

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Я. І. Лавренко
В. В. Кравченко
Т. В. Сидора

ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ПЕРЕДАЧ В ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ KISSOFT

Навчальний посібник

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра
за освітньою програмою «Динаміка і міцність машин»
спеціальності 131 Прикладна механіка

Електронне мережне навчальне видання

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2023

Рецензент:

Охріменко О.А., д-р техн. наук, проф.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Відповідальний
редактор

Бабенко А. Є., д-р техн. наук, проф.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 5 від 23.02.2023 р.)
за поданням Вченої ради Навчально-наукового Механіко-машинобудівного інституту
(протокол № 6 від 30.01.2023 р.)*

У навчальному посібнику розглянуто чисельні методи розрахунку з використанням модульної програми для визначення розмірів, оптимізації та перевірочних розрахунків деталей машин згідно з міжнародними стандартами. Найбільше уваги приділено моделюванню та проектуванню механічних передач. Наведено розрахунок коливань валу та приклади типових редукторів.

Навчальний посібник призначений для здобувачів освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 131 Прикладна механіка, також може бути корисний для аспірантів, викладачів та наукових працівників.

Реєстр. № НП ХХ/ХХ-ХХХ. Обсяг 3,2 авт. арк.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
проспект Перемоги, 37, м. Київ, 03056
<https://kpi.ua>

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

© Я.І. Лавренко, В.В. Кравченко, Т.В. Сидора
© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023

ЗМІСТ

Вступ	4
1. ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ ІНТЕРФЕЙСУ KISSsoft	5
1.1. Меню та панель інструментів	5
1.2. Дерево модулів	7
1.3. Вікно результатів	8
1.4. Графічне зображення	9
2. ВИКОНАННЯ ПРОЕКТНИХ РОЗРАХУНКІВ ТИПОВИХ ПЕРЕДАЧ	10
2.1. Розрахунок косозубої циліндричної передачі	10
2.2. Розрахунок двозахідної черв'ячної передачі	19
2.3. Розрахунок параметрів передачі гвинт-гайки	25
2.4. Розрахунок конічної передачі	28
3. ПРОЕКТУВАННЯ ВАЛІВ	34
3.1. Створення контуру вала	36
3.2. Навантаження на вал	39
3.3. Підбір підшипників	40
3.4. Уточнення параметрів валу	42
3.5. Виконання розрахунку	42
4. ПРОЕКТУВАННЯ РЕДУКТОРІВ	45
4.1. Основні елементи інтерфейсу KISSsys	45
4.2. Проектування редуктора	48
4.2.1. Створення валів та їх елементів	48
4.2.2. Створення передач	52
4.3. Конічні та черв'ячні передачі	55
4.4. Розрахунок редуктора	57
4.4.1. Циліндрична передача	57
4.4.2. Визначення геометрії валу	57
4.4.3. Підбір необхідних розрахунків	58
4.4.4. Тепловий розрахунок	62
4.4.5. Отримання результатів	68
4.5. Приклади редукторів	69
4.5.1. Приклади одноступінчастих редукторів	69
4.5.2. Приклади двоступінчастих редукторів	70
ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ	72
ПОСИЛАННЯ	73

ВСТУП

Рівень розвитку сучасної техніки змушує інженера підвищувати точність проектування та перевірних розрахунків, підвищуючи оптимальність конструкції та зменшуючи матеріалоємність з заданим рівнем міцності та надійності.

Використання класичних інженерних методів при проектуванні конструктивних елементів механічних передач [1-5] пов'язане з великим запасом міцності, громіздкими розрахунками та певним рівнем похибки обчислень [1,3,4].

Програмний комплекс KISSsoft є сучасною CAE системою для проектування та розрахунків на міцність елементів конструкцій. В основі комплексу лежить метод скінченних елементів, який дає можливість моделювати широкий спектр як статичних так і динамічних задач.

Оболонка KISSsoft дозволяє реалізувати всі необхідні етапи створення розрахункових моделей об'єкту дослідження, таких як створення геометричної моделі, задання механічних характеристик матеріалів, задання навантаження, безпосередній розрахунок оптимальних параметрів досліджуваного елемента, обробка отриманих результатів та їх візуалізація.

Використання програмного продукту є важливою складовою роботи сучасного інженера. Вміння застосовувати методи проектування, відображені в даному програмному комплексі, є важливими для студентів, які навчаються на першому рівні вищої освіти, які спеціалізуються на машинобудуванні.

Програмний посібник розроблений за допомогою ліцензійного програмного комплексу KISSsoft 2020 (license2020_581), згідно договору між КПІ ім. Ігоря Сікорського та KISSsoft AG, від 21.05.2021р.

Посібник призначений для студентів, що навчаються за освітньою програмою ОКР бакалавр за спеціальністю 131 Прикладна механіка, допоможе студентам ознайомитись з основними функціями KISSsoft, щодо створення проектів та основними розрахунками при проектуванні оптимальної моделі об'єкту.

1. ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ ІНТЕРФЕЙСУ KISSsoft

Основне робоче вікно KISSsoft зображено на Рис.1.1.

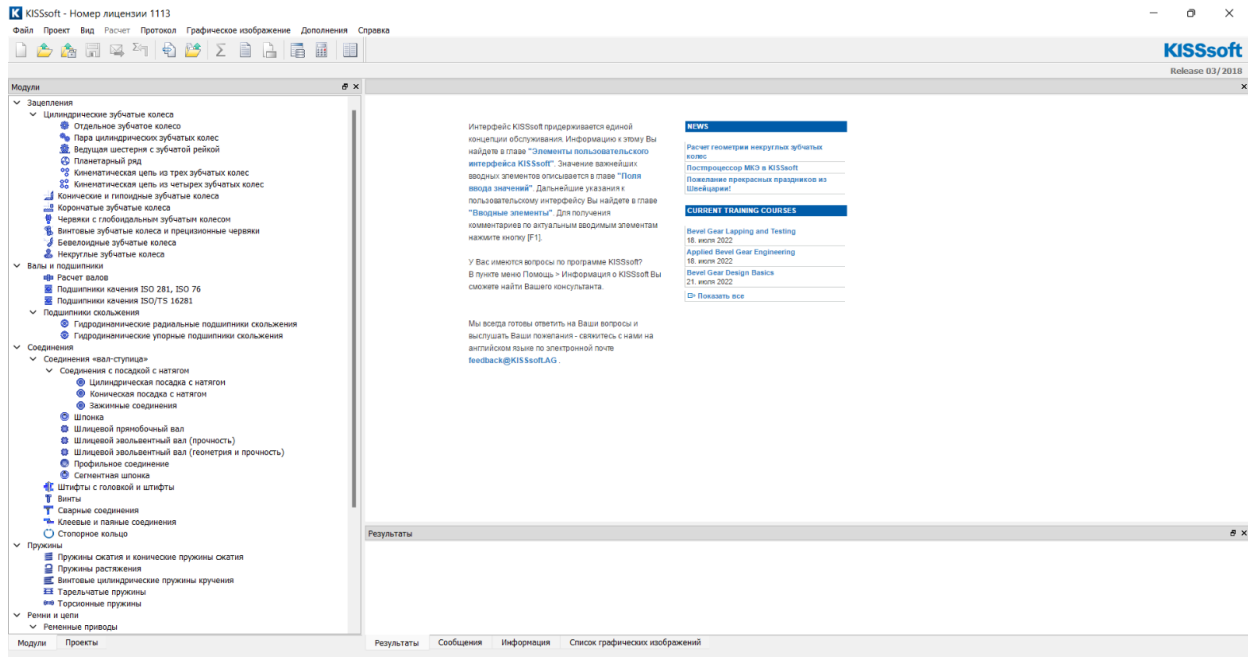


Рис. 1.1. Основне робоче вікно

Основне робоче вікно можна розбити на кілька частин: згори - меню та панель інструментів, ліворуч - дерево модулів, праворуч – вікно результатів.

Меню, із відповідними підменю забезпечують доступ до функцій програмного комплексу, а панель інструментів містить кнопки команд, на яких нанесені символічними зображення, що відповідають найбільш часто вживаним командам меню.

1.1 Меню та панель інструментів

Загальний вид меню та панелі інструментів представлений на рис.1.2.

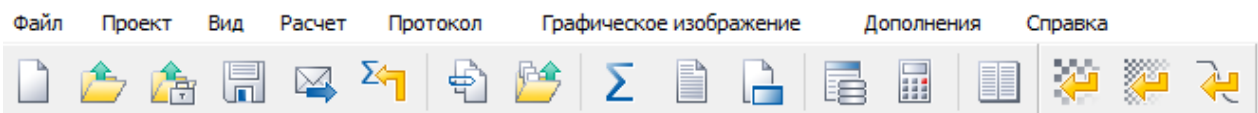


Рис. 1.2. Меню та панель інструментів

У головному меню за допомогою кнопки «**Файл**» ви можете відкривати та зберігати файли розрахунків, надсилати їх як вкладення електронної пошти, відновлювати попередні етапи розрахунків, переглядати властивості файлів і закривати KISSsoft.

Після встановлення на комп'ютер у відповідній папці (наприклад **C:\Program Files\KISSsoft**) крім власне системних файлів з'являються папки **KISSsoft** та **KISSsys**. Ці папки є необхідними для збереження поточної інформації про створені моделі та розв'язувані задачі. Кожному проекту, що створюється із застосуванням **KISSsoft** присвоюється певне ім'я (наприклад «**proj1**»). Це ім'я в подальшому використовується в якості імен файлів, що містять інформацію про створену розрахункову модель, навантаження, результати розрахунку. Згадані файли зберігаються в папці **KISSsoft** або **KISSsys**. Файл – **proj1.w10** має спеціальний формат, що для **Windows** є асоційованим із **KISSsoft**, тобто застосована до цього файла команда «**Открыть**» в меню **Проводника** приводить до завантаження середовища «**KISSsoft**» і відображення в ньому відповідної розрахункової схеми (дискретної моделі). Перенесення цього файла з одного комп'ютера, де встановлений **KISSsoft** або **KISSsys** на інший дозволяє повністю переносити інформацію про створену дискретну модель, вносити необхідні зміни та проводити відповідні розрахунки.

Ви можете використовувати функціональність **KISSsoft Project Management** за допомогою кнопки «**Проект**». Ви можете відкривати, закривати та активувати проекти, вставляти файли в проект або видаляти їх, а також переглядати властивості проекту.

Кожне окреме вікно, що прикріплене, в інтерфейсі користувача можна приховати або відобразити в головному меню «**Вид**». Прикріплюванні вікна — це вікна, які можна вільно переміщувати на робочому столі, як діалогове вікно, або прикріплювати до сторінок програми в будь-якому зручному для вас порядку. Кілька вікон стикування можуть бути розміщені одне на одному та представлені у вигляді вкладок.

У головному меню «**Розрахунок**» ви можете запустити поточний розрахунок, додати більше обчислень до модуля обчислень як стандартні або спеціальні вкладки та викликати додаткові обчислення як діалогові вікна. Виберіть «**Розрахунок**» > «**Параметри**», щоб змінити параметри модуля.

У головному меню «**Протокол**» ви знайдете дії для створення та відкриття звіту. Система завжди формує звіт для поточного розрахунку. Натисніть «**Протокол**» > «**Налаштування**», щоб змінити розмір шрифту звіту, поля сторінки та обсяг. Дії щодо збереження, відправлення та друку активні, лише якщо відкритий звіт.

Ви можете відкривати та закривати вікно Графіки модуля обчислень у головному меню *«Графічне зображення»*. Виберіть 3D експорт, щоб отримати доступ до інтерфейсів CAD KISSsoft. Виберіть *«Графічне зображення»* > *«Параметри»*, щоб вибрати систему САПР, у яку потрібно експортувати вибраний елемент.

У меню *«Доповнення»* ви знайдете інструмент ліцензування, інструмент налаштування та інструмент бази даних. У цьому головному меню ви можете запустити калькулятор Windows і змінити мову, і систему одиниць. У *«Доповнення»* > *«Параметри»* можна змінити загальні параметри програми, наприклад формати значень часу та дати.

У кінці панелі меню ви знайдете піктограму *«Довідка»*, за допомогою якої ви можете переміщатися в посібнику KISSsoft.

Крім головного меню, KISSsoft використовує контекстні меню в багатьох місцях. Контекстні меню надають вам доступ до дій для певної області або елемента програмного забезпечення. Зазвичай ви клацаєте правою кнопкою миші, щоб відобразити контекстне меню.

Панель інструментів надає вам швидший доступ до дій із меню, які використовуються особливо часто. Ви також повинні звернути увагу на підказки, які відображають інформацію про дії на панелі інструментів, а також інші описи в рядку стану. Головні меню *«Розрахунок»*, *«Протокол»* і *«Графічне зображення»* активні, лише якщо відкритий модуль розрахунку. Дії, доступні в цих меню, можуть відрізнятися залежно від поточного модуля обчислення.

1.2 Дерево модулів

Дерево модулів показує всі розрахункові модулі KISSsoft у легкому для розуміння та логічно структурованому списку. Щоб відкрити модуль, двічі клацніть по ньому лівою кнопкою миші. Поточний модуль розрахунку буде виділено жирним шрифтом (рис. 1.3).

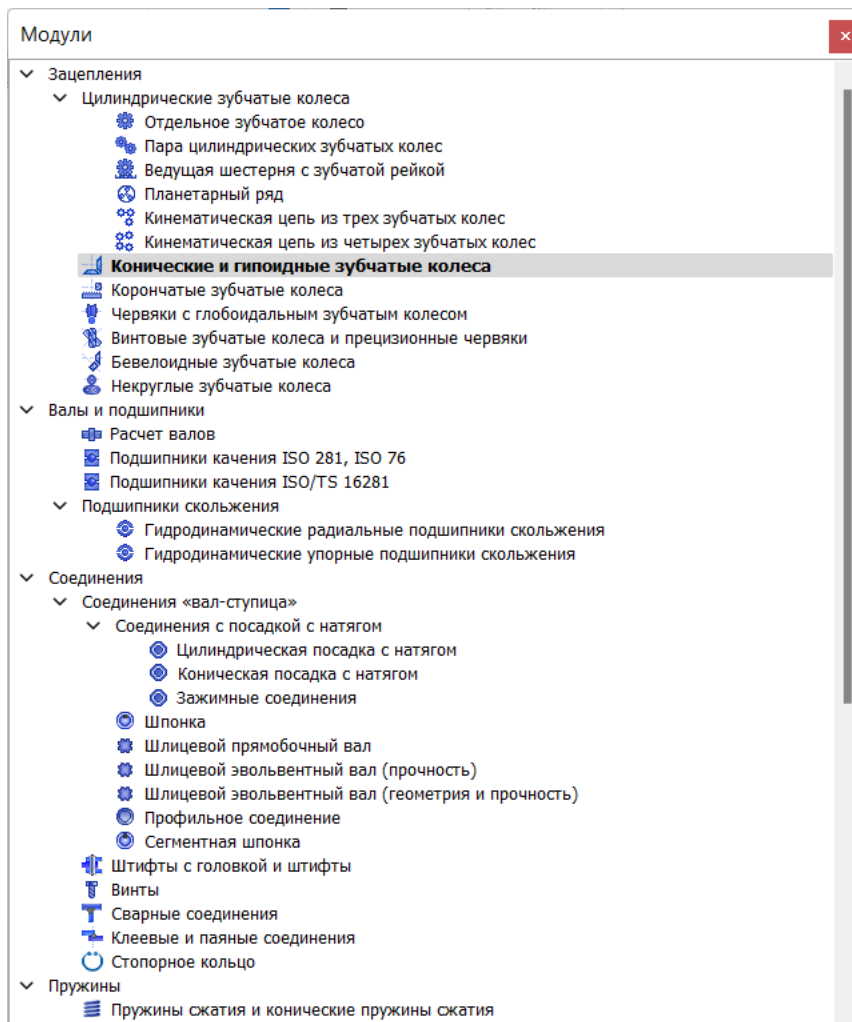


Рис. 1.3. Дерево модулей

1.3 Вікно результатів

У вікні результатів KISSsoft відображаються результати поточного розрахунку (рис. 1.4).

Результаты

результаты

Перекрытия ($\epsilon_{\alpha 1} / \epsilon_{\beta} / \epsilon_{\gamma m}$)		1.662 /	0.000 /	1.662
		Колесо 1	Колесо 2	
Эффективная окружность вершин зубьев (мм)	[$d_{a\beta}$]	164.982	465.018	
Запас прочности ножи зуба	[S_F]	2.602	2.514	
Запас прочности боковой поверхности зуба	[S_H]	1.329	1.384	
Запас прочности упрочненного слоя (DNV 41.2)	[S_{EN}]	1.283	1.283	
Запас прочности на разрушение боковой поверхности зуба	[S_{FF}]	1.205	1.205	
Запас прочности на заедание (интегральная температура)	[S_{intS}]	4.403		
Запас прочности на заедание (температура «вспышки» в пятне контакта)	[S_B]	10.878		
Запас прочности на микропиттинг (метод B)	[S_L]	1.664		

Рис. 1.4. Вікно результатів

1.4 Графічне зображення

У KISSsoft ви можете відкрити стільки графічних вікон, скільки вам потрібно, і впорядкувати їх так само, як і інші прикріплювані вікна. Це означає, що ви можете відразу побачити всі графіки та діаграми, необхідні для ваших розрахунків. Для того, щоб додати графічне вікно до вкладки «Список графічних зображень», необхідно в бажаному вікні натиснути кнопку «Додати до списку графічних зображень» (рис. 1.5).

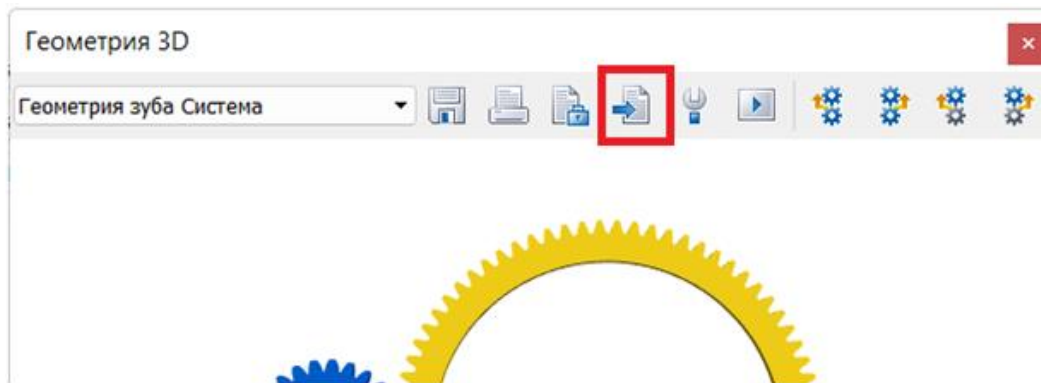


Рис. 1.5. Створення графічного зображення

2. ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКІВ ТИПОВИХ ПЕРЕДАЧ

2.1 Розрахунок косозубої циліндричної передачі

Для початку роботи необхідно у вікні «*Модулі*» необхідно обрати пункт «*Пара циліндричних зубчастих коліс*» (рис. 2.1).

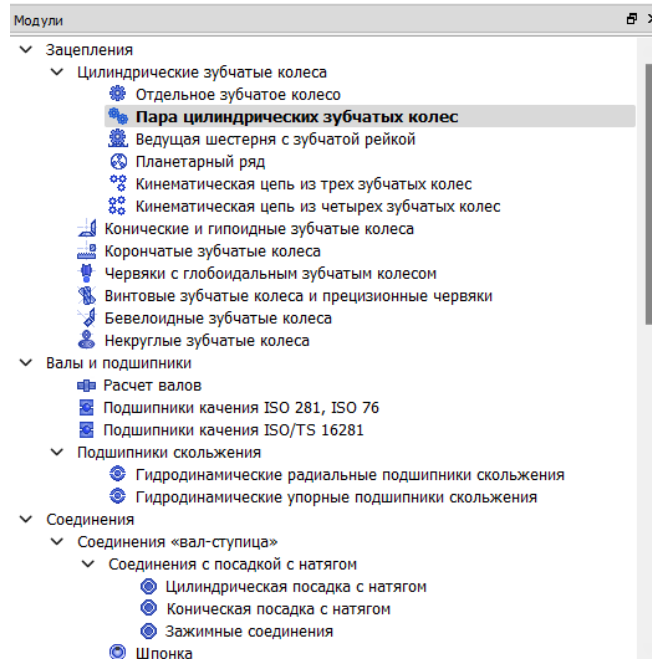


Рис. 2.1. Вибір модуля

Наступним кроком переходимо до основного вікна, куди вносяться всі необхідні параметри для розрахунку (рис. 2.2).

Геометрия		Колесо 1	Колесо 2
Н...ь m_n	3.0000 mm		
Уг...ии α_n	20.0000 °	z	28 114
Ко... 1	с правым подъемом винтовой линии	b	92.0000 90.0000 mm
Уг...ти β	18.1900 °	x^*	0.2880 -0.0196
М...е a	225.0000 mm	Q	6 6

Материалы и смазка	
Колесо 1	42ХМ (1), Улучшенная сталь, легированный, улучшенный, ISO 6336-5 Рисунок 5/6 (MQ)
Колесо 2	42ХМ (1), Улучшенная сталь, легированный, улучшенный, ISO 6336-5 Рисунок 5/6 (MQ)
Смазка	Масло: ISO-VG 220

Рис. 2.2. Основне робоче вікно

Проектування починається з заповнення вкладки «*Базові дані*», а саме з геометричних параметрів. При необхідності, можна скористатись кнопкою «*Розрахунок*» (рис. 2.3).

Геометрия		Колесо 1	Колесо 2	Дополнительные данные...
Нормальный модуль m_n	3.0000 mm			
Угол профиля α_n	20.0000 °	z	28	114
Косинус угла наклона β	18.1900 °	b	92.0000	90.0000 mm
Угол наклона линии β	18.1900 °	x^*	0.2880	-0.0196
Межосевое расстояние a	225.0000 mm	Q	6	6

Рис. 2.3. Вхідна геометрія

Наступним кроком обираємо матеріали коліс та матеріал мастила, а також тип змащування передачі (рис. 2.4).

Материалы и смазка	
Колесо 1	42ХМ (1), Улучшенная сталь, легированный, улучшенный, ISO 6336-5 Рисунок 5/6 (MQ)
Колесо 2	42ХМ (1), Улучшенная сталь, легированный, улучшенный, ISO 6336-5 Рисунок 5/6 (MQ)
Смазка	Масло: ISO-VG 220

Рис. 2.4. Вибір матеріалу коліс та масла

Для більш точного визначення необхідних параметрів розраховуємо всі геометричні параметри. На панелі інструментів обираємо кнопку «Точне визначення розмірів» (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Точне визначення розмірів

У відкритому вікні «Точне визначення розмірів» налаштуємо мінімальні та максимальні можливі значення параметрів передачі, після чого натискаємо кнопку «Розрахунок» (рис. 2.6).

Точное определение размеров		Колесо 1	Колесо 2
Максимальное количество решений	500		
Заданное передаточное отношение/отклонение в ±%	i, i_c 3.9000 4.1000		
Нормальный модуль m_n	Минимум: 3, Максимум: 3 mm, Шаг: 0.5000 mm		
Угол профиля зуба в нормальном сечении α_n	20.0000 20.0000 °, Шаг: 0.0000 °		
Угол наклона линии зуба на делительной окружности β	18.1900 18.1900 °, Шаг: 0.0000 °		
Межосевое расстояние a	225.0000 225.0000 mm, Шаг: 0.0000 mm		
Диапазон коэффициента смещения исходного контура x^*	-0.6000 1.0000		
Максимальный диаметр окружности вершин зубьев $d_{a, max}$	999999.0000	999999.0000 mm	
Минимальный диаметр окружности впадин зубьев $d_{f, min}$	0.0000	0.0000 mm	
Выдержать число зубьев z	28	114	
Выдержать коэффициент смещения исходного контура x^*	0.2880	-0.0196	
Ширина зубчатого венца b	92.0000	90.0000 mm	

Рис. 2.6. Заповнення меж підбору параметрів

Після того, як програмний комплект виконав розрахунок, переходимо до вкладки «*Результати*» та серед них обираємо оптимальні для нашої задачі параметри передачі, після чого натискаємо кнопку «*Застосувати*» (рис. 2.7).

Nr.	a [mm]	b ₁ [mm]	b ₂ [mm]	m _n [mm]	α _n [°]	β [°]	z ₁	z ₂	x' ₁	x' ₂	d
0	225.000	92.000	90.000	3.000	20.000	18.190	28	114	0.288	-0.020	
1	225.000	92.000	90.000	3.000	20.000	18.190	28	112	0.487	0.907	
2	225.000	92.000	90.000	3.000	20.000	18.190	28	113	0.181	0.638	
3	225.000	92.000	90.000	3.000	20.000	18.190	28	113	0.281	0.538	
4	225.000	92.000	90.000	3.000	20.000	18.190	28	113	0.381	0.438	
5	225.000	92.000	90.000	3.000	20.000	18.190	29	111	0.488	0.906	
6	225.000	92.000	90.000	3.000	20.000	18.190	29	112	0.178	0.642	
7	225.000	92.000	90.000	3.000	20.000	18.190	29	112	0.278	0.542	
8	225.000	92.000	90.000	3.000	20.000	18.190	29	112	0.378	0.442	
9	225.000	92.000	90.000	3.000	20.000	18.190	29	113	0.080	0.188	
10	225.000	92.000	90.000	3.000	20.000	18.190	29	113	0.180	0.088	
11	225.000	92.000	90.000	3.000	20.000	18.190	29	113	0.280	-0.012	
12	225.000	92.000	90.000	3.000	20.000	18.190	29	114	-0.006	-0.252	
13	225.000	92.000	90.000	3.000	20.000	18.190	29	114	0.094	-0.352	
14	225.000	92.000	90.000	3.000	20.000	18.190	29	114	0.194	-0.452	
15	225.000	92.000	90.000	3.000	20.000	18.190	30	113	-0.017	-0.240	
16	225.000	92.000	90.000	3.000	20.000	18.190	30	113	0.083	-0.340	
17	225.000	92.000	90.000	3.000	20.000	18.190	30	113	0.183	-0.440	

Рис. 2.7. Вибір параметрів передачі

Оптимальні параметри можна визначити за допомогою графіку у вкладці «*Графічне зображення*» (рис. 2.8). Найкращим для вибору буде варіант, характеристики якого лежать у зеленій зоні.

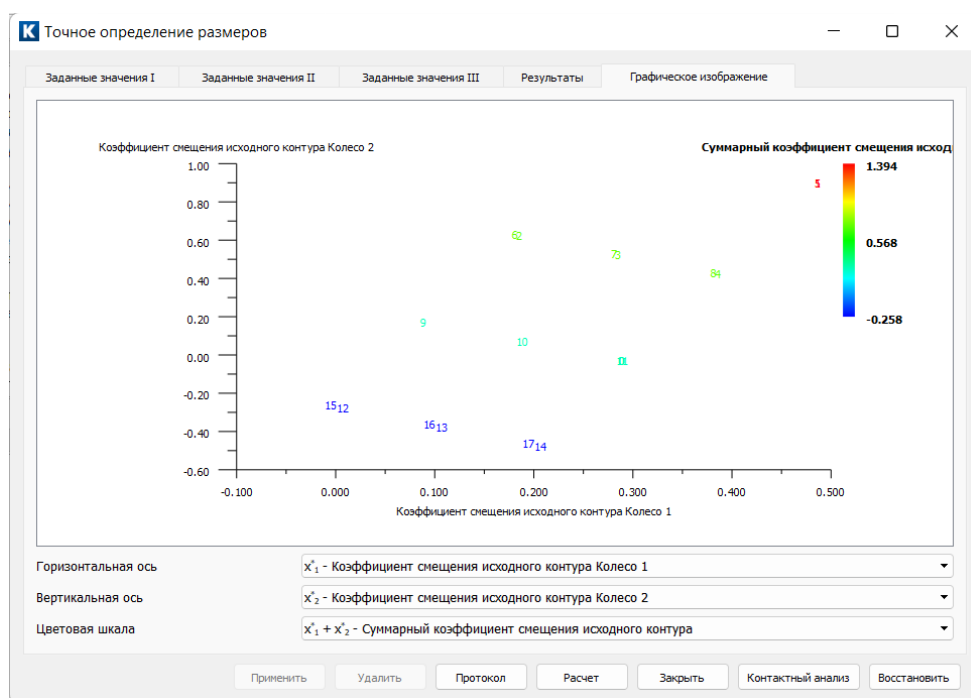


Рис. 2.8. Вибір оптимального варіанту

Закривши вікно «Точне визначення розмірів» та переходимо до вкладки «Навантаження» та вводимо сили, якими навантажена передача (рис. 2.9).

