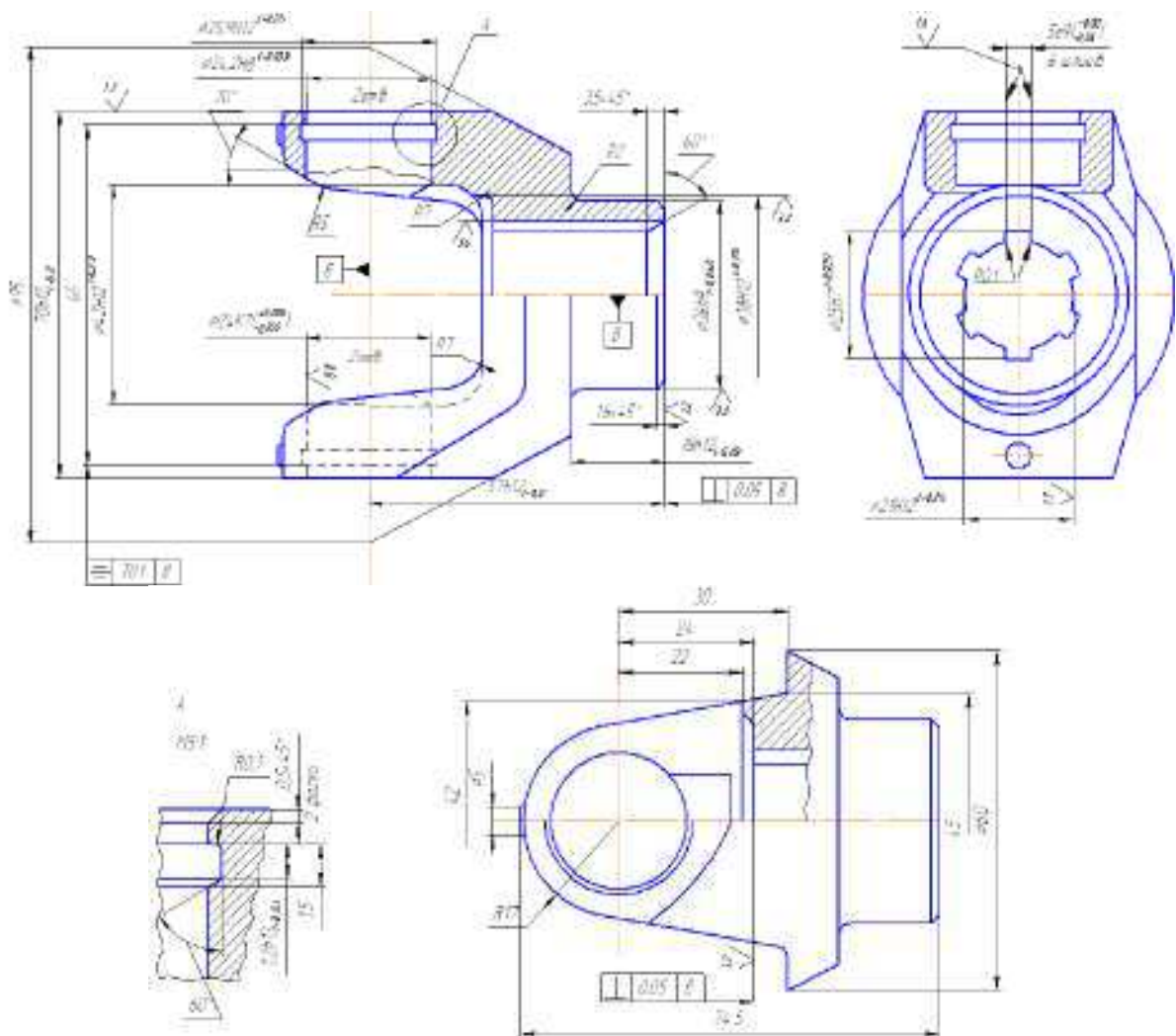
Інд. завдання 6, варіант 7 – Фланець (сталь 40) карданної передачі автомобіля МАЗ-53



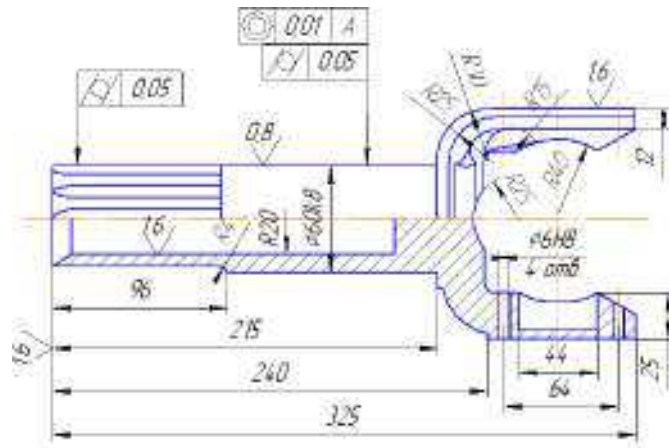
Інд. завдання 6, варіант 8 – Вилка (сплав АК-8) карданного вала автомобіля ГАЗ-31105



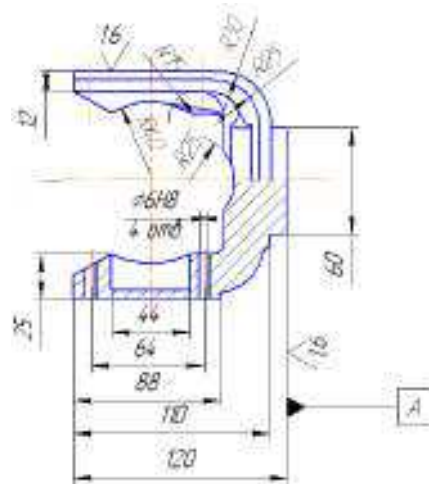
Інд. завдання 6, варіант 9 – Наконечник (сталь 30Х) карданного вала автомобіля «Газель» (модуль $m = 2$ мм, число зубів $z = 20$, висота головки зуба $h = 1,5$ мм, діаметр ділячного кола $d = 40$ мм)



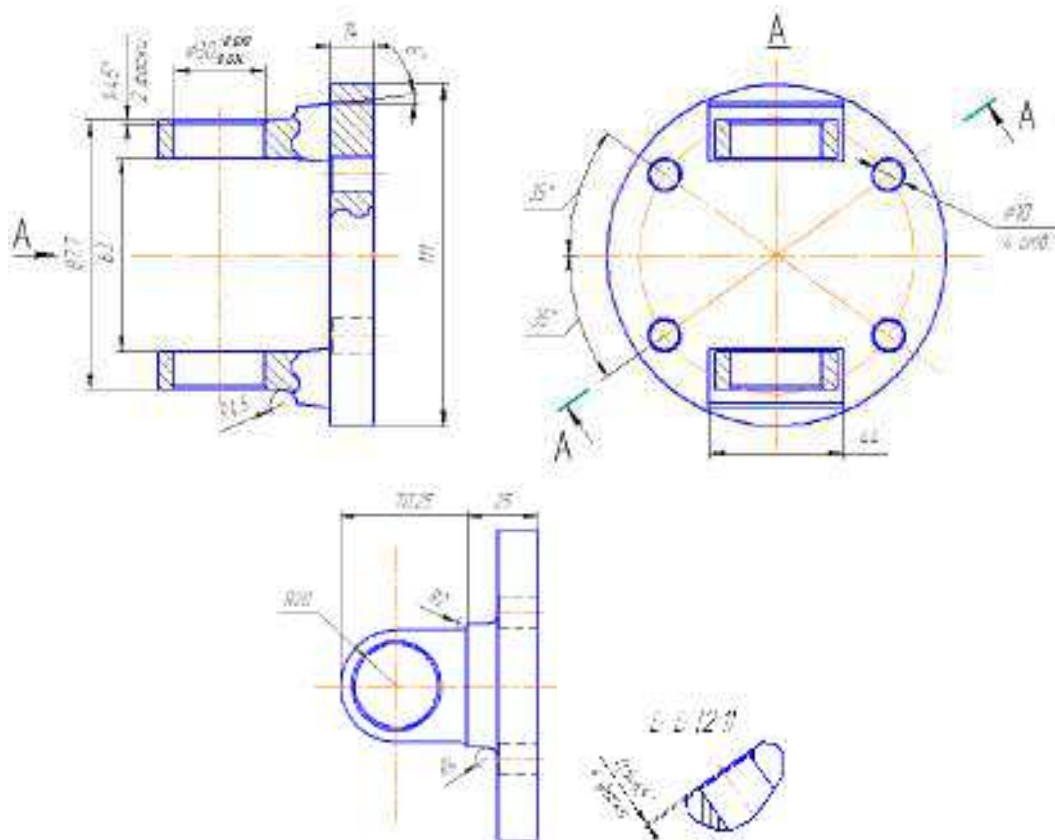
Інд. завдання 6, варіант 10 – Вуха (сталь 40) переднього карданного вала автомобіля «Газель»



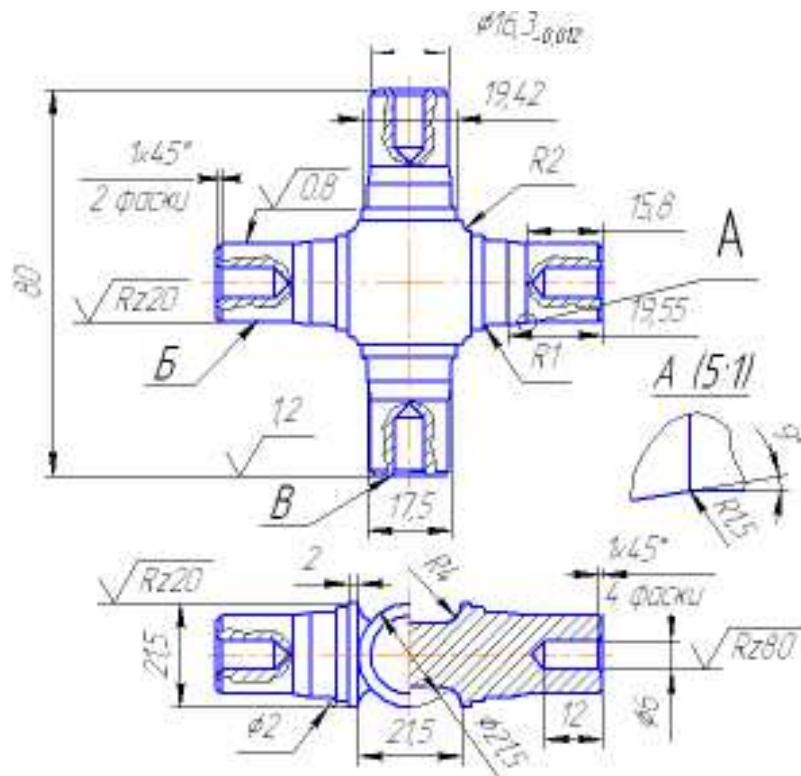
Інд. завдання 6, варіант 11 – Вилка права (сталь 40X) карданного вала автомобіля ВАЗ–2105



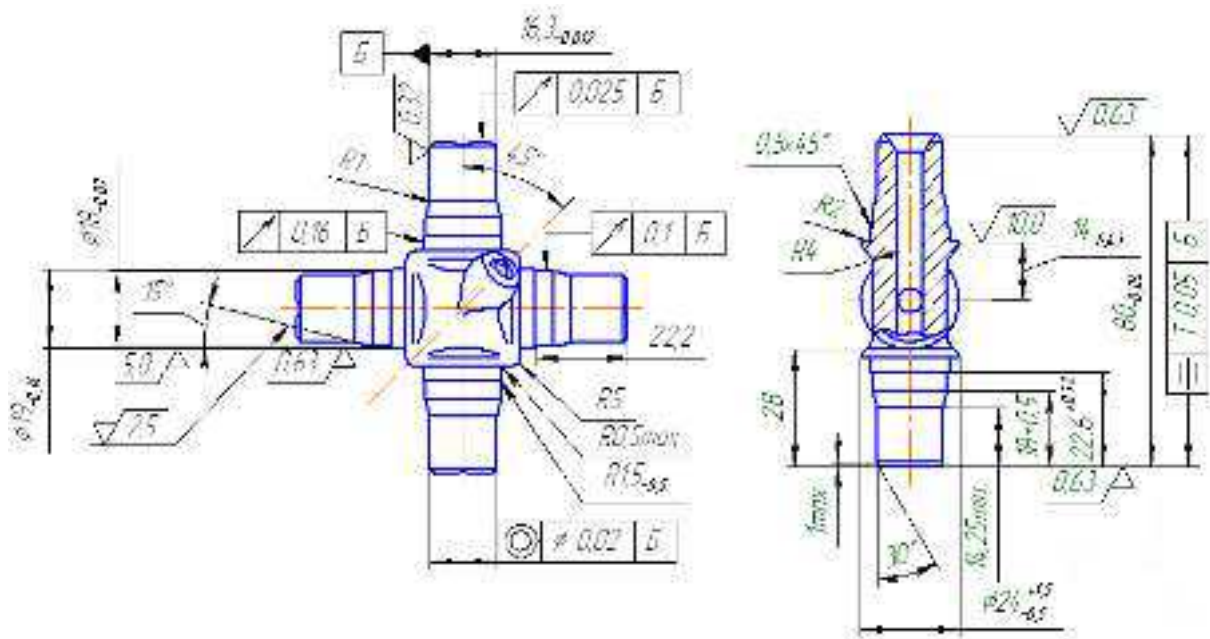
Інд. завдання 6, варіант 12 – Вилка ліва (сталь 40X) карданного вала автомобіля ВАЗ–2105



Інд. завдання 6, варіант 13 – Вилка-фланець (сталь 35) карданного вала автомобіля ГАЗ–31105



Інд. завдання 6, варіант 14 – Хрестовина (сталь 12ХН3А) карданного вала автомобіля ГАЗ-31105



Інд. завдання 6, варіант 15 – Хрестовина (сталь 20Х) карданного вала автомобіля «Газель»

Література: [6]

Лабораторна робота 7. Аналіз в SW Simulation втомі шасі

Мета: аналіз втомі шасі літака (статичне дослідження визначене; шасі зазнає впливу втомного навантаження зі змінною амплітудою).

Методичні вказівки

Відкрити файл деталі шасі:

Необхідно:

- визначити SN кривої (кривої втомі, кривої Веллера) на основі даних ASME;
- визначити події втомного навантаження зі змінною амплітудою з використанням бібліотечних кривих;
- переглянути та інтерпретувати результати втомного аналізу навантаження зі змінною амплітудою.

Нажмите эту ссылку чтобы открыть Landing_Gear.sldasm (или перейдите к Файлу каталог установки Simulation\Examples\Fatigue\Landing_Gear.sldasm).

Вибрати **Файл, Сохранить как** і зберегти файл деталі з ім'ям **Имя файла:** landing_gear.sldasm (це дозволить знову використовувати оригінальний файл).

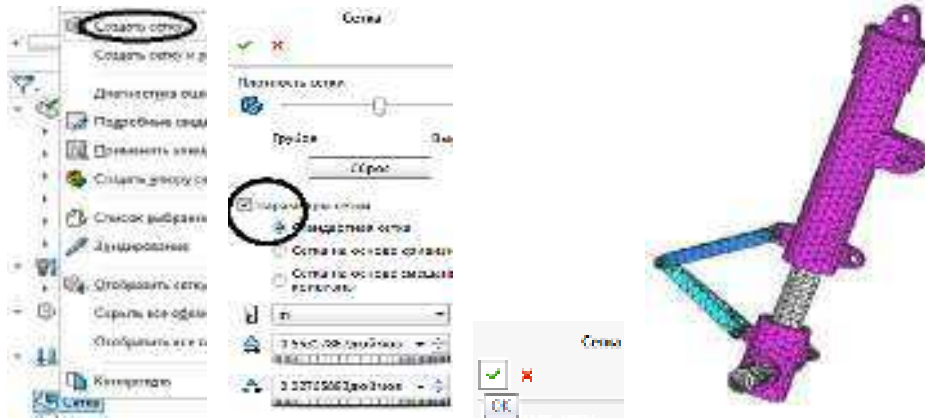
Документ складання має статичне дослідження Ready_Static із зовнішніми навантаженнями та кріпленнями. Необхідно використати це дослідження як вихідне для визначення події втомного навантаження.



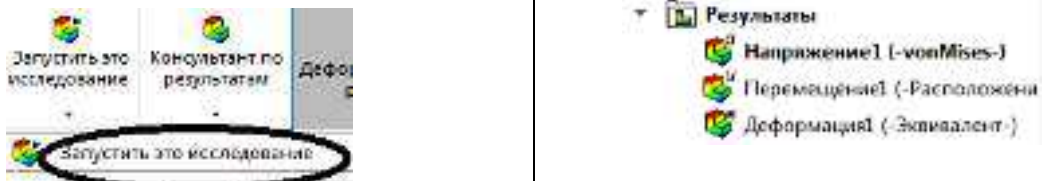
Виконати наступні дії:

- переглянути **Кріплення** та **Зовнішні навантаження** (двічі клацнути на **Future-1** і **BearingLoads-1**):

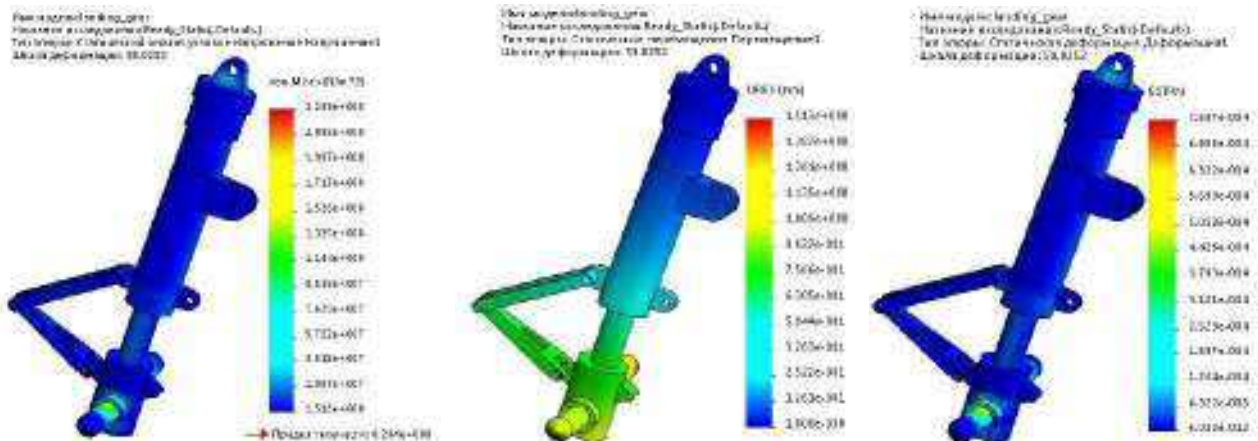
– провести аналіз моделі і процес створення сітки МСЕ:



– запустити програму для активного дослідження:



– провести аналіз розрахунків напруженого стану зміненої деталі (епюри еквівалентних напружень; епюри результуючого переміщення; деформованої форми моделі):



