

УДК 621.855.001.24

О.І. Пилипенко, д-р техн. наук**А.В. Полуян**, аспірант

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

ВИРІШЕННЯ ІНЖЕНЕРНИХ ЗАДАЧ ПІД ЧАС 3D ПРОЕКТУВАННЯ ЗІРОЧОК ЛАНЦЮГОВОЇ ПЕРЕДАЧІ

Представлена порівняльна характеристика вирішення інженерних задач під час 3D проектування зірочок ланцюгової передачі за допомогою високоінтелектуальних CAD/CAE/CAM програм.

Ключові слова: оптимізація, ланцюгові передачі, 3D проектування.

Представлена сравнительная характеристика решения инженерных задач при 3D проектировании звёздочек цепной передачи с помощью высокоинтеллектуальных CAD /CAE / CAM программ.

Ключевые слова: оптимизация, цепные передачи, 3D проектирование.

The comparative characteristics of engineering tasks in 3D design sprocket chain drive with highly intelligent CAD / CAE / CAM software.

Key words: optimization, chain drives, 3D design.

Постановка проблеми. Нині виникає необхідність модернізації та оптимізації технологічних машин та комплексів. Цю проблему допомагають вирішити сучасні потужні високоінтелектуальні CAD/CAE/CAM програми [1; 2; 3], здатні в комплексі розв'язувати складні науково-інженерні задачі, пов'язані зі структурно-параметричним синтезом, оптимізацією статичним та динамічним аналізом. Головною цінністю сучасних CAD/CAE/CAM програм є можливість проведення комп'ютерного експерименту та відтворення реальних умов роботи технологічної машини, механізму, деталі. Використання CAD/CAE/CAM програм полегшує інженеру-конструктору науково-технічний розрахунок, який здійснюється за допомогою спеціалізованих модулів відповідних програм на початковій стадії проектування. У CAD програмах розрахункові модулі, які в них інтегровані, здійснюють розрахунок на основі методу скінченних елементів типу Ansys, Cosmos. Це дає можливість комплексно розв'язувати складні науково-інженерні статичні та динамічні задачі і за результатами вносити різноманітні раціонально-оптимізаційні зміни в конструкцію механічних систем.

Раніше, до появи CAD/CAE/CAM програм, виникала складність під час графічного проектування 3D моделі, відтворення ізометрії деталей, механізму та власне самої ізометричної побудови. У наш час, під час застосування CAD/CAE/CAM програм, виникають питання та проблеми, які зорієнтовані у своїй основі на точність відтворення реальних умов роботи технологічної машини, механізму, деталі. Під час комплексного оцінювання значного обсягу отриманих результатів відбувається введення відповідних інтегральних критеріїв оцінювання прийнятих технічних рішень. Коло питань та проблем звужується або розширюється залежно від спроектованого об'єкта, тобто технологічної машини, одного з її модулів чи окремо взятої деталі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні використання в експериментальній науково-дослідній сфері CAD/CAE/CAM програм набуває великих масштабів. Причини в тому, що це пов'язано з можливістю проведення експерименту, в якому враховуються та відтворюються реальні умови роботи технологічної машини, механізму, деталі. В таких експериментах достатньо створити 3D модель машини, механізму чи деталі. Не виникає необхідності створювати реальні експериментальні машини, механізми, що у свою чергу, дозволяє заощадити час і кошти.

Серед CAD/CAE/CAM програм можна виділити такий програмний продукт, як SolidWorks. Це продукт компанії SolidWorks Corporation (нині дочірня компанія Dassault Systèmes). SolidWorks є ядром інтегрованого комплексу автоматизації підприємства, за допомогою якого здійснюється підтримка життєвого циклу виробу згідно з концепцією CALS-технологій. Програма з'явилась у 1993 році та складала конкуренцію

таким продуктам, як AutoCAD та Autodesk Mechanical Desktop, SDRC I-DEAS і Pro/ENGINEER, Solid Edge.

Досліджень у галузі розв'язання інженерних задач, пов'язаних з 3D проектуванням зірочок ланцюгової передачі за допомогою продукту SolidWorks, наскільки нам відомо, не існує.

Мета статті. Представити порівняльну характеристику вирішення інженерних задач під час 3D проектування зірочок ланцюгової передачі.