Прочность		Базовое зубчатое колесо		Дополнительные данные...	
Метод расчета	ISO 6336:2006 Метод B	Колесо 1			
Метод расчета заедания	согласно методу расчета	Мощность P	0.3828 kW		
Метод расчета точечного выкрашивания	ISO TR 15144	Крутящий момент T ₁	116.7349 Nm		
Метод расчета раз... поверхности зуба	ISO/DTS 6336-4	Частота вращения n ₁	31.3143 1/min		
Ведущее колесо	Колесо 1	Требуемый срок службы H	20000.0000 h		
Рабочая сторона колеса 1	правая боковая поверхность	Кoefficient внешней динамической нагрузки K _a	1.2500		
Направление вращения колеса 1	по часовой стрелке				

Рис. 2.9. Навантаження на передачу

У вкладці «Розрахунок» ставимо позначку біля тих пунктів, розрахунок яких необхідно провести (рис. 2.10).

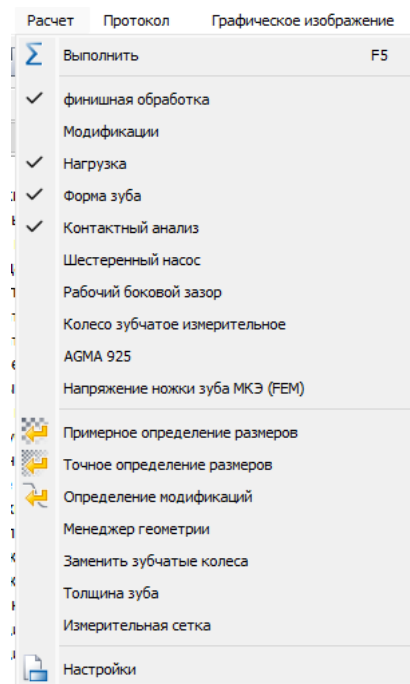


Рис. 2.10. Вибір необхідних модулів для розрахунку

Після того, як було введено всі необхідні дані, на панелі інструментів обираємо кнопку «Виконати розрахунок» (рис. 2.11).



Рис.2.11. Виконання розрахунку

Розраховані параметри будуть виведені у вікно «Результати». Для більш детального аналізу розрахунків необхідно перейти до вкладки «Графічне зображення» в головному меню (рис. 2.12).

Рис. 2.12. Перехід до вкладки графічних зображень

У новому вікні обираємо для перегляду необхідні нам результати. Наприклад, результати, які можна отримати у вкладці «*Контактний аналіз*» (рис. 2.13) (попередньо необхідно обрати пункт «*Контактний аналіз*» у вкладці «*Розрахунок*»).

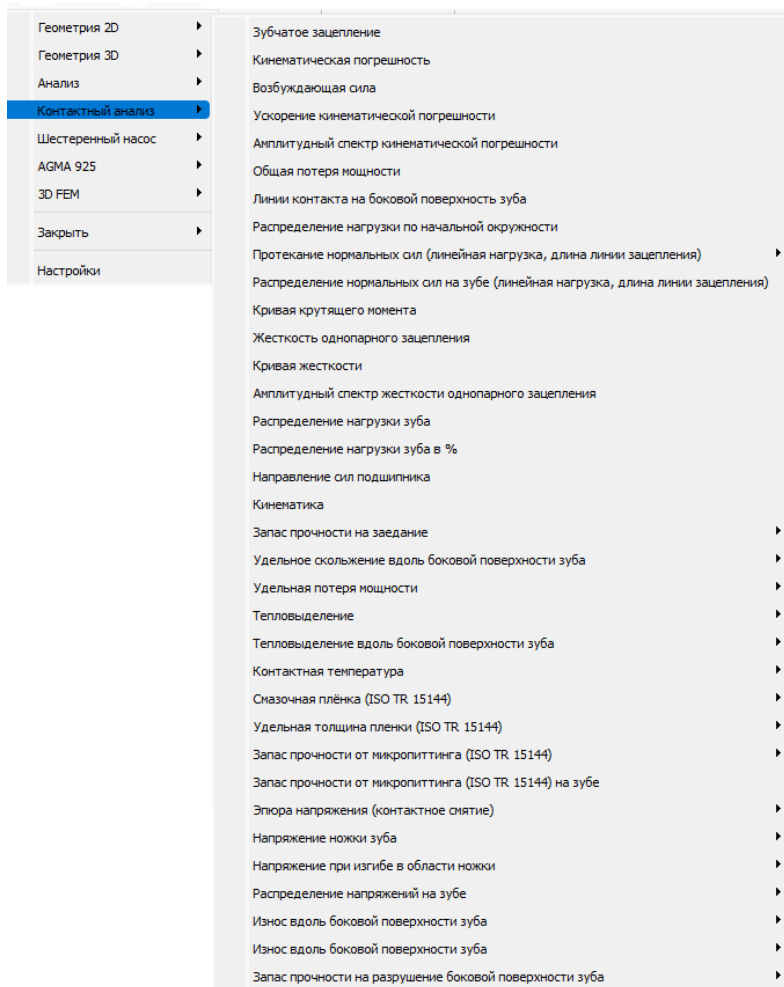


Рис. 2.13. Контактний аналіз

Для отримання зображення розрахованої передачі (плоского чи просторового) у вкладці «*Графічне зображення*» необхідно вибрати пункт «*Геометрія 2D*» (або «*Геометрія 3D*») і уже в ньому обрати необхідне зображення (рис. 2.14).

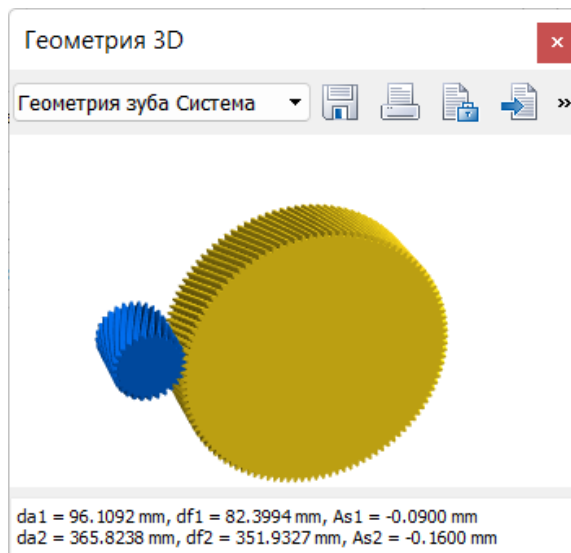
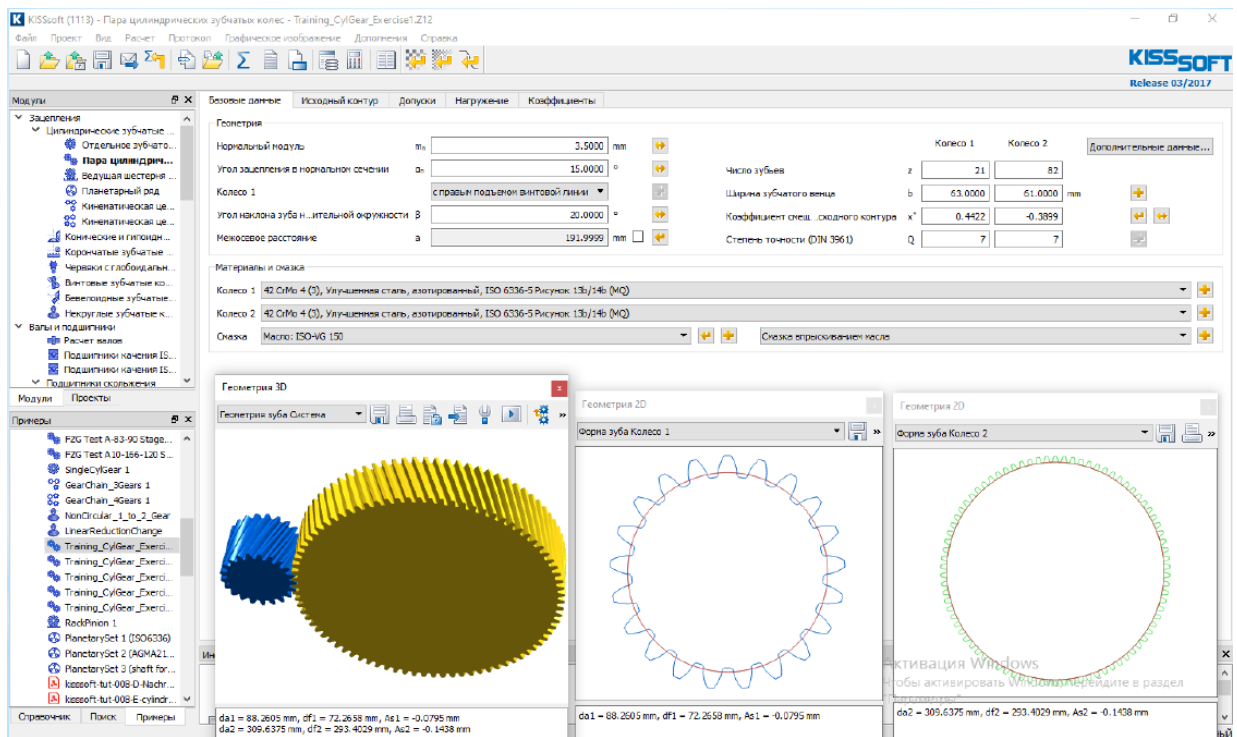


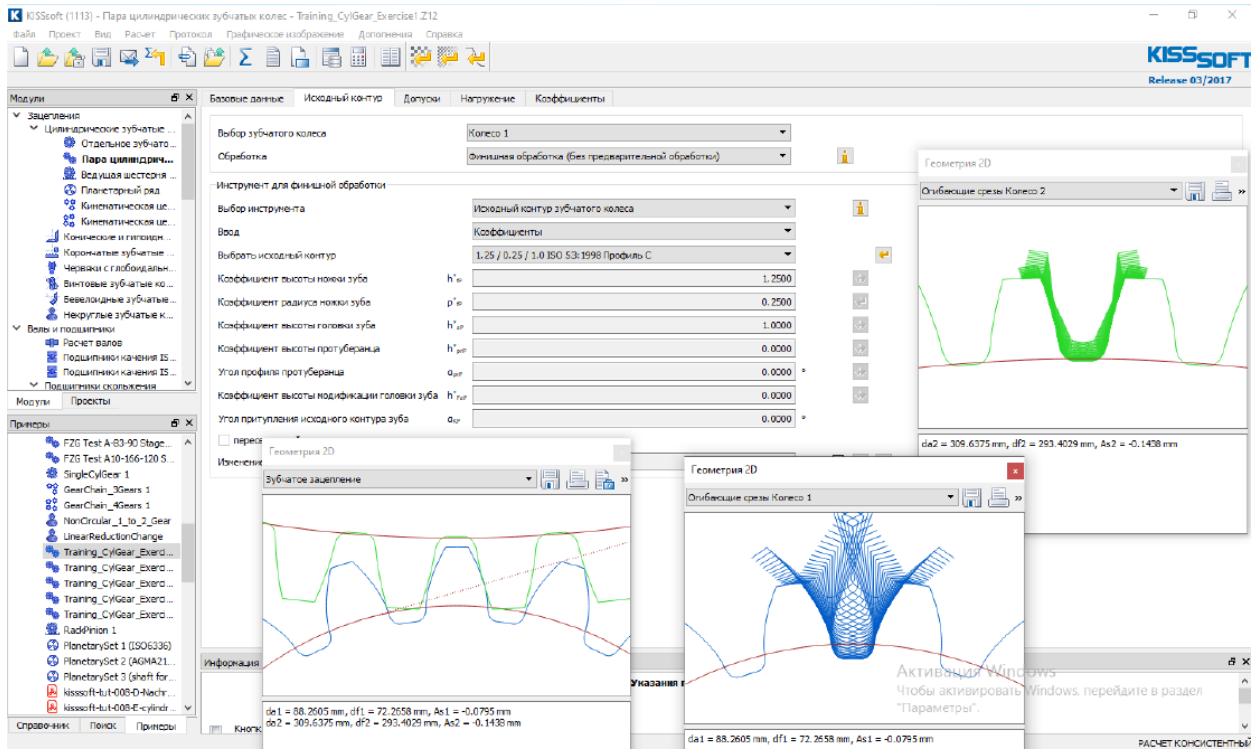
Рис. 2.14. Приклад зображення передачі

Крім того, варто звернути увагу на вкладку «*Модифікації*», за допомогою якої можна розрахувати радіус заокруглення головки зубців або параметри зрізу кромки.

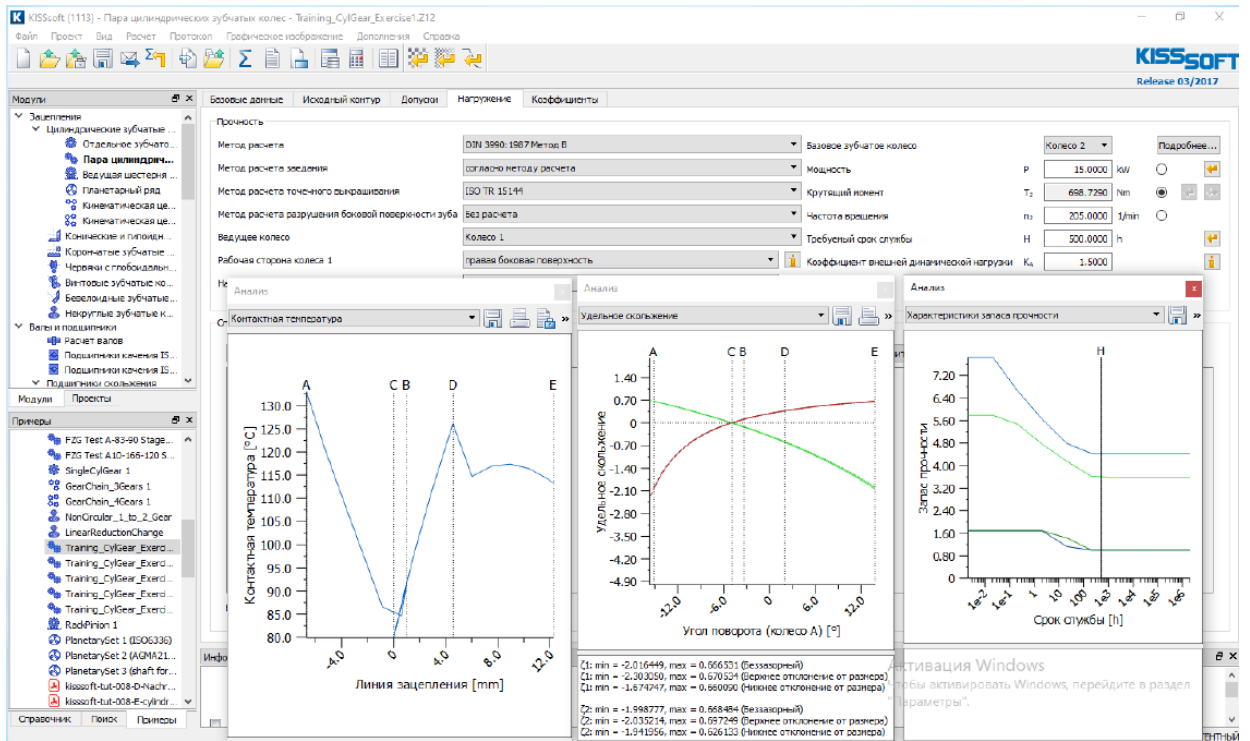
Нижче наведені деякі результати та діаграми, які можна отримати для циліндричної передачі за допомогою вкладки «*Контактний аналіз*» (рис. 2.15).



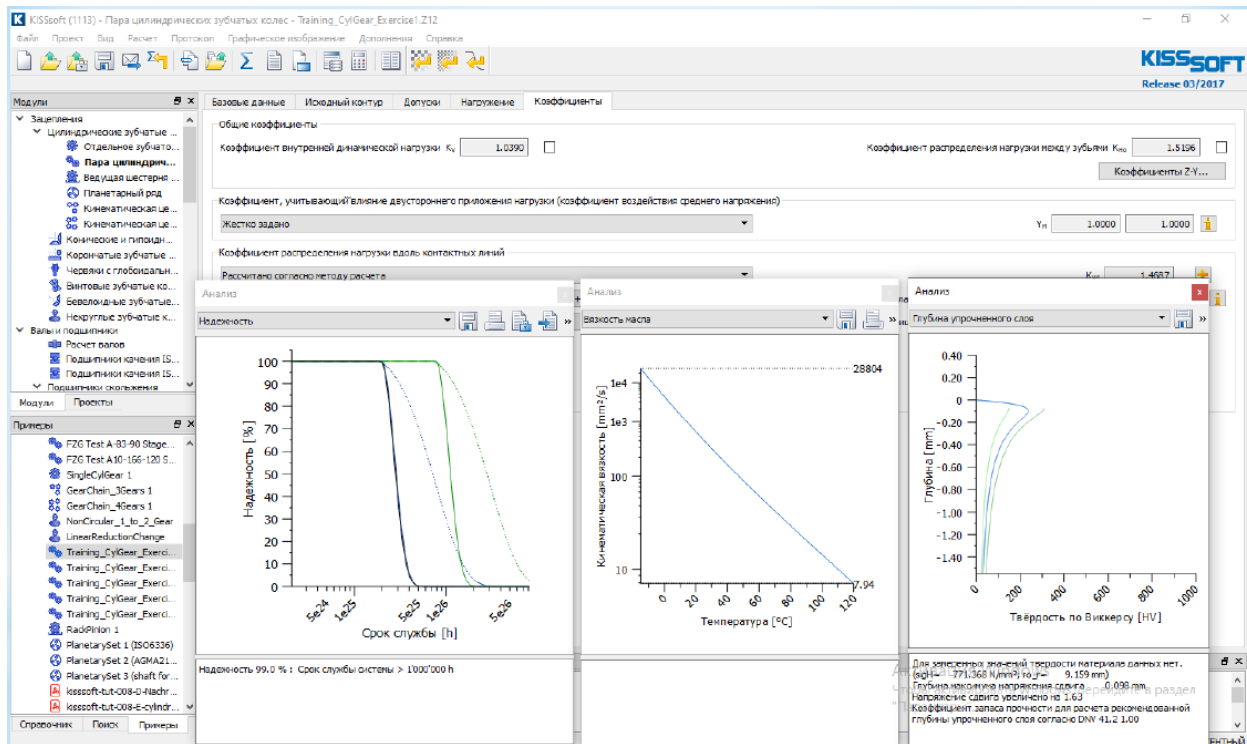
a



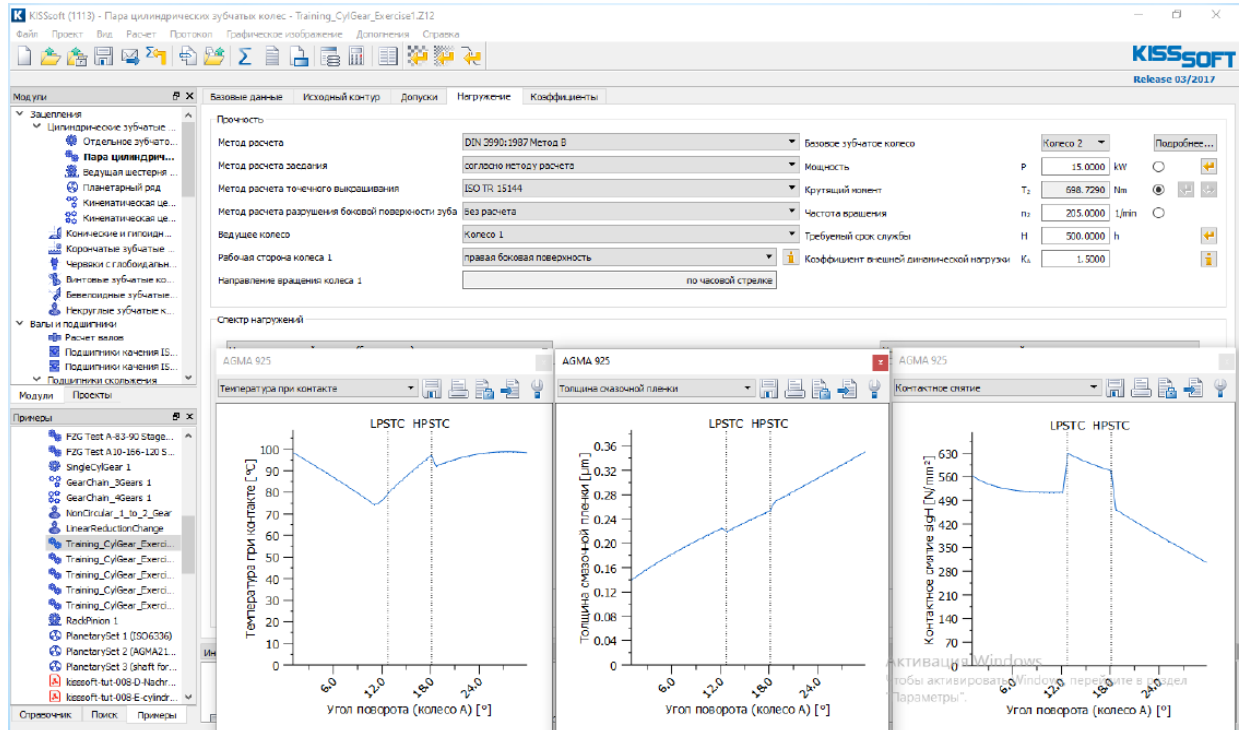
б



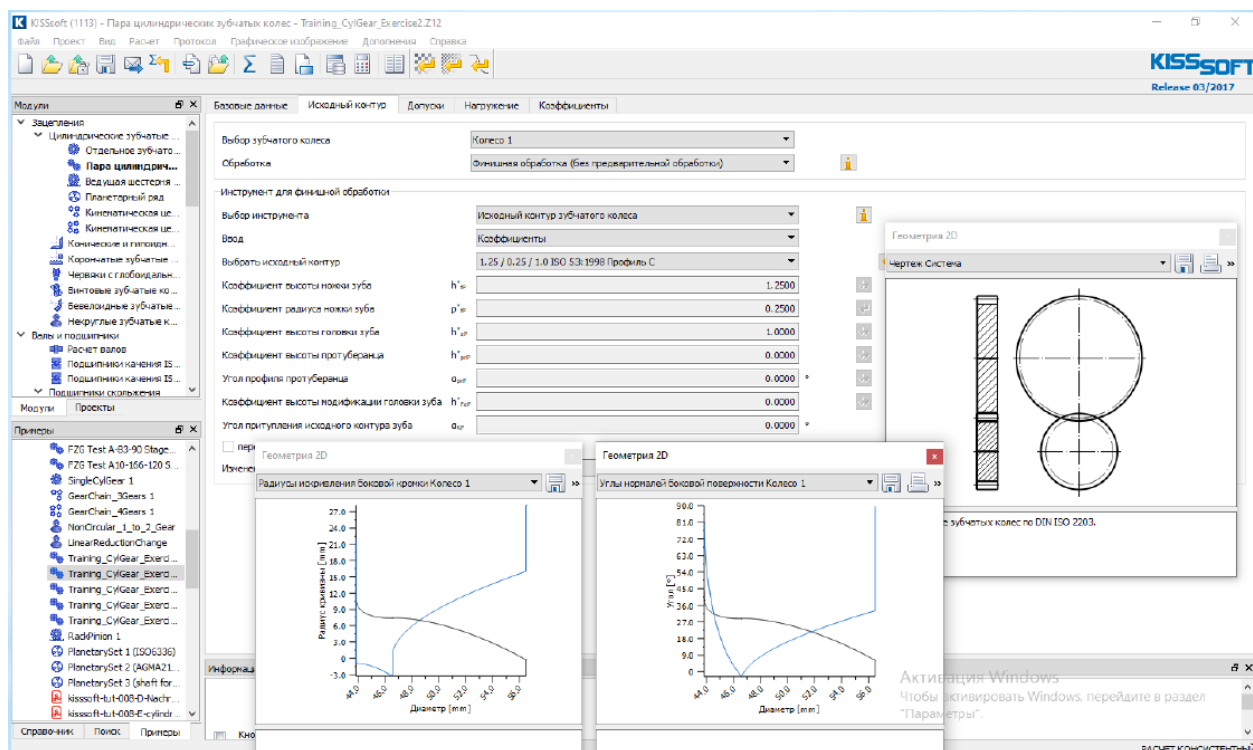
б



2



0



e

Рис. 2.15. Приклады результатів розрахунку:

a – форма зубів шестерні та колеса; *б* – лінія зачеплення; *в* – графічне зображення розподілу контактних температур, питомого ковзання та запасу міцності; *г* - графічне зображення надійності, в'язкості мастила та глибина зміцненого шару; *д* - графічне зображення температури при контакті, товщини мастильного шару та контактного зминання; *е* - графічне зображення радіусів та кутів бічних поверхонь та креслення системи

При необхідності за допомогою вкладки «*Створити протокол*» можна скласти звіт для розрахованої передачі (рис. 2.16).



Рис. 2.16 Створення звіту

2.2 Розрахунок двозахідної черв'ячної передачі

Розрахунок черв'ячної передачі проводиться аналогічно до розрахунку циліндричної передачі.

Для початку роботи необхідно у вікні «*Модулі*» необхідно обрати пункт «*Черв'яки з глобоїдальним зубчастим колесом*» (рис. 2.17).

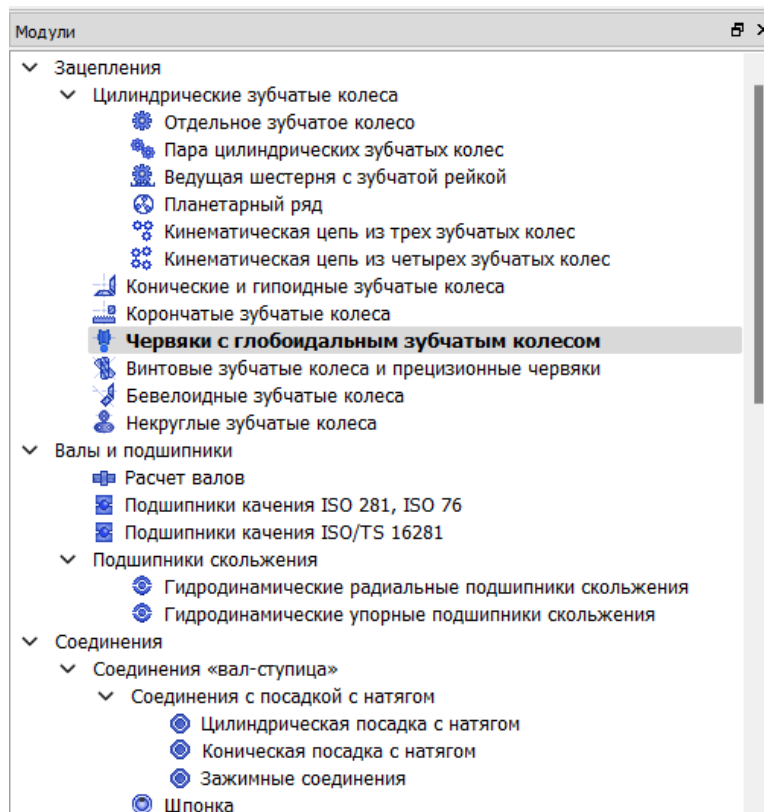


Рис. 2.17. Вибір модуля

Наступним кроком переходимо до основного вікна, куди вносимо всі необхідні параметри (рис. 2.18).

Базовые данные		Исходный контур		Допуски		Нагрузка		Форма зуба		Рабочий боковой зазор	
Геометрия											
О..ь	m_n/m_t	<input type="text" value="4.0000"/>	mm			Червяк	Колесо	Дополнительные данные...			
У..и	α_n	<input type="text" value="20.0000"/>	°	Ч..в	z	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="41"/>				
Ч..к		с левым подъемом винтовой линии		Ш..а	b/b_{2k}	<input type="text" value="60.0000"/>	<input type="text" value="31.0000"/>	mm			
У..и	γ	<input type="text" value="12.5288"/>	°	К..а	x^*	<input type="text" value="0.0000"/>	<input type="text" value="0.0000"/>				
...	a	<input type="text" value="100.0000"/>	mm	К..а	x_s	<input type="text" value="0.0000"/>	<input type="text" value="0.0000"/>				
				с..)	Q	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="7"/>				
Материалы и смазка											
Червяк	DIN 16 MnCr 5 (1), Цементируемая сталь, Цементация/ нитроцементация, ISO 6336-5 Рисунок 9/10 (MQ), Твердость сердцевины $\geq 25\text{HRC}$ Jominy J=12r										
Колесо	DIN CuSn12Ni2-C-GZ, Бронза, необработанный, DIN 3996:2005										
Смазка	Собственный ввод										
	Смазка погружением в масло										

Рис. 2.18. Основне робоче вікно

Починаємо з заповнення вкладки «Базові дані», а саме з геометрії. При розрахунок необхідних величин можна скористатись кнопкою «Розрахунок» (рис. 2.19).