Предыдущая тема

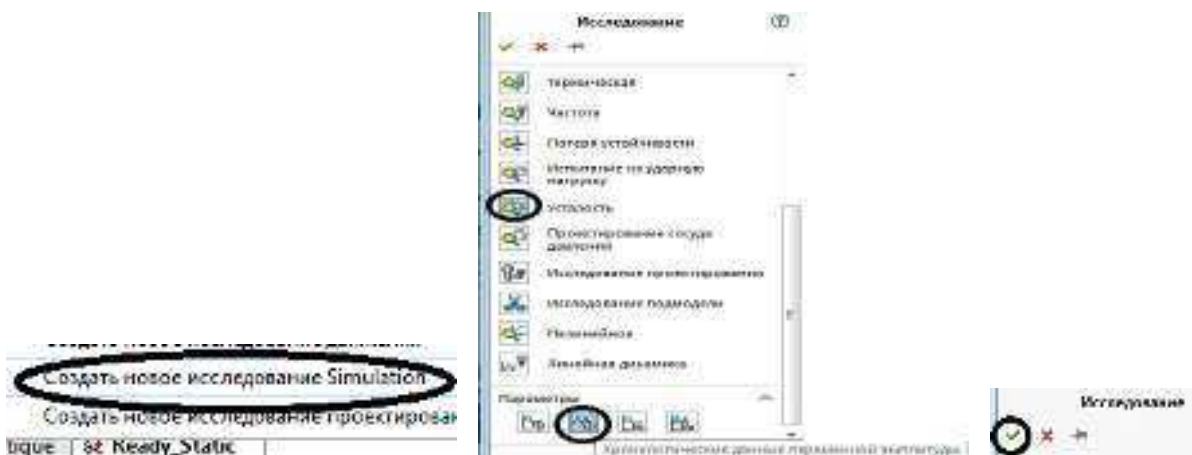
Анализ устойчивости системы

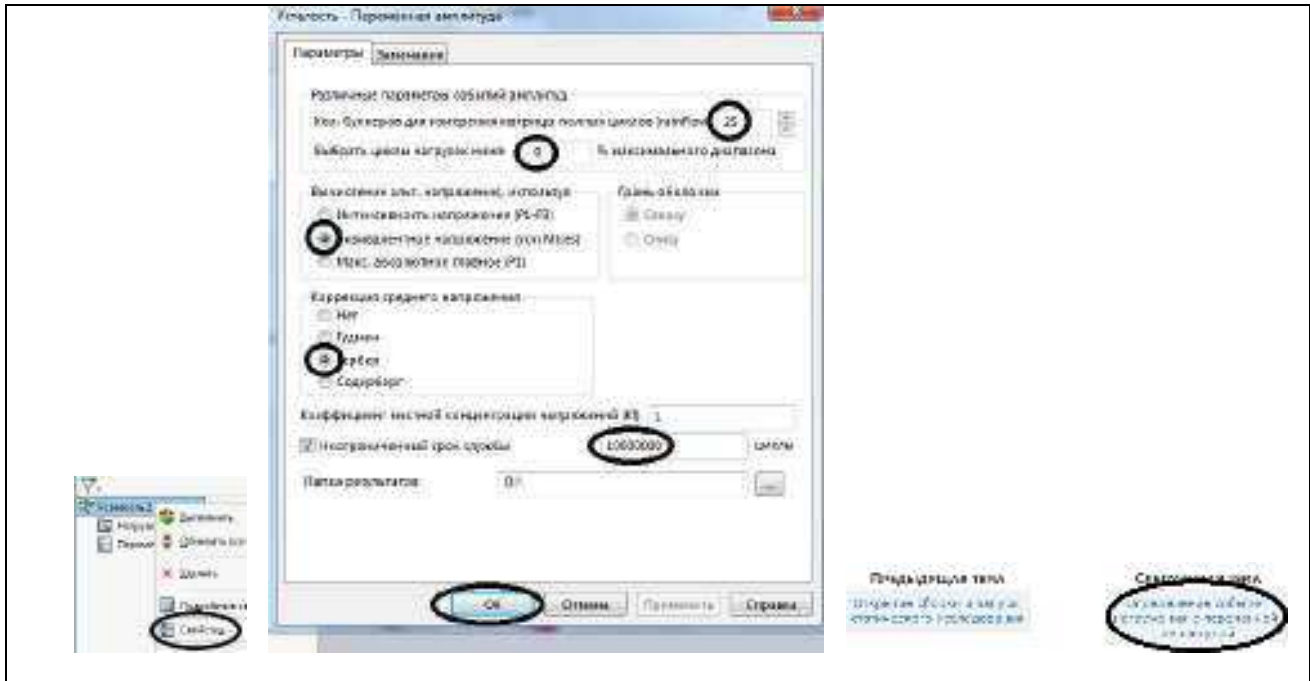
Следующая тема

Исследование устойчивости с хронологическими данными переменной амплитуды

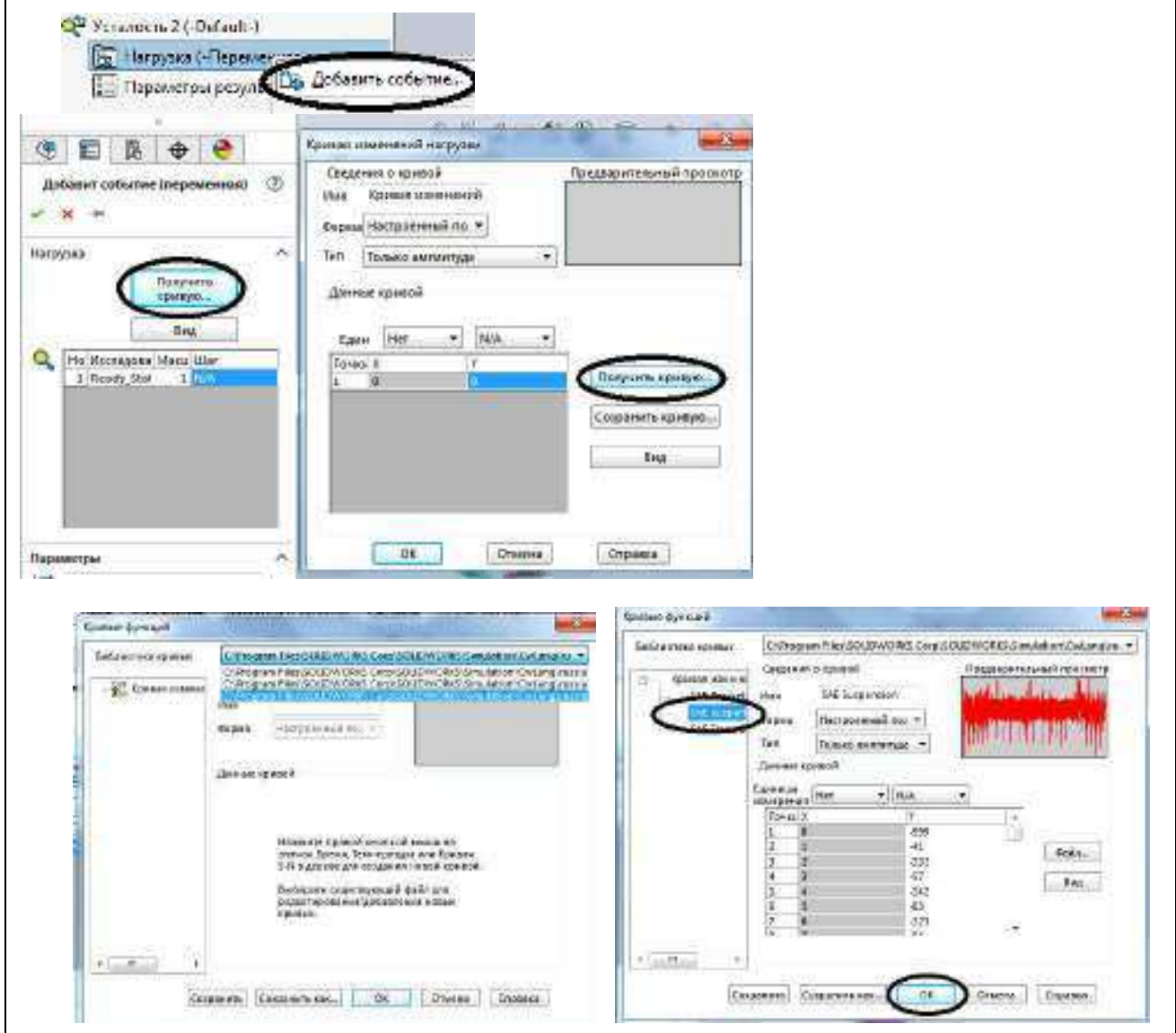
Створити дослідження на втому із хронологічними даними змінної амплітуди

Клацнути правою кнопкою миші на Ready_Static і вибрати Создать новое исследование Simulation:



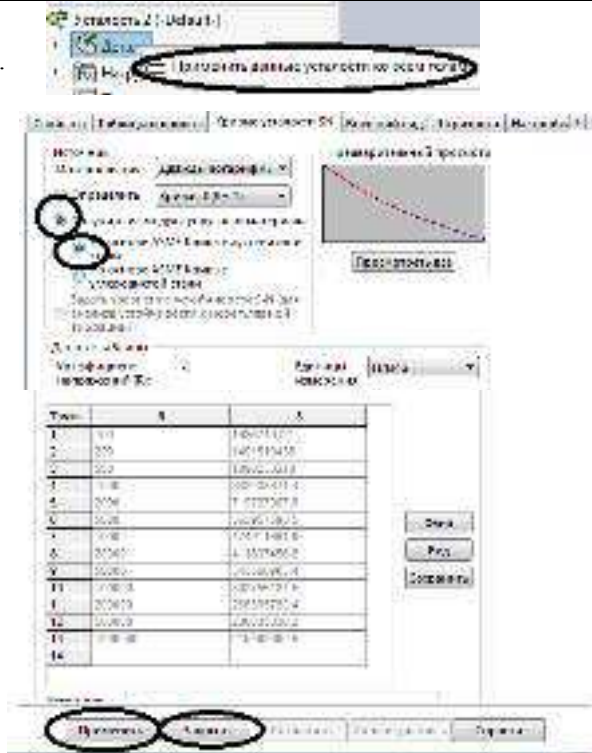


Визначити подію втомного навантаження зі змінною амплітудою на основі статичного дослідження, виконаного для моделі раніше.

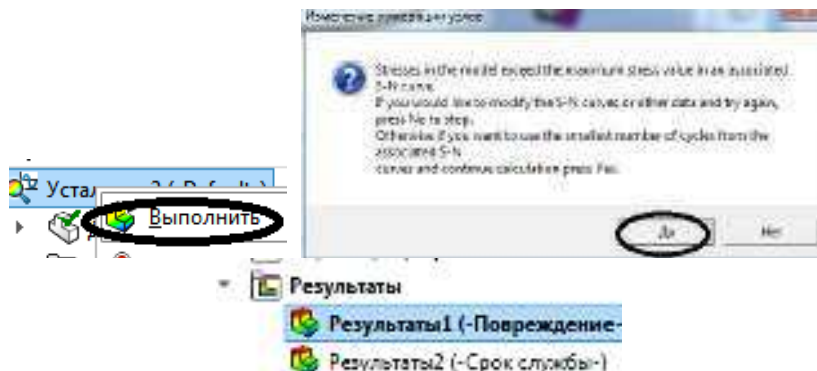


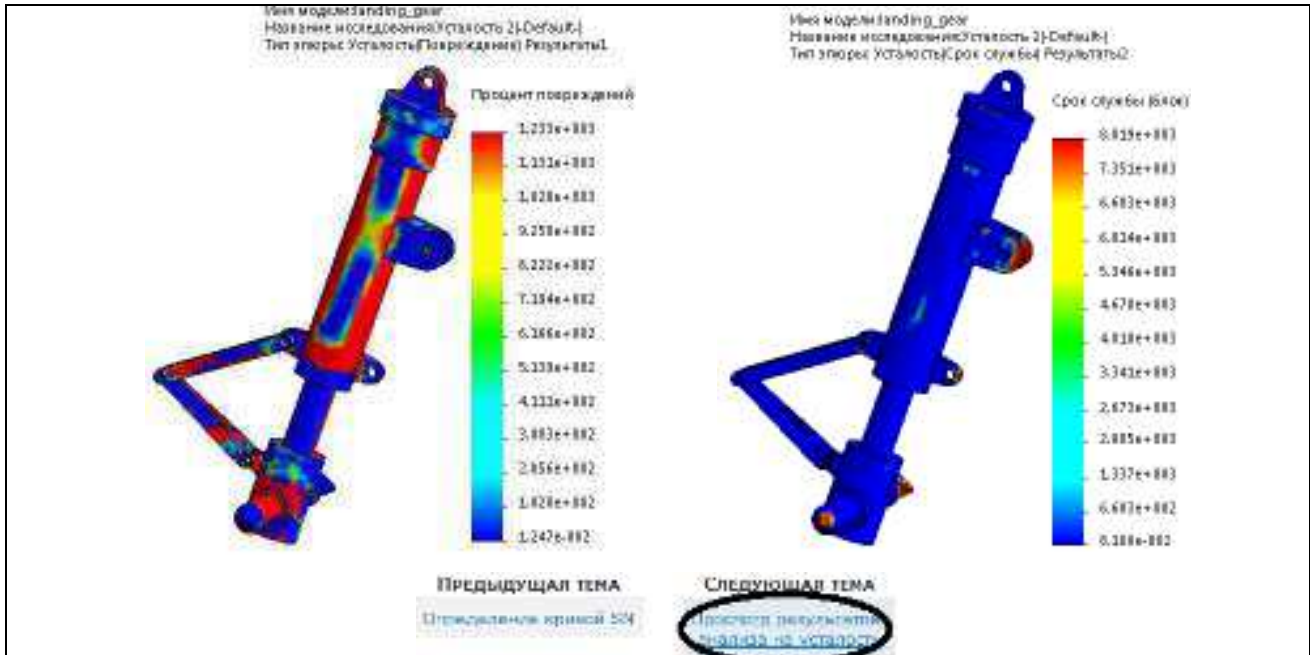


Визначити криву SN.

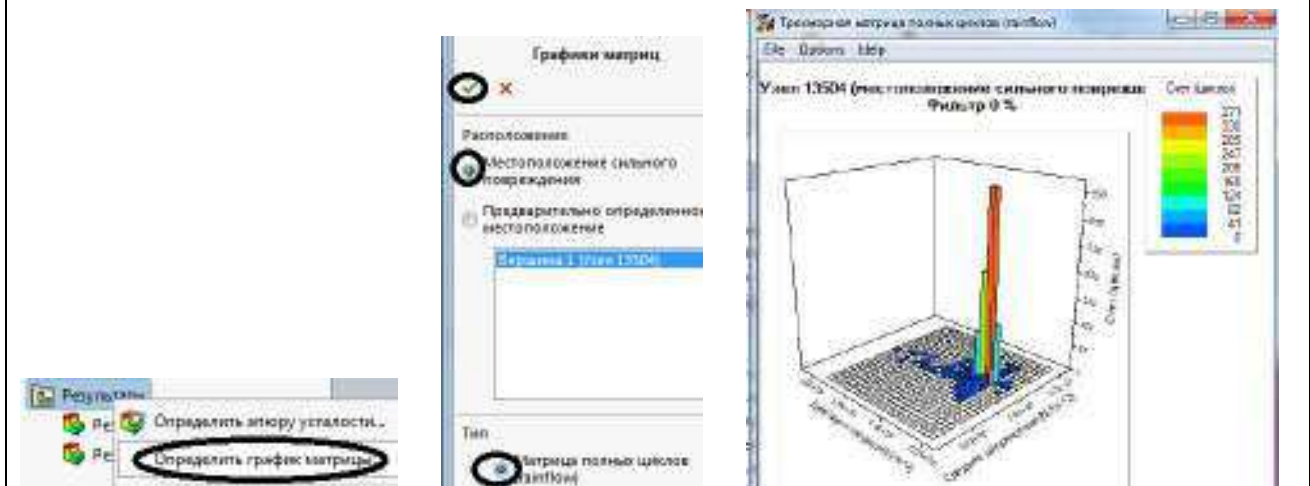


Запустити аналіз втомі та переглянути результати.



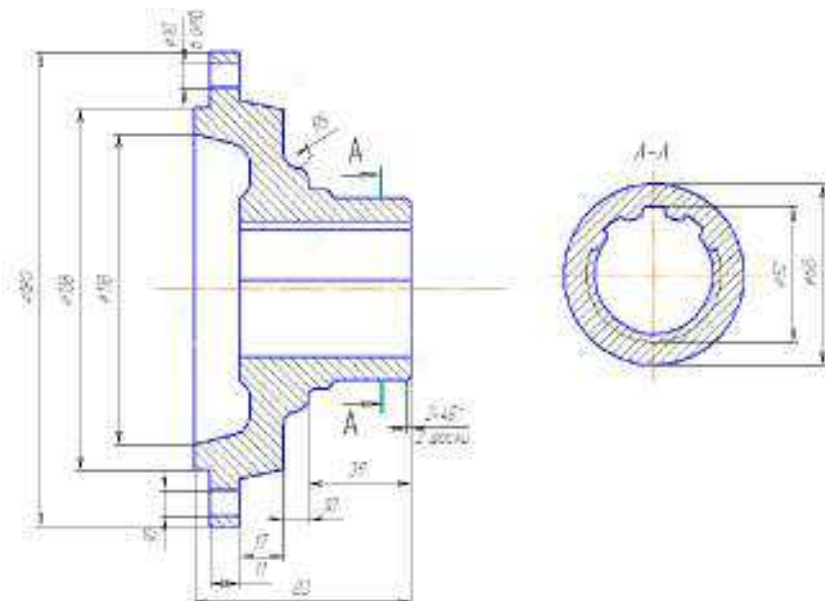


Переглянути результати аналізу на втому (побудувати епюру вузла із сильними пошкодженнями):

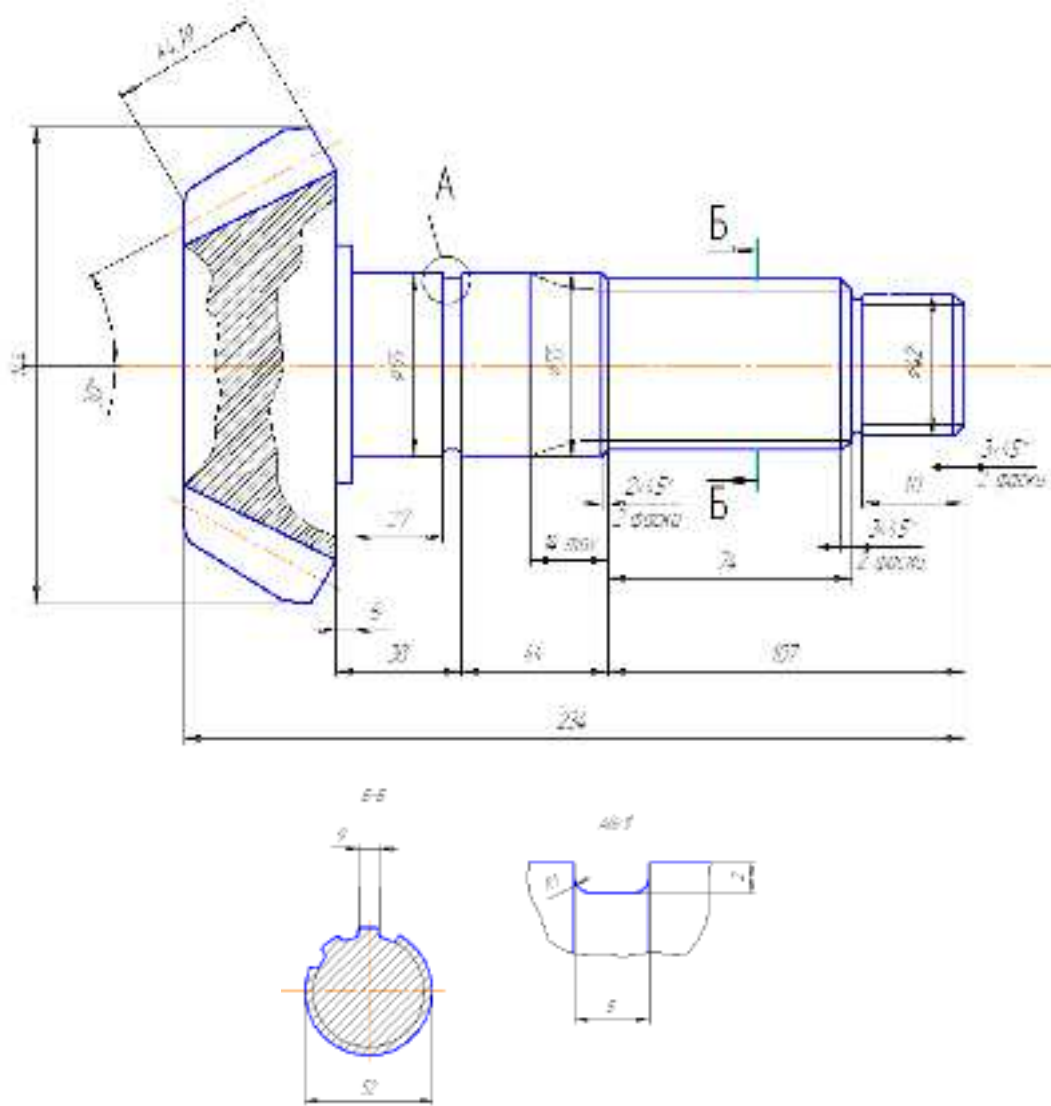


Індивідуальне завдання 7.