Виклад основного матеріалу. Під час 3D проектування використовуємо параметри та якісні характеристики зірочок ланцюгової передачі за ГОСТ 591-69.

Розглянемо два випадки:

1. 3D проектування зірочок ланцюгової передачі за допомогою продукту АСКОН "КОМПАС-3D" V13.

Цей програмний продукт має у своєму складі менеджер бібліотек (рис. 1), який містить папку "Розрахунок і побудова" (рис. 1, а). У цій папці розміщені програмні модулі (рис. 1, б), які використовуються для розрахунку та побудови 3D моделей, зокрема, "КОМПАС – SHAFT 3D".

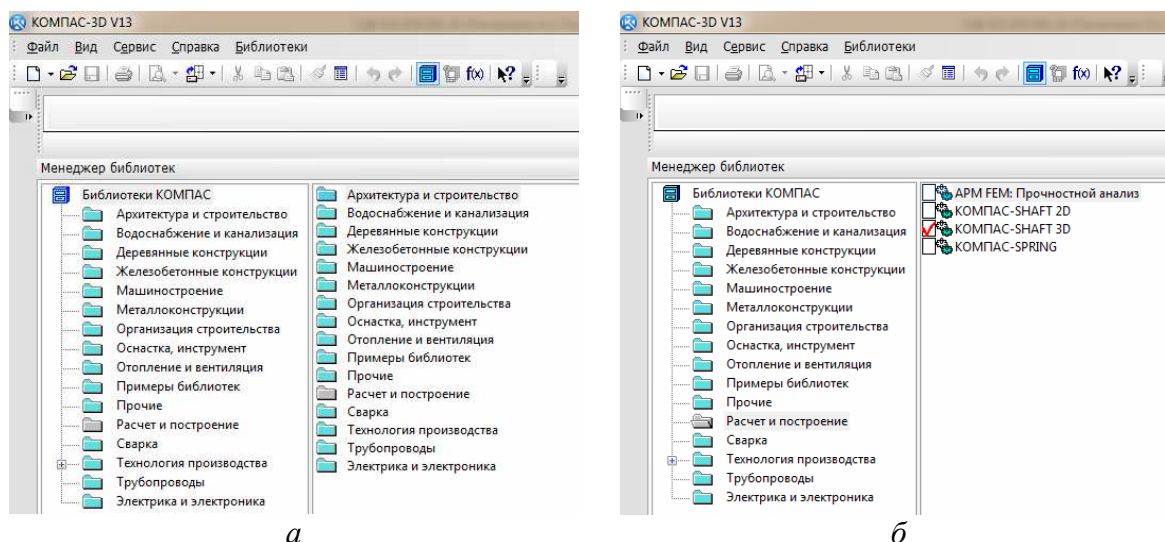


Рис. 1. Менеджер бібліотек продукту АСКОН "КОМПАС-3D" V13

"КОМПАС – SHAFT 3D" містить у своєму складі модулі (рис. 2), які використовуються для розрахунку і побудови механічних передач.

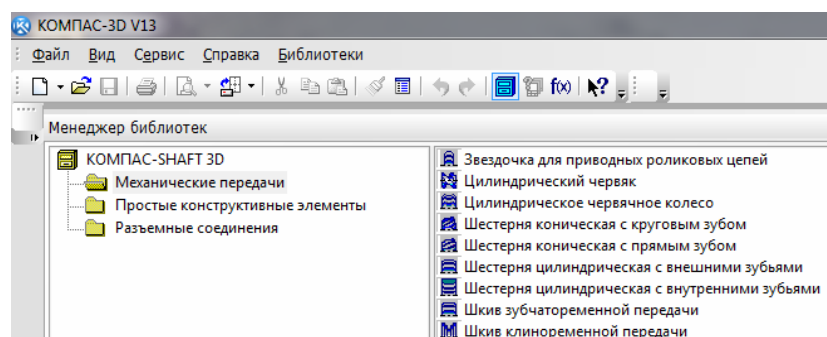


Рис. 2. Вікно можливостей розрахунку та побудови модуля "КОМПАС – SHAFT 3D"

Нас цікавить розрахунок та побудова зірочок для приводних роликових ланцюгів. Завантажимо цей модуль (рис. 3) та розглянемо його можливості.