Геометрия		Червяк	Колесо	Дополнительные данные...
О..ь m_1/m_2	4.0000 mm	Ч..в z	2	41
У..и α_n	20.0000 °	Ш..а $b/b_{зк}$	60.0000	31.0000 mm
Ч..к	с левым подъемом винтовой линии	К..а x^*	0.0000	0.0000
У..и γ	12.5288 °	К..а x_c	0.0000	0.0000
... a	100.0000 mm	С..) Q	6	7

Рис. 2.19. Вхідні параметри

Наступним кроком є вибір матеріалу колеса та черв'яка, а також матеріал мастила, тип змащування передачі (рис. 2.20).

Материалы и смазка	
Червяк	DIN 16 MnCr 5 (1), Цементируемая сталь, Цементация/ нитроцементация, ISO 6336-5 Рисунок 9/10 (MQ), Твердость сердцевины $\geq 25\text{HRC}$ Jominy J=12r
Колесо	DIN CuSn12Ni2-C-GZ, Бронза, необработанный, DIN 3996:2005
Смазка	Собственный ввод
	Смазка погружением в масло

Рис. 2.20. Вибір матеріалу колеса, черв'яка та масла

Для більш точного розрахунку розрахуємо всі необхідні геометричні параметри. На панелі інструментів обираємо кнопку «Точне визначення розмірів» (рис. 2.21).



Рис. 2.21. Точне визначення розмірів

У відкритому вікні «Точне визначення розмірів» налаштуємо мінімальні та максимальні можливі значення параметрів передачі, після чого натискаємо кнопку «Розрахунок» (рис. 2.22).

Заданные значения I		Заданные значения II		Результаты	Графическое изображение
Максимальное количество решений			500		
Заданное передаточ...е/отклонение в +-%	i, i_c	20.5000	5.0000		
		Минимум	Максимум	Шаг	
Теоретический коэф...трации напряжений	q	9.0000	11.0000	1.0000	<input checked="" type="radio"/>
Межосевое расстояние	a	100.0000	100.0000 mm	1.0000 mm	<input type="radio"/>
Диаметр средней окружности колеса 1	d_{m1}	36.0000	41.0000 mm	1.0000 mm	<input type="checkbox"/>
Угол профиля зуба в нормальном сечении	α_n	20.0000	20.0000 °	1.0000 °	<input type="checkbox"/>
Кэффициент измене...щины зуба колеса 1	x_{c1}^*	0.0000	0.0000	0.0000	<input type="checkbox"/>
Число зубьев колеса 1	z_1	2	4	1	<input checked="" type="checkbox"/>
Выдержать число зубьев	z	Колесо 1: 2	Колесо 2: 41		<input type="checkbox"/>

Кнопки: Применить, Удалить, **Расчет**, Закрыть, Восстановить

Рис. 2.22. Заповнення меж підбору параметрів

Після того, як програма зробила розрахунок, переходимо до вкладки «Результати» та серед них обираємо оптимальні для нашої задачі параметри передачі, після чого натискаємо кнопку «Застосувати» (рис. 2.23).

Nr.	a [mm]	q	b ₁ [mm]	b _{2k} [mm]	m _n [mm]	m _t [mm]	α _n [°]	γ [°]	z ₁	z ₂	x ₂ [*]
0	100.000	9.000	60.000	31.000	3.905	4.000	20.000	12.529	2	41	
1	96.000	9.000	63.300	29.400	3.905	4.000	20.000	12.529	2	39	
2	98.000	9.000	64.100	29.400	3.905	4.000	20.000	12.529	2	40	
3	100.000	9.000	64.900	29.400	3.905	4.000	20.000	12.529	2	41	
4	102.000	9.000	65.700	29.400	3.905	4.000	20.000	12.529	2	42	
5	104.000	9.000	66.400	29.400	3.905	4.000	20.000	12.529	2	43	
6	136.000	9.000	77.600	29.400	3.795	4.000	20.000	18.435	3	59	
7	138.000	9.000	78.200	29.400	3.795	4.000	20.000	18.435	3	60	
8	140.000	9.000	78.800	29.400	3.795	4.000	20.000	18.435	3	61	
9	142.000	9.000	79.500	29.400	3.795	4.000	20.000	18.435	3	62	
10	144.000	9.000	80.100	29.400	3.795	4.000	20.000	18.435	3	63	
11	146.000	9.000	80.700	29.400	3.795	4.000	20.000	18.435	3	64	
12	174.000	9.000	89.000	29.400	3.655	4.000	20.000	23.962	4	78	
13	176.000	9.000	89.500	29.400	3.655	4.000	20.000	23.962	4	79	
14	178.000	9.000	90.100	29.400	3.655	4.000	20.000	23.962	4	80	
15	180.000	9.000	90.700	29.400	3.655	4.000	20.000	23.962	4	81	
16	182.000	9.000	91.200	29.400	3.655	4.000	20.000	23.962	4	82	
17	184.000	9.000	91.800	29.400	3.655	4.000	20.000	23.962	4	83	
18	186.000	9.000	92.300	29.400	3.655	4.000	20.000	23.962	4	84	
19	188.000	9.000	92.800	29.400	3.655	4.000	20.000	23.962	4	85	
20	190.000	9.000	93.400	29.400	3.655	4.000	20.000	23.962	4	86	
21	93.600	10.000	59.100	27.600	3.530	3.600	20.000	11.310	2	42	
22	95.400	10.000	59.800	27.600	3.530	3.600	20.000	11.310	2	43	
23	124.200	10.000	69.800	27.600	3.448	3.600	20.000	16.699	3	59	
24	126.000	10.000	70.400	27.600	3.448	3.600	20.000	16.699	3	60	
25	127.800	10.000	71.000	27.600	3.448	3.600	20.000	16.699	3	61	
26	129.600	10.000	71.500	27.600	3.448	3.600	20.000	16.699	3	62	
27	131.400	10.000	72.100	27.600	3.448	3.600	20.000	16.699	3	63	

Рис. 2.23. Вибір параметрів передачі

Оптимальні параметри можна визначити за допомогою діаграми у вкладці «Графічне зображення» (рис. 2.24). Найкращим для вибору буде варіант, характеристики якого лежать у зеленій зоні.

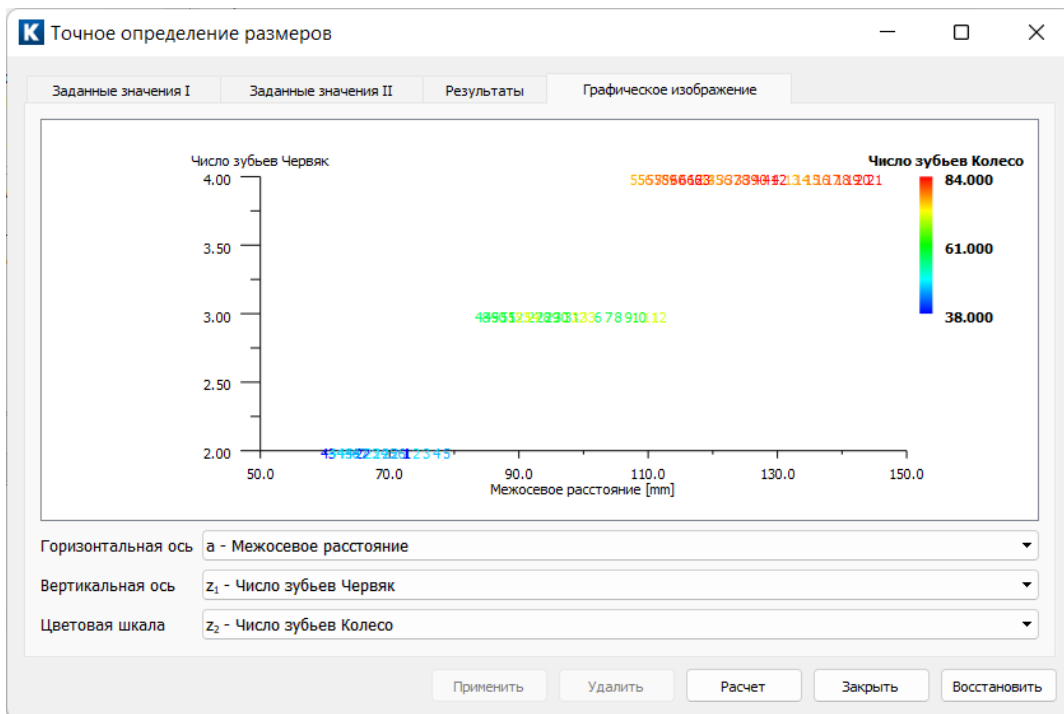


Рис. 2.24. Вибір оптимального варіанту

Після закриття вікна **«Точне визначення розмірів»** переходимо до вкладки **«Навантаження»** та вводимо сили, якими навантажена передача (рис. 2.25).

Рис. 2.25. Навантаження на передачу

У вкладці **«Розрахунок»** ставимо позначку біля тих пунктів, розрахунків яких необхідно провести (рис. 2.26).

Рис. 2.26. Вибір необхідних модулів для розрахунку

Після того, як було введено всі необхідні дані, на панелі інструментів обираємо кнопку **«Виконати розрахунок»** (рис. 2.27).



Рис.2.27. Виконання розрахунку

Розраховані параметри будуть виведені у вікно **«Результати»**. Для більш детального аналізу розрахунків необхідно перейти до вкладки **«Графічне зображення»** в головному меню (рис. 2.28).



Рис. 2.28. Перехід до вкладки графічних зображень

У вікні обираємо необхідні нам результати для перегляду. Наприклад, результати, які можна отримати у вкладці «*Аналіз*» (рис. 2.29) (попередньо необхідно обрати пункт «*Навантаження*» у вкладці «*Розрахунок*»).

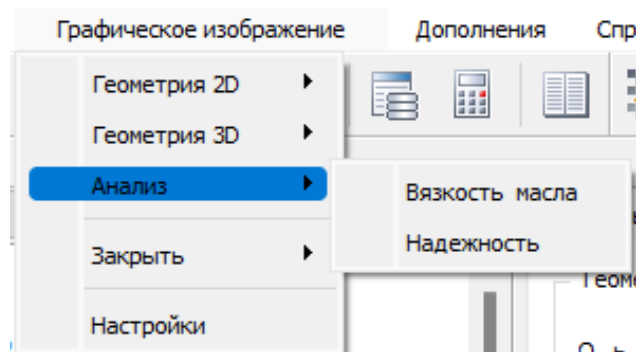


Рис. 2.29. Аналіз

Для отримання зображення передачі (плоского чи просторового) у вкладці «*Графічне зображення*» необхідно вибрати пункт «*Геометрія 2D*» (або «*Геометрія 3D*») і уже в ньому обрати необхідне зображення (рис. 2.30).

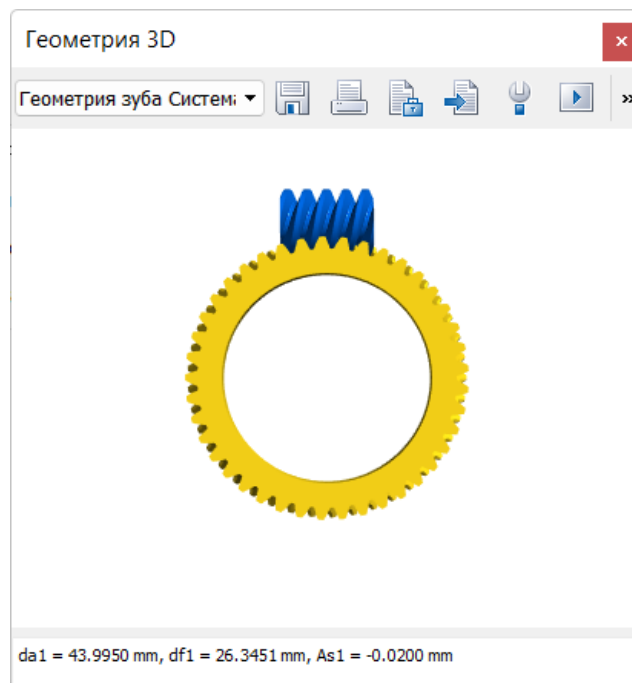


Рис. 2.30. Приклад зображення передачі

Крім того, варто звернути на вкладку «*Модифікації*», за допомогою якої можна розрахувати радіус заокруглення головки зубців або параметри зрізу кромки.

Нижче наведені деякі результати та діаграми, які можна отримати для черв'ячної передачі за допомогою вкладки «*Контактний аналіз*» (рис. 2.31).

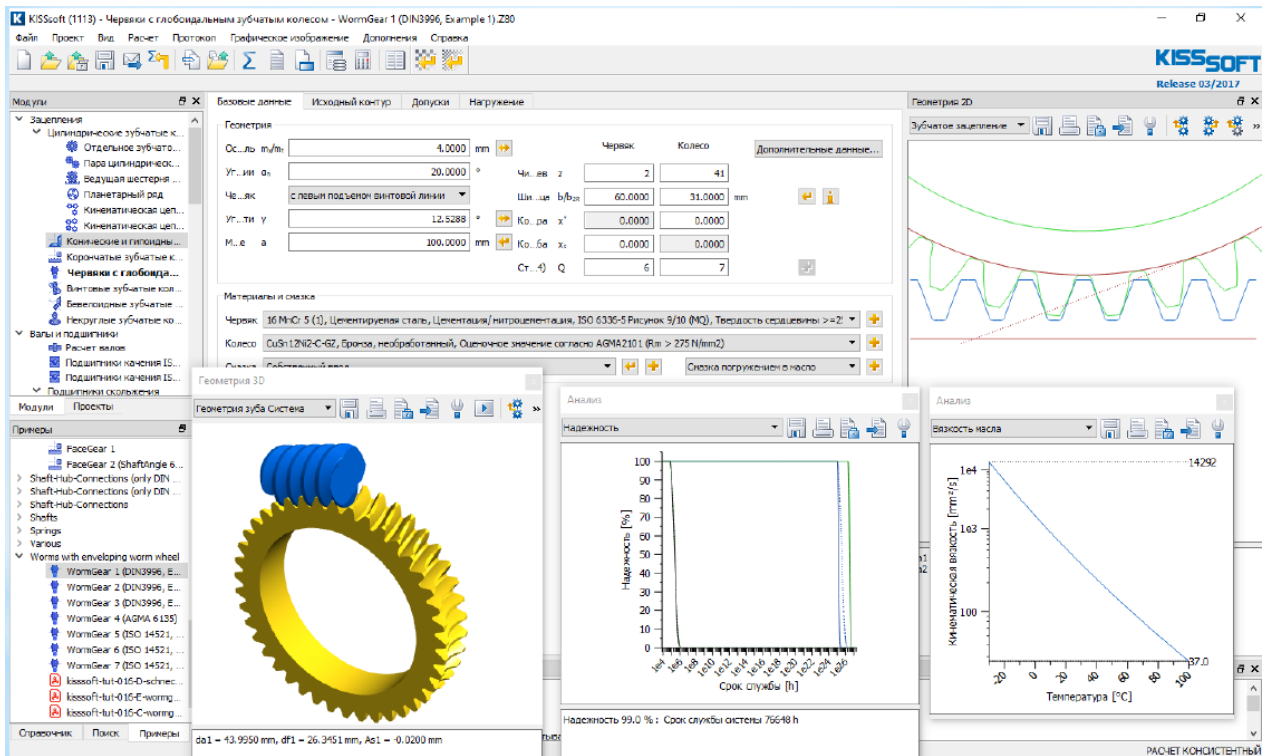


Рис. 2.31. Приклади результатів розрахунку

При необхідності, за допомогою вкладки «**Створити протокол**» можна скласти звіт для розрахованої передачі (рис. 2.32).



Рис. 2.32. Створення звіту

2.3 Розрахунок параметрів передачі гвинт-гайки

Для початку роботи необхідно у вікні «**Лінійний привід**» необхідно обрати пункт «**Пара циліндричних зубчастих коліс**» (рис. 2.33).

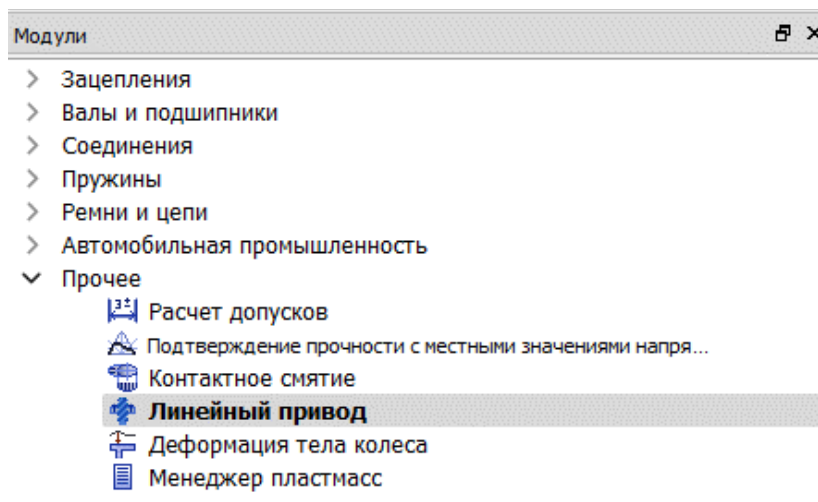


Рис. 2.33. Вибір модуля

Наступним кроком переходимо до основного вікна, куди вносяться всі необхідні дані (рис. 2.34).

Эксплуатационные данные

Номинальный крутящий момент T 0.0000 Nm Тип нагрузки статическая

Осевое усилие F 100000.0000 N Расчетный вариант нагрузки 1

Данные шпинделя и гайки

DIN 103:1977

d [mm]	P [mm]	d ₂ [mm]	D ₄ [mm]	d ₃ [mm]	D ₁ [mm]
8.000	1.500	7.250	8.300	6.200	6.500
9.000	1.500	8.250	9.300	7.200	7.500
9.000	2.000	8.000	9.500	6.500	7.000
10.000	1.500	9.250	10.300	8.200	8.500
10.000	2.000	9.000	10.500	7.500	8.000
11.000	2.000	10.000	11.500	8.500	9.000
11.000	3.000	9.500	11.500	7.500	8.000
12.000	2.000	11.000	12.500	9.500	10.000
12.000	3.000	10.500	12.500	8.500	9.000
14.000	2.000	13.000	14.500	11.500	12.000

Геометрия

Длина гайки l₁ 130.0000 mm Количество витков резьбы n 3.0000

Длина шпинделя l 1200.0000 mm Угол трения ρ 6.0000 °

Материал

Шпиндель E295 (St 50.2)

Гайка DIN C45 (2), Улучшенная сталь, закалка пламенем/нагревом током высокой частоты

Рис. 2.34. Основне робоче вікно

Проектування починається з заповнення вкладки «Експлуатаційні дані» (рис. 3.35).

Эксплуатационные данные

Номинальный крутящий момент T 0.0000 Nm Тип нагрузки статическая

Осевое усилие F 100000.0000 N Расчетный вариант нагрузки 1

Рис. 2.35. Параметри навантаження передачі

Наступним етапом необхідно ввести геометричні параметри передачі. Це можна зробити за допомогою вибору розмірів із стандарту або за допомогою власного введення (рис. 2.36).

Данные шпинделя и гайки

DIN 103:1977

d [mm]	P [mm]	d ₂ [mm]	D ₄ [mm]	d ₃ [mm]	D ₁ [mm]
8.000	1.500	7.250	8.300	6.200	6.500
9.000	1.500	8.250	9.300	7.200	7.500
9.000	2.000	8.000	9.500	6.500	7.000
10.000	1.500	9.250	10.300	8.200	8.500
10.000	2.000	9.000	10.500	7.500	8.000
11.000	2.000	10.000	11.500	8.500	9.000
11.000	3.000	9.500	11.500	7.500	8.000
12.000	2.000	11.000	12.500	9.500	10.000
12.000	3.000	10.500	12.500	8.500	9.000
14.000	2.000	13.000	14.500	11.500	12.000

a

Данные шпинделя и гайки

Собственный ввод

Номинальный диаметр	d	11.0000 mm	Внутренний диаметр резьбы d ₃	7.5000 mm
Средний диаметр цилиндрической резьбы	d ₂	9.5000 mm	Шаг резьбы	P 3.0000 mm
Внутренний диаметр резьбы	D ₁	8.0000 mm	Угол подъема (затяжка)	φ 8.8025
Внешний диаметр	D ₄	11.5000 mm	Угол подъема (ослабление)	φ 8.8025

б

Рис. 2.36. Обрання основних параметрів передачі:
a - вибір стандартизованих розмірів, *б* - власне введення

Після цього необхідно обрати додаткові геометричні параметри у вкладці «*Геометрія*» (рис. 2.37).

Геометрия

Длина гайки	l ₁	130.0000 mm	Количество витков резьбы	n	3.0000
Длина шпинделя	l	1200.0000 mm	Угол трения	ρ	6.0000 °

Рис. 2.37. Геометрія

Наступним кроком обираємо матеріали шпинделя та гайки (рис. 2.38).

Материал

Шпиндель: E295 (St 50.2)

Гайка: DIN C45 (2), Улучшенная сталь, закалка пламенем/нагревом током высокой частоты

Рис. 2.38. Вибір матеріалу шпинделя та гайки

Після того, як було введено всі необхідні дані, на панелі інструментів обираємо кнопку «*Виконати розрахунок*» (рис. 2.39).



Рис. 2.39. Виконання розрахунку

Результати розрахованих параметрів будуть виведені у вікно «*Результати*» (рис. 2.40).

Результаты	
Результаты	
Запас диаметра SS_d	8.24
Затяжка	
Запас прочности на напряжение S_σ	3.86
Запас прочности на напряжение кручения S_τ	3.82
Запас прочности на надлом S_K	5.76
Запас прочности на надлом S_{Kd}	5.05
Запас прочности на напряжение смятия S_p	1.43
Ослабление	
Запас прочности на напряжение S_σ	3.86
Запас прочности на напряжение кручения S_τ	20.61
Запас прочности на надлом S_K	5.76
Запас прочности на надлом S_{Kd}	5.05
Запас прочности на напряжение смятия S_p	1.43

Рис. 2.40. Результаты розрахунку

При необхідності за допомогою вкладки «*Створити протокол*» можна скласти звіт для розрахованої передачі (рис. 2.41).



Рис. 2.41. Створення звіту

2.4 Розрахунок кінчної передачі

Для початку роботи необхідно у вікні «*Модулі*» обрати пункт «*Кінчні та гіпоїдні зубчасті колеса*» (рис. 2.42).

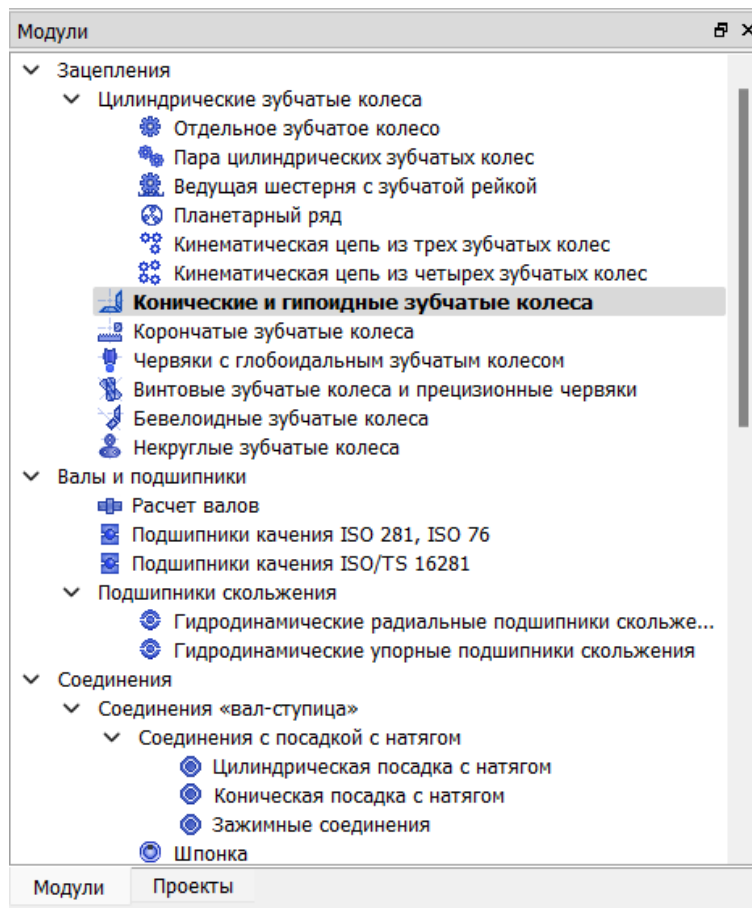


Рис. 2.42. Вибір модуля

Наступним кроком переходимо до основного вікна, куди вносяться всі необхідні дані (рис. 2.43).

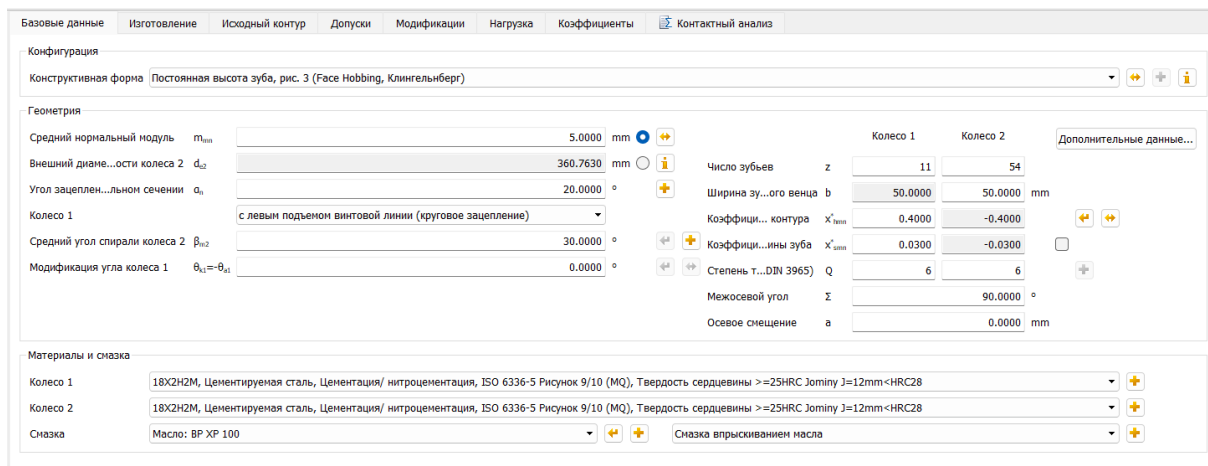


Рис. 2.43. Основне робоче вікно

Проектування починається з заповнення вкладки «Базові дані», а саме з вибору конфігурації, а також заповнення геометрії. При необхідності розрахунку деяких величин можна скористатись кнопкою «Розрахунок» (рис. 2.44).

Конфигурация
 Конструктивная форма Постоянная высота зуба, рис. 3 (Face Hobbing, Клингелнберг)

Геометрия

Средний нормальный модуль m_{mn}	5.0000 mm	Колесо 1	Колесо 2	Дополнительные данные...
Внешний диаметр колеса 2 d_{a2}	360.7630 mm	Число зубьев z	11	54
Угол зацепления сечением α_n	20.0000 °	Ширина зубчатого венца b	50.0000	50.0000 mm
Колесо 1	с левым подъемом винтовой линии (круговое зацепление)	Коэффициент контура x_{Hmn1}	0.4000	-0.4000
Средний угол спирали колеса 2 β_{m2}	30.0000 °	Коэффициент зуба x_{Hmn2}	0.0300	-0.0300
Модификация угла колеса 1 $\theta_{\alpha 1} = -\theta_{\alpha 1}$	0.0000 °	Степень точности DIN 3965 Q	6	6
		Межосевой угол Σ		90.0000 °
		Осевое смещение a		0.0000 mm

Рис. 2.44. Вхідні геометричні параметри

Наступним кроком обираємо матеріали коліс та матеріал мастила, а також тип змащування передачі (рис. 2.45).