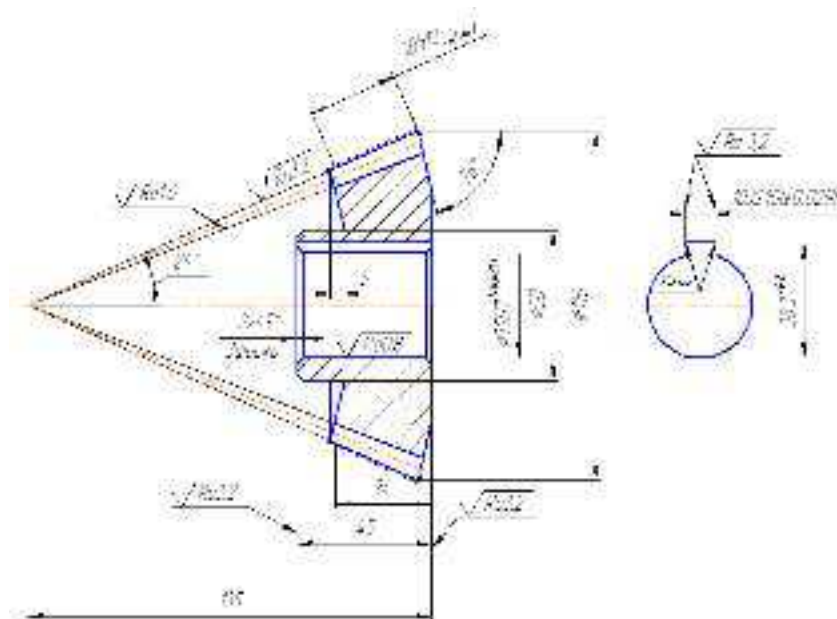
Розрахунок в SW Simulation деталей головних передач і диференціалів



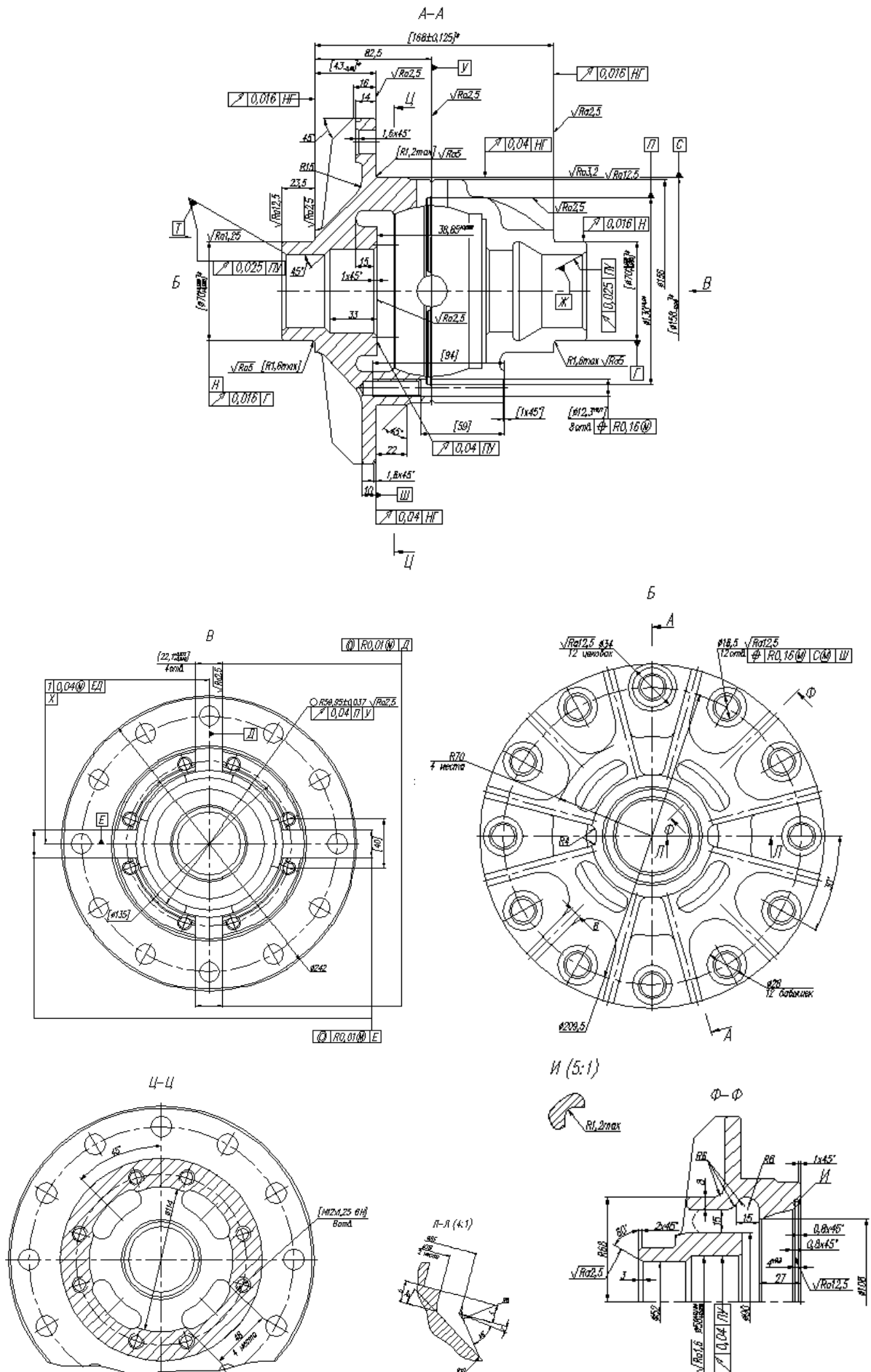
Інд. завдання 7, варіант 1 – Фланець (сталь 40X) заднього моста автомобіля МАЗ-509



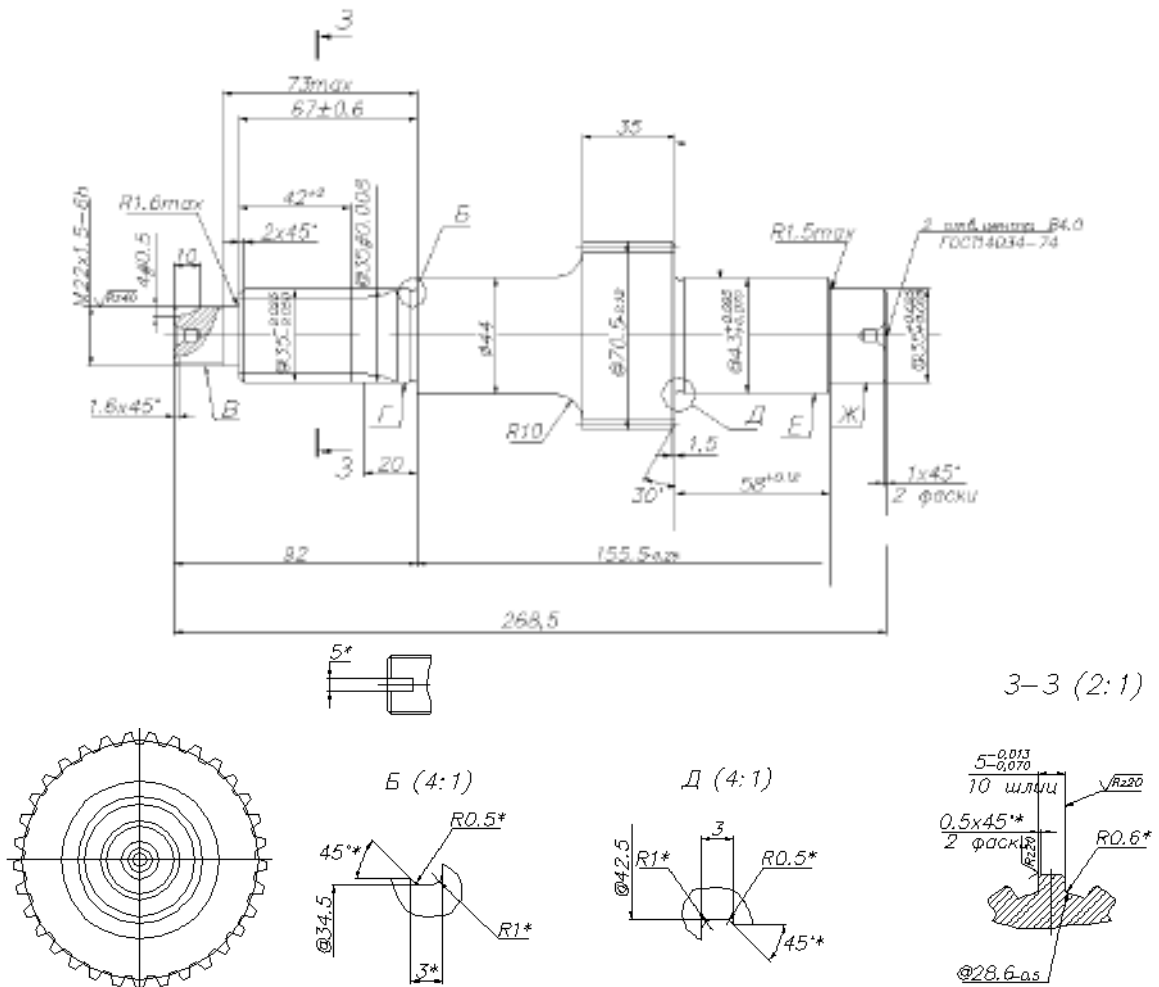
Інд. завдання 7, варіант 2 – Вал (сталь 30X) заднього моста автомобіля МАЗ–509
 (зовнішній коловий модуль $m = 9,8$ мм, число зубів $z = 12$, зовнішня конусна відстань $R = 167,5$ мм,
 середня конусна відстань $R = 140$ мм, середній діляльний діаметр $d = 120$ мм, кут конуса впадин $\delta = 16$)



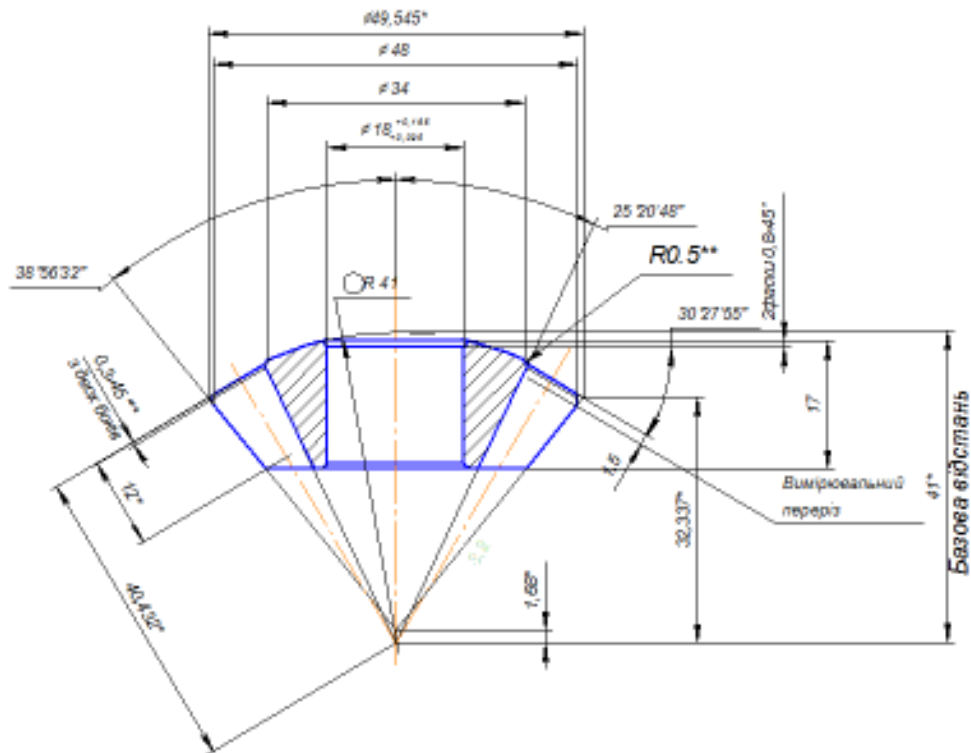
Інд. завдання 7, варіант 3 – Сателіт (сталь 20X) заднього моста автомобіля ВАЗ–2111
 (модуль $m = 3,5$ мм, число зубів $z = 37$)



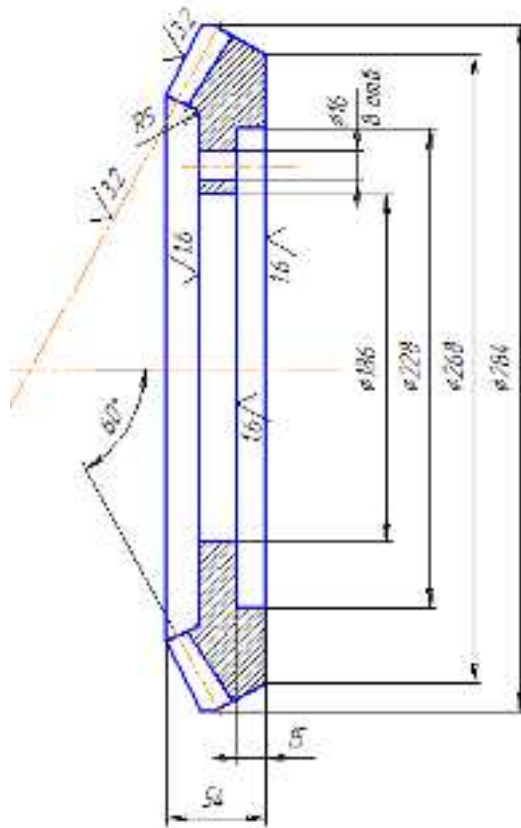
Інд. завдання 7, варіант 4 – Чашка ліва (чавун ВЧ-40) диференціала автомобіля ЗІЛ-5301



Інд. завдання 7, варіант 5 – Вал привода (сталь 25ХГМ) переднього моста автомобіля ГАЗ–66 (модуль $m = 2$ мм, число зубів $z = 33$, дільний діаметр $d = 66$ мм)



Інд. завдання 7, варіант 6 – Сателіт (сталь 20ХН3А) диференціала заднього моста автомобіля ЛуАЗ–1301 (зовнішній коловий модуль $m = 4,1$ мм, число зубів $z = 10$, зовнішня конусна відстань $R_1 = 40,432$ мм, середня конусна відстань $R = 34,916$ мм, середній дільний діаметр $d = 34,916$ мм, зовнішня висота зуба $h = 8,569$ мм)



Інд. завдання 7, варіант 7 – Ведена шестірня (сталь 18ХГТ) заднього моста автомобіля МАЗ-509 (зовнішній коловий модуль $m = 9,8$ мм, число зубів $z = 32$, зовнішня конусна відстань $R = 167,5$ мм, середня конусна відстань $R = 140$ мм, середній ділительний діаметр $d = 120$ мм, кут конуса впадин $\delta = 16$)

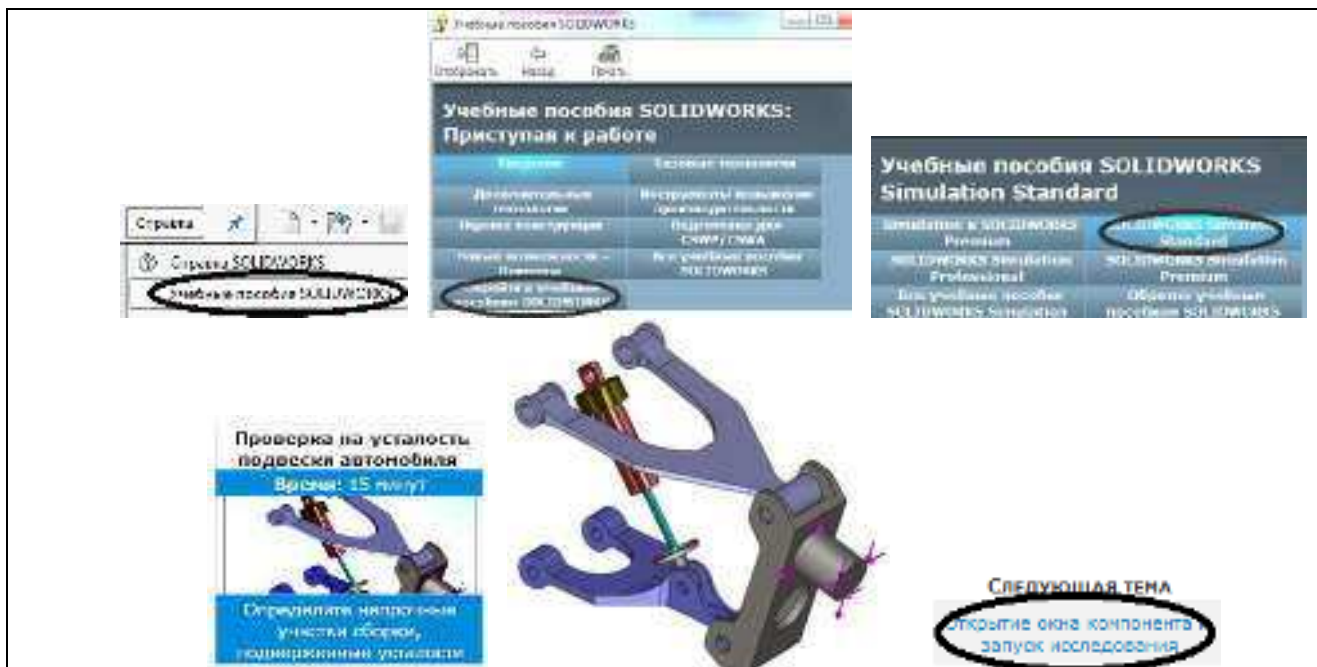
Література: [7]

Лабораторна робота 8. Перевірка на втому ходової частини автомобіля

Тема: аналіз втоми ходової частини (підвіски) автомобіля.

Методичні вказівки

Відкрити файл «Перевірка на втому підвіски автомобіля»:

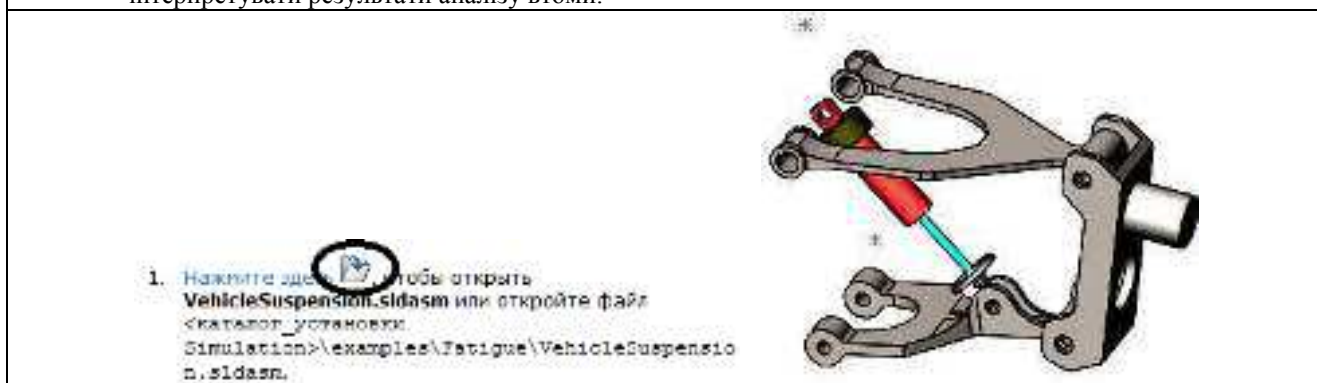


Аналіз втоми ходової частини автомобіля проводиться за допомогою епюри **Перевірка втоми**. Вона заснована на розрахунках знакозмінного напруження й меж витривалості матеріалу; відображає області моделі, сприйнятливі до втомного руйнування, а також міцні області. Щоб детально оцінити здатність моделі витримувати циклічні навантаження, необхідно провести дослідження на втому.

Компоненти складання зазнають навантаження, коли автомобіль рухається рівною дорогою й заходить на віраж.

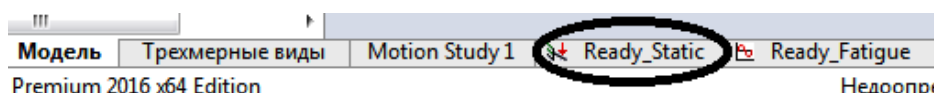
Потрібно:

- визначити неміцні ділянки складання, які зазнають втому, за допомогою епюри **Перевірка втоми**;
- визначити подію втомного напруження з постійною амплітудою;
- інтерпретувати результати аналізу втоми.



Виконати наступні дії:

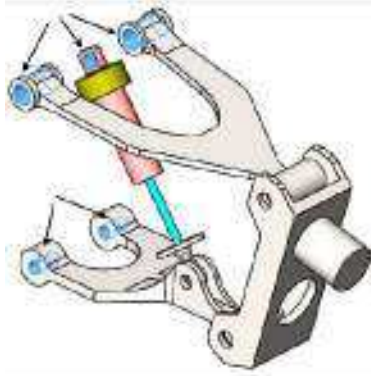
Натиснути вкладку дослідження **Ready_Static**



Для всех деталей сборки указана **Литая углеродистая сталь** из библиотеки материалов SOLIDWORKS.