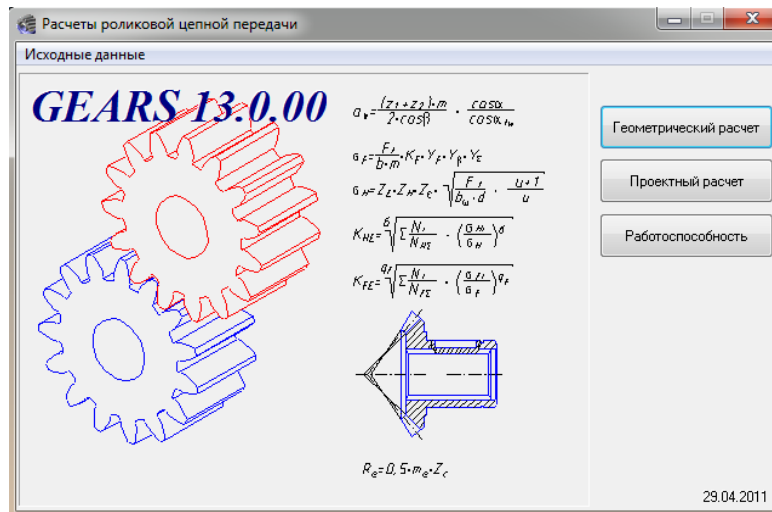


Рис. 3. Вікно можливостей прикладної програми модуля "КОМПАС – SHAFT 3D"

Виберемо для розрахунку підпрограму "Геометрический расчёт". У вікні, яке з'явилось (рис. 4), як бачимо, можна задавати та вибирати різні параметри.

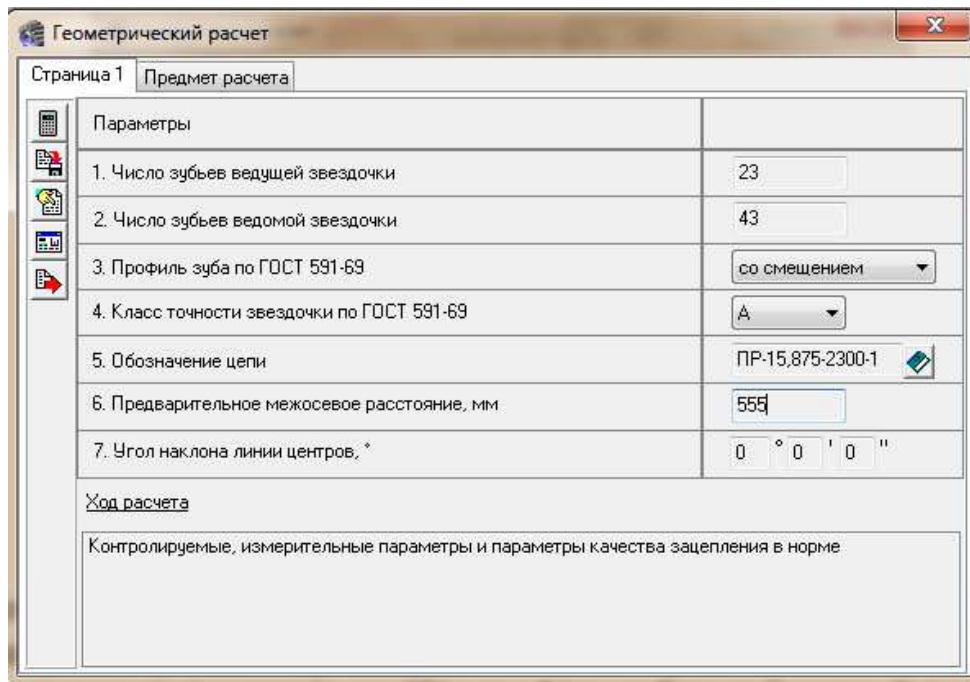


Рис. 4. Вікно внесення параметрів для геометричного розрахунку ланцюгової передачі

Задаємо, наприклад, такі параметри: кількість зубців ведучої зірочки ($z_1 = 23$); кількість зубців веденої зірочки ($z_2 = 43$); профіль зубця "зі зміщенням"; клас точності зірочки "A"; ланцюг ПР-15,875-2300-1; попередня міжосьова відстань 555 мм; кут нахилу лінії центрів "0" (рис. 4). Після внесення даних програма виконає розрахунок.