Матеріали и смазка

Колесо 1	18X2H2M, Центрируемая сталь, Цементация/ нитроцементация, ISO 6336-5 Рисунок 9/10 (MQ), Твердость сердцевины >=25HRC Jominy J=12mm<HRC28
Колесо 2	18X2H2M, Центрируемая сталь, Цементация/ нитроцементация, ISO 6336-5 Рисунок 9/10 (MQ), Твердость сердцевины >=25HRC Jominy J=12mm<HRC28
Смазка	Масло: BP XP 100

Смазка впрыскиванием масла

Рис. 2.45. Вибір матеріалу коліс та масла

Для більш точного розрахунку розраховуємо всі необхідні геометричні параметри. На панелі інструментів обираємо кнопку «Точне визначення розмірів» (рис. 2.46).



Рис. 2.46. Точне визначення розмірів

У відкритому вікні «Точне визначення розмірів» налаштуємо мінімальні та максимальні можливі значення параметрів передачі, після чого натискаємо кнопку «Розрахунок» (рис. 2.47).

Точное определение размеров

Заданные значения I Заданные значения II Заданные значения III Результаты Графическое изображение

Максим...ешений 1000

Заданно...е в +% i, i_c 4.9091 5.0000

	Минимум	Максимум	Шаг
Средний... модуль m_{mn}	5.0000	5.0000 mm	0.0000 mm
Диамет...нешний d_{a2}	360.7630	360.7630 mm	0.0000 mm
Длина д...нешняя R_{a2}	184.0860	184.0860 mm	0.0000 mm
Угол про... сечения α_n	20.0000	20.0000 °	0.0000 °
Средний ...олеса 2 β_{m2}	30.0000	30.0000 °	0.0000 °
Ширина ...олеса 2 b_2	50.0000	50.0000 mm	0.0000 mm
Коэффиц...олеса 1 x_{Hmn1}	0.0000	0.0000	0.0000
Осевое смещение a	0.0000	0.0000 mm	0.0000 mm
Число зу...олеса 1 z_1	11	24	1

Колесо 1 Колесо 2

Выдержж... зубьев z 11 54

Применить Удалить **Расчет** Закрыть Контактный анализ Восстановить

Рис. 2.47. Заповнення меж підбору параметрів

Після того, як програмний продукт завершив розрахунок, переходимо до вкладки «*Результати*» та серед них обираємо оптимальні для нашої задачі параметри передачі, після чого натискаємо кнопку «*Застосувати*» (рис. 2.48).

Nr.	a_v [mm]	b_1 [mm]	b_2 [mm]	$m_{\text{нн}}$ [mm]	α_n [°]	$\beta_{\text{нн2}}$ [°]	z_1	z_2	z_1+z_2
0	0.000	50.000	50.000	5.000	20.000	30.000	11	54	65
1	0.000	50.000	50.000	5.000	20.000	30.000	11	52	63
2	0.000	50.000	50.000	5.000	20.000	30.000	11	53	64
3	0.000	50.000	50.000	5.000	20.000	30.000	11	54	65
4	0.000	50.000	50.000	5.000	20.000	30.000	11	55	66
5	0.000	50.000	50.000	5.000	20.000	30.000	11	56	67
6	0.000	50.000	50.000	5.000	20.000	30.000	12	56	68
7	0.000	50.000	50.000	5.000	20.000	30.000	12	57	69
8	0.000	50.000	50.000	5.000	20.000	30.000	12	58	70
9	0.000	50.000	50.000	5.000	20.000	30.000	12	59	71

Рис. 2.48. Вибір параметрів передачі

Оптимальні параметри визначаються за допомогою графіку у вкладці «*Графічне зображення*» (рис. 2.49). Найкращим для вибору буде варіант, характеристики якого лежать у зеленій зоні.

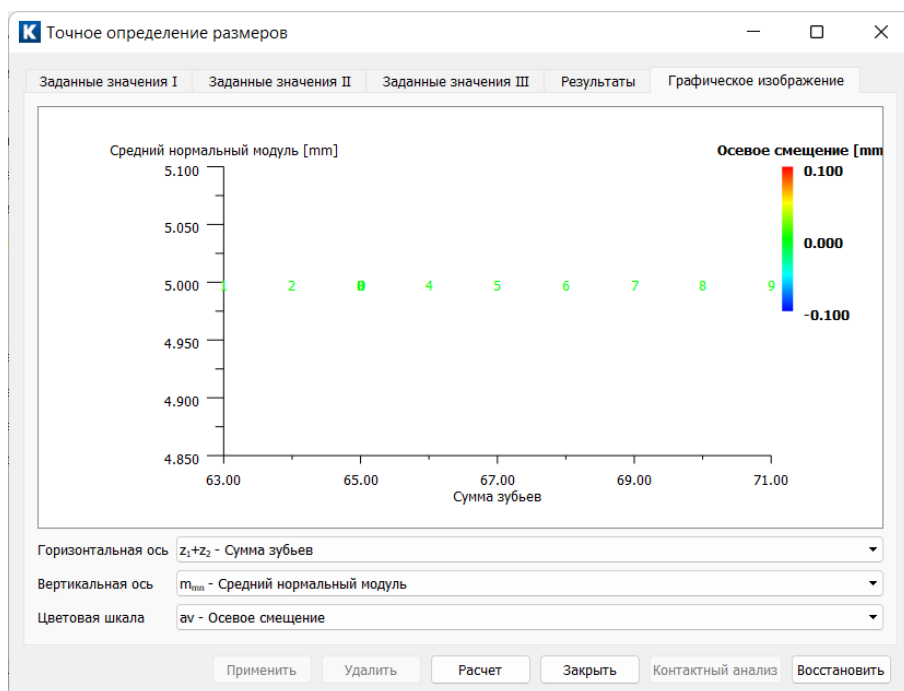


Рис. 2.49. Вибір оптимального варіанта

Закривши вікно «*Точне визначення розмірів*» переходимо до вкладки «*Навантаження*» та вводимо зусилля, якими навантажена передача (рис. 2.50).

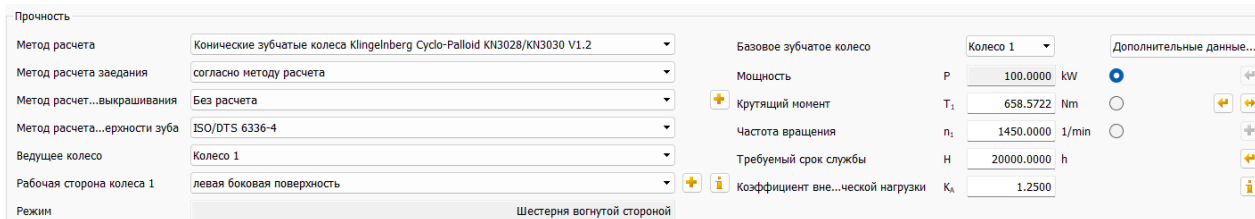


Рис. 2.50. Навантаження на передачу

У вкладці «*Розрахунок*» ставимо позначку біля тих пунктів, розрахунок яких необхідно провести (рис. 2.51).

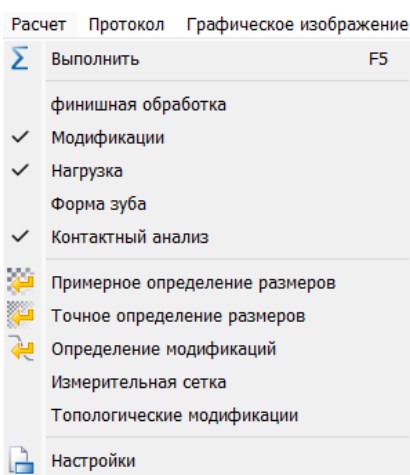


Рис. 2.51. Вибір необхідних модулів для розрахунку

Після того, як введено всі необхідні дані, на панелі інструментів обираємо кнопку «*Виконати розрахунок*» (рис. 2.52).



Рис.2.52. Виконання розрахунку

Розраховані параметри будуть виведені у вікно «*Результати*». Для більш детального аналізу розрахунків необхідно перейти до вкладки «*Графічне зображення*» в головному меню (рис. 2.53).

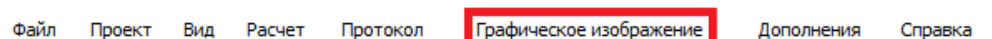


Рис. 2.53. Перехід до вкладки графічних зображень

У вікні обираємо необхідні нам результати. Наприклад, результати, які можна отримати у вкладці «*Контактний аналіз*» (рис. 2.54) (попередньо необхідно обрати пункт «*Контактний аналіз*» у вкладці «*Розрахунок*»).

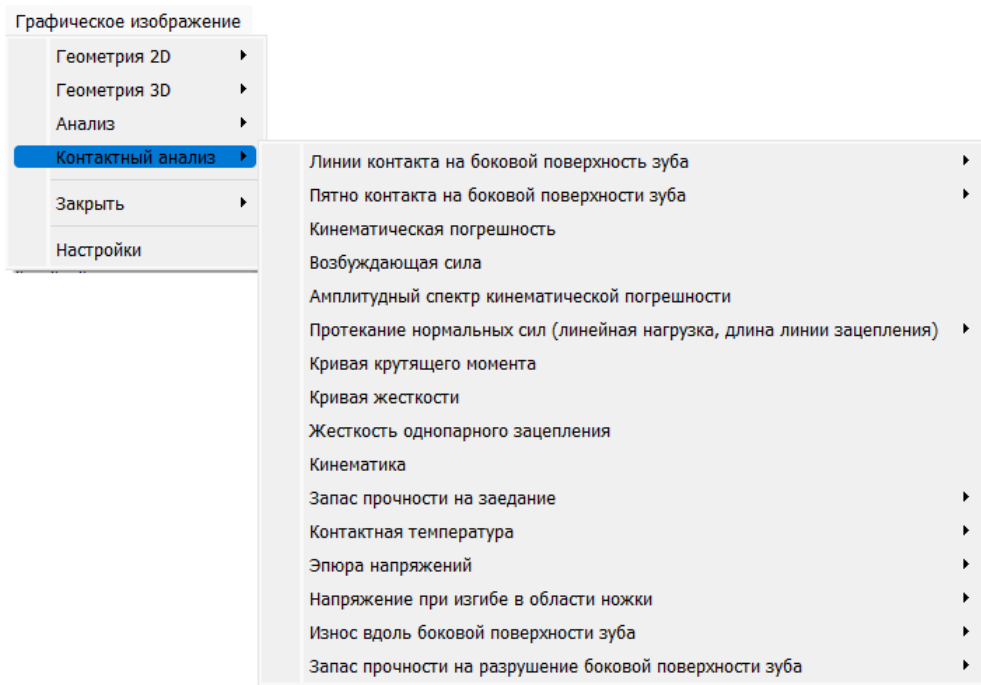


Рис. 2.54. Контактний аналіз

Для отримання зображення передачі (плоского чи просторового) у вкладці «Графічне зображення» необхідно вибрати пункт «Геометрія 2D» (або «Геометрія 3D») і вже у ньому обрати необхідне зображення (рис. 2.55).

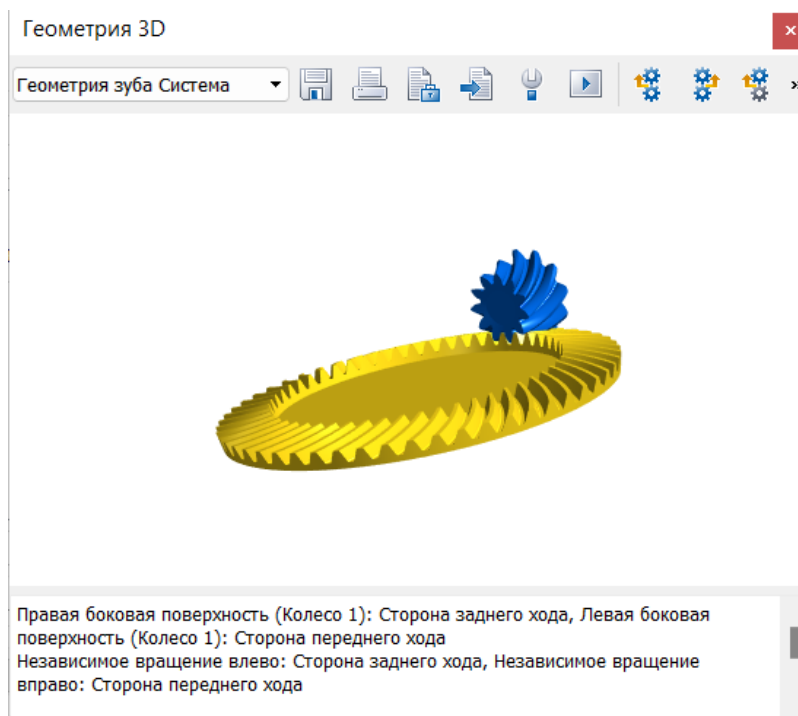


Рис. 2.55. Приклад зображення передачі

Нижче приведені деякі результати та діаграми, що можна отримати для кінчної передачі за допомогою вкладки «Контактний аналіз» (рис. 2.56).

3. ПРОЕКТУВАННЯ ВАЛІВ

Для розрахунку валів, перше, що необхідно зробити – це у дереві модулів обрати у розділі «*Вали та підшипники*» пункт «*Розрахунок валів*». Двічі натиснувши на нього лівою кнопкою миші, ми відкриваємо цей модуль, його буде виділено жирним шрифтом (рис. 3.1).

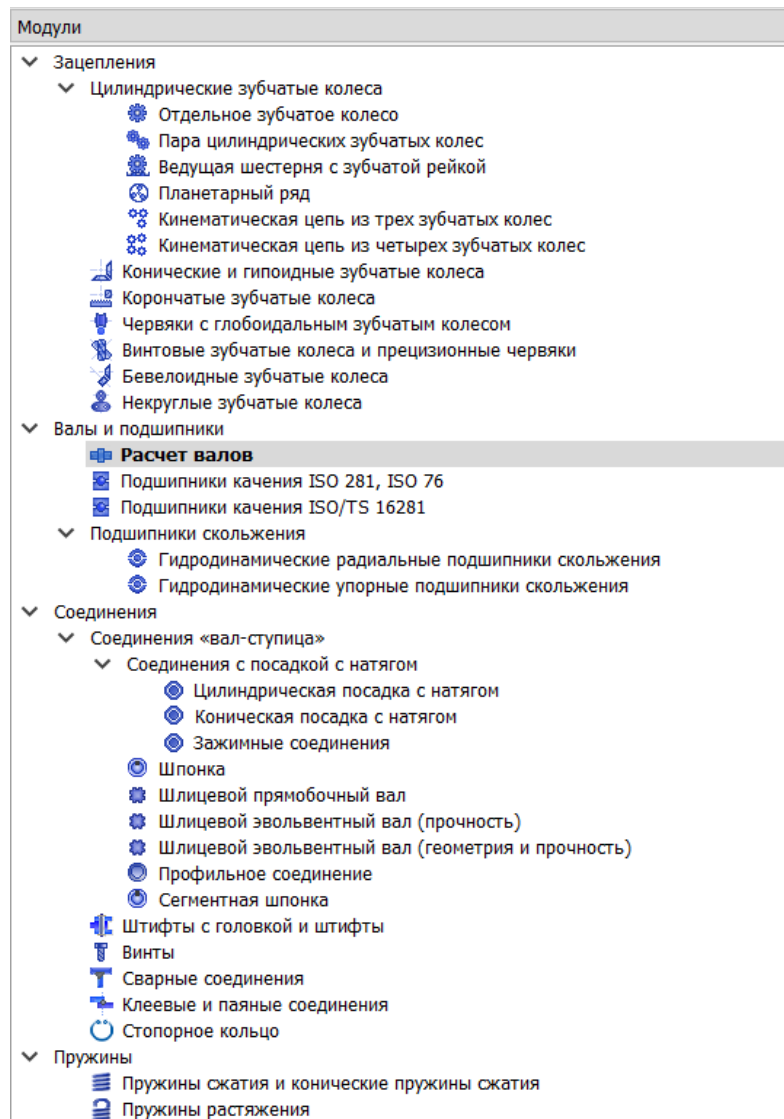


Рис. 3.1. Вибір модуля

Перед нами відкривається робочий простір, зліва бачимо розділ «*Загальний огляд*», де у подальшому будуть з'являтися дані про вал. По центру знаходиться простір для створення валу, а справа – розділ «*Набір елементів*», за допомогою якого і створюються складові частини валу (рис. 3.2).

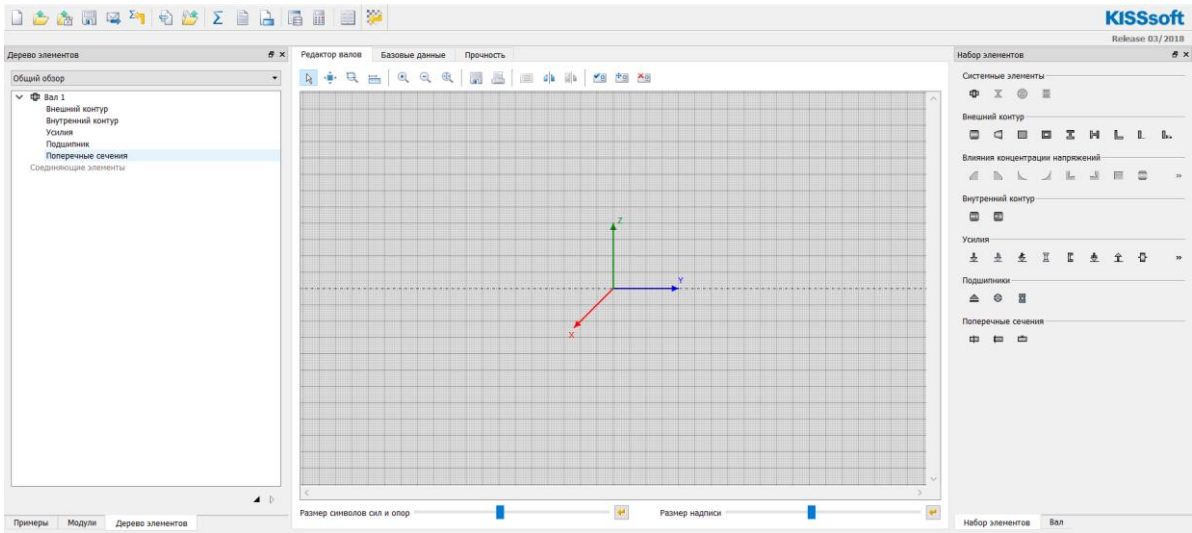


Рис. 3.2. Рабочий розділ модуля

Вкладки «*Базові дані*» (рис. 3.3) та «*Міцність*» (рис.3.4) дають нам змогу уточнювати необхідні дані про вал.

Редактор валов Базовые данные Прочность

Общее

Спектры нагружений: Не учитывать спектры нагружен

Зубчатые колеса: Зубчатые колеса, смонтированы

Положение оси вала в пространстве: горизонтально

Угол: β 0.0000

Частота вращения n : 1500.0000 1/min

Направление вращения: по часовой стрелке

Учитывать силу тяжести

Учитывать гироскопический эффект

Учитывать деформацию сдвига (не модель балки Бернулли-Эйлера, а модель)

Количество собственных частот i : 0

Количество случаев надлома j : 0

Подшипник качения

Подшипник качения: Срок службы подшипников качен

Положение поля допусков: Среднее значение

Смазка: Масло: ISO-VG 220

Увеличенный срок службы подшипников по ISO 281

Температура смазки T_B : 20.0000 °C

Корпус

Материал корпуса: C45 (1), Улучшенная сталь, неле

Температура корпуса T_C : 20.0000 °C

Рис. 3.3. Вкладка «Базові дані»

Редактор валов Базовые данные Прочность

Расчет

... DIN 743:2012 Расчетный вариант нагрузки: Случай 2 (постоянное соотношение напряжений σ_s/σ_m)

... Многоцикловая усталостная прочность Заданный запас прочности, статический расчет $S_{min, static}$: 1.2000

Заданный запас прочнос... усталостной прочности $S_{min, fatigue}$: 1.2000

Основные данные

	Растяж...сжатие	Изгиб	Кручение	Попере...усилие
Напряжение	Пульсирующее	Переменное	Пульсирующее	Переменное
Соотношение напряжений	0.0000	-1.0000	0.0000	-1.0000
Коэффициент нагрузки, статический расчет	1.7000	1.7000	1.7000	1.7000
Коэффициент нагрузки, динамический расчет	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Рис. 3.4. Вкладка «Міцність»

Проектування вала починається зі створення контуру вала.


3.1 Створення контуру вала


Справа, у розділі «*Набір елементів*», знаходяться необхідні кнопки. Розглянемо деякі піктограми, які надають доступ до функцій.

1) Системні елементи.


 – Дає змогу створити співвісний вал №2


 – Загальний випадок з'єднання.


 – З'єднання валів підшипником кочення.

 – З'єднання валів підшипником ковзання.


2) Зовнішній контур.


 – Створення циліндру як складової частини вала.


 – Створення конусу як складової частини вала.

 – Створення чотиригранника як складової частини вала.

 – Створення порожнього чотиригранника як складової частини вала.

 – Створення балки I - профілю (двутавр) як складової частини вала.


 – Створення балки H - профілю як складової частини вала.


 – Створення балки L - профілю як складової частини вала.


 – Створення довільного профілю як складової частини вала.


 – Створення стандартного профілю як складової частини вала.

3) Вплив концентрації напруги (кнопки стають активними після створення будь-якого з елементів з попереднього пункту).

 – Створення фаски зліва/справа на складовій частині вала.





















 – Створення радіусу зліва/справа на складовій частині вала.

 – Створення канавки для виходу обробляючого інструменту зліва/справа на складовій частині вала.




 – Створення шпоночного пазу на складовій частині вала.

 – Створення канавки кругового профілю на складовій частині вала.




 – Створення канавки трикутного профілю на складовій частині вала.

-  – Створення канавки прямокутного профілю на складовій частині вала.
-  – Створення поперечного вирізу на складовій частині вала.
-  – Створення шліцьового прямобочного валу на складовій частині вала.
-  – Створення мілкошліцьового з'єднання на складовій частині вала.
-  – Створення різьби на складовій частині вала.
-  – Загальний вплив концентрації напруг.
- 4) Внутрішній контур.
-  – Створення циліндричного отвору у складовій частині вала.
-  – Створення конічного отвору у складовій частині вала.
- 5) Зусилля.
-  – Створення центрального навантаження на вал.
-  – Створення ексцентричного навантаження на вал.
-  – Створення магнітного навантаження на вал.
-  – Додавання елементів: канатний шків/ремінь/цеп.
-  – Додавання елементів: муфта/двигун.
-  – Додавання додаткової маси на вал.
-  – Додавання потужності втрат/ущільнення.
-  – Додавання елементів: циліндричне зубчасте колесо.
-  – Додавання елементів: черв'як.
-  – Додавання елементів: черв'ячне колесо.
-  – Додавання елементів: конічне/гіпоїдне зубчасте колесо .
-  – Додавання елементів: корончате зубчасте колесо.

6) Підшипники.

-  – Створення опори для валу.
-  – Додавання елементів: підшипник ковзання.
-  – Додавання елементів: підшипник кочення.

7) Поперечні перерізи.

-  – Додавання обумовленого поперечного перерізу.
-  – Додавання вільного поперечного перерізу.
-  – Додавання точки документації.

За допомогою кнопок розташованих у розділі **«Зовнішній контур»** створюємо загальний контур валу. По черзі натискаємо на кнопку **«Циліндр»** та вносимо необхідні дані (діаметр та довжину ділянки валу) (рис. 3.5).

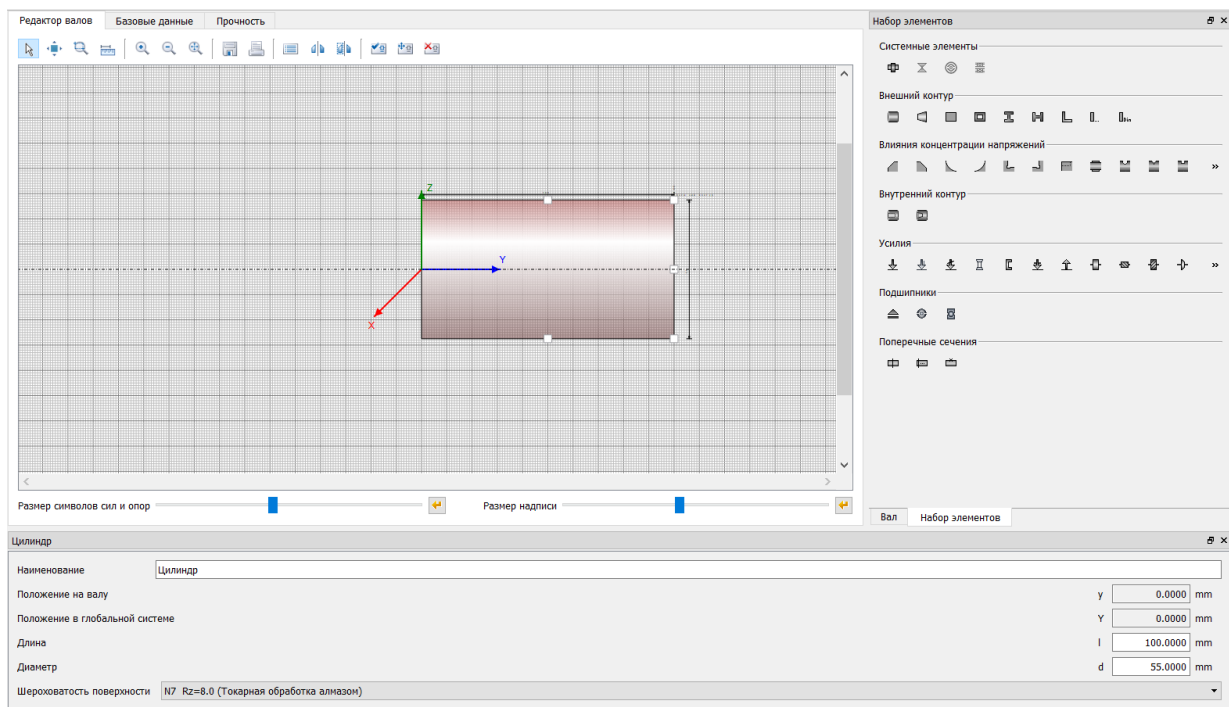


Рис. 3.5. Початок створення валу

Створивши всі ділянки, маємо вал (рис.3.6).

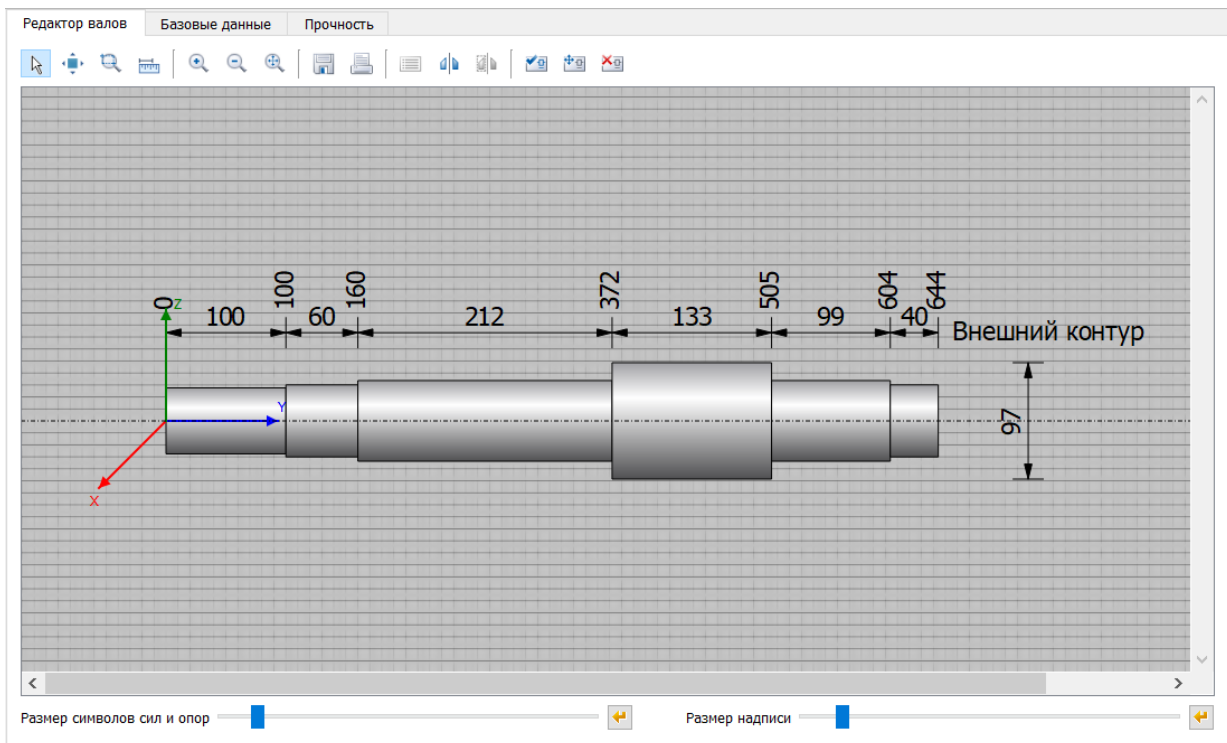


Рис. 3.6. Створений вал

3.2 Навантаження на вал

Наступним кроком переходимо до навантаження вала. Наприклад на валу розташовані циліндричне колесо та черв'як. Створюємо їх.