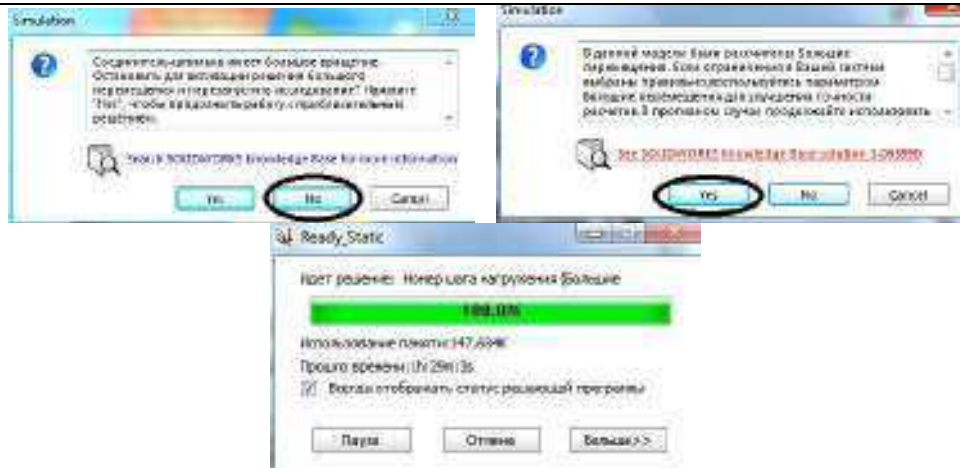
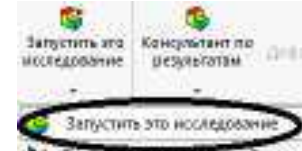
Детали соединяются при помощи четырех соединителей штифтов и одного пружинного соединителя

Для цилиндрических граней применяются пять фиксированных шарниров:

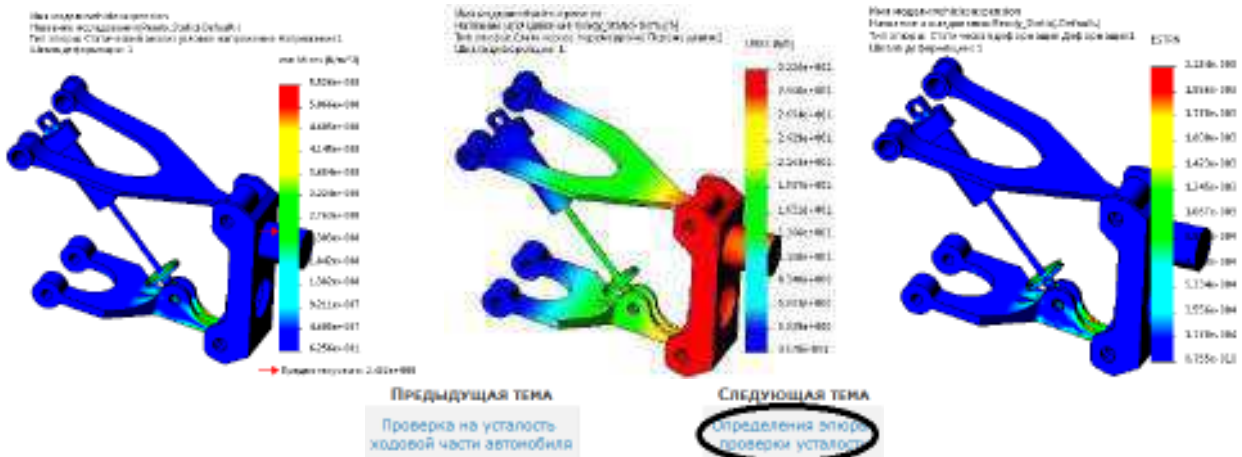


Благодаря фиксированному шарниру радиус и длина цилиндрической грани под нагрузкой остаются постоянными. Цилиндрическая грань может только вращаться вокруг своей оси.

- Нагрузки, сообщаемые передней ступице, имитируют перенос контактных сил, когда автомобиль закладывает крутой вираж.
- Элементы управления сеткой применяются к скругленным поверхностям с целью уточнения сетки в областях с более высокой кривизной.

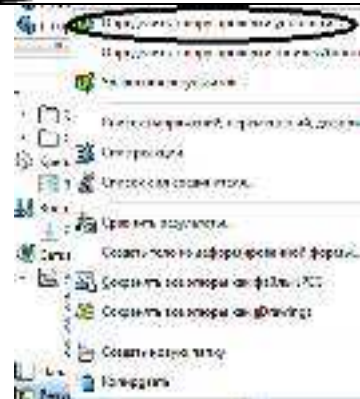


– провести анализ розрахунків напруженого стану зміненої деталі (епюр еквівалентних напружень і результуючого переміщення, деформованої форми моделі):



После запуска статического исследования требуется задать опцию **Проверка усталости**, чтобы определить области модели, которые могут быть повреждены вследствие многократных нагрузок.

Нажмите правую кнопку мыши **Результат** и нажмите **Определить опцию усталости**.



В PropertyManager в разделе **Корректирующие коэффициенты:**

- Нажмите **Нулевая нагрузка**



Этот параметр позволяет применить нулевую нагрузку для определения среднего и знакопеременного напряжения.

- В окне **Коэффициент влияния обработки поверхности** выберите **Обработанная**.

Поправочный коэффициент шероховатости поверхности позволяет оценить коэффициент местной концентрации напряжений детали, когда она находится в рабочем состоянии.

- В поле **Коэффициент нагрузки** выберите **По оси**.

Пределы выносливости обычно определяются с использованием тестовых образцов при приложении изгиба. Образец с приложенной деформацией имеет более низкий предел выносливости.

- В поле **Коэффициент размера** введите 0,8.

На основании экспериментальных результатов можно сделать вывод, что детали большего размера имеют более низкий предел выносливости, чем меньшие детали. Значение необходимо ввести в диапазоне от 0,1 до 1.

При моделировании коэффициент местной концентрации напряжений для материала считается равным половине предела прочности материала. Результирующий коэффициент снижения усталостной прочности равен результирующему воздействию трех понижающих коэффициентов и составляет коэффициент местной концентрации напряжений материала с 0,686712.

Эпюра проверки усталости



Тип нагрузки



Вычислить

Указать

Машинная обработка

0.93

По оси

0.923

0.8

Результирующий коэффициент снижения усталостной прочности: 0.686712

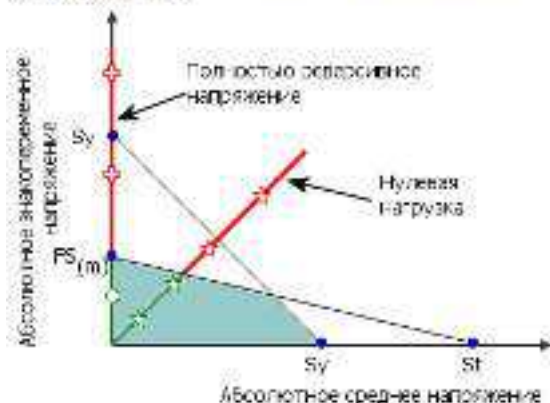
Выполняются расчеты для эскиза проверки усталости. Желтый значок указывает, что части модели могут подвергнуться повреждению при многократных нагрузках.



Области синего цвета – это области, в которых напряженность настолько мала, что усталость, возникающая при указанной нагрузке, в расчет можно не принимать. Области красного цвета – это области, в которых указанная нагрузка способствует сокращению срока службы сборки на определенный процент. Области красного цвета занимают очень небольшую площадь поверхности детали.

Эпюра проверки усталости - вычисления

Синие и красная области эскиза проверки усталости определяются из приведенной ниже диаграммы. Для каждого узла программа вычисляет знакопеременное и среднее напряжения на основе определенного типа события усталости.



$F_{S(m)}$ = Коэффициент местной концентрации напряжений модифицированного материала, S_y = Предел текучести материала, S_t = Предел прочности на разрыв материала.

- Для события усталости нулевой нагрузки все точки расположены на 45° оси с координатами: среднее напряжение = перемещенное напряжение = $\frac{1}{2}$ макс $[P_1]$ или $[P_1+P_2]/2]$ где P_1 , P_2 , P_3 — первое, второе и третье главное напряжение соответственно.

Области модели с соответствующими точками в зеленой области диаграммы обозначены синим цветом в эскизе проверки усталости и свободны от усталостного нагружения. Области модели с точками, лежащими за пределами зеленой области диаграммы обозначены красным цветом в эскизе проверки усталости и подвержены усталостному нагружению.

- Для полностью реверсивного события усталостного напряжения все точки расположены на вертикальной оси (среднее напряжение = 0) при знакопеременном напряжении = макс $[P_1]$ или $[P_1-P_2]/2]$. Области модели со знакопеременным напряжением меньше, чем области сопротивления усталости $F_{S(m)}$ обозначены синим цветом в эскизе проверки усталости и свободны от усталостного нагружения. Области модели со знакопеременным напряжением больше, чем $F_{S(m)}$ обозначены красным цветом в эскизе проверки усталости и подвержены усталостному нагружению.

Регулирующий коэффициент снижения усталостной прочности: 0.826317.

Чтобы увеличить минимально допустимый запас прочности и для коэффициента местной концентрации для напряженной детали, перейдите к полю **Минимальный запас прочности** значения 1, 30 и нажмите **Enter**.

При подвешивании коэффициент местной концентрации на рисунке будет размещен на заднем плане и обнесется рамкой детализации в графической области. Обратите внимание на то, что области, окрашенные красным, стали успешными, так как коэффициент местной концентрации напряжений уменьшился.

Для повышения усталостной прочности материала (замена поперечной прочности на растяжение материала), для **Материал**, введите значение **Свойств**, шаг 1. Площади красных областей сошлись.

Материал

Материал: Cast Carbon Steel

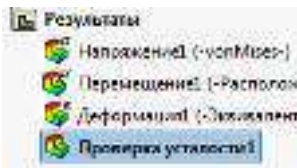
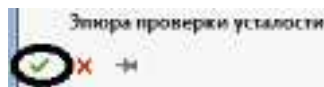
Усталостная прочность: 241.73%+000 Н/мм²

Масштабировать это значение

1.5

Минимальный запас прочности

1.5



Предыдущая тема

Открытие окна компонента и запуск исследования

Следующая тема

Создание исследования усталости

Создание исследования усталости

Исследование **Усталости** создается для детальной оценки прочности проектируемой модели.

1. Правой кнопкой мыши щелкните вкладку **Ready_Static** и выберите **Создать новое исследование моделирования**.

Создать новое исследование движения

Создать новое исследование Simulation

Создать новое исследование проектирования

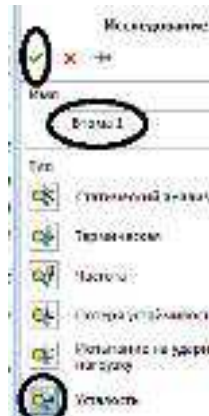
Ready_Static Ready_Fatigue

2. В **PropertyManager**:

- В поле **Имя** введите имя исследования, например, **Усталость 1**.
- Для параметра **Тип** нажмите **Усталость**.
- Щелкните **Готово**.

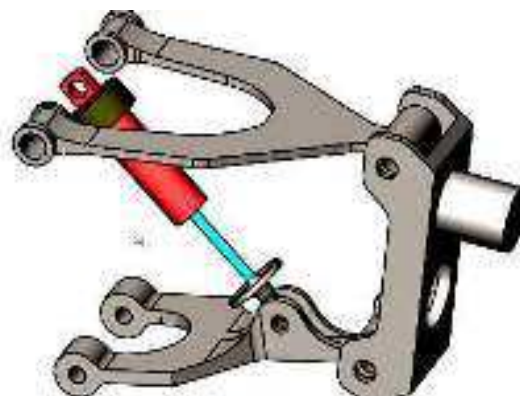
Будет создана вкладка **Усталость 1**. Исследование на усталость основывается на событии постоянной амплитуды с определенным количеством циклов.

Событие усталости материалов постоянной амплитуды полностью определено накопленным напряжением, средним напряжением (или коэффициентом напряжения) и количеством циклов нагрузки. Все циклы событий постоянной амплитуды имеют одинаковые накопленные и средние напряжения.



Ready_Static Ready_Fatigue Втом 1

- Втом 1 (-Default-)
 - Настройки
 - Нагрузка (-Постоянная амплитуда)
 - Параметры результатов



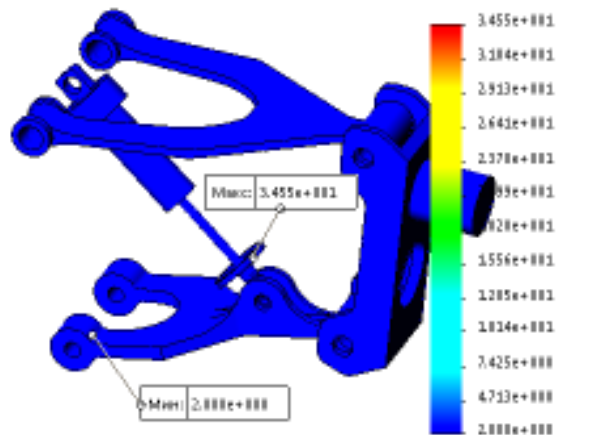
2. Нажмите правой кнопкой мыши **Результаты** и выберите **Определить эпюру усталости**.



3. В PropertyManager выберите **Эпюра повреждения** и нажмите **✓**.



Имя модели: h1603ep10101
Название исследования: (Тема 1: Default)
Тип эпюры: Усталость(Повреждение) Результаты 3

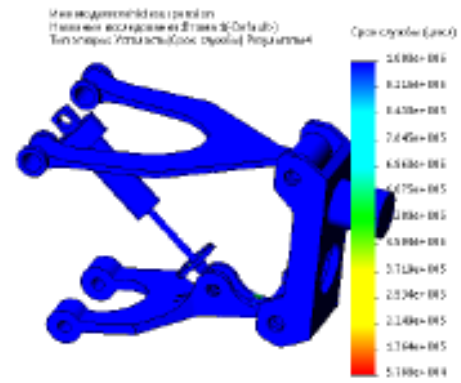
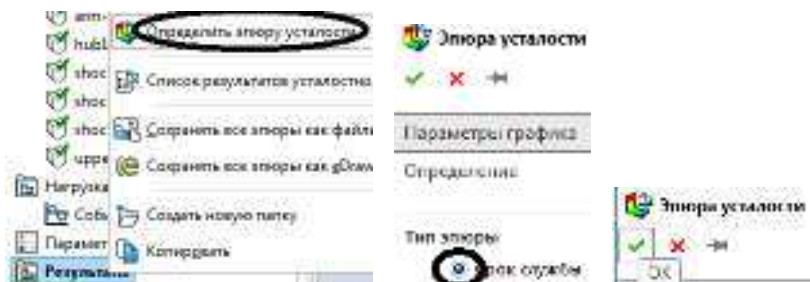


Эпюра повреждения показывает, на сколько процентов увеличился срок службы компонента в результате определенного уровня усталости. В результате работы усталости срок службы компонента уменьшился на 13,52 %.

Посмотрев эпюру модели с обеих сторон подтверждает, что область, подвергшаяся наибольшему повреждению, является дугой и тем, который является местом **Примеры усталости** уменьшения как эпюры усталости.

4. Повторите шаги 2 и 3, чтобы просмотреть результаты усталости по параметрам: **Срок службы** и **Коэффициент нагрузки**.

Эпюра **Срок службы** показывает, на сколько процентов увеличился срок службы компонента в результате определенного уровня усталости. В эпюре **Коэффициент нагрузки** показывает коэффициент запаса прочности для усталостного разрушения. Значение 2 коэффициента запаса прочности указывает, что если бы усталости приложили усталостному разрушению компонента в данной области, то при удвоении всех нагрузок, создаваемых в базовом статическом исследовании.

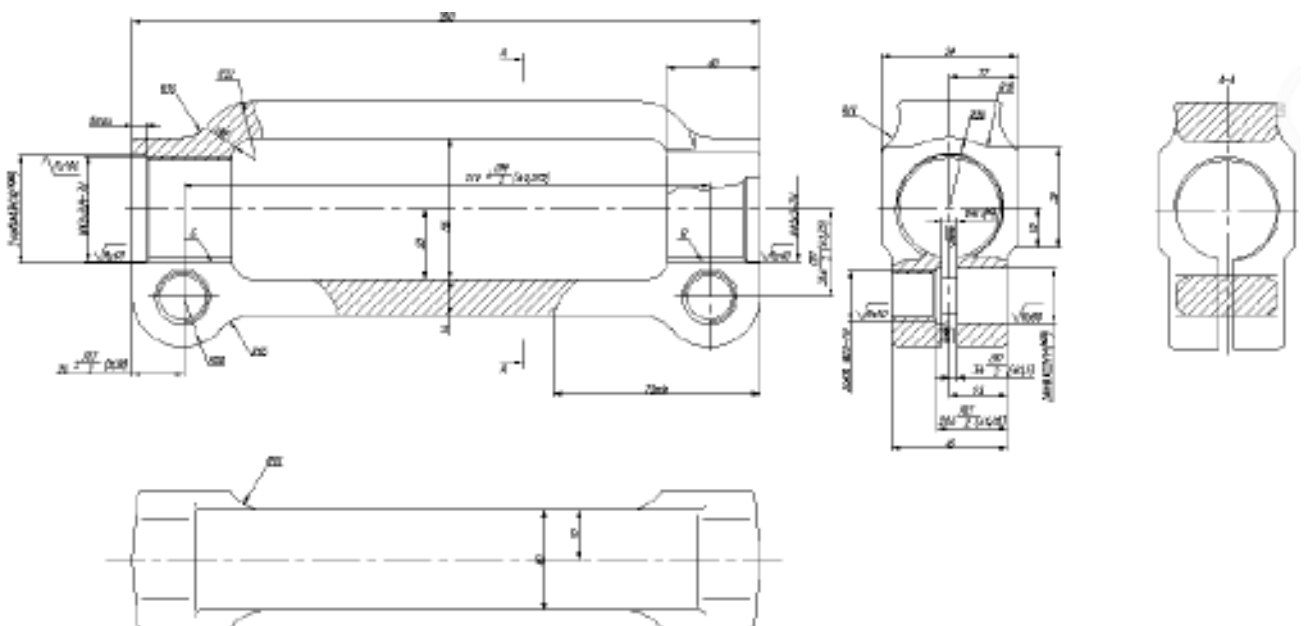


Зображення інтерфейсу програмного забезпечення SolidWorks, що демонструє налаштування аналізу втоми. У верхній частині відкрито меню "Втоми усталості" з підменю "Параметри графіки" та "Настрої". У розділі "Определение" вибрано тип втоми "Коефіцієнт нагрівки".

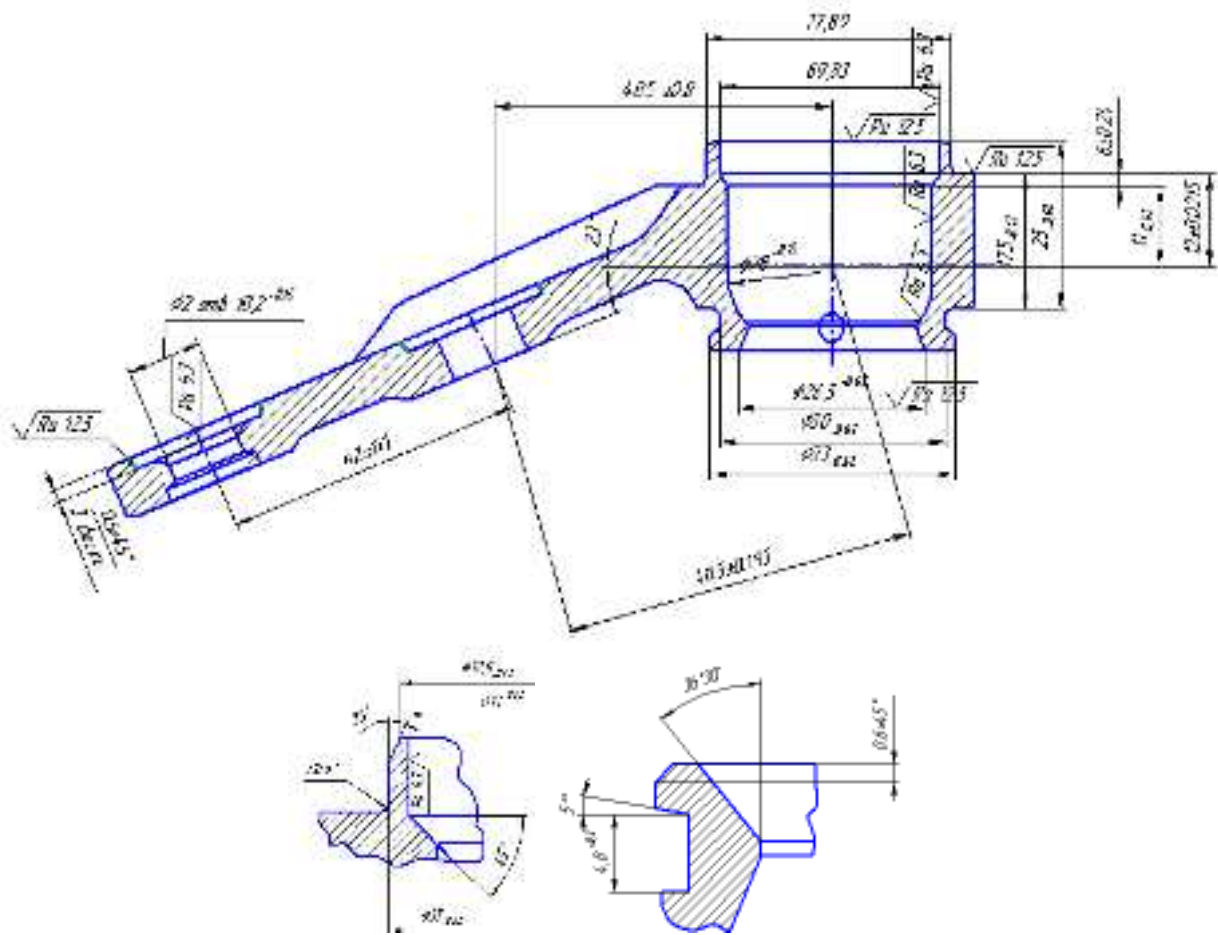
У центрі екрана відображено 3D-модель механізму підвіски, що зафарбована в червоний колір, що вказує на високі значення коефіцієнта нагрівки. Рядом з моделлю знаходиться вертикальний градієнт кольорів, який відповідає шкалі значень коефіцієнта нагрівки, що варіюються від $1.13e+036$ до $1.09e+037$.