У результаті розрахунку отримуємо параметри (рис. 5), за якими програма буде будувати 3D моделі ведучої (рис. 6, а) та веденої (рис. 6, б) зірочок.

Результаты расчета

Две страницы

Таблица 1. Расчет цепной передачи с роликовой или втулочной цепью

Наименование параметра	Ведущая звездочка	Ведомая звездочка
Исходные данные		
Число зубьев	23	43
Обозначение цепи	PR-15.875-2300-1	
Шаг цепи, мм	15,88	
Предварительное межцентровое расстояние, мм	555	
Передаточное отношение	1,86957	
Диаметр ролика(втулки) цепи, мм	10,16	
Наибольшая ширина пластины цепи, мм	14,8	
Расстояние между внутренними пластинами, мм	6,48	
Межцентровое расстояние передачи, мм	561,46333	+0,27
		-0,7
Число звеньев цепи	104	
Определяемые параметры для построения профиля зубьев звездочек		
Диаметр делительной окружности, мм	116,6218	217,64821
Диаметр окружности выступов, мм	123,98374	225,41601
Диаметр окружности впадин, мм	106,311	207,23741
Наибольшая хорда, мм	106,0081	207,0757
Радиус впадин, мм	5,1554	
Радиус сопряжения, мм	13,2834	
Радиус головки зуба, мм	6,75903	6,64139
Половина угла впадины	52°23'29"	53°30'17"
Угол сопряжения	16°33'56"	16°41'52"
Половина угла зуба	14°13'03"	15°30'42"
Прямой участок профиля, мм	0,91316	1,03389
Расстояние от центра дуги впадины до центра дуги выступа зуба, мм	12,5984	
Смещение центров дуг впадин, мм	0,4764	
Координаты точки O1, мм	X: 6,43888	6,54257
	Y: 4,96024	4,82278
Координаты точки O2, мм	X: 12,48106	12,56479
	Y: 1,71548	0,91962

Продолжение табл. 1.

Наименование параметра	Ведущая звездочка	Ведомая звездочка
Параметры для построения венца звездочек с поперечным сечением		
Радиус закругления зуба, мм	17,3	
Расстояние от вершины зуба до линии центра дуг закруглений, мм	8,128	
Диаметр обода (наибольший), мм	96	198
Радиус закруглений обода, мм	1,6	
Ширина зуба звездочки, мм	5,8764	

Рис. 5. Результаты розрахунку ланцюгової передачі

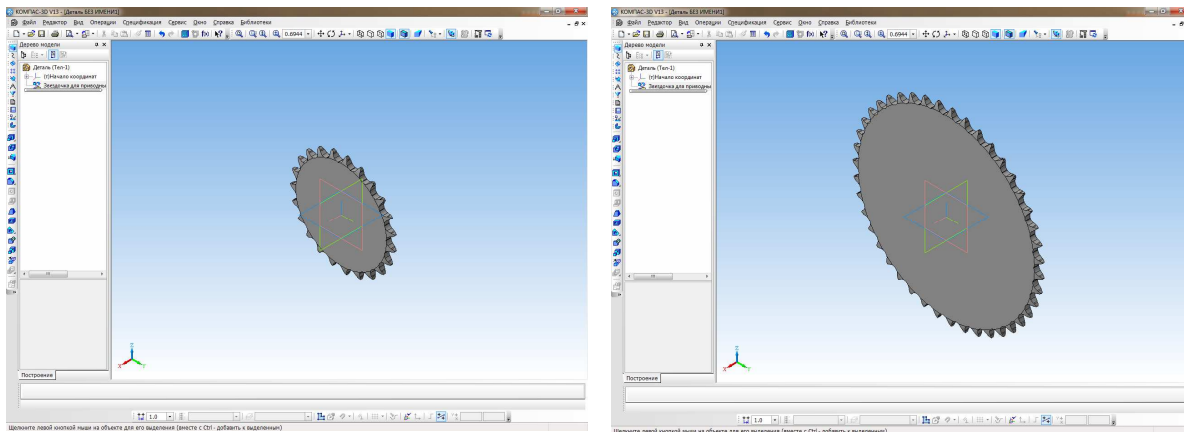


Рис. 6. 3D моделі зірочок, побудовані за допомогою прикладної програми модуля "КОМПАС – SHAFT 3D": а – 3D модель ведучої зірочки; б – 3D модель веденої зірочки

2. 3D проектування зірочок ланцюгової передачі за допомогою продукту дочірньої компанії Dassault Systèmes – SolidWorks 2013.