Для створення циліндричного колеса натискаємо кнопку «Циліндричне зубчасте колесо» у розділі «Зусилля». Перед нами відкривається розділ «Редактор елементів» з самого низу, куди ми вносимо характеристики колеса. За відсутності необхідних даних колесо створюється на самому початку вала, тож необхідно ввести ці дані (рис. 3.7).

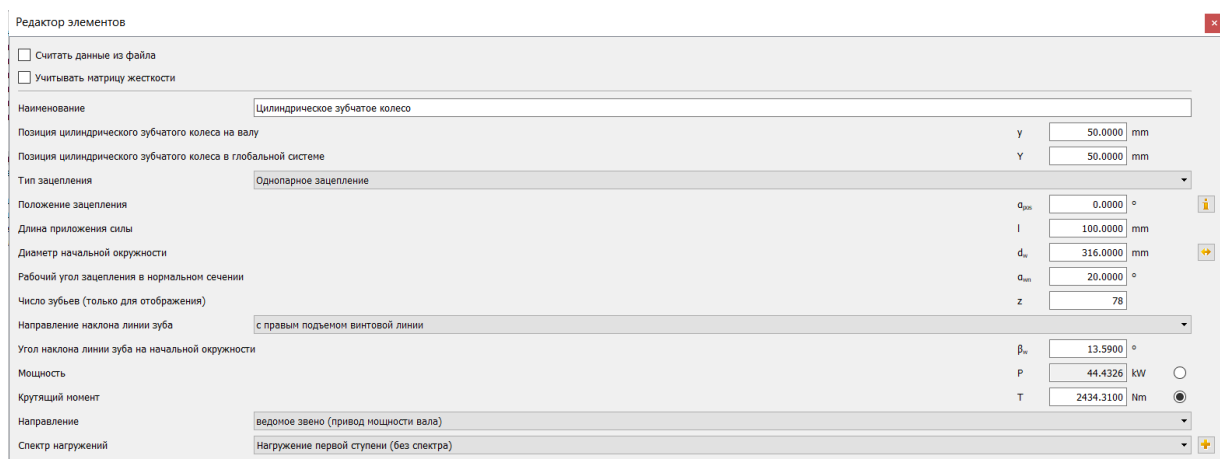


Рис. 3.7. Редактор елементів, зубчасте колесо

Створення черв'яка відбувається за схожим принципом: у розділі «Зусилля» натискаємо на кнопку «Черв'як», у розділі «Редактор елементів» вносимо необхідні дані (рис.3.8).

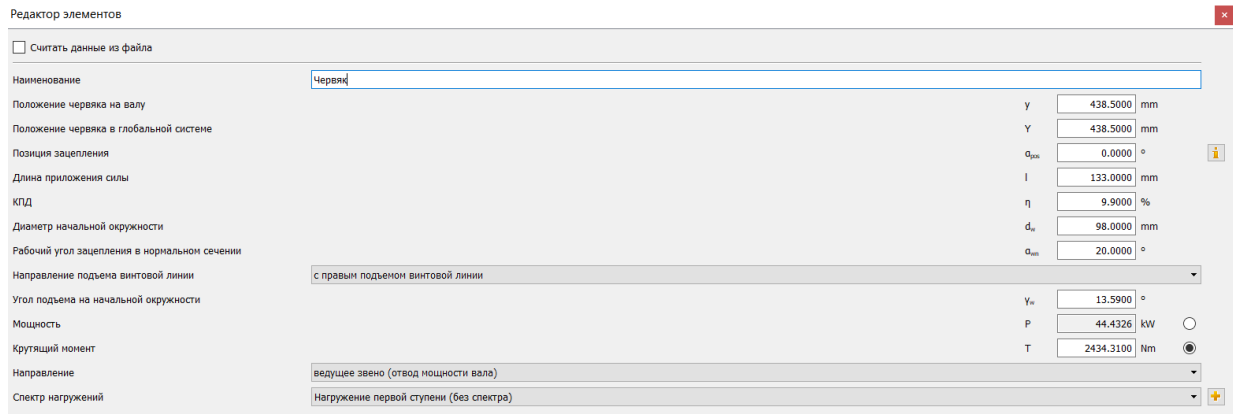


Рис. 3.8. Редактор елементів, черв'як

Навантажений вал має наступний вид (рис. 3.9).

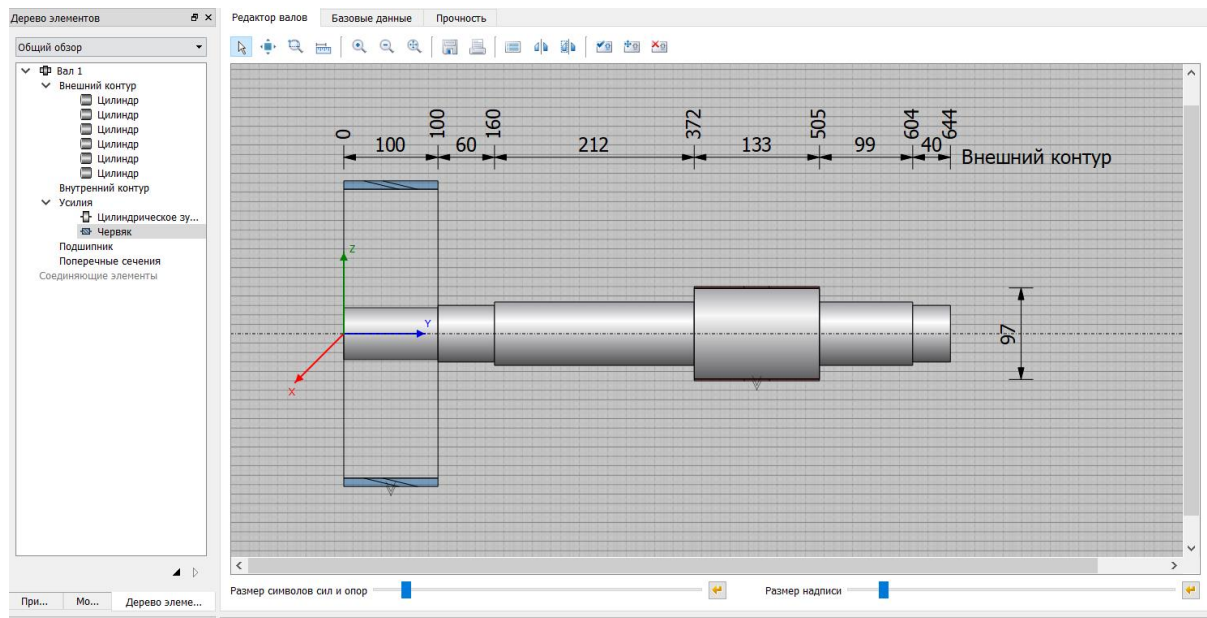


Рис. 3.9. Вал

3.3 Підбір підшипників

Наступним етапом необхідно підібрати та розташувати підшипники на валу. Для створення підшипників, необхідно натиснути на кнопку «Підшипник кочення» у розділі «Підшипники». Створюється підшипник на початку координат, для якого необхідно ввести певні характеристики у розділі «Редактор елементів», що знаходиться під створеним валом. Для зручності назовемо цей підшипник «Підшипник кочення 1» (рис. 3.10).

3.4 Уточнення параметрів валу

Після створення валу необхідно додати інформацію про умови, при яких працює вал, температуру мастила і т.д. Для цього необхідно відкрити розділ «Базові дані», де можливо побачити необхідні для зміни пункти. В залежності від власних даних, вводимо (рис. 3.13).

Рис. 3.13. Уточнюючі характеристики валу

У цьому варіанті у вкладці «*Міцність*» ніякі дані не було змінено, проте за необхідності також можна внести певні характеристики валу.

3.5 Виконання розрахунку

Тепер, коли вся необхідна інформація про вал була опрацьована, проводиться розрахунок. На панелі інструментів обираємо кнопку «*Виконати розрахунок*», розраховані параметри будуть виведені у вікно «*Результати*» під загальною схемою валу (рис. 3.14).

Результаты

Результаты

максимальный прогиб				495.54 μm
максимальное эквивалентное напряжение				190.08 N/mm ²
минимальный срок службы подшипника				3762.51 h
минимальный статический запас прочности подшипника				2.22

Срок службы подшипника		S0		Lnh		Lnmh
Подшипник качения 1		7.64		101855 h		863130 h
Подшипник качения 2		2.22		2629 h		3763 h

Сила реакции подшипника	Компоненты	X	Y	Z	Rxz
Подшипник качения 1	F	10.173 kN	-3.420 kN	-0.334 kN	10.178 kN
	M	0.000 Nm	0.000 Nm	0.000 Nm	0.000 Nm
Подшипник качения 2	F	7.043 kN	-13.200 kN	-33.729 kN	34.456 kN
	M	0.000 Nm	0.000 Nm	-0.000 Nm	0.000 Nm

Форма свободных колебаний	Собственные частоты	Критические частоты вращения	
1.	0.00 Hz	0.00 1/min	Ротация абсолютно твердого тела Y Вал 1'

Рис. 3.14. Результаты розрахунків

Важливо: перед початком проведення розрахунків, після натискання на кнопку «*Виконати розрахунок*», є можливим появлення попереджень про знайдені помилки у заданих значеннях валу. У такому разі ці попередження беруться до уваги, розрахунок продовжується з тими даними, що є, а вже після розрахунку, помилки, на які вказала програма, необхідно виправити.

Для більш детального аналізу розрахунків необхідно перейти до розділу «Вал» (рис. 3.15).

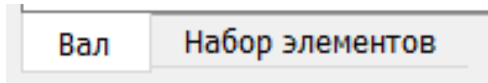


Рис. 3.15. Перехід до розділу «Вал»

У даному розділі можливо обрати одну з необхідних нам діаграм (рис. 3.16).

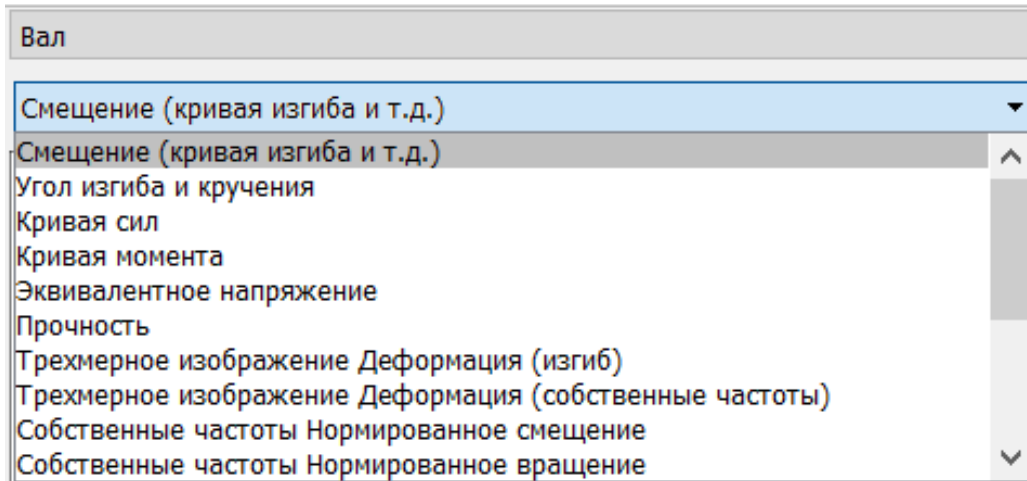


Рис. 3.16. Перелік доступних діаграм

Як приклад наведено діаграми «Зміщення (крива згину, тощо)» та «Крива моменту» (рис. 3.17).

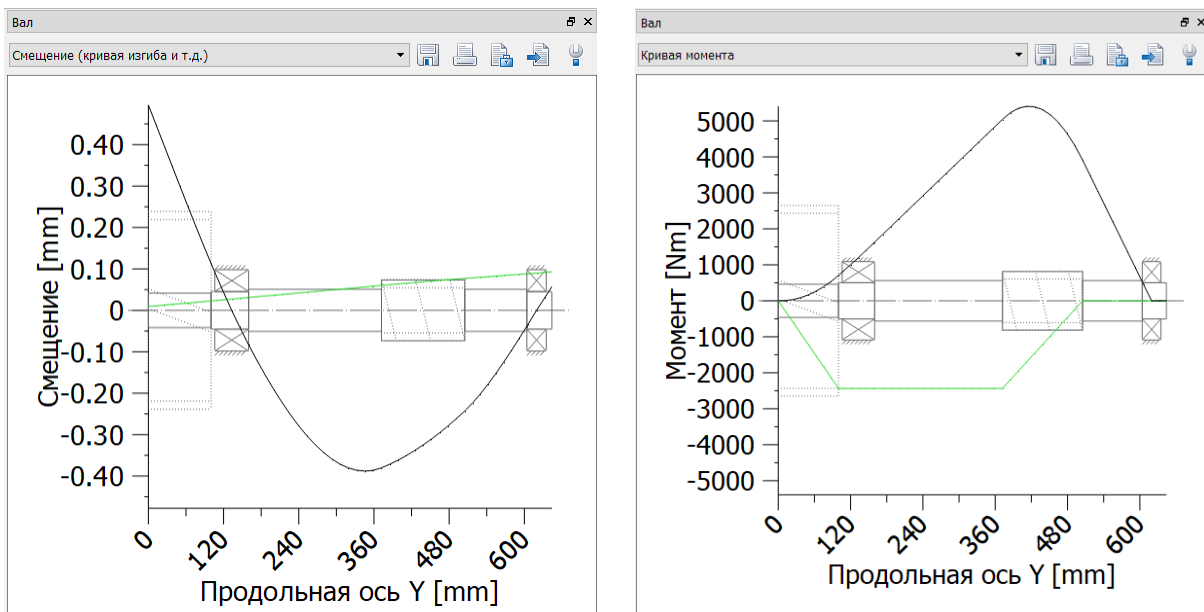


Рис. 3.17. Діаграми «Зміщення (крива згину)» та «Крива моменту»

Важливою при розрахунках валів є Діаграма Кембелла, що дає нам можливість визначити власті частоти коливань. Для того, щоб її розрахувати спочатку необхідно у розділі «Розрахунок» обрати пункт «Діаграма

Кембелла». У вікні, що з'явилося, виставляємо необхідну кількість резонансних кривих, наприклад 3, а у вкладці **«Базові дані»** задаємо значення кількості власних частот, наприклад 10.

Повертаємось до вкладки **«Діаграма Кембелла»** і натискаємо кнопку **«Виконати розрахунок»**. Як результати отримуємо значення власних частот (рис. 3.18) та їх графічне зображення (рис.3.19).

Результаты		Исходная частота вращения: 174.30 1/min	
Форма свободных колебаний	Собственные частоты	Критические частоты вращения	
1.	0.00 Hz	0.00 1/min	Ротация абсолютно твердого тела Y 'Вал 1'
2.	548.77 Hz	32926.14 1/min	Изгиб XY 'Вал 1', Обратный ход, Изгиб YZ 'Вал 1'
3.	548.84 Hz	32930.56 1/min	Изгиб XY 'Вал 1', Равномерное движение, Изгиб YZ 'Вал 1'
4.	1507.69 Hz	90461.30 1/min	Изгиб XY 'Вал 1', Обратный ход, Изгиб YZ 'Вал 1'
5.	1507.88 Hz	90472.71 1/min	Изгиб XY 'Вал 1', Равномерное движение, Изгиб YZ 'Вал 1'
6.	2475.79 Hz	148547.69 1/min	Изгиб XY 'Вал 1', Обратный ход, Изгиб YZ 'Вал 1'
7.	2476.15 Hz	148568.85 1/min	Изгиб XY 'Вал 1', Равномерное движение, Изгиб YZ 'Вал 1'
8.	2853.84 Hz	171230.64 1/min	Кручение 'Вал 1'
9.	4350.35 Hz	261020.85 1/min	Осевой 'Вал 1'
10.	4590.31 Hz	275418.74 1/min	Изгиб XY 'Вал 1', Обратный ход, Изгиб YZ 'Вал 1'

Рис. 3.18. Значення власних частот і тд.

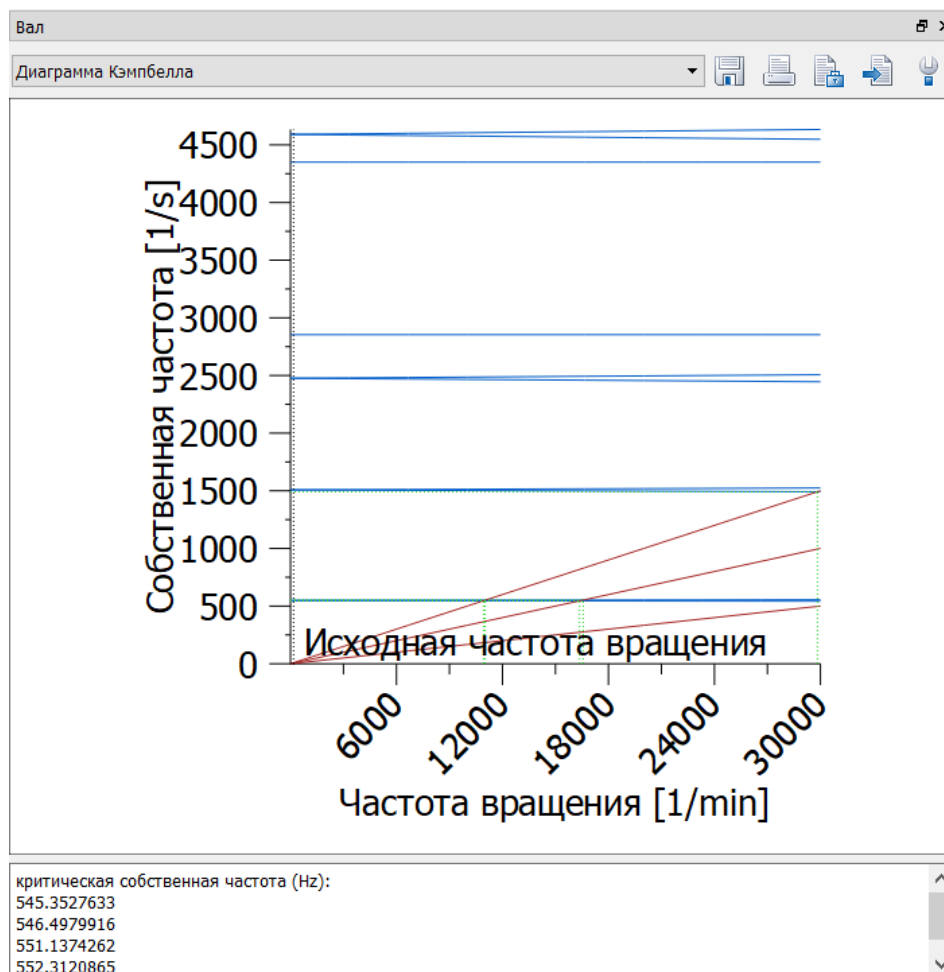


Рис. 3.19. Графічне зображення власних частот

При необхідності, за допомогою вкладки **«Створити протокол»** можна створити детальний звіт для розрахованих характеристик валу.

4. ПРОЕКТУВАННЯ РЕДУКТОРІВ

Для роботи з редукторами необхідно скористатись програмою **KISSsys**.

4.1 Основні елементи інтерфейсу KISSsys

Основне робоче вікно KISSsys зображено на рис. 4.1.

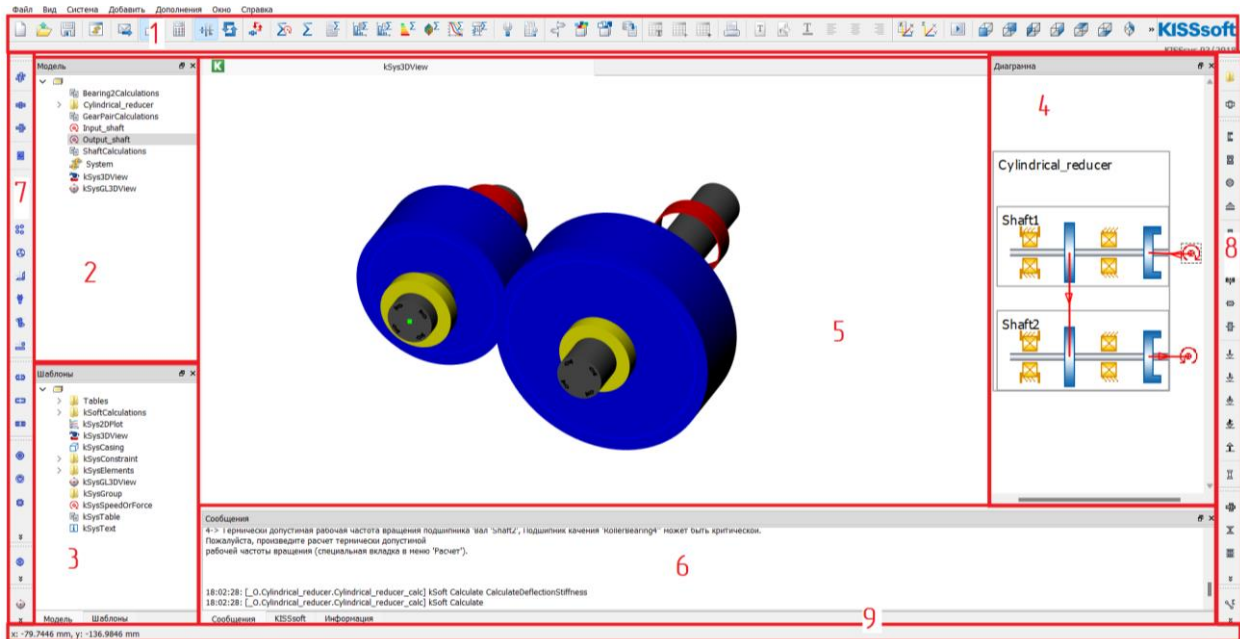


Рис. 4.1. Основне робоче вікно

Головне вікно KISSsys показує панель меню та наступні компоненти (в червоній рамці):

1. Рядок меню містить меню вікон і вибір піктограм.
2. Деревоподібна структура використовується для побудови моделі. У цьому вікні адміністратор може змінювати та будувати модель. Тут визначаються всі різні функції та елементи моделі.
3. Шаблони — це «бібліотеки» різних елементів для копіювання в моделі.
4. Вікно схем. Діаграма автоматично створюється на основі дерева моделі, що показує конструкцію та потік потужності моделі.
5. Тривимірне зображення та інші об'єкти з'являються на основній поверхні. Тут показані об'єкти (таблиці, графіки...) з дерева.
6. Тут відображаються повідомлення з програми, під час обчислень та інших оцінок.
7. Меню для розрахунків. Окремі обчислення можна скинути в структурі дерева.

8. Меню для моделювання. Окремі компоненти можна відкинути в структурі дерева.


9. Рядок стану. Відображає інформацію про функції та завдання, що виконуються у фоновому режимі.


Розглянемо піктограми, які дають доступ до найважливіших функцій. Як тільки курсор наводиться на значок, програма показує назву відповідного значка:

1) Піктограми файлів.

 – Відкриває нової моделі. Буде запропоновано папку проекту.

 – Відкриває папку для вибору вже існуючої моделі.


 – Зберігає модель під назвою, яка відображається в рядку заголовка.

 – Відкрийте файл шаблону, щоб скопіювати та вставити елементи в модель.

 – Надішліть електронний лист із вкладенням відкритої моделі.


2) Додаткові піктограми.

 – Відкрийте нову порожню модель. Буде запропоновано папку проекту.

 – Запускає калькулятор Windows.


3) Піктограми вигляду.

 – Відкрити/закрити перегляд діаграми.

 – Оцініть усі вирази та оновіть основну поверхню.


4) Піктограми системного меню.

 – Виконайте основний кінематичний розрахунок моделі.


 – Запуск усіх модулів KISSsoft, визначених у моделі, у фоновому режимі та повернення результатів.


 – Оновлює всі вали.


 – Виконуйте обчислення KISSsoft і створюйте всі звіти.


 – Обчислюйте зміщення підшипників методом ітерацій, за допомогою матриці жорсткості.

 – Проведення теплового розрахунку (після завантаження шаблону ефективності).


 – Відкриває діалогове вікно завантаження спектру, щоб вибрати спектр із бази даних і запустити обчислення.


 – Якщо встановлено шаблон спектру навантаження, відкриється діалогове вікно розрахунку спектру навантаження.


 – Відкриває вікно/панель властивостей.


 – Відображає всі змінні, включені в поточну модель.

5) Піктограми вставки.

 – Запускає помічника.

 – Відкриває діалогове вікно для швидкого моделювання (всі компоненти).

 – Додайте підготовлені етапи передач до моделі. Можна використовувати для групового моделювання.

 – Додає стандартні шаблони та моделі для: гвинтової, планетарної, трьох, чотирьох, конічної, торцевої та черв'ячної передач; також є можливість додавання типової таблиці варіантів, зміщення, ефективності, а також існуючого шаблону користувача.

 – Вставте позначені властивості як текст у будь-яку таблицю.


 – Вставте позначені властивості як посилання в будь-яку таблицю.

 – Вставте позначені властивості як вираз у будь-яку таблицю.

6) Піктограма діалогового вікна.

















 – Відкриває діалогове вікно друку для активного вікна/панелі.

7) Піктограми формату тексту.

 – Відкриває діалогове вікно шрифту.


 – Відкриває діалогове вікно кольору фону.

 – Відкриває діалогове вікно кольору тексту.

-  – Налаштовує положення тексту в лівій частині клітинки.
-  – Налаштовує положення тексту до центру комірки.
-  – Налаштовує положення тексту в правій частині клітинки.
- 8) Піктограми роботи з тривимірним видом.
-  – Відкриває діалогове вікно тривимірної графіки.
-  – Додає систему координат до тривимірного виду.
-  – Запускає графічне моделювання.
-  – Вид спереду.
-  – Вид ззаду.
-  – Вид зліва.
-  – Правий вид.
-  – Вид зверху.
-  – Вид знизу.
-  – Ізометричний вид з лівого переднього кута.
-  – Ізометричний вид з правого переднього кута.
-  – Ізометричний вид із лівого заднього кута.
-  – Ізометричний вид із правого заднього кута.

4.2 Проектування редуктора

4.2.1 Створення валів та їх елементів

Перш за все, для початку роботи необхідно натиснути на кнопку «Адміністратор» і перевести її в увімкнене положення . Це розблокує режим адміністратора, що дасть нам доступ до всіх функцій.

У вкладці «Додати» виберіть «Асистент для паралельних валів» (рис. 4.2).

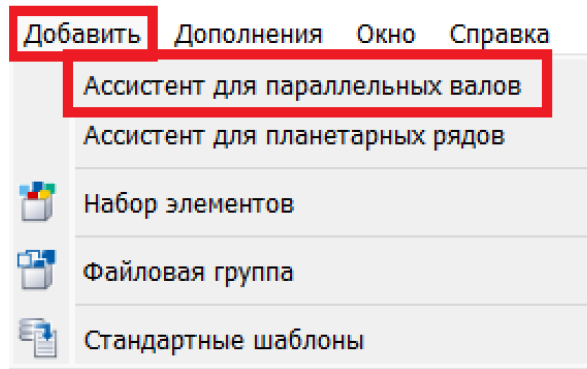


Рис. 4.2. Початок роботи з паралельними валами

У вікні, що відкрилось, виберіть «**GroupBox**» і назвіть групу на власний розсуд. Таким чином, ми створюємо базове середовища «**GroupBox**» (рис.4.3).