Зберегти сеанс аналізу:
 – у вікні **Файл** вибрати кнопку **Сохранить как** **Имя файла:** vehiclesuspension.sldasm

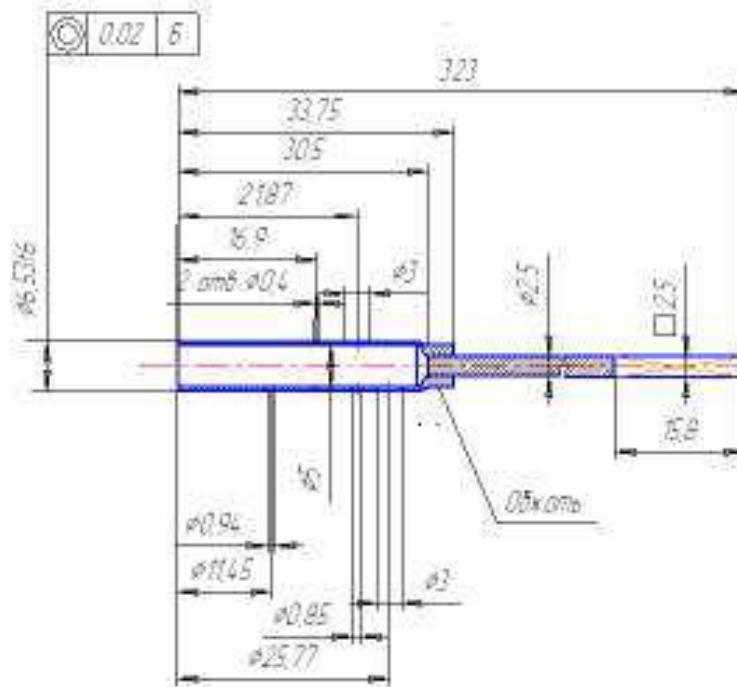
Індивідуальне завдання 8.
Розрахунок в SW Simulation деталей підвісок, кермового механізму, гальмівних систем та інших деталей автомобільної техніки



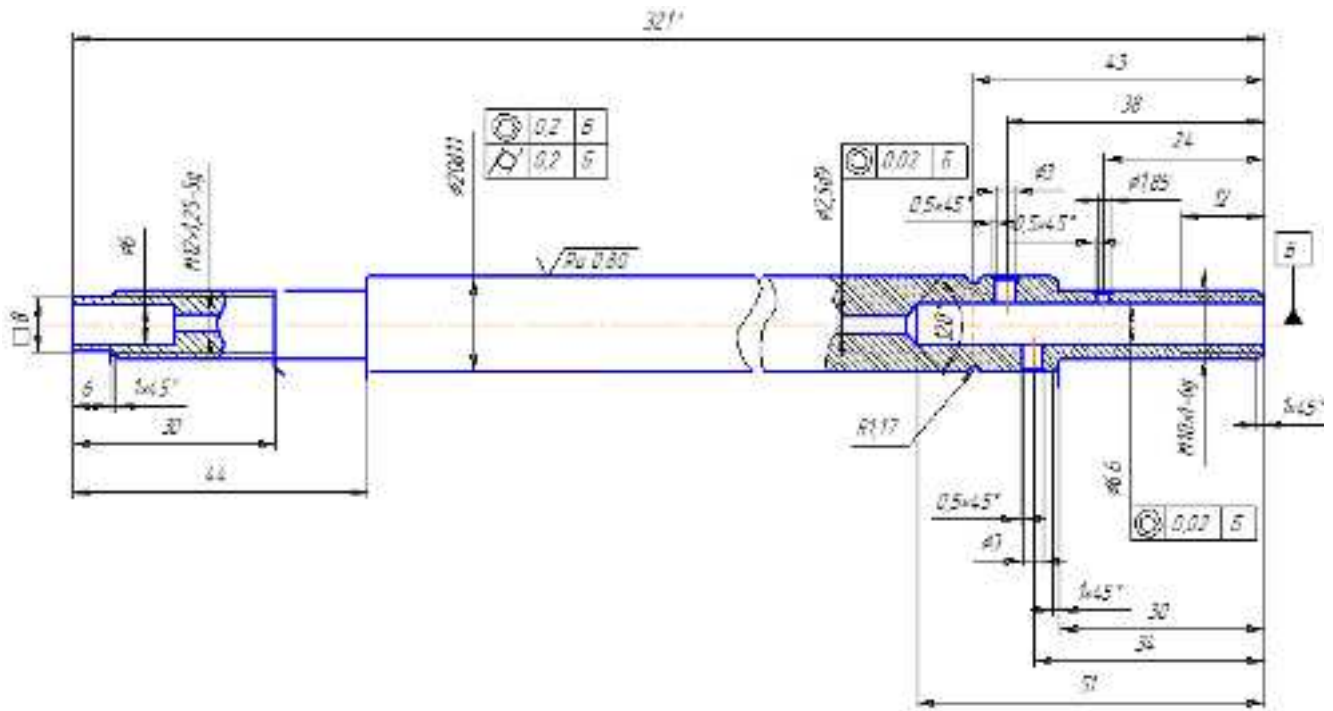
Інд. завдання 8, варіант 1 – Муфта (сталь 40) комбінованої підвіски трактора ВТ-150



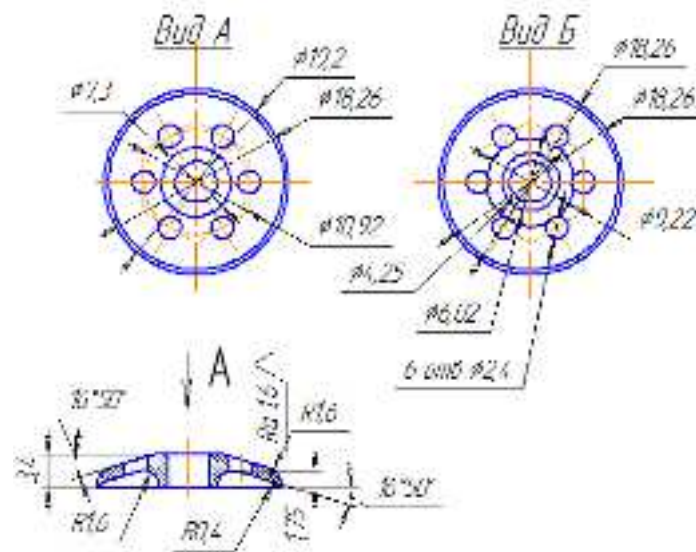
Інд. завдання 8, варіант 2 – Кульова опора (сталь 40X) амортизатора передньої підвіски автомобіля ЗАЗ–1102



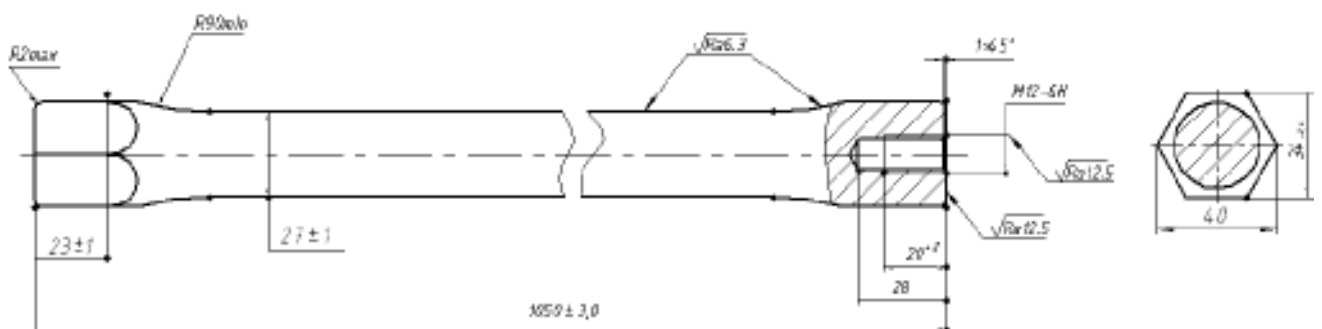
Інд. завдання 8, варіант 3 – Керуючий шток золотникового типу (сталь 40X) амортизатора передньої підвіски автомобіля ЗАЗ–1102



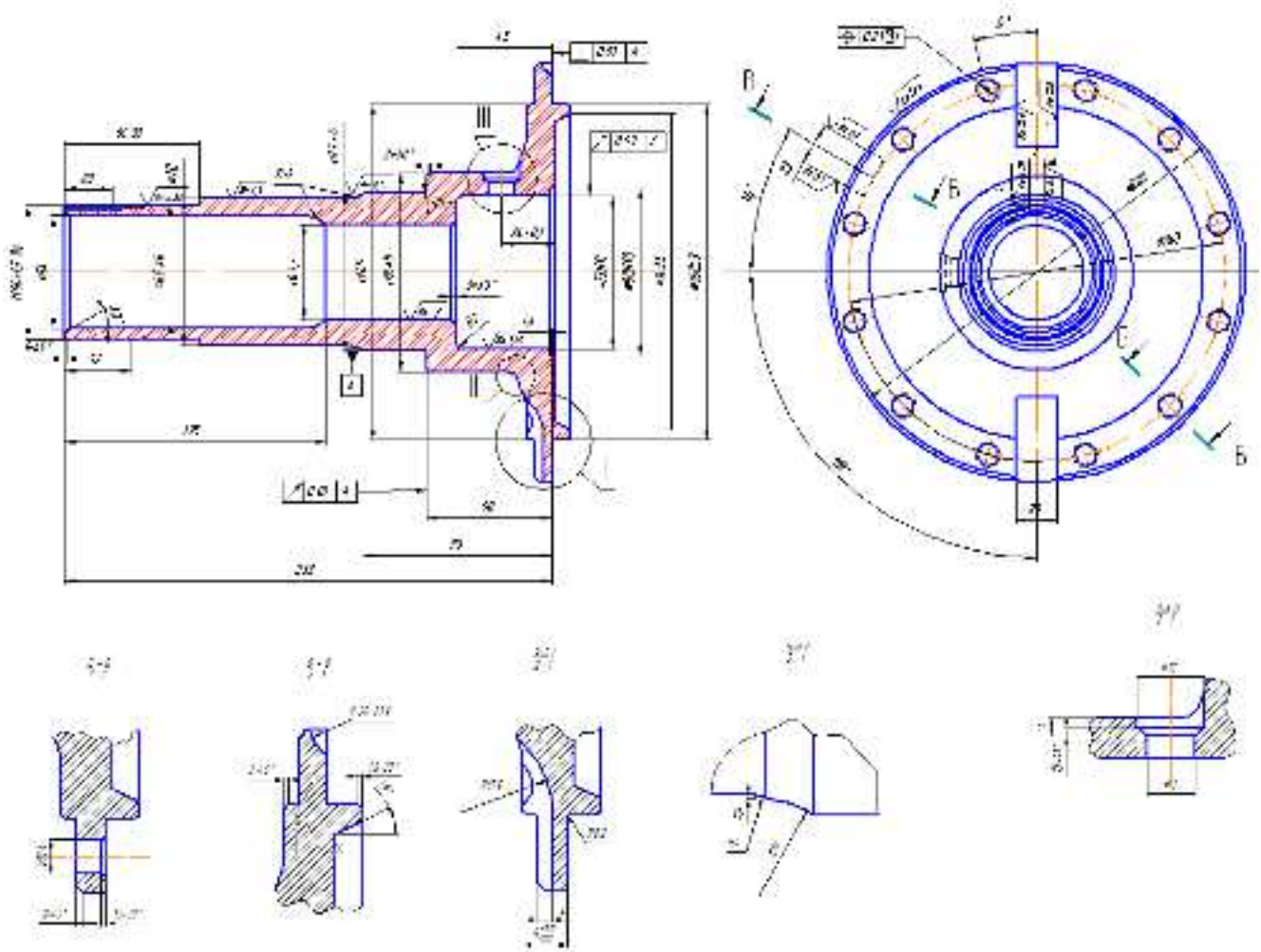
Інд. завдання 8, варіант 4 – Шток (сталь 40X) амортизатора передньої підвіски автомобіля ЗАЗ-1102



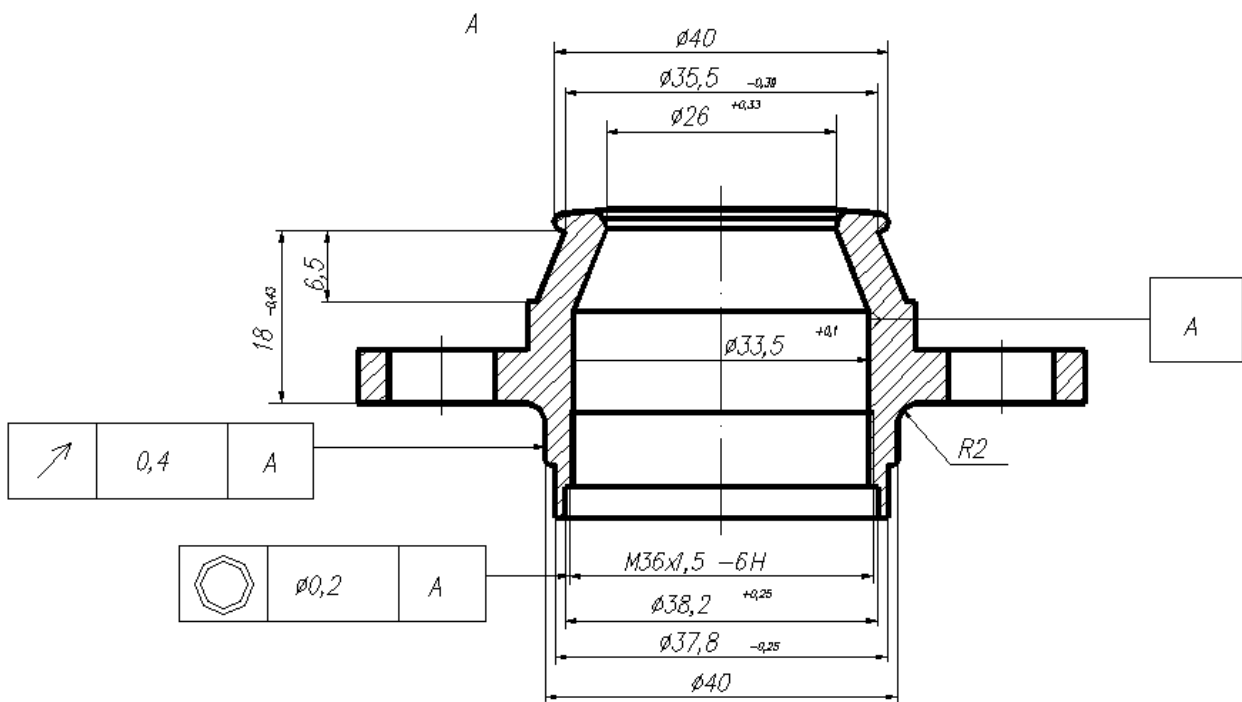
Інд. завдання 8, варіант 5 – Верхня дросельна пластина додаткового клапана (сталь 10) амортизатора передньої підвіски автомобіля ЗАЗ-1102



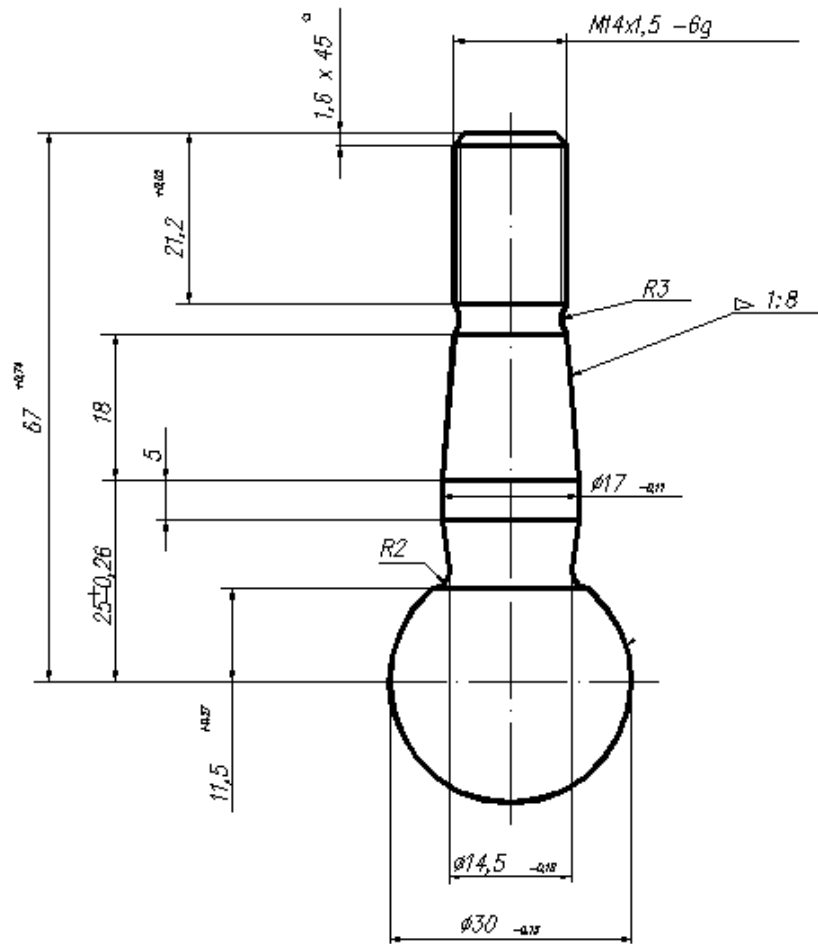
Інд. завдання 8, варіант 6 – Торсіон (сталь 45ХН2МФА) автомобіля ВАЗ-2121



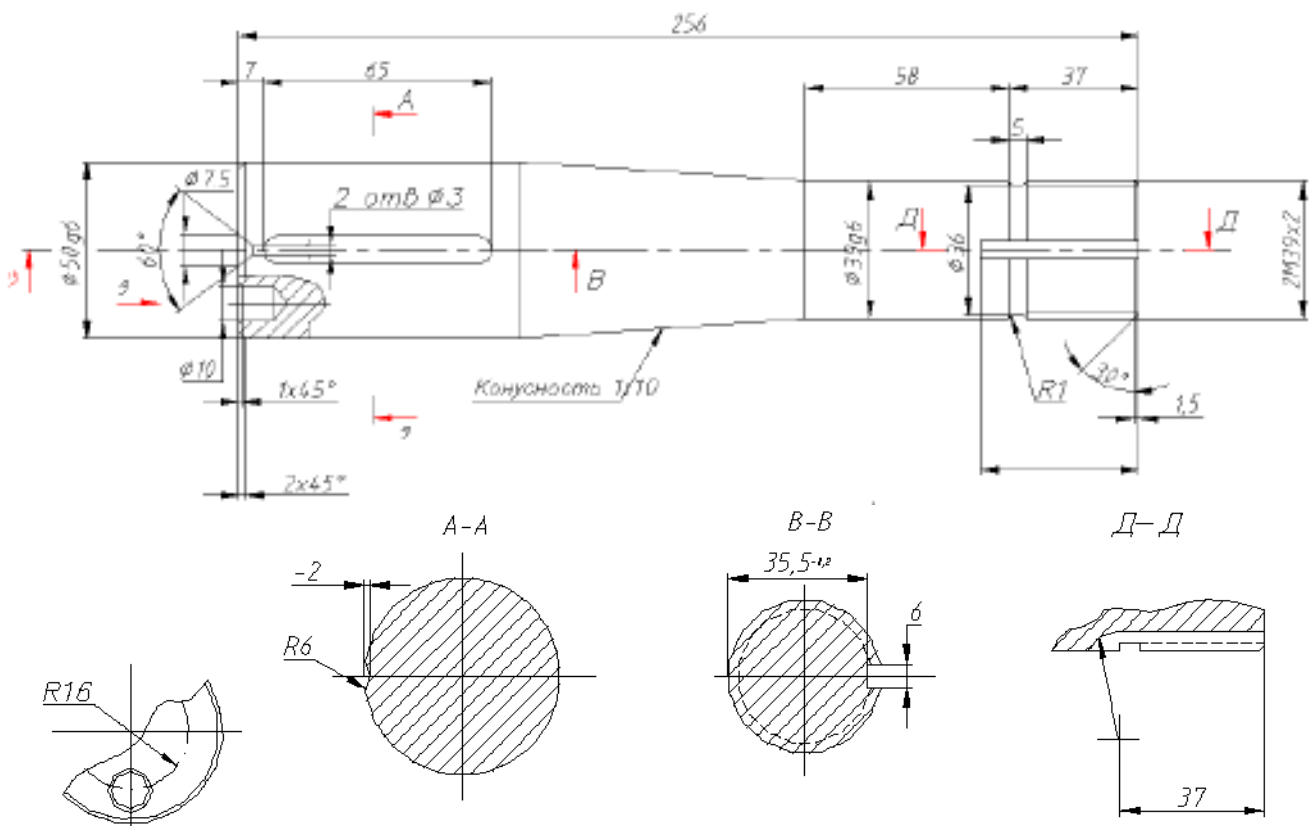
Инд. завдання 8, варіант 7 – Цапфа поворотного кулака (сталь 45) колеса переднього моста автомобіля ГАЗ-66