Цей програмний продукт має у своєму складі бібліотеку проектування (рис. 7), в якій містяться підбібліотеки проектування стандартних елементів Toolbox.

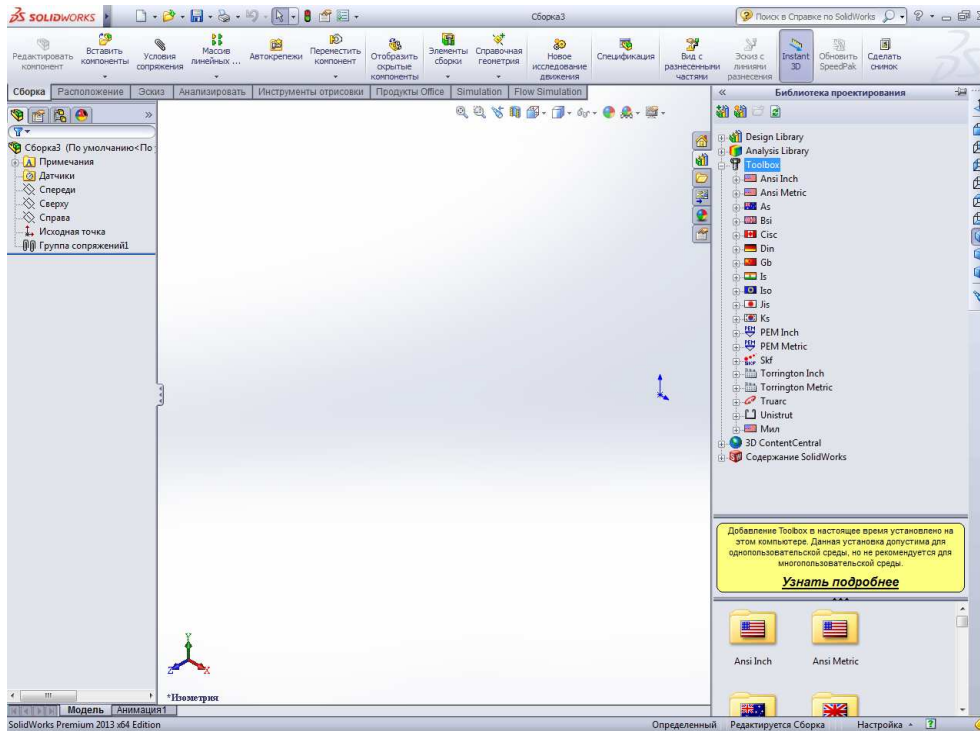


Рис. 7. Вікно програми SolidWorks 2013 із завантаженою бібліотекою проектування стандартних елементів

Із підбібліотеки Toolbox вибираємо стандартні елементи ланцюгової передачі згідно зі стандартом ISO 606-94 (рис. 8).