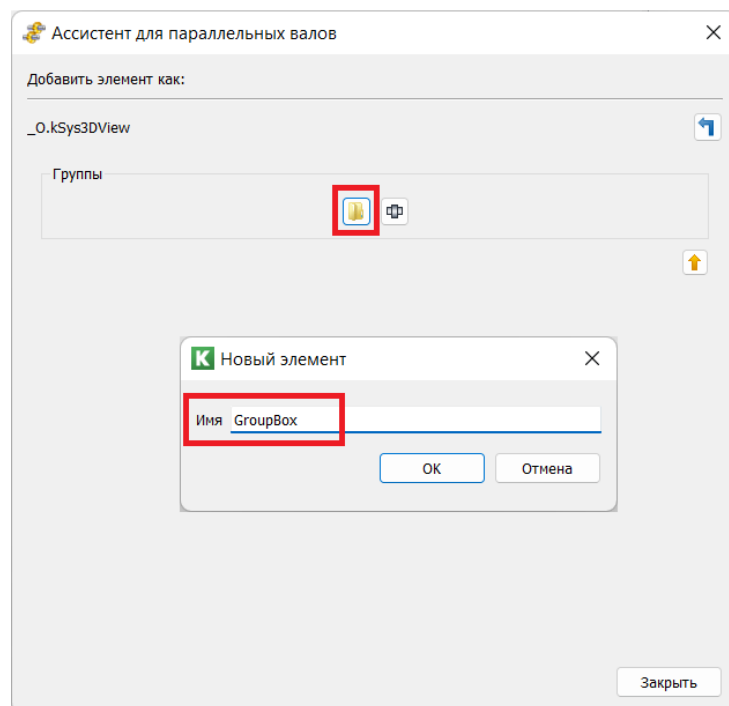


Рис. 4.3. Створення базового середовища «**GroupBox**»

У щойно створеній папці, починаємо побудову передачі. В тому самому вікні обираємо цього разу кнопку «**Вал**». Після натискання на кнопку, відкривається нове діалогове вікно, в якому вибираються елементи, які розташовані на певному валу (рис. 4.4).

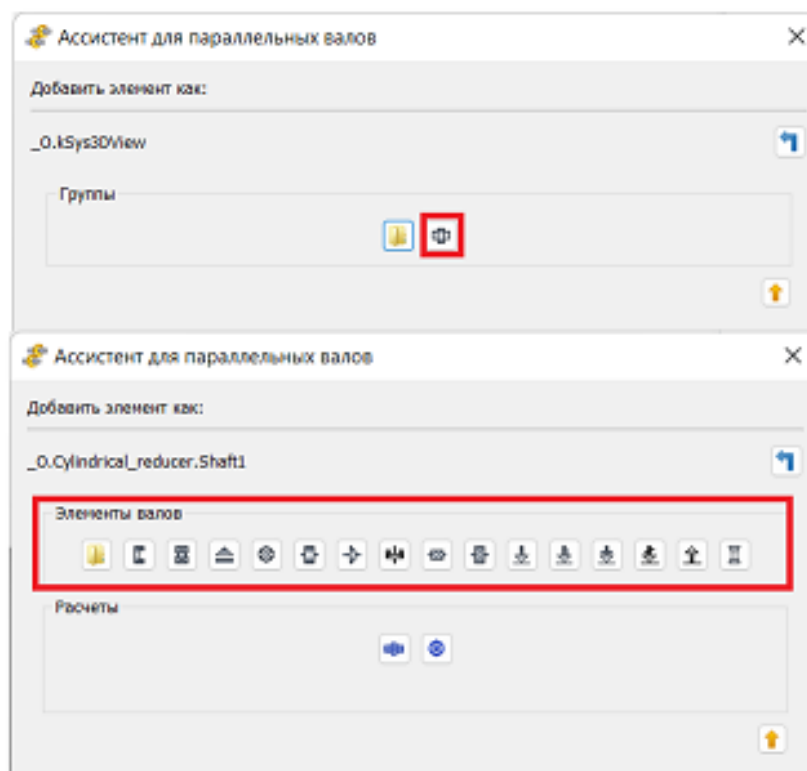




















Рис. 4.4. Початок роботи з валом

Нижче наведено перелік елементів, які можна розмістити на валу:

-  – муфта;
-  – кульковий шарнір;
-  – опора;
-  – підшипник ковзання;
-  – зубчасте колесо;
-  – конічна передача;
-  – циліндрично-конічна передача;
-  – черв'як;
-  – черв'ячне колесо;
-  – центричне навантаження;
-  – ексцентричне навантаження;
-  – маса;

-  – магнітна сила;
-  – втрата потужності;
-  – ремінний шків;
-  – розрахунок валу;
-  – розрахунок підшипників.

Додавання до схеми валу якогось елемента відбувається шляхом натискання на відповідну кнопку. Всі елементи, які були обрані, можна знайти в діалоговому вікні «*Модель*». Зображення утвореного валу можна побачити в діалоговому вікні «*3DView*». Крім того, за допомогою кнопки «*Діаграма*»  можна відкрити діалогове вікно «*Діаграма*» (рис. 4.5).

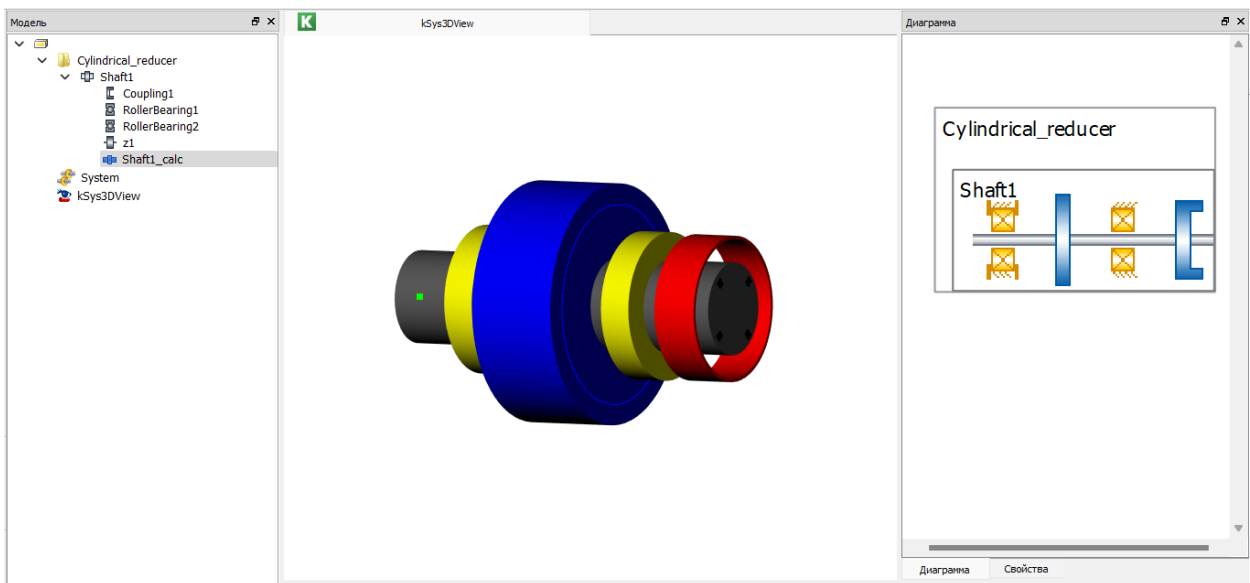


Рис. 4.5. Перший вал

Аналогічним чином створюємо наступні вали. Після вставлення другого валу дерево та схема виглядають наступним чином (рис. 4.6) (вони не обов'язково повинні бути ідентичними, це залежить від порядку, в якому були вставлені окремі елементи, зовнішній вигляд буде скориговано пізніше).

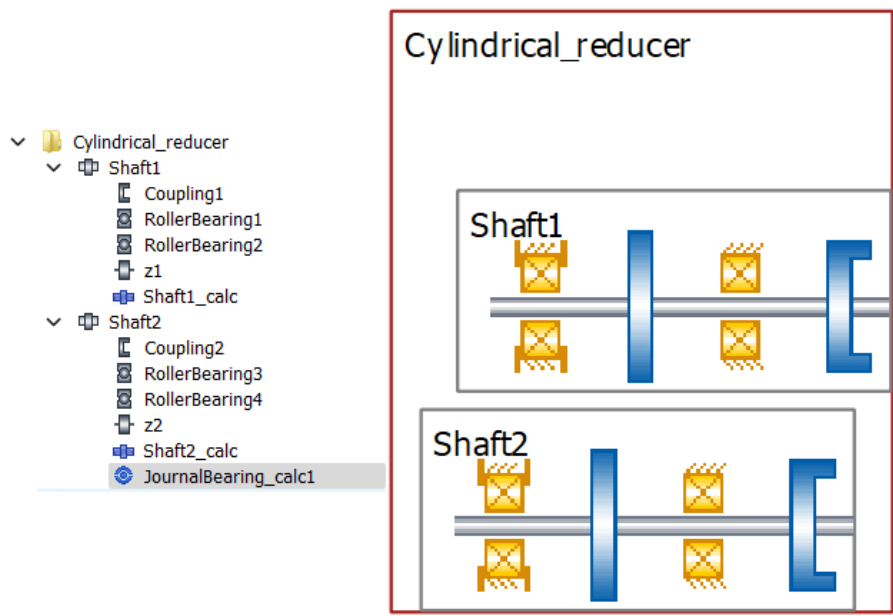


Рис. 4.6. Дерево та схема при додаванні двох валів

4.2.2 Створення передач

Після визначення необхідної кількості валів (та їх елементів) редуктора, модель готова для створення з'єднань між окремими валами. Вже після визначення другого валу, на рівень вище з'явиться нова група налаштувань «**Граничні умови**» (у діалоговому вікні «**Помічник для паралельних валів**») (рис. 4.7).

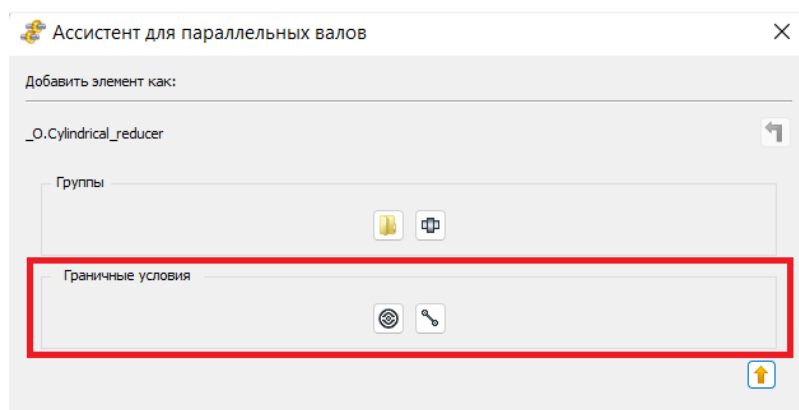


Рис. 4.7. Граничні умови

З'єднання валів. Натиснувши на «**Обмеження**», відкриється нове діалогове вікно. Вибирається тип передачі для з'єднання. У нашому випадку обираємо «**kSysGearPairConstraint**» для утворення пари (циліндричної передачі). Вибираємо назву з'єднання між шестернями: відкриється вікно для вибору шестерень, які ми хочемо зв'язати (зубчасте колесо на першому валу,

а також зубчасте колесо на другому валу), тут також задається ККД цієї передачі (ККД) (рис. 4.8).

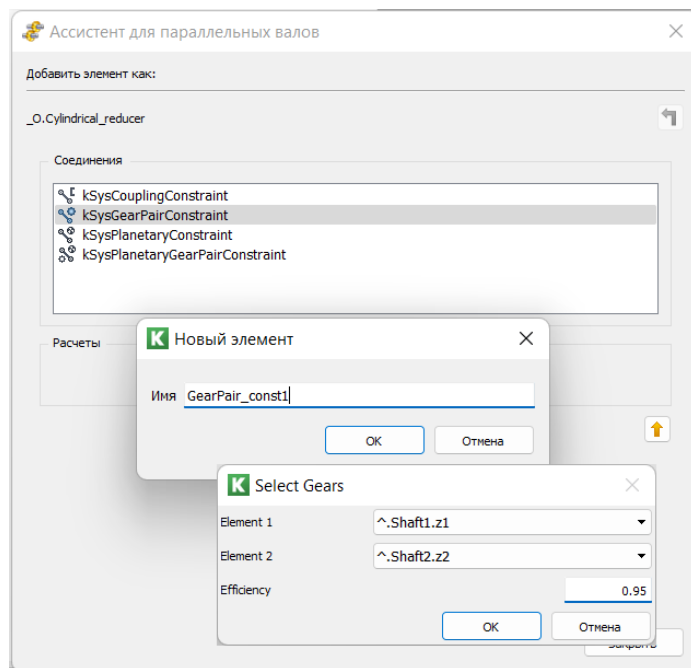


Рис. 4.8. Створення циліндричної передачі

Крім того, у діалоговому вікні обмежень оберяємо розрахунок передачі (рис. 4.9).

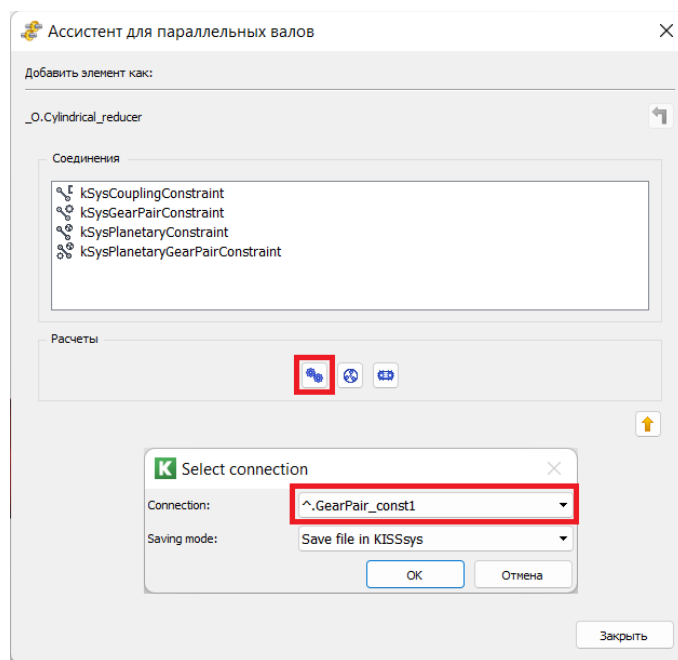


Рис. 4.9. Додавання розрахунку передачі

Встановлення вхідних і вихідних величин. Переходимо на верхній рівень «Помічник для паралельних валів» (в діалоговому вікні помаранчева стрілка для переходу на рівень вище). Вибираємо «Крайові умови» для наочності

перейменовуємо назву (необов'язково) на «*Input_shaft*». Після цього вводим вхідні параметри (рис. 4.10).

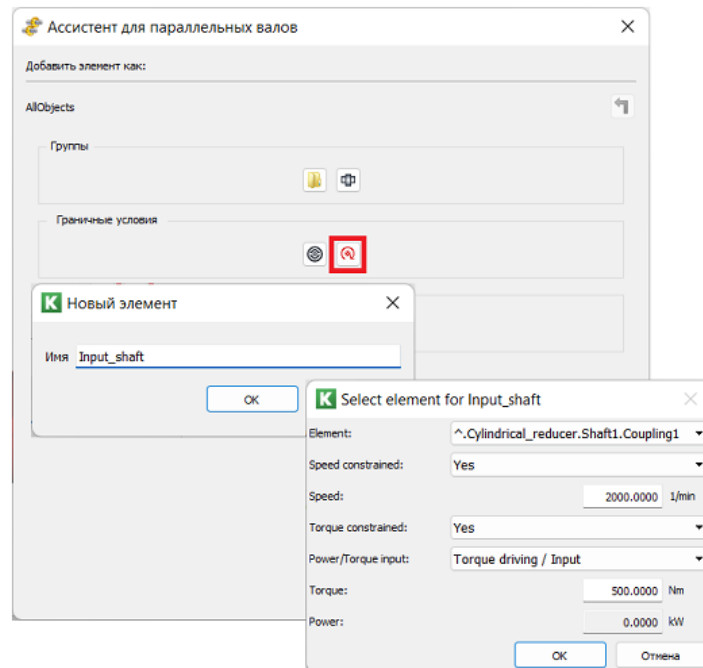


Рис. 4.10. Крайові умови для вхідного валу

Таким чином ми задаємо параметри вхідного валу, а саме елементу муфти. Аналогічно, в якості вихідного елементу обираємо муфту на другому валу. Оскільки, в якості відомих даних ми обрали вхідні, то вихідні дані ми залишаємо нульовими (рис. 4.11).

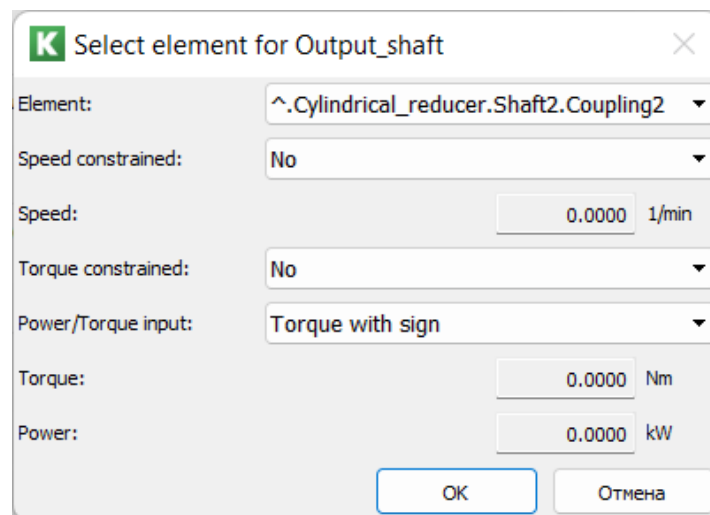



Рис. 4.11. Характеристика вихідного кінця

Програмний продукт KISSsys розрахує решту значень самостійно, після підтвердження.

Перевірка кінематики. Якщо все налаштовано правильно, після запуску перевірки кінематики помилки не з'являться. Для запуску перевірки

необхідно натиснути на кнопку «*Розрахунок кінематики*» . Після цього KISSsys робить кінематичну перевірку. Зображення кінематичної схеми до перевірки (зліва) та після перевірки (справа) (рис. 4.12).

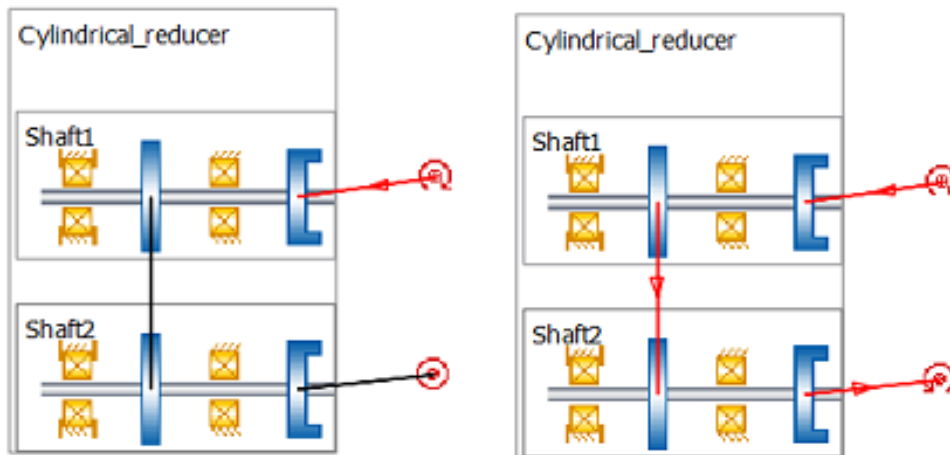


Рис. 4.12. Кінематична перевірка

4.3 Конічні та черв'ячні передачі

Декілька слів слід сказати про побудову редуктора з конічною та черв'ячною передачами. Для того щоб додати ці передачі почнемо з побудови валів, на яких будуть знаходитись передачі (рис. 4.13).

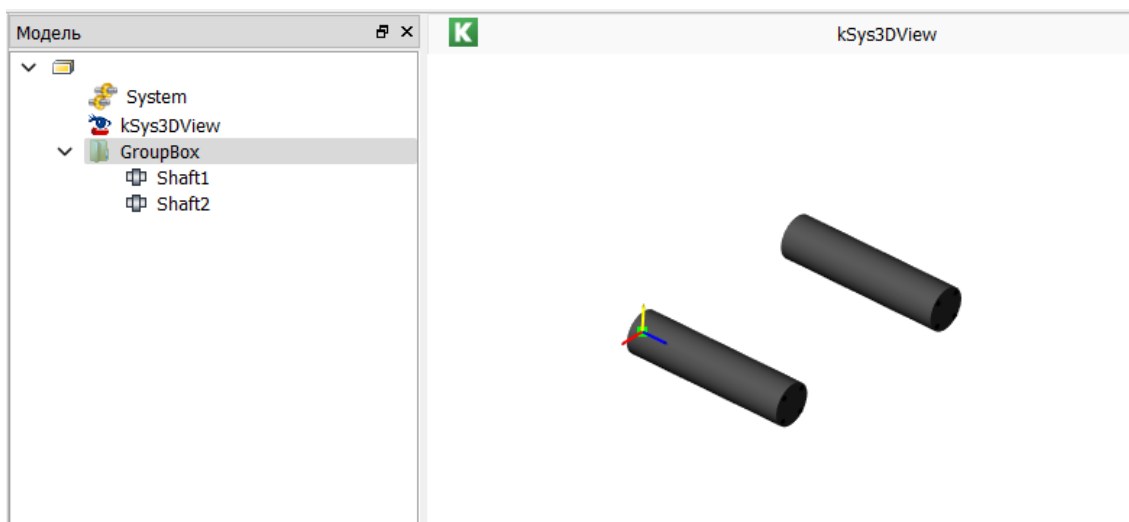


Рис. 4.13. Побудова валів

Після побудови додаємо елементи передачі на вали. Для цього використовуємо меню для моделювання, що знаходиться в правій частині екрану. Для того щоб додати передачу на вал необхідно перетягнути її на відповідний вал в дереві моделі (рис. 4.14).

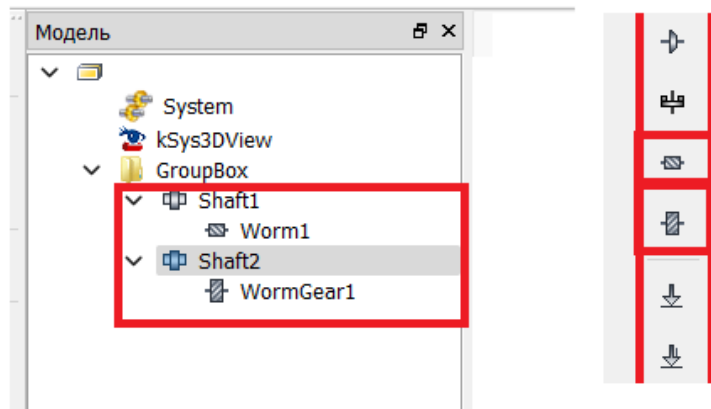


Рис. 4.14. Створення елементів черв'ячної передачі

Далі створюємо з'єднання між елементами передачі. Зробити це можна декількома шляхами. Перший з них описаний в розділі вище. Другий спосіб – створити передачу за допомогою меню для моделювання. Аналогічно тому, як були додані елементи до моделі, ми перетягуємо піктограму «З'єднання черв'яка та гвинтового зубчастого колеса» до папки з нашими валами (рис. 4.15).

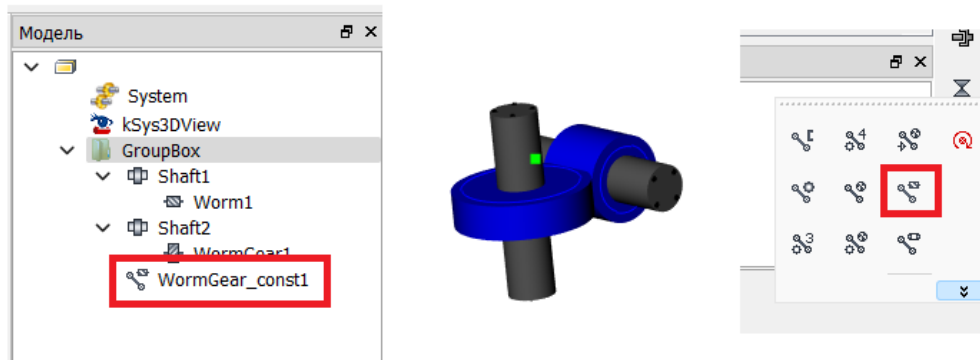


Рис. 4.15. Створення передачі

При додаванні з'єднання, відкриється діалогове вікно «*Select Gears*», в якому необхідно обрати елементи передачі (рис. 4.16).

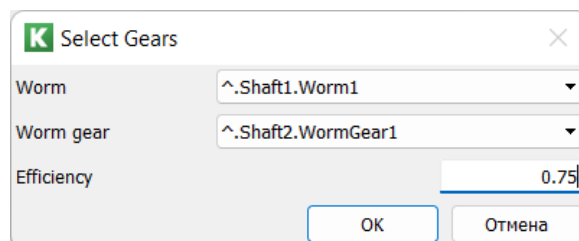


Рис. 4.16. Вибір елементів передачі

Аналогічним чином будується і конічна передача (рис. 4.17).

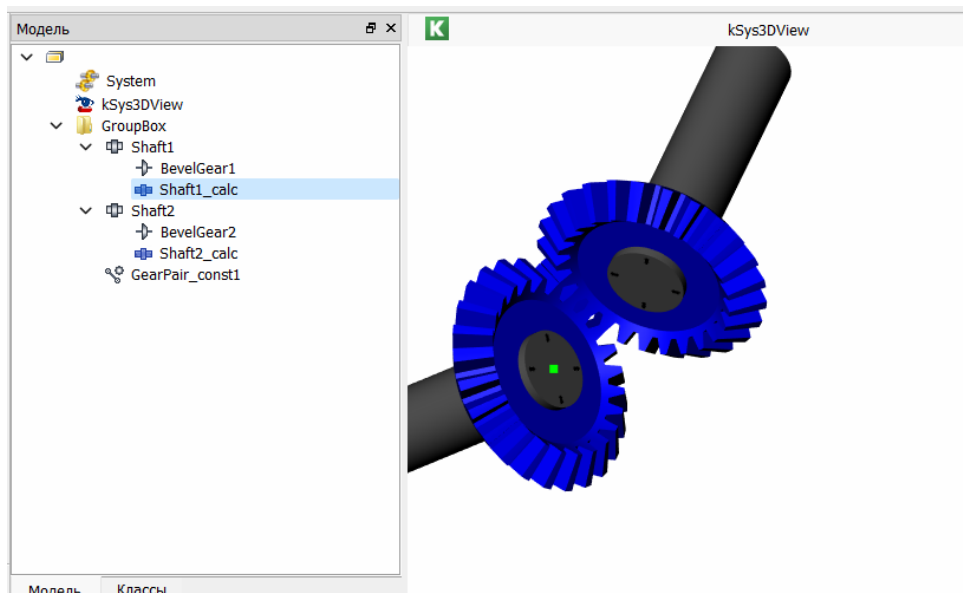


Рис. 4.17. Зображення конічної передачі

4.4 Розрахунок редуктора

4.4.1 Циліндрична передача

Задаємо основні параметри передачі. Натисніть правою кнопкою миші на пункт обчислення шестерні в дереві моделі, виберіть «*GearSizing*» та у відкритому діалоговому вікні введіть кут шестерні та кут нахилу зуба, та підтвердіть параметри. Обчислення відбуватиметься у фоновому режимі (рис. 4.18).

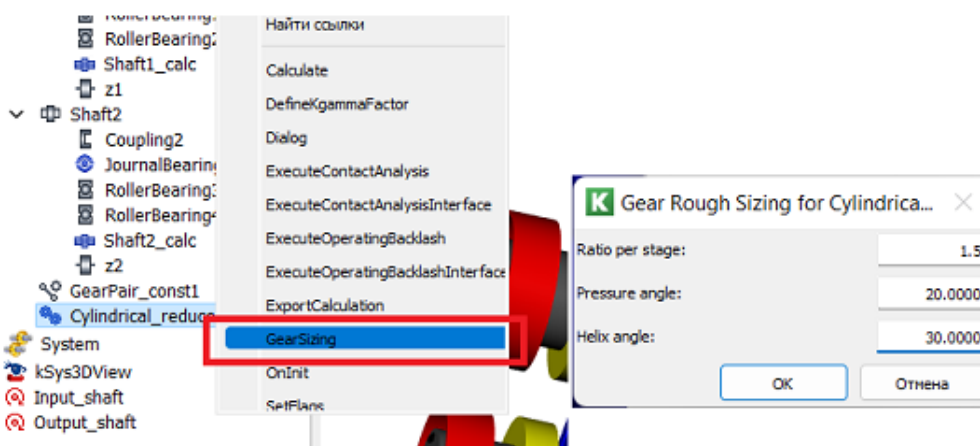


Рис. 4.18. Ввід параметрів передачі

4.4.2 Визначення геометрії валу

Двічі клацніть розрахунок валу (синій значок валу) у дереві, щоб відкрити діалогове вікно KISSsoft. Там, де вказано положення, розміри тощо, необхідні для визначення валу та його розміщення. Перш ніж закрити діалогове вікно KISSsoft, обчислення потрібно запустити для реєстрації необхідних даних та дозволу передачі до KISSsys. Після цього вікно можна

закрити хрестиком. Всі вали та елементи, що відкриваються в середовищі KISSsoft, налаштовуються за тією ж процедурою (рис. 4.19).