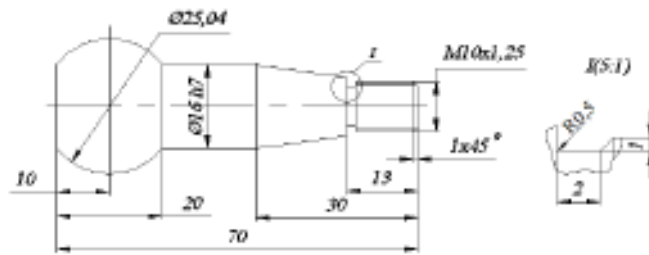
Инд. завдання 8, варіант 8 – Корпус (сталь 08 ПС) кульової опори автомобіля М-2141



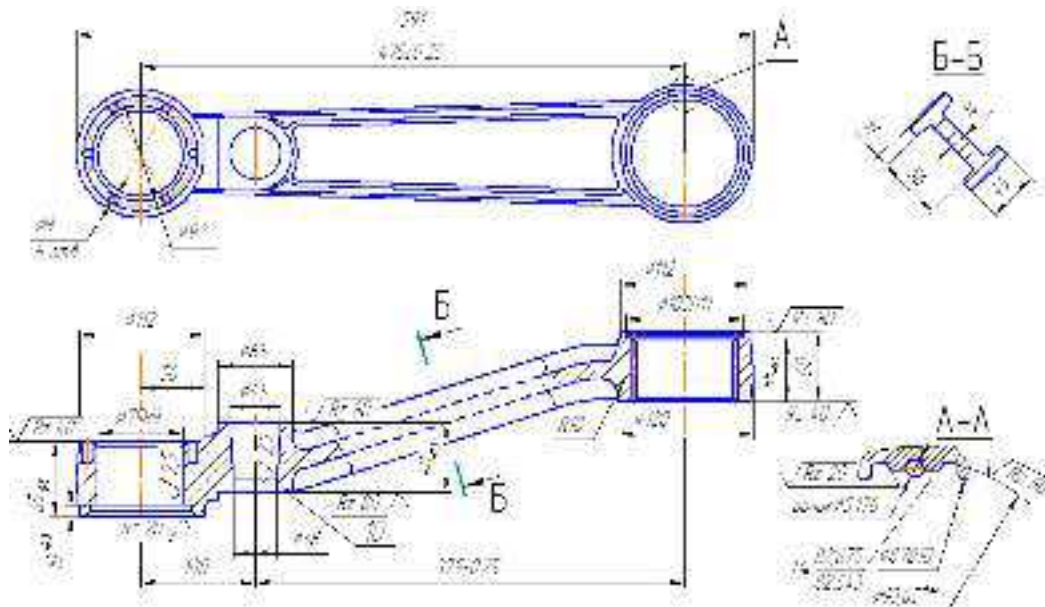
Інд. завдання 8, варіант 9 – Палець (сталь 38ХТНМ) кульової опори автомобіля М-2141



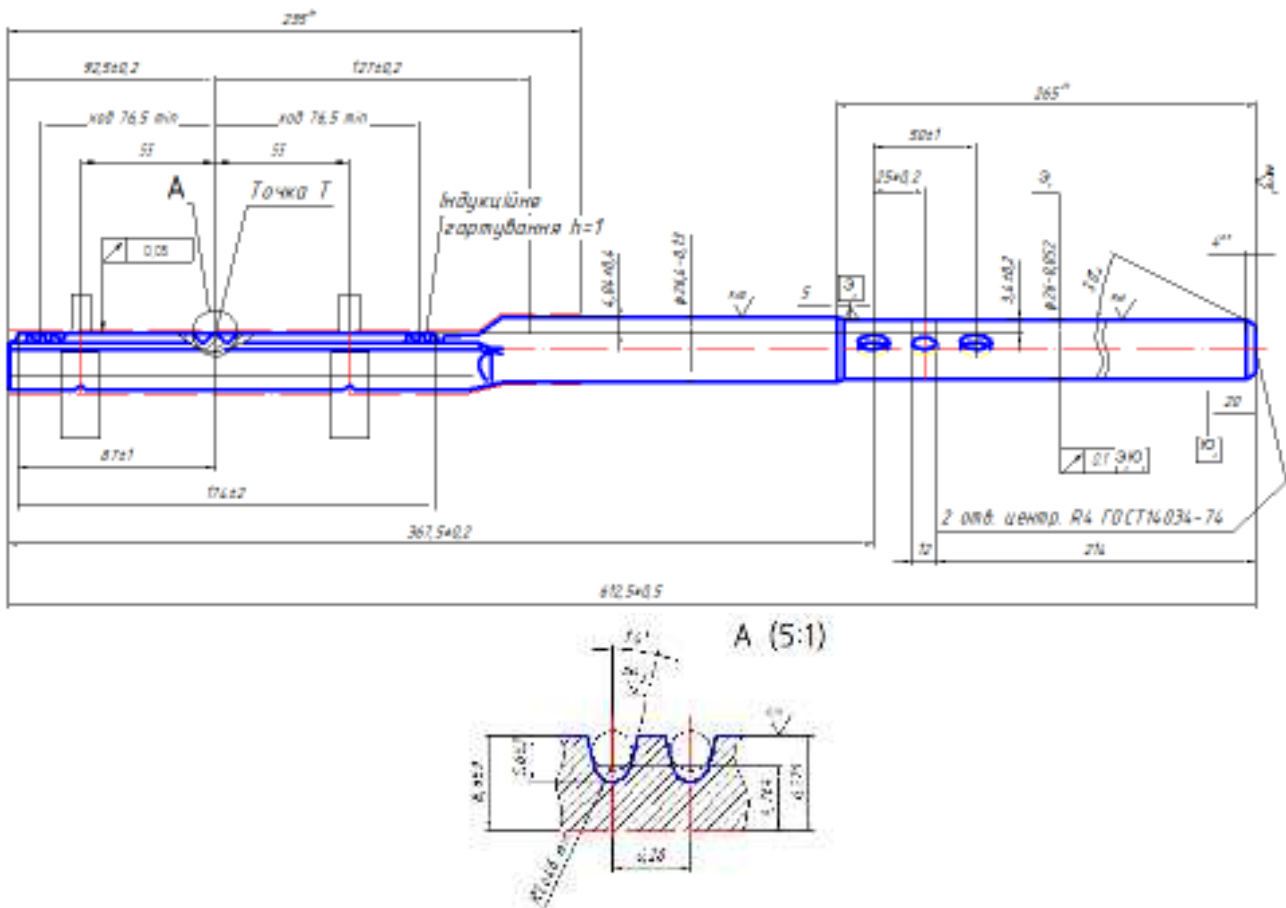
Інд. завдання 8, варіант 10 – Шворінь (сталь 40Х) переднього моста тролейбуса ЮМЗ Т2



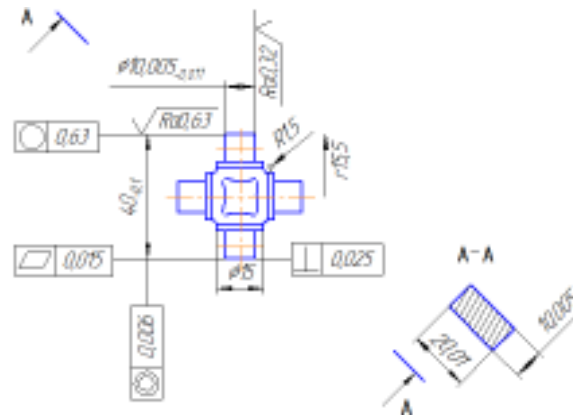
Інд. завдання 8, варіант 11 – Палець кульовий (сталь 30Х) вузла з'єднання шарнірної тяги автомобіля ВА3–2101



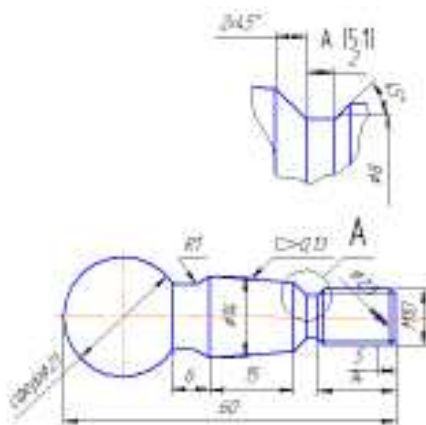
Інд. завдання 8, варіант 12 – Сошка кермова (сталь 45) автомобіля Іж–2126



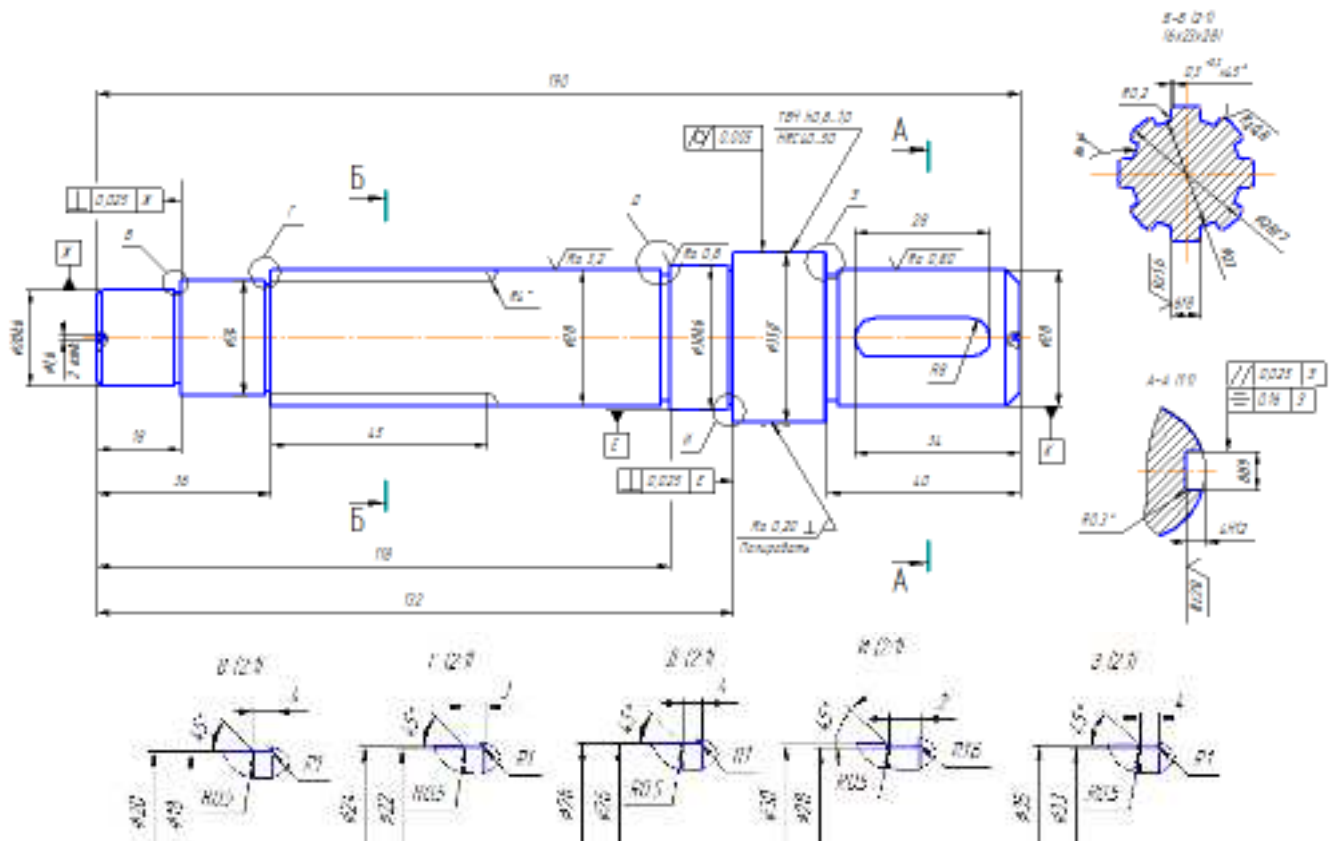
Інд. завдання 8, варіант 13 – Рейка кермового механізму (сталь 25ХГН) автомобіля ВА3–2109



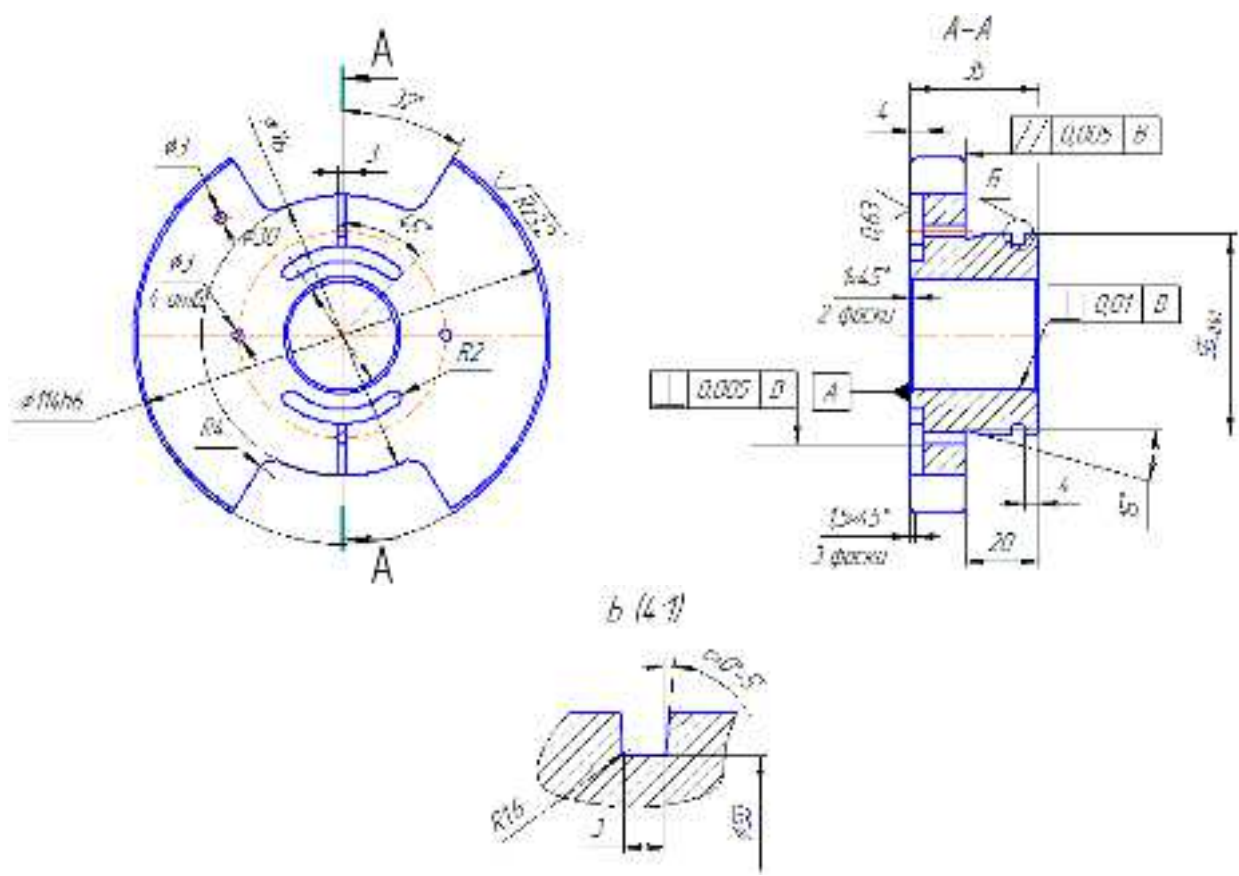
Інд. завдання 8, варіант 14 – Хрестовина (сталь 40) карданного шарніра нерівних кутових швидкостей автомобіля Іж–2126



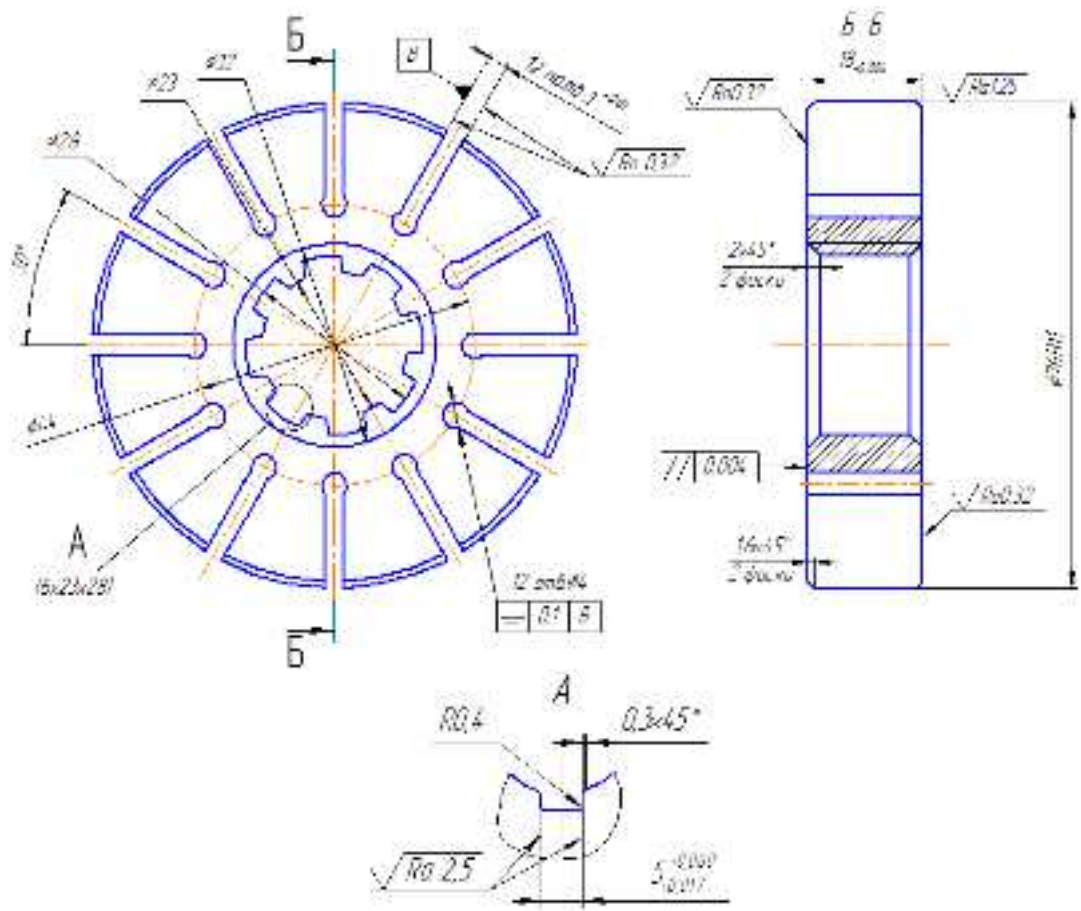
Інд. завдання 8, варіант 15 – Палець (сталь 40X) кермового наконечника автомобіля Іж–2126



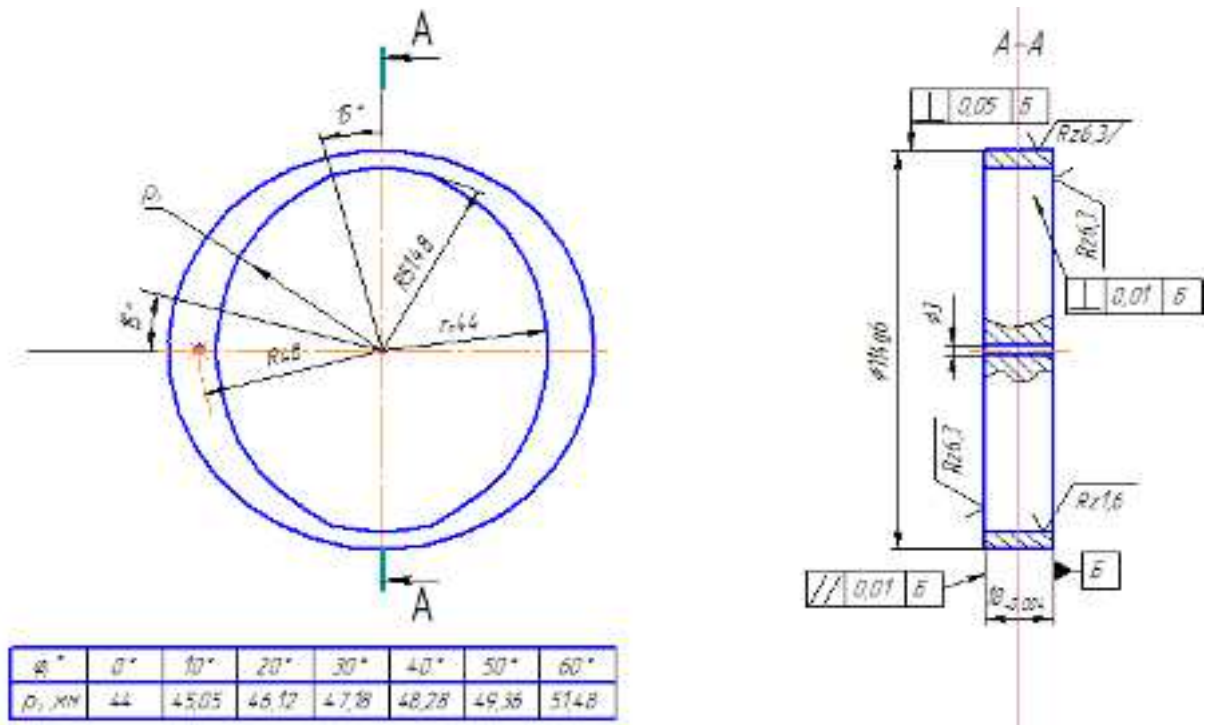
Інд. завдання 8, варіант 16 – Вал приводний (сталь 40X) пластинчатого насоса подвійної дії автомобіля Іж–2126