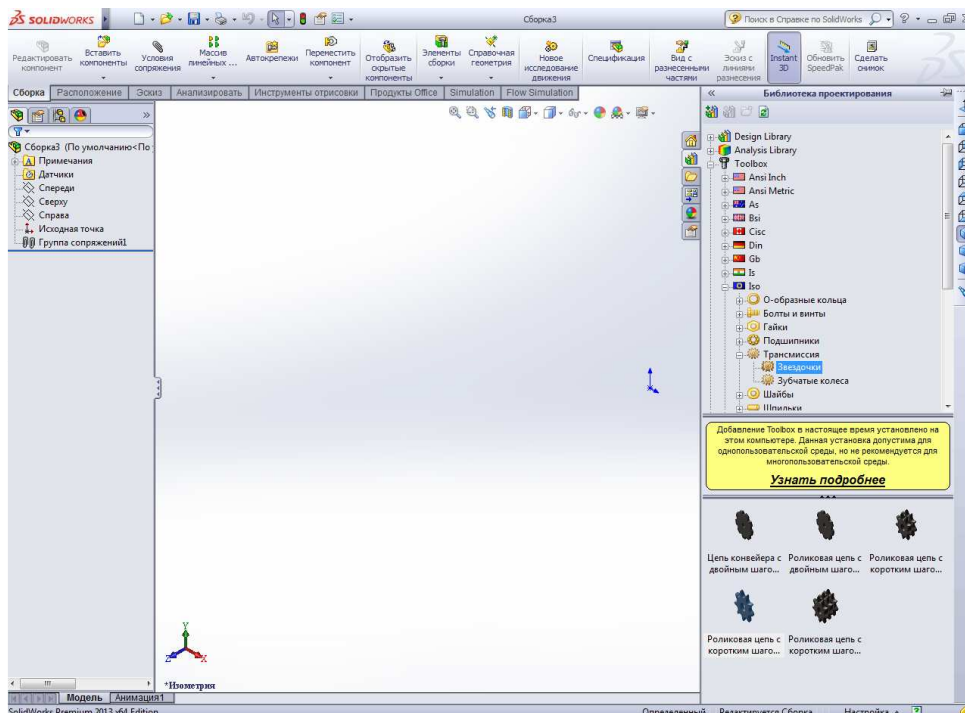


Рис. 8. Вікно програми SolidWorks 2013 із завантаженою та вибраною підбібліотекою проектування трансмісії (ланцюгової передачі) згідно зі стандартом ISO 606-94

У результаті вибору для проектування елемента трансмісії – зірочки, програма запитує про параметри, за якими буде проектуватися її 3D модель (рис. 9).