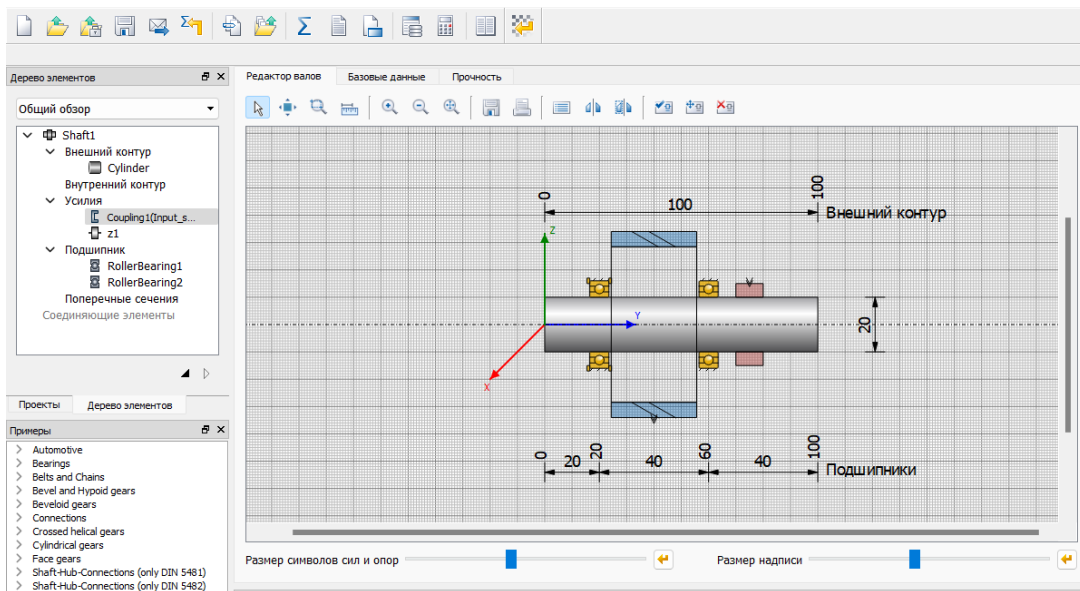


Рис. 4.19. Визначення геометрії валу

4.4.3 Підбір необхідних розрахунків

Натискаємо вкладку «Додати» → «Набір елементів». У відкритому діалоговому вікні, у розділі «Системні елементи» натискаємо кнопку «Table» (рис. 4.20).

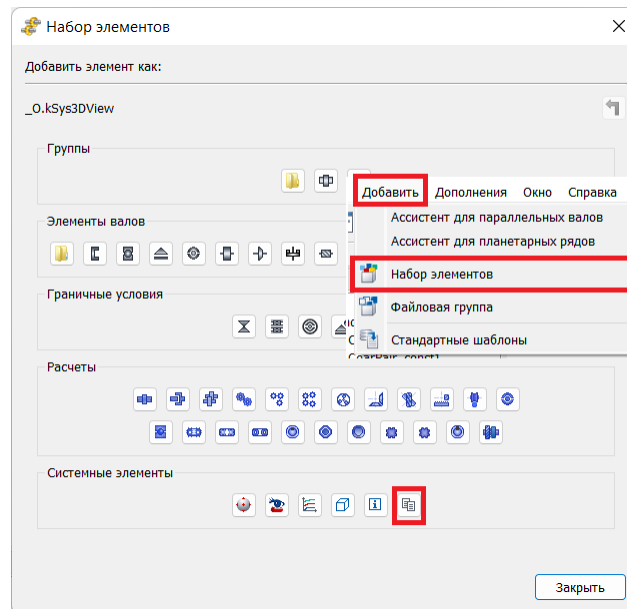


Рис. 4.20. Діалогове вікно «Набір елементів»

Далі, у відкритому діалоговому вікні, обираємо зі списку ті розрахунки, які нам потрібно (в даному випадку вибрані «*BearingCalculations*» – розрахунок підшипників, «*GearPairCalculations*» – розрахунок шестерень, «*ShaftCalculations*» – розрахунок валів) (рис.4.21).

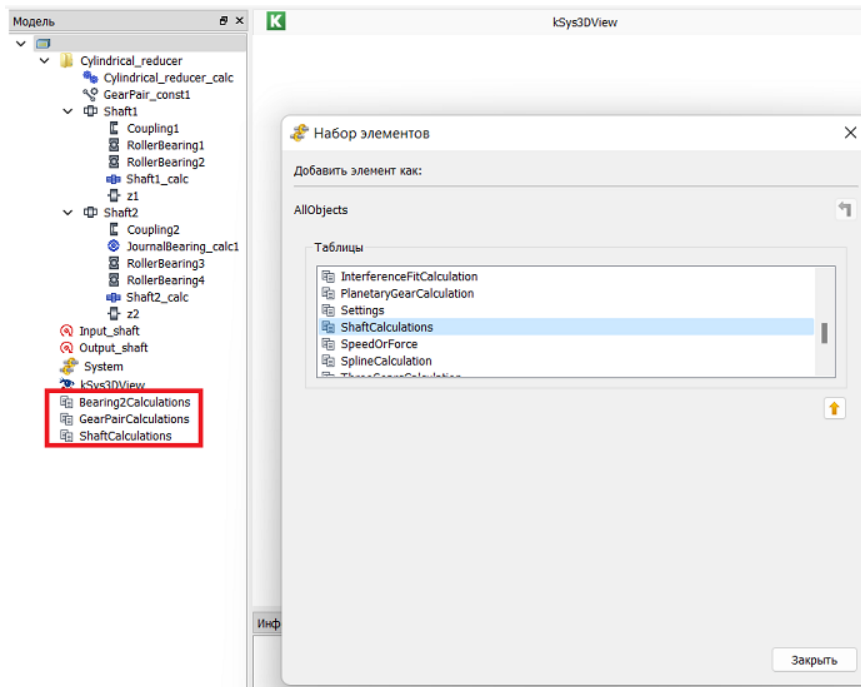


Рис. 4.21. Вибір розрахунків

Просторове зображення можна додати (у разі його відсутності) через вкладку «Додати» → «Набір елементів». У відкритому діалоговому вікні, у розділі «Системні елементи» натискаємо кнопку «3DView» (рис. 4.22). Зображення буде впорядковано відповідно до того, як вали, підшипники та колеса були налаштовані в KISSsoft.

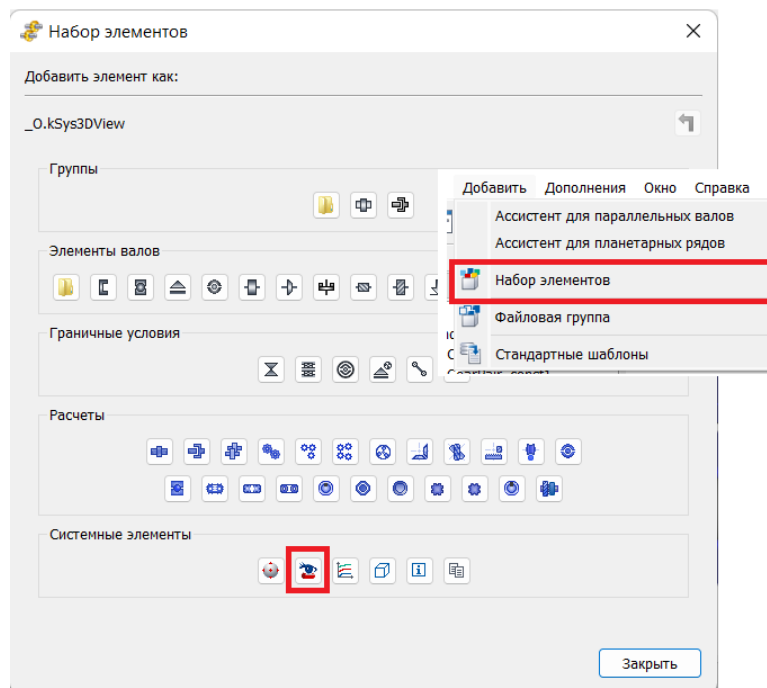



Рис. 4.22. Додавання просторового зображення

Для зміни виду моделі необхідно натиснути піктограму «Тривимірні графічні зображення» . У відкритому діалоговому вікні є можливість перемикатись між схематичним зображенням елементів редуктора, а також детальним зображенням (рис. 4.23). При виборі «*Solid elements*» ми отримаємо детальне зображення. Крім того, при вмиканні функції «*Show cut view*» в кожній деталі буде зроблений розріз $\frac{1}{4}$ частини деталі (рис.4.24).

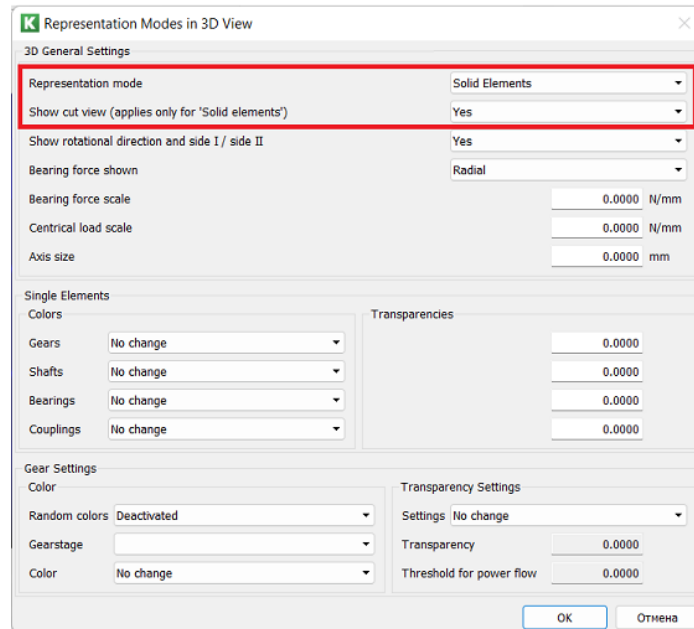


Рис. 4.23. Перемикання режимів зображення

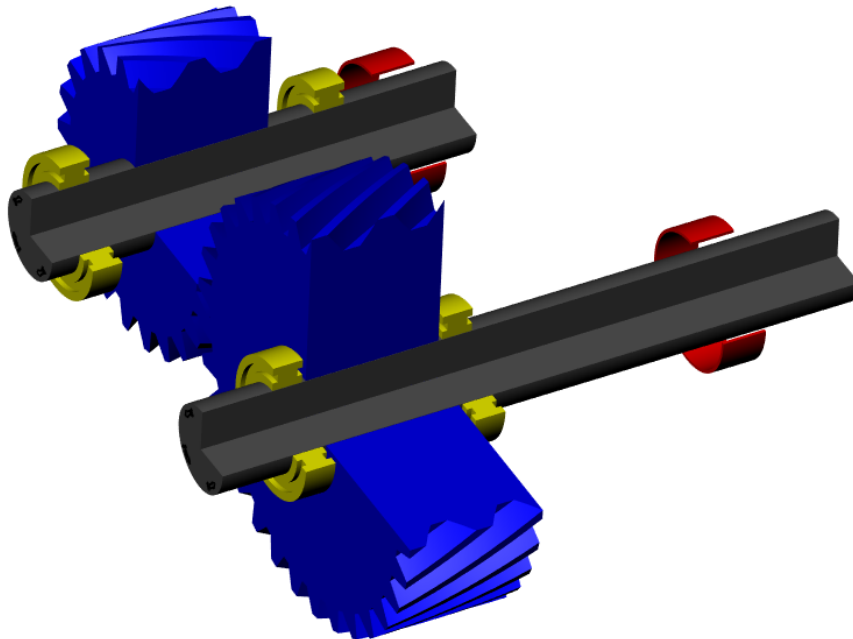


Рис. 4.24. Результат редагування моделі

Діалогове вікно з анімацією (рис. 4.25) можна додати через вкладку «Додати» → «Набір елементів». У відкритому діалоговому вікні, у розділі «Системні елементи» натискаємо кнопку «GL3DView» (рис. 4.26).

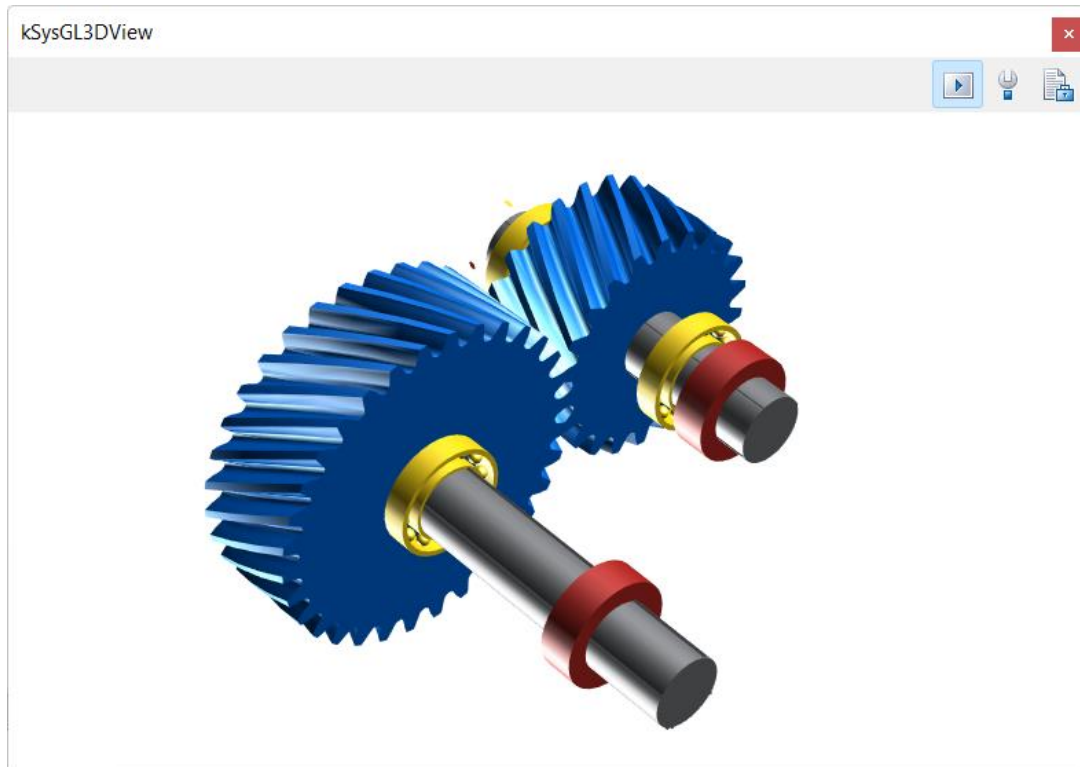


Рис. 4.25. Анімоване зображення редуктора

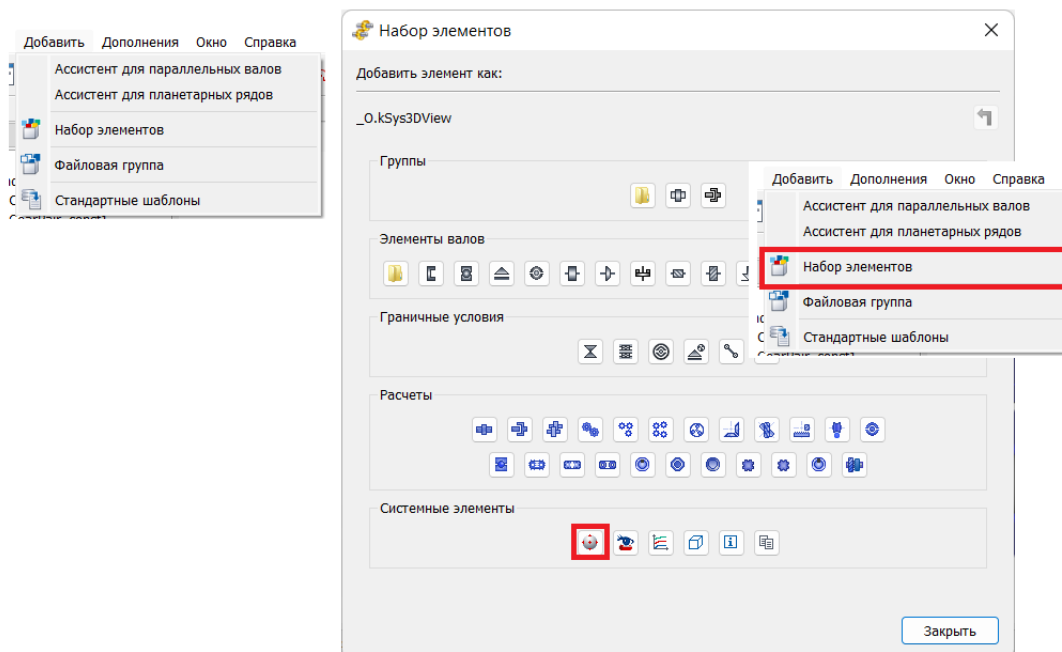


Рис. 4.26. Відкриття діалогового вікна анімації

4.4.4 Тепловий розрахунок

Для початку, необхідно натиснути піктограму «Стандартні шаблони»



. Далі, у відкритому діалоговому вікні обрати «Шаблони ККД - Тепловий баланс» (рис. 4.27).

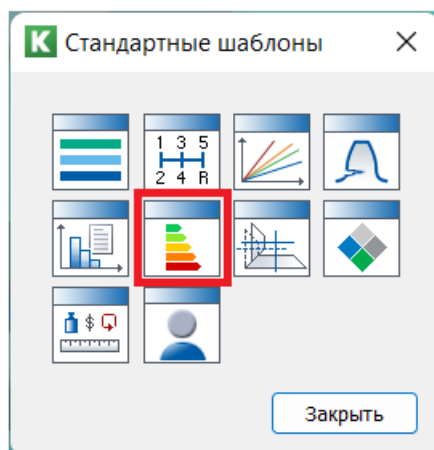


Рис. 4.27. Вибір методу розрахунку ККД моделі

Відкриваємо вкладку «Efficiency» та відкриваємо діалогове вікно налаштування корпусу за допомогою піктограми «Housing» (рис. 4.28).

kSys3DView		Efficiency		
A	B	C	D	E
1	CALCULATION SETUP			
2	Requested Result	Efficiency	Units	W
3	Calculation Method	ISO TR 14179-2	Contact Analysis	No
4				
5	Housing	Settings	Ventilation	Lubrication
6				Oil Cooler
7	SPECIFIC FUNCTIONS			
8	Reset		Inconsistent	Report
9				
10	RESULTS SUMMARY			
11	Power Input [W]	1273.8	Efficiency (total) [%]	100
12	Power Output [W]	1273.8	Efficiency (gear mesh) [%]	100
13	Power Losses [W]	0	No Req. Result	0
14				
15	LOSSES AND DISSIPATIONS			
16	Heat Generated	Correction Factors	Heat Dissipated	Correction Factors
17	Gear Churning Losses PVZ0 [W]	0	Housing w/ finning [W]	0
18	Gear Meshing Losses PVZ [W]	0	Foundations [W]	0
19	Bearing Losses PVL+PVL0 [W]	0	Input/Output Shafts [W]	0
20	Seal Losses PVD (+rest PVD0) [W]	0	Oil Cooler [W]	2
21	Total Power Losses [W]	0	Total Dissipation [W]	2

Рис. 4.28. Відкриття вікна налаштування корпусу

У відкритому вікні можливо зробити основні налаштування корпусу. Перш за все – обрати форму корпусу (кубічну чи циліндричну), товщину стінок та матеріал, з якого буде зроблено корпус (рис. 4.29).

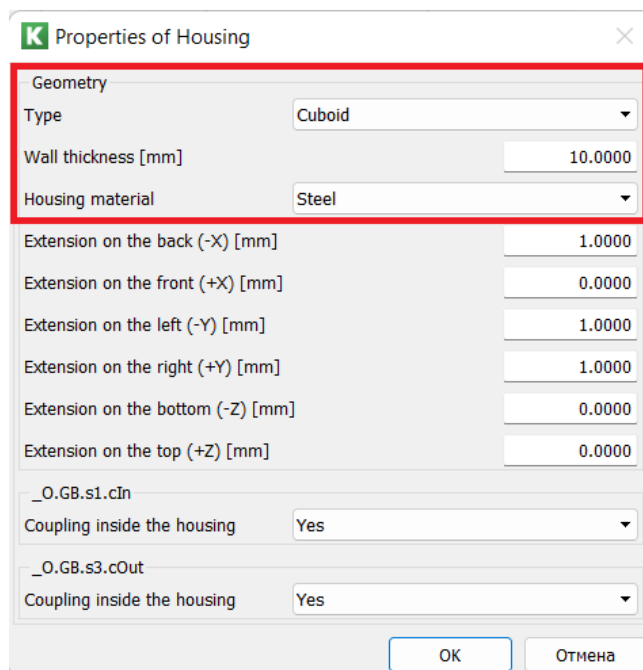


Рис. 4.29. Перший крок налаштувань корпусу

У наступному діалоговому вікні задаємо геометричні параметри корпусу. Крім того, в цьому вікні обирається вид обробки поверхні корпусу і як наслідок – тепловіддача. Також, можна обрати, чи будуть зображені на моделі корпус, рівень мастила та ущільнення з прокладкою (рис. 4.30).

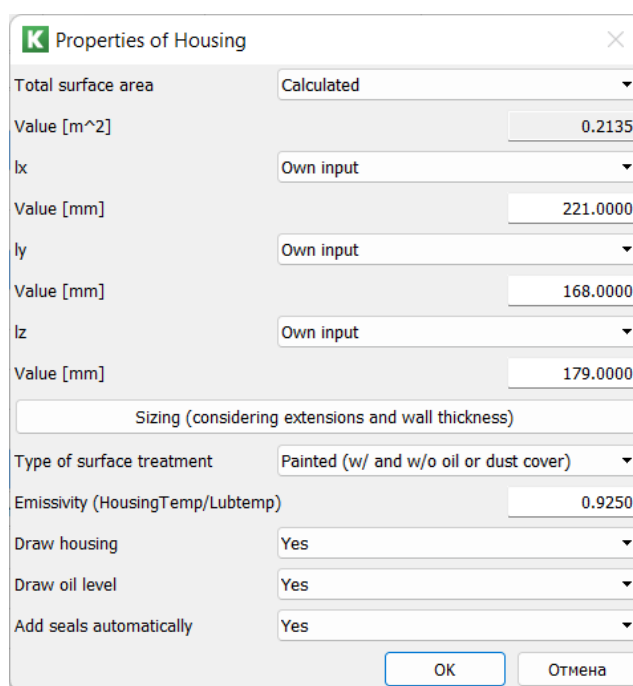


Рис. 4.30. Другий крок налаштувань корпусу

В результаті, отримуємо наступний результат (рис. 4.31).

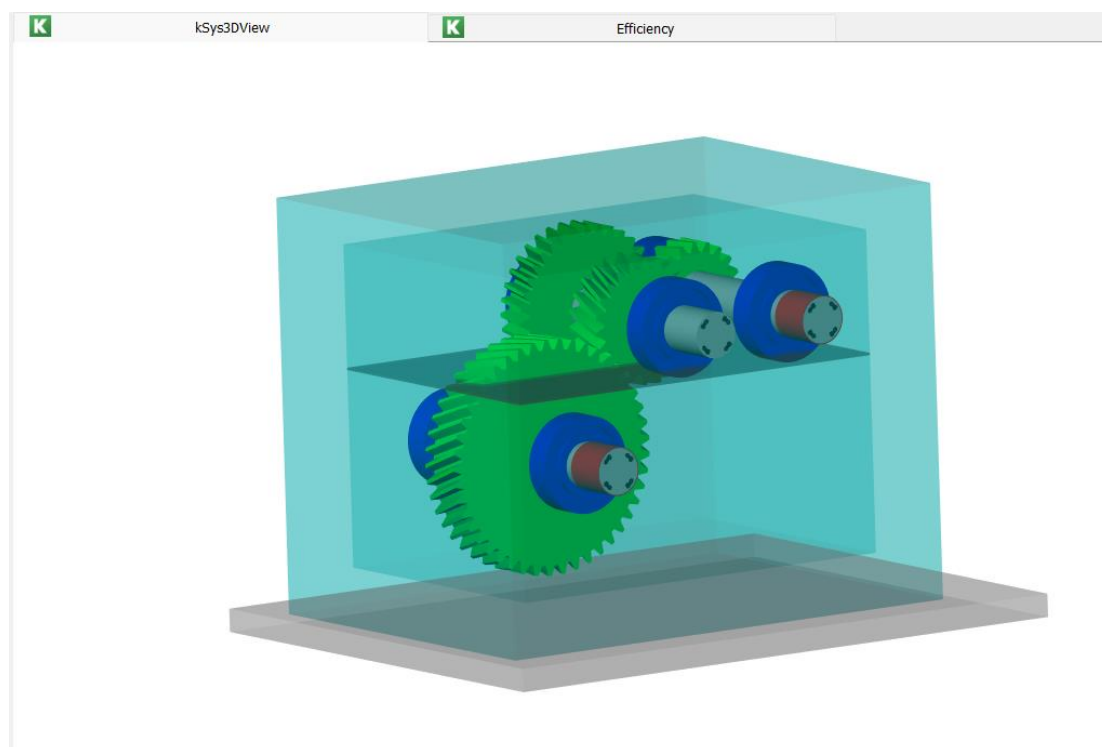


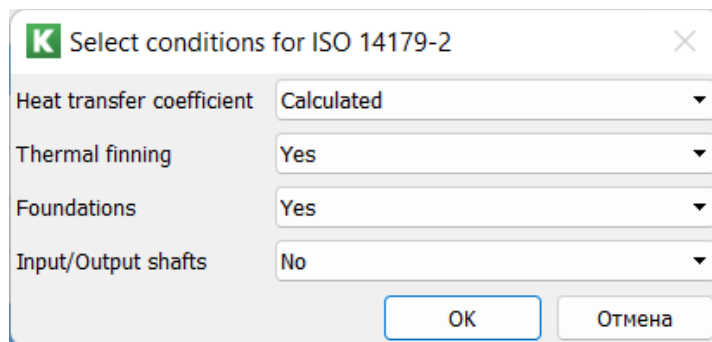
Рис. 4.31. Зображення корпусу на моделі

Для більш детального розрахунку редуктора на тепловий баланс переходимо до наступного діалогового вікна за допомогою піктограми «Settings» (рис. 4.32).

kSys3DView		Efficiency		
A	B	C	D	E
CALCULATION SETUP				
Requested Result	Efficiency		Units	W
Calculation Method	ISO TR 14179-2		Contact Analysis	No
Housing	Settings	Ventilation	Lubrication	Oil Cooler
SPECIFIC FUNCTIONS				
Reset		Inconsistent		Report
RESULTS SUMMARY				
Power Input [W]	1273.8		Efficiency (total) [%]	100
Power Output [W]	1273.8		Efficiency (gear mesh) [%]	100
Power Losses [W]	0		No Req. Result	0
LOSSES AND DISSIPATIONS				
Heat Generated		Correction Factors	Heat Dissipated	
Gear Churning Losses PVZ0 [W]	0		Housing w/ finning [W]	0
Gear Meshing Losses PVZ [W]	0		Foundations [W]	0
Bearing Losses PVL+PVL0 [W]	0		Input/Output Shafts [W]	0
Seal Losses PVD (+rest PVD0) [W]	0		Oil Cooler [W]	2
Total Power Losses [W]	0		Total Dissipation [W]	2

Рис. 4.32. Відкриття діалогового вікна вибору додаткових умов

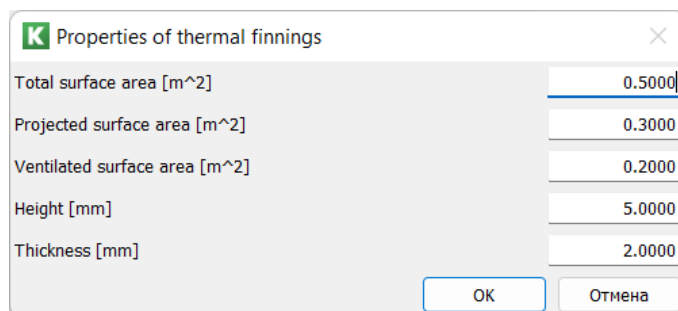
В першому рядку ми можемо обрати як буде задано коефіцієнт теплопередачі (пораховано автоматично чи вручну). В другому рядку ми обираємо чи будуть на редукторі ребра тепловіддачі. В третьому рядку додається основа до корпусу. В останньому рядку вмикається теплопередача на вхідному та вихідному валах (рис. 4.33).