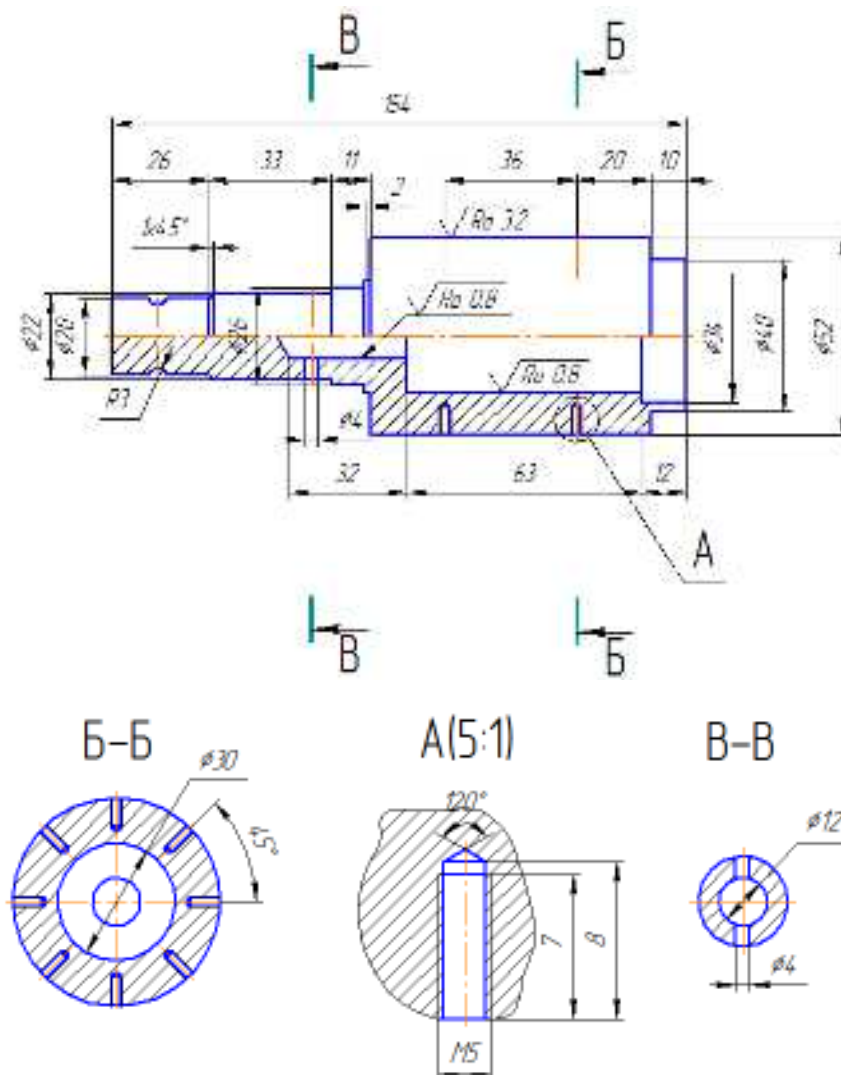
Інд. завдання 8, варіант 17 – Диск розподільний задній (сталь 20X) пластинчастого насоса подвійної дії



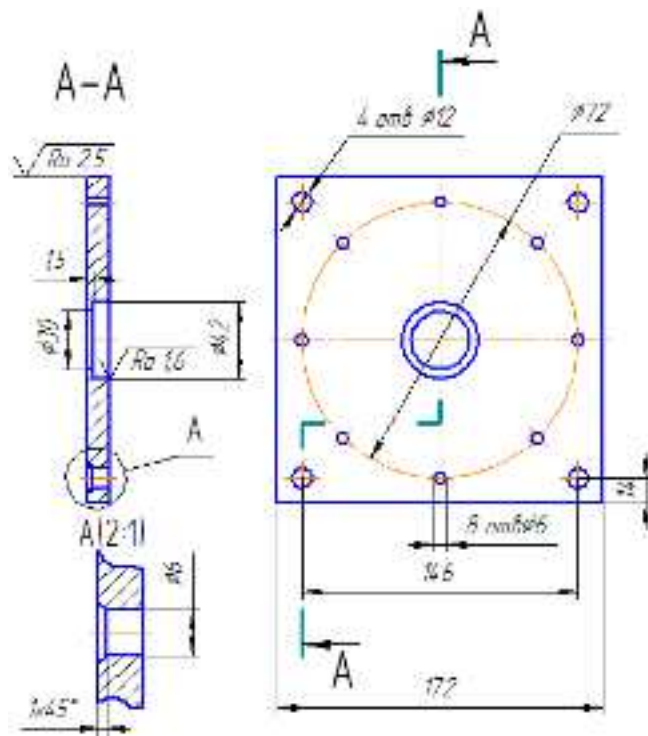
Інд. завдання 8, варіант 18 – Ротор (сталь 20X) пластинчастого насоса подвійної дії



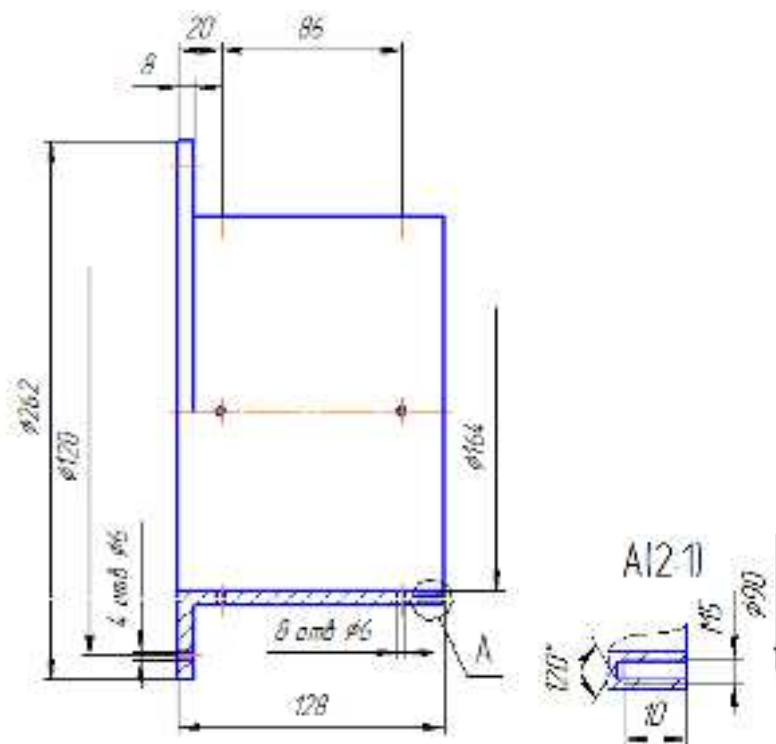
Інд. завдання 8, варіант 19 – Статор (сталь ШХ15) пластинчастого насоса подвійної дії



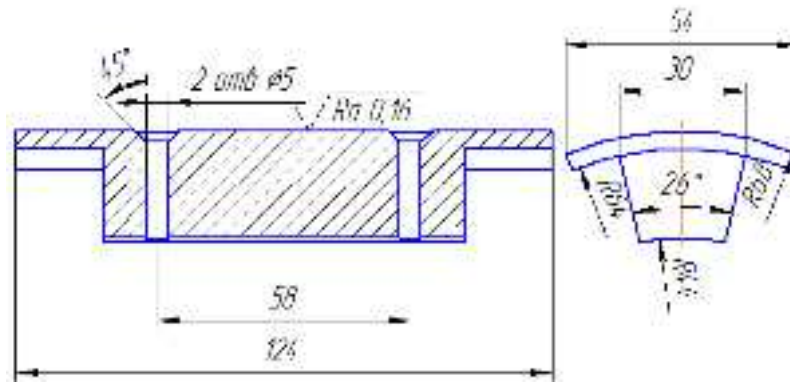
Інд. завдання 8, варіант 20 – Вал вихідний (сталь 40) електромеханічного підсилювача керма



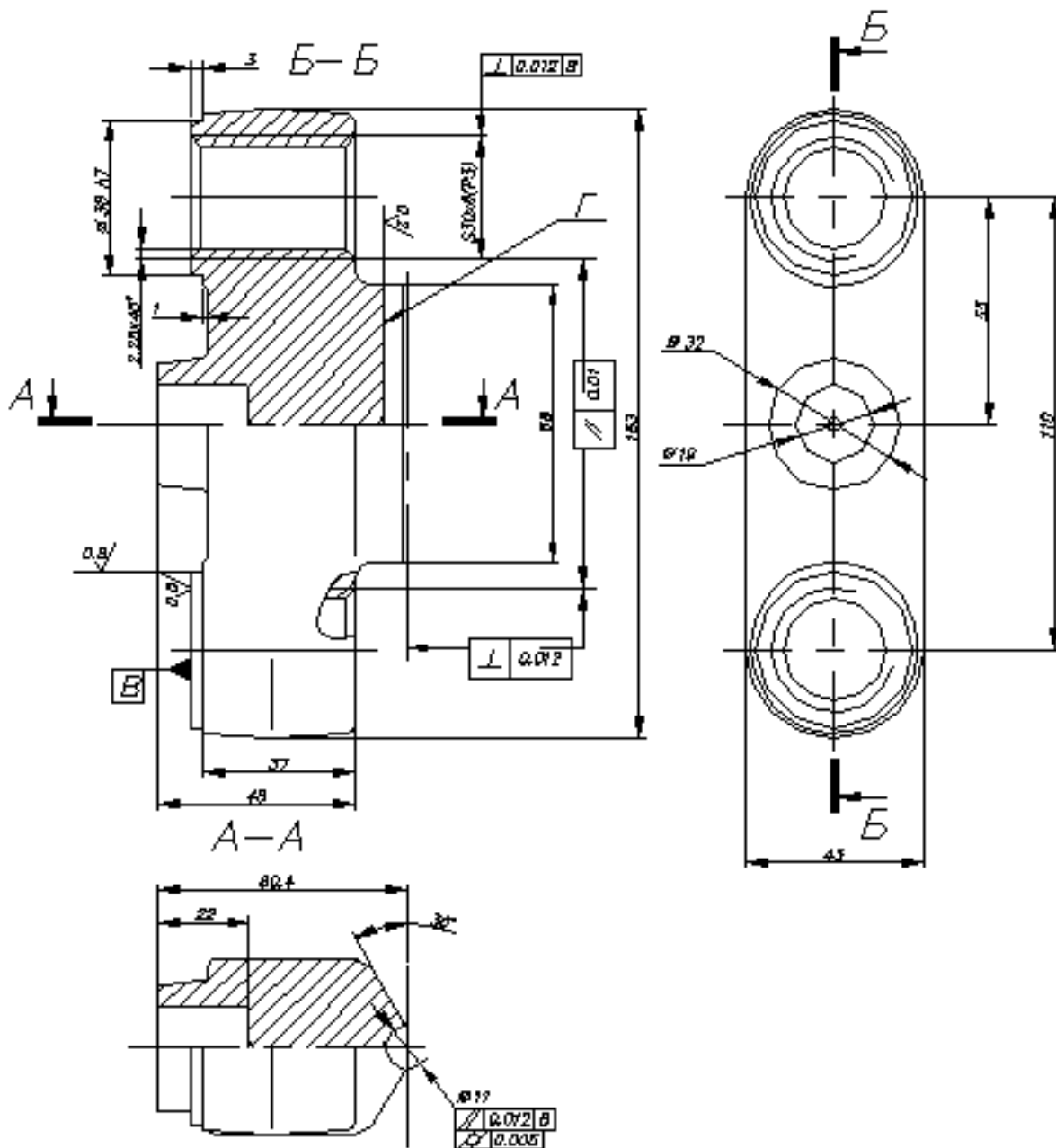
Інд. завдання 8, варіант 21 – Основа (сталь Ст3) електромеханічного підсилювача керма



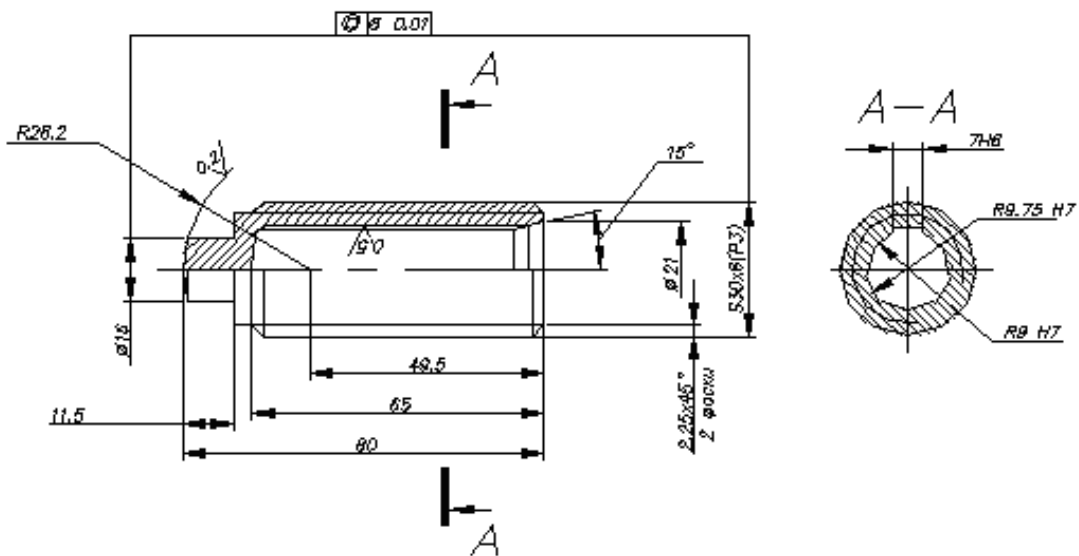
Інд. завдання 8, варіант 22 – Кожух (сталь Ст5) електромеханічного підсилювача керма



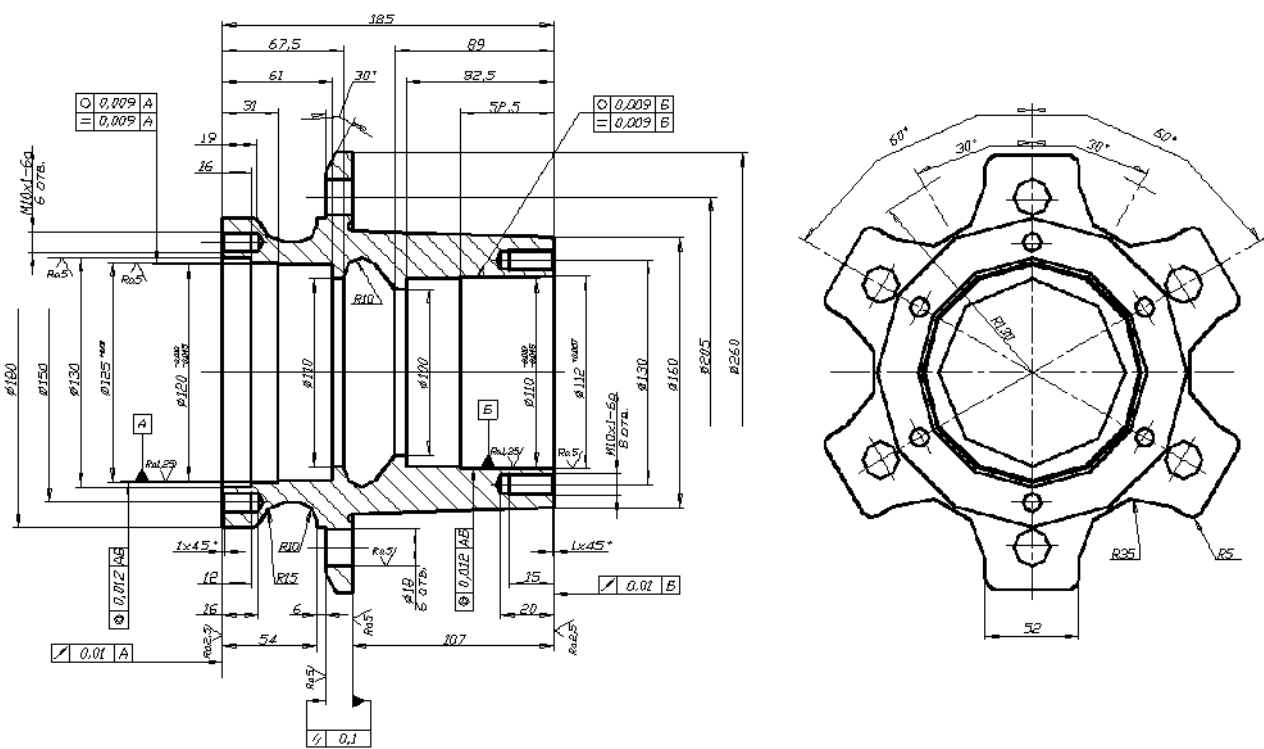
Інд. завдання 8, варіант 23 – Притискач (сталь 45) електромеханічного підсилювача керма



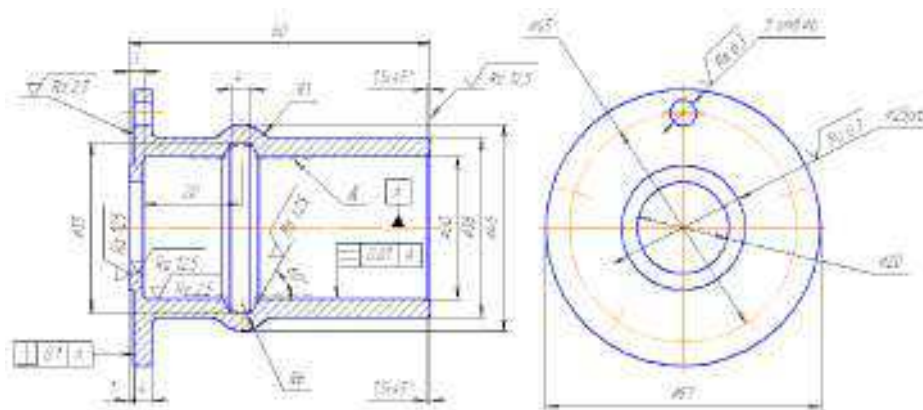
Інд. завдання 8, варіант 24 – Корпус (сталь 45) дискового гальмівного механізму автомобіля ВАЗ-21099



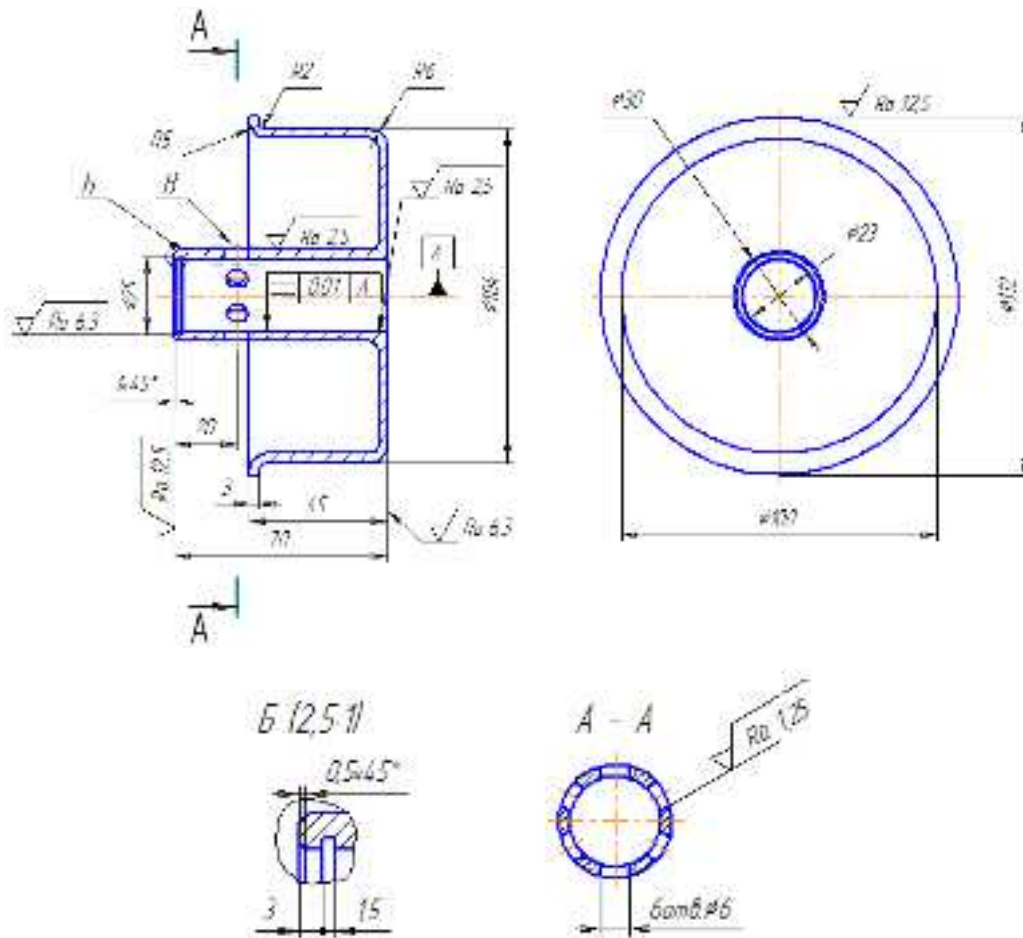
Инд. завдання 8, варіант 25 – Шпindelь рiзбовий (сталь 35XM) дискового гальмівного механiзму автомобiля ВАЗ-21099



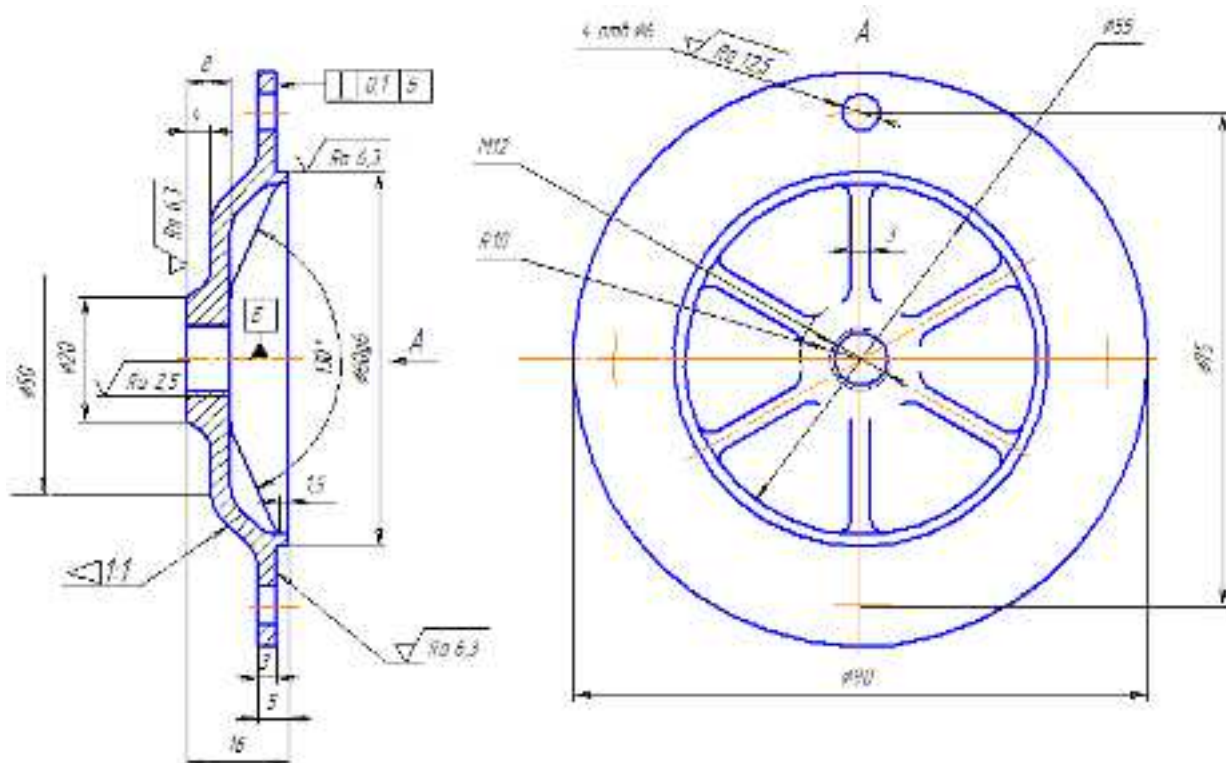
Инд. завдання 8, варіант 26 – Маточина (чавун КЧ35-10) заднього колеса автомобiля ЗiЛ-5301



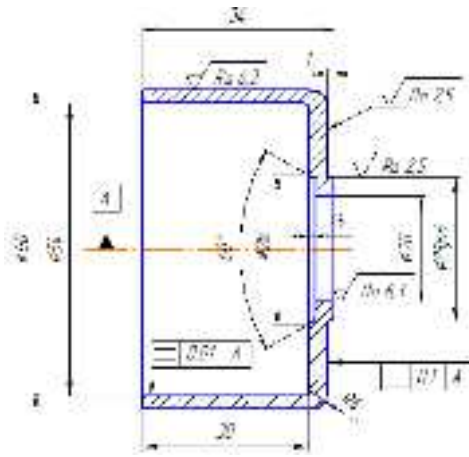
Инд. завдання 8, варіант 27 – Втулка фiксатора напрямна (сталь 50Л) гальмівної камери з пружинним енергоакумулятором пневмоприводу автомобiля КамАЗ



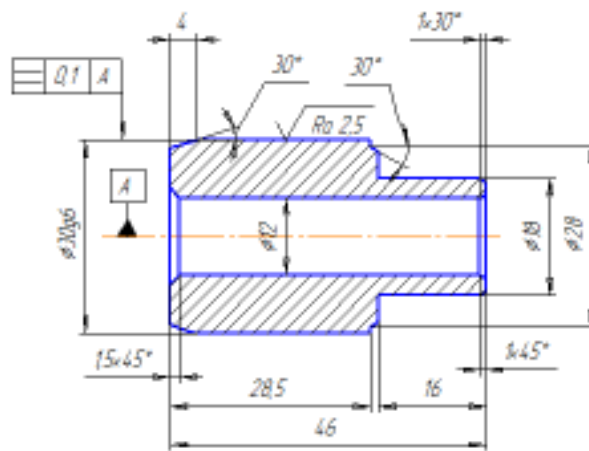
Інд. завдання 8, варіант 28 – Поршень (сталь 20) гальмівної камери з пружинним енергоакумулятором пневмоприводу автомобіля КамАЗ



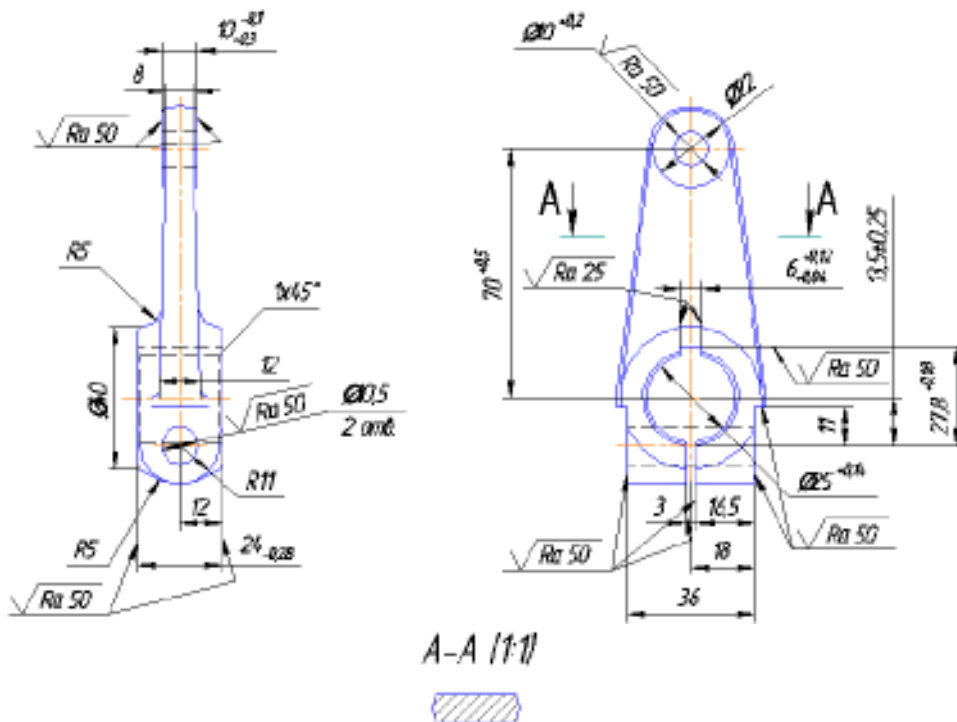
Інд. завдання 8, варіант 29 – Кришка корпусу електромагніта (сталь 30) гальмівної камери з пружинним енергоакумулятором пневмоприводу автомобіля КамАЗ



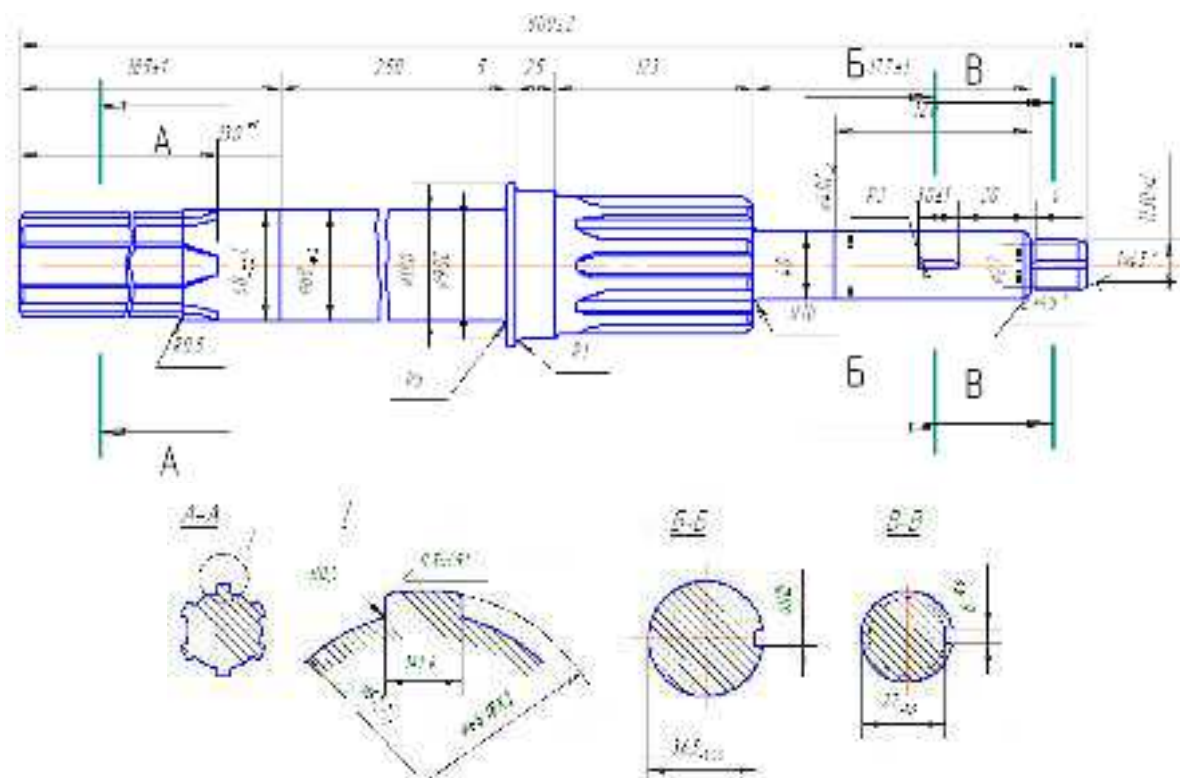
Інд. завдання 8, варіант 30 – Корпус магнітопроводу (сталь 10864) гальмівної камери з пружинним енергоакумулятором пневмоприводу автомобіля КамАЗ



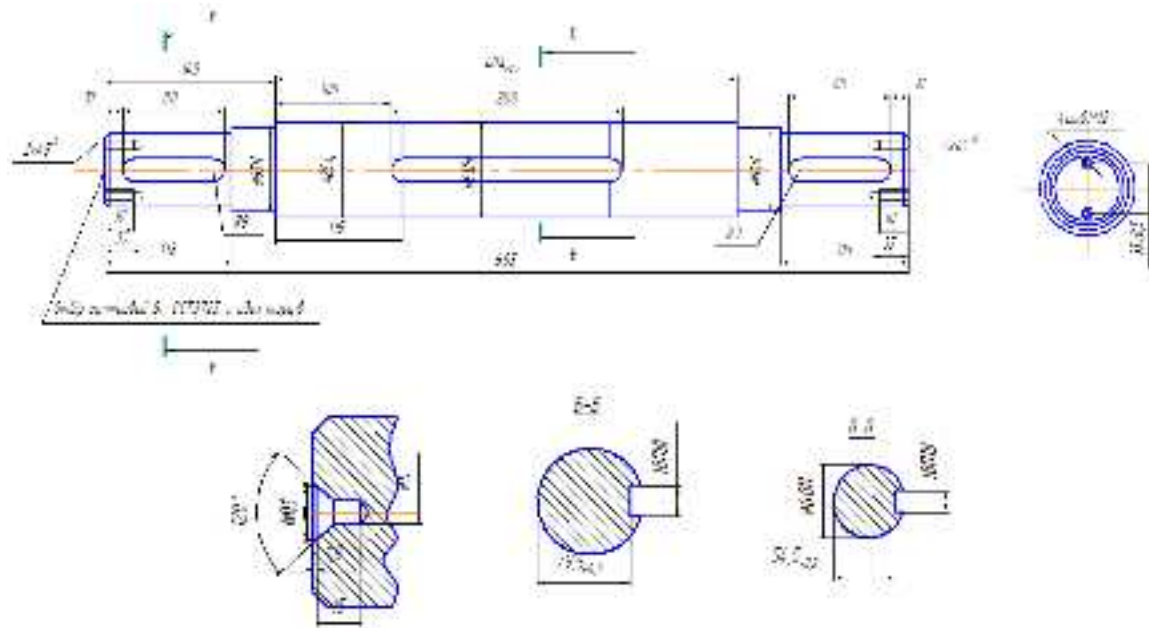
Інд. завдання 8, варіант 31 – Осердя (сталь 10864) гальмівної камери з пружинним енергоакумулятором пневмоприводу автомобіля КамАЗ



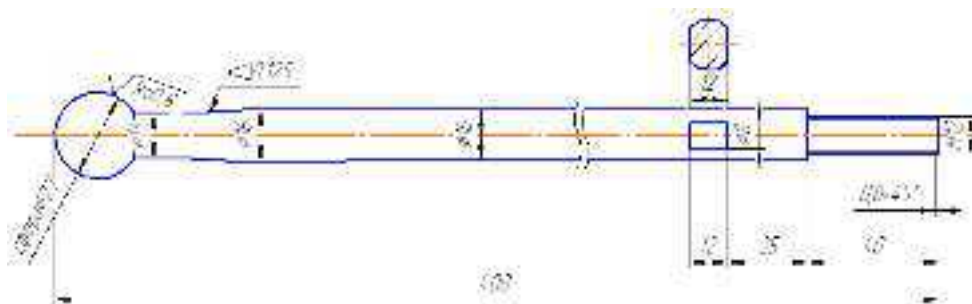
Інд. завдання 8, варіант 32 – Важіль привода ручного гальма (чавун КЧ35-10) автомобіля МАЗ



Інд. завдання 8, варіант 33 – Вал (сталь 40X) головної муфти ковзання екскаватора Е–505А



Інд. завдання 8, варіант 34 – Вал (сталь 40X) ротора муфти ковзання (ходового механізму) екскаватора Е–505А



Інд. завдання 8, варіант 35 – Тяга кульова (сталь 35) кермового наконечника автомобіля Іж–2126

Література: [8]

ЛІТЕРАТУРА

1. Инженерный анализ в САПР SolidWorks (базовый курс) [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
http://www.kalexeev.ru/Specialists/Prochnost_urok.pdf
2. Довідка SolidWorks [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
http://help.solidworks.com/2016/russian/SolidWorks/cworks/c_Element_Types.htm
3. Довідка SolidWorks [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
http://help.solidworks.com/2016/russian/SolidWorks/cworks/c_Linear_Static_Analysis.htm
4. Довідка SolidWorks [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
http://help.solidworks.com/2016/russian/SolidWorks/cworks/c_stress_strain.htm
5. Электронный ресурс. – Режим доступа:
https://msn.khnu.km.ua/pluginfile.php/359771/mod_resource/content/7/ModeTP_PAT_LabMeto_Lab1_F7.pdf
6. Электронный ресурс. – Режим доступа:
https://msn.khnu.km.ua/pluginfile.php/359773/mod_resource/content/6/ModeTP_PAT_LabMeto_Lab2ab_F7.pdf
7. Электронный ресурс. – Режим доступа:
https://msn.khnu.km.ua/pluginfile.php/359775/mod_resource/content/3/ModeTP_PAT_LabMeto_Lab3ba_F7.pdf
8. Электронный ресурс. – Режим доступа:
https://msn.khnu.km.ua/pluginfile.php/359779/mod_resource/content/5/ModeTP_PAT_LabMeto_Lab4ba_F7.pdf
9. Электронный ресурс. – Режим доступа:
https://msn.khnu.km.ua/pluginfile.php/359781/mod_resource/content/3/ModeTP_PAT_LabMeto_Lab5c_F7.pdf
10. Электронный ресурс. – Режим доступа:
https://msn.khnu.km.ua/pluginfile.php/359784/mod_resource/content/3/ModeTP_PAT_LabMeto_Lab6b_F7.pdf
11. Электронный ресурс. – Режим доступа:
https://msn.khnu.km.ua/pluginfile.php/359785/mod_resource/content/3/ModeTP_PAT_LabMeto_Lab7b_F7.pdf
12. Электронный ресурс. – Режим доступа:
https://msn.khnu.km.ua/pluginfile.php/359786/mod_resource/content/3/ModeTP_PAT_LabMeto_Lab8ba_F7.pdf

ЗМІСТ

Вступ.....	3
1. Загальні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни.....	4
2. Теоретичні основи моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту	4
3. Вимоги до виконання індивідуального завдання	5
4. Критерії оцінювання індивідуального завдання.....	5
5. Лабораторні роботи й індивідуальні завдання	6
<i>Лабораторна робота 1.</i> Використання MCE для аналізу напруженого стану гака в SW Simulation.....	6
<i>Індивідуальне завдання 1.</i> Розрахунок в SW Simulation деталей кривошипно-шатунних механізмів.....	11
<i>Лабораторна робота 2.</i> Використання в SW Simulation аналізу моделі методом скінченних елементів для економії матеріалу деталі	14
<i>Індивідуальне завдання 2.</i> Розрахунок в SW Simulation деталей механізмів газорозподілу	17
<i>Лабораторна робота 3.</i> Визначення максимальної сили, яку може витримати анкерна плита, з передбаченням коефіцієнта запасу міцності $k = 3,0$	21
<i>Індивідуальне завдання 3.</i> Розрахунок в SW Simulation деталей систем змащування та охолодження ДВЗ, паливних систем	24
<i>Лабораторна робота 4.</i> Аналіз в SW Simulation напруженого стану хрестовини із застосуванням вилучення обмежень	31
<i>Індивідуальне завдання 4.</i> Розрахунок в SW Simulation деталей зчеплень	36
<i>Лабораторна робота 5.</i> Вивчення ефекту від вилучення ребра жорсткості сполучної ланки в SW Simulation	46
<i>Індивідуальне завдання 5.</i> Розрахунок в SW Simulation деталей коробок передач та роздавальних коробок	50
<i>Лабораторна робота 6.</i> Розрахунок в SW Simulation значень фронтальних і поперечних горизонтальних сил, які приведуть до деформації	60
<i>Індивідуальне завдання 6.</i> Розрахунок в SW Simulation деталей карданних передач	64
<i>Лабораторна робота 7.</i> Аналіз втоми шасі	71
<i>Індивідуальне завдання 7.</i> Розрахунок в SW Simulation деталей головних передач і диференціалів	75
<i>Лабораторна робота 8.</i> Перевірка на втому ходової частини автомобіля	80
<i>Індивідуальне завдання 8.</i> Розрахунок в SW Simulation деталей підвісок, кермового механізму, гальмівних систем та інших деталей автомобільної техніки	86
Література	101

Рисунки 12874,39 см²

Знаки 49700

Осяг 136 МБ