Heat transfer coefficient	Calculated
Thermal finning	Yes
Foundations	Yes
Input/Output shafts	No

Рис. 4.33. Вибір додаткових умов

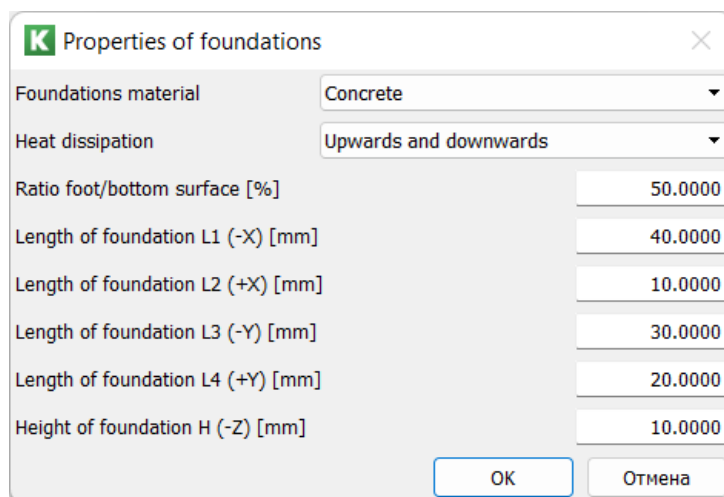
У відкритому діалоговому вікні «*Properties of thermal finnings*» задаємо геометричні параметри ребер тепловіддачі (рис. 4.34).



Total surface area [m ²]	0.5000
Projected surface area [m ²]	0.3000
Ventilated surface area [m ²]	0.2000
Height [mm]	5.0000
Thickness [mm]	2.0000

Рис. 4.34. Геометричні параметри ребер тепловіддачі

У відкритому діалоговому вікні «*Properties of foundations*» задаємо параметри основи (рис. 4.35).



Foundations material	Concrete
Heat dissipation	Upwards and downwards
Ratio foot/bottom surface [%]	50.0000
Length of foundation L1 (-X) [mm]	40.0000
Length of foundation L2 (+X) [mm]	10.0000
Length of foundation L3 (-Y) [mm]	30.0000
Length of foundation L4 (+Y) [mm]	20.0000
Height of foundation H (-Z) [mm]	10.0000

Рис. 4.35. Параметри основи

Далі переходимо до наступного діалогового вікна за допомогою піктограми «*Ventilation*» (рис. 4.36).

kSys3DView		Efficiency		
A	B	C	D	E
1	CALCULATION SETUP			
2	Requested Result	Efficiency	Units	W
3	Calculation Method	ISO TR 14179-2	Contact Analysis	No
4				
5	Housing	Settings	Ventilation	Lubrication
6				
7	SPECIFIC FUNCTIONS			
8	Reset		Inconsistent	Report
9				
10	RESULTS SUMMARY			
11	Power Input [W]	1273.8	Efficiency (total) [%]	100
12	Power Output [W]	1273.8	Efficiency (gear mesh) [%]	100
13	Power Losses [W]	0	No Req. Result	0
14				
15	LOSSES AND DISSIPATIONS			
16	Heat Generated	Correction Factors	Heat Dissipated	Correction Factors
17	Gear Churning Losses PVZ0 [W]	0	Housing w/ finning [W]	0
18	Gear Meshing Losses PVZ [W]	0	Foundations [W]	0
19	Bearing Losses PVL+PVL0 [W]	0	Input/Output Shafts [W]	0
20	Seal Losses PVD (+rest PVD0) [W]	0	Oil Cooler [W]	2
21	Total Power Losses [W]	0	Total Dissipation [W]	2

Рис. 4.36. Відкриття діалогового вікна налаштування вентиляції

У відкритому діалоговому вікні в першу чергу задаємо площину вентиляювання, після чого задаємо й інші параметри вентиляювання (рис. 4.37).

K Ventilation setup ✕

Ventilated surface: Normal to x-z plane ▼

Air velocity [m/s]:

Ambient air temperature [deg. C]:

Ventilated air temperature [deg. C]:

Рис. 4.37. Вибір параметрів вентиляції

За допомогою піктограми «*Lubrication*» переходимо до діалогового вікна «*Lubrication setup*», де можемо налаштувати параметри змащення редуктора (рис. 4.38).

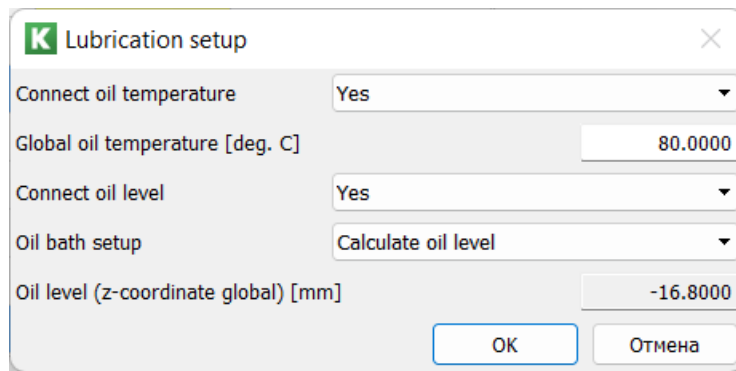


Рис. 4.38. Налаштування параметрів змащення

За допомогою піктограми «*Oil Cooler*» переходимо до діалогового вікна «*Set power of the Oil Cooler*», де можемо налаштувати параметри маслорадіатора (рис. 4.39).

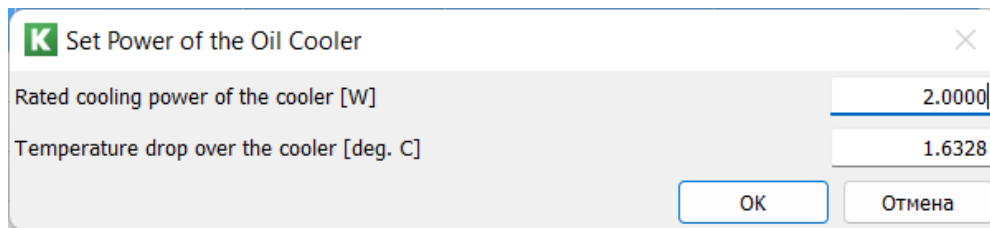



Рис. 4.39. Налаштування параметрів маслорадіатора

Фінальним кроком робимо розрахунок теплообміну за допомогою піктограми «*Розрахунок ККД*»  та отримуємо результати у вкладці «*Losses*» (рис. 4.40).

kSys3DView		Efficiency		Losses
A	B	C	D	
1	Losses	Calculated value [W]	Correction factor	Current value [W]
2	_O.GB.s1.Losses_b1.f	2.0127	1	2.0127
3	_O.GB.s1.Losses_b2.f	1.8356	1	1.8356
4	_O.GB.s1.Losses_z1.f	1.078	1	1.078
5	_O.GB.s2.Losses_b1.f	0.87173	1	0.87173
6	_O.GB.s2.Losses_b2.f	0.89194	1	0.89194
7	_O.GB.s2.Losses_z2.f	3.7376	1	3.7376
8	_O.GB.s2.Losses_z3.f	5.5849	1	5.5849
9	_O.GB.s3.Losses_b1.f	0.25573	1	0.25573
10	_O.GB.s3.Losses_b2.f	0.39658	1	0.39658
11	_O.GB.s3.Losses_z4.f	52.626	1	52.626
12	_O.GB.s3.f1.fPVD0	0	1	0
13	_O.GB.gp1.GP1.fPVZ	22.783	1	22.783
14	_O.GB.gp2.GP2.fPVZ	12.386	1	12.386


Рис. 4.40. Результати розрахунку теплообміну

Крім того, на вкладці «*Efficiency*» можна обрати, який саме розрахунок ми хочемо провести (рис. 4.41).

kSys3DView		Efficiency		Losses	
A	B	C	D	E	
CALCULATION SETUP					
Requested Result	Oil Temperature		Units	W	
Calculation Method	Efficiency		Contact Analysis	No	
	Heat Transfer				
	Cooler Power				
Housing	Oil Temperature	Ventilation	Lubrication	Oil Cooler	
	Input Power				
	Temperature/Time				
SPECIFIC FUNCTIONS					
Reset		Consistent		Report	
RESULTS SUMMARY					
Power Input [W]	1337.8		Efficiency (total) [%]	91.46	
Power Output [W]	1223.5		Efficiency (gear mesh) [%]	97.61	
Power Losses [W]	114.3		Req. Oil Temperature [°C]	40.4	
LOSSES AND DISSIPATIONS					
Heat Generated	Correction Factors		Heat Dissipated	Correction Factors	
Gear Churning Losses PVZ0 [W]	63		Housing w/ finning [W]	107.6	
Gear Meshing Losses PVZ [W]	32		Foundations [W]	6.6	
Bearing Losses PVL+PVL0 [W]	19.3		Input/Output Shafts [W]	0	
Seal Losses PVD (+rest PVD0) [W]	0		Oil Cooler [W]	0	
Total Power Losses [W]	114.3		Total Dissipation [W]	114.2	

Рис. 4.41. Вибір типу розрахунку

4.4.5 Отримання результатів

Для проведення розрахунку та створення звіту на меню піктограм натискаємо кнопку «*Виконати розрахунок і створити звіт*» . В отриманому звіті будуть всі розрахунку, які обирали раніше.

4.5 Приклади редукторів

В цьому розділі наведені можливі варіанти побудови редукторів. Крім того, буде показано, як виглядає кінематична схема на практиці.

4.5.1 Приклади одноступінчастих редукторів

На рис. 4.42, 4.43 та 4.44 наведені приклади циліндричного одноступінчастого, конічного та черв'ячного редукторів, відповідно.

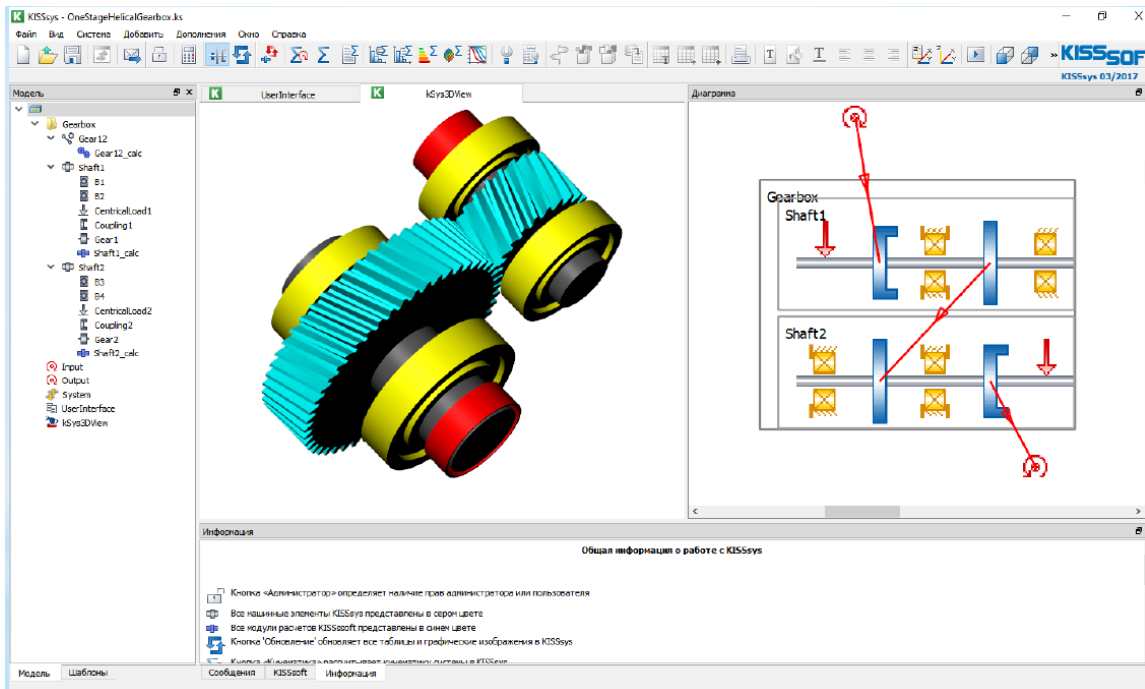


Рис. 4.42. Циліндричний одноступінчастий редуктор

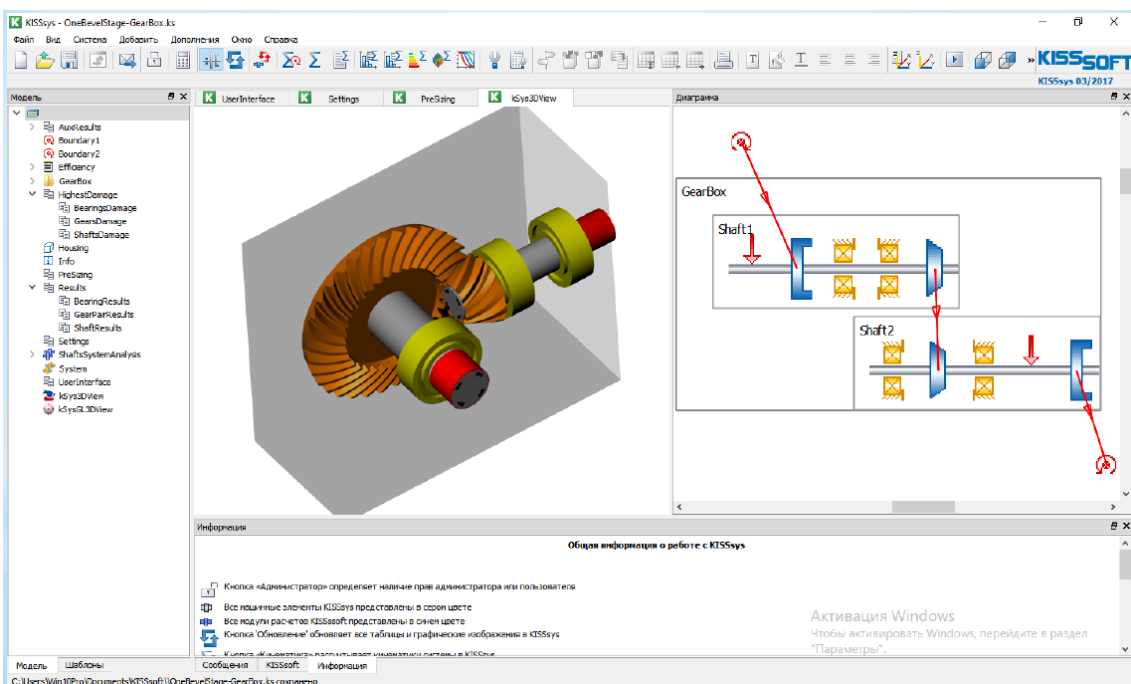


Рис. 4.43. Конічний одноступінчастий редуктор

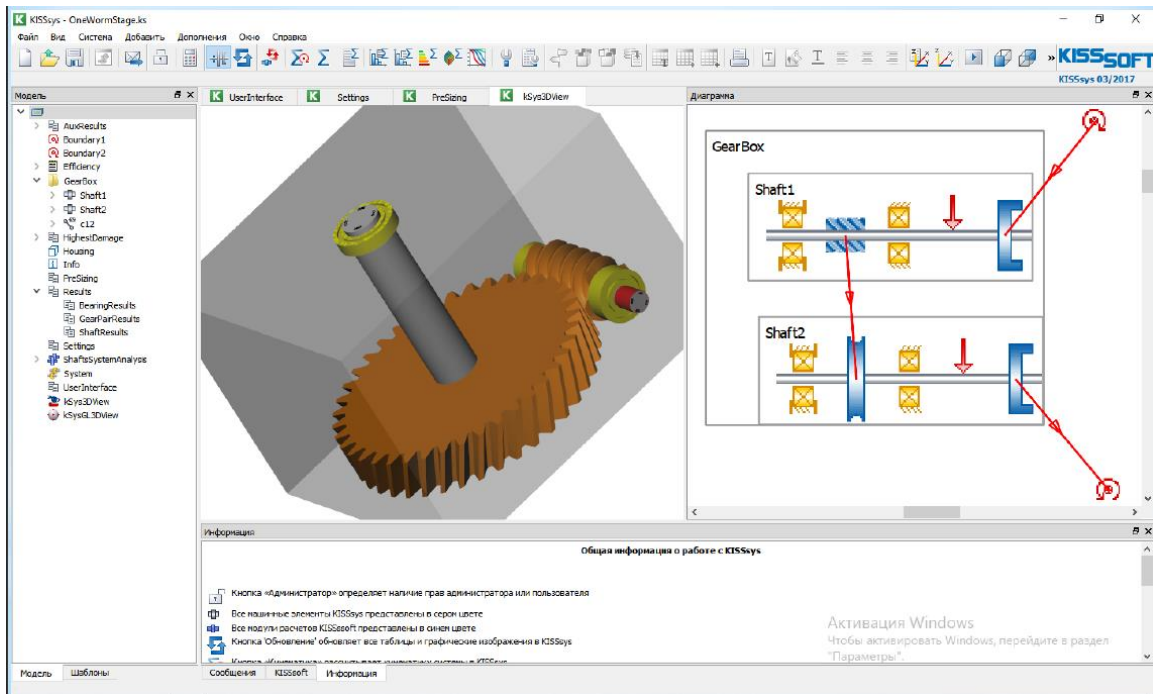


Рис. 4.44. Черв'ячний одноступінчастий редуктор

4.5.2 Приклади двоступінчастих редукторів

На рис. 4.45, 4.46 та 4.47 наведені приклади циліндричного двоступінчастого, конічно-циліндричного та черв'ячно-циліндричного редукторів, відповідно.

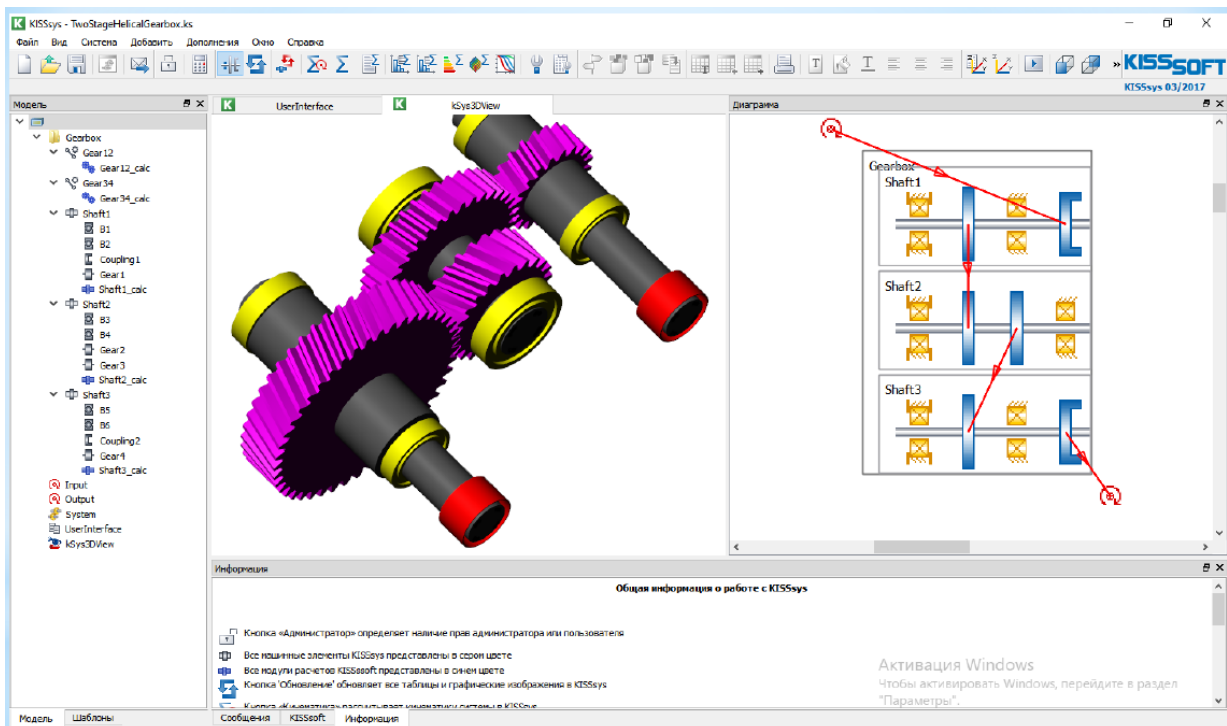


Рис. 4.45. Циліндричний двоступінчастий редуктор

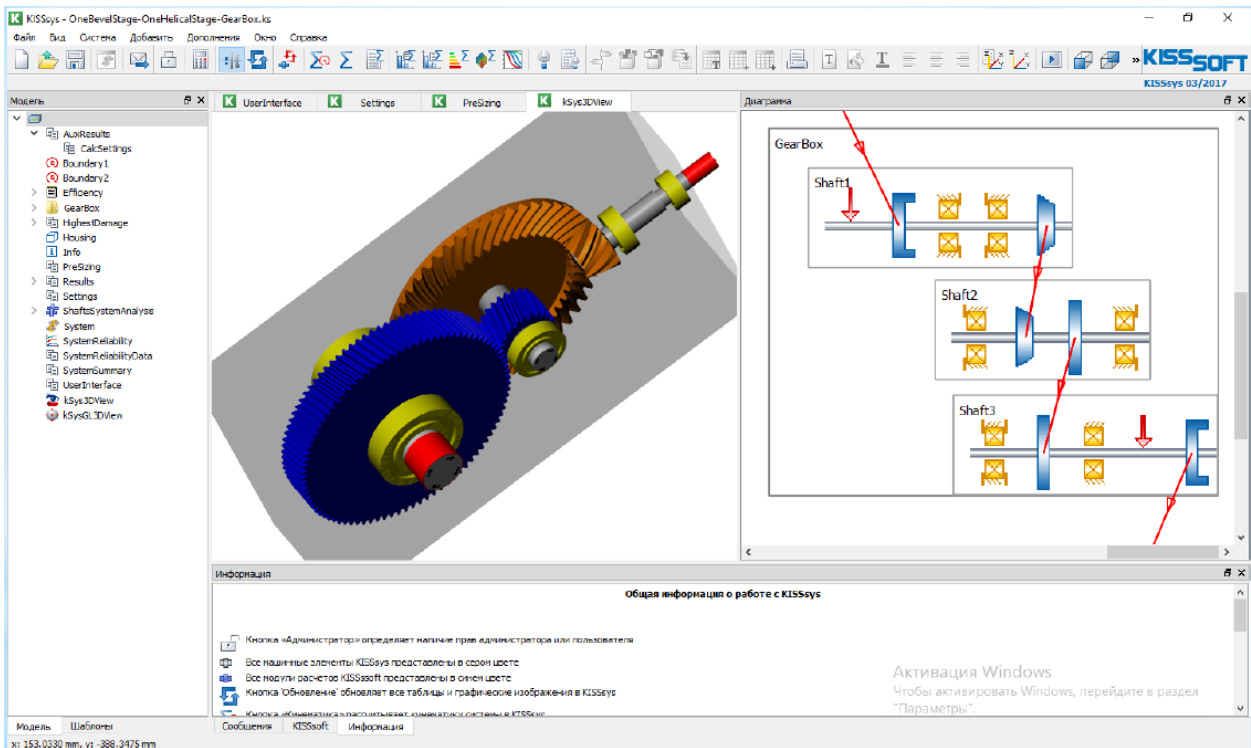


Рис. 4.46. Конічно-циліндричний редуктор

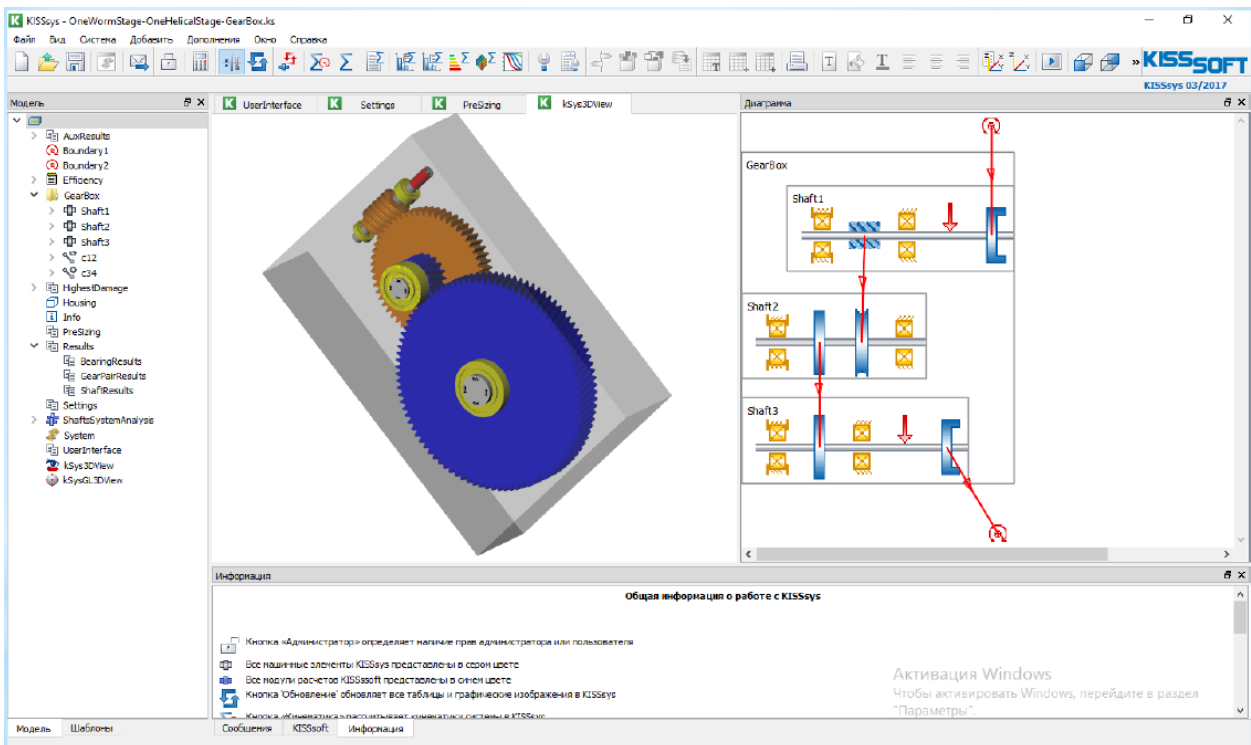


Рис. 4.47. Черв'ячно-циліндричний редуктор

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Які основні етапи розрахунку та проектування в програмному продукті KISSsoft?
2. Як провести орієнтовний розрахунок основних параметрів передач у програмі KISSsoft?
3. Які параметри передач можливо розрахувати у програмі KISSsoft?
4. Як обрати оптимальний варіант з необхідними параметрами під час проектування передач у програмі KISSsoft?
5. Як саме та коли проводиться оптимізація передач у програмі KISSsoft?
6. Які елементи конструкцій можливо спроектувати у програмі KISSsoft?
7. Чи можливо проводити динамічні розрахунки та проектування передач у програмі KISSsoft?
8. Які основні результати відображаються після завершення моделювання у програмі KISSsoft?
9. Які основні дії необхідно виконати при створенні звіту моделювання?
10. Які типи редукторів та механізмів можливо спроектувати у програмі KISSsoft?

ПОСИЛАННЯ

1. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин. К.: Вища шк., 2013. – 556 с.
2. Малащенко В.О. Деталі машин. Курсове проектування : навчальний посібник / В.О. Малащенко, В.В. Янків/ Львів : "Новий Світ-2000", 2020. – 230с.
3. Курмаз Л.В. Основи конструювання деталей машин: навч. посібник. – Харків: Видавництво «Підручник НТУ «ХП», 2010. – 532с.
4. Решетов Д.Н. «Детали машин». - М.: Машиностроение, 2015. – 656 с.
5. Проектування привода випробувальної установки: Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Деталі машин» / Укл. Б.І. Ковальчук, О.П. Заховаймо. – К .: Політехніка, 2005. – 124 с.
6. Kisssoft release 03/2018 user manual.pdf
7. <https://www.kisssoft.com/en>
8. <https://www.kisssoft.com/en/products/training>