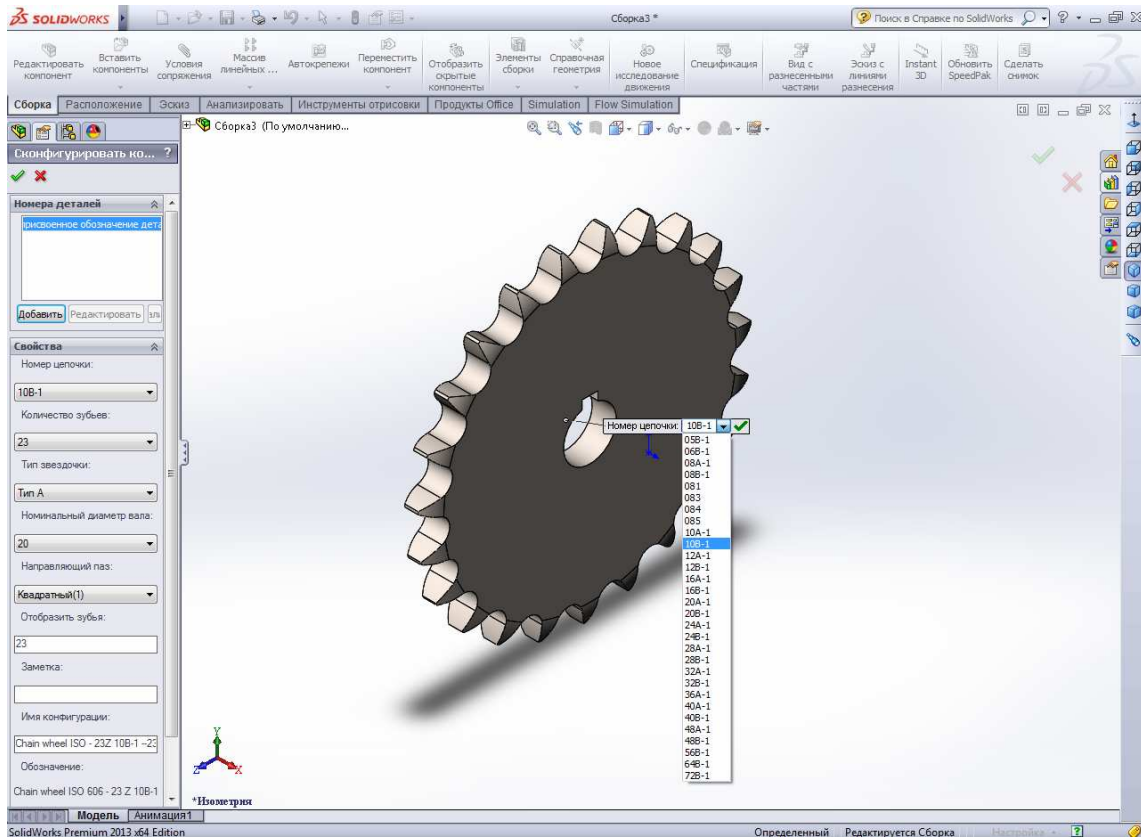


Рис. 9. Вікно внесення параметрів для 3D проектування зірочки ланцюгової передачі згідно зі стандартом ISO 606-94

Проектування 3D моделей ведучої та веденої зірочок ланцюгової передачі відбувається окремо. Задаємо параметри для проектування ведучої зірочки ланцюгової передачі: номер ланцюга вказуємо відповідно до стандарту ISO 606-94 10B-1, що відповідає ПР-15,875-2300-1 за стандартом ГОСТ 13568-97; кількість зубців зірочки $z_1 = 23$ (рис. 10, а); тип зірочки – "А"; номінальний діаметр вала – довільна величина; направляючий паз під шпонку – квадратний (виконання 1). Параметри для веденої зірочки ланцюгової передачі та її побудова однакові з ведучою, окрім числа зубців $z_2 = 43$ (рис. 10, б).

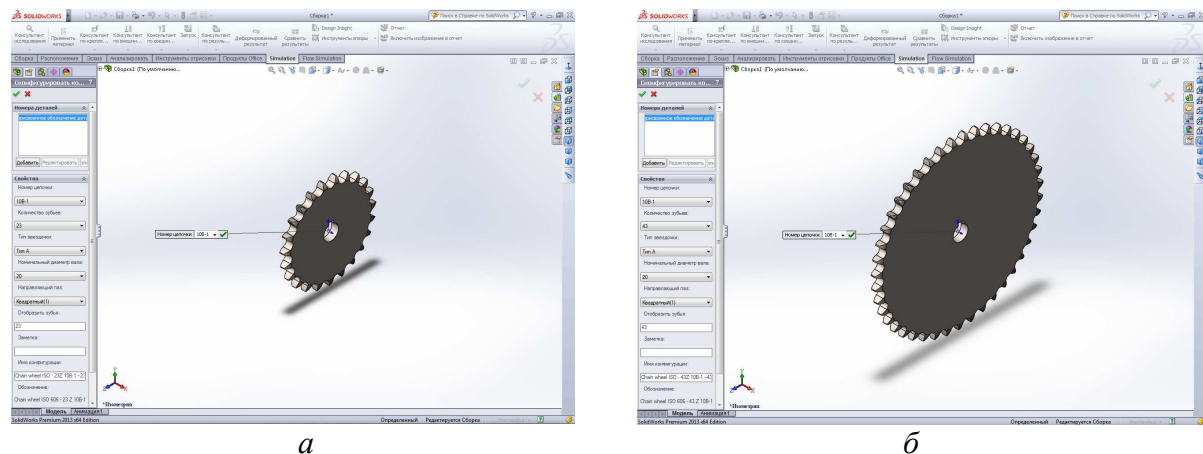


Рис. 10. 3D моделі зірочок, побудовані за допомогою програми SolidWorks 2013:
 а – 3D модель ведучої зірочки; б – 3D модель веденої зірочки

Порівнюючи розглянуті випадки вирішення складних інженерних задач під час 3D проектування зірочок ланцюгової передачі, бачимо, що програмний продукт "КОМПАС-3D" V13 дає змогу вибрати більше параметрів для розрахунку та побудови

(профіль зубця зірочки: зі зміщенням чи без зміщення; кут нахилу лінії центрів зірочок ланцюгової передачі), порівняно з продуктом SolidWorks 2013, а це, у свою чергу, впливає на подальшу точність відтворення 3D моделі. Можливість побудови зірочок ланцюгової передачі з різними випадками зміщення центрів дуг западин (зі зміщенням та без зміщення) дає можливість розширення числа експериментів.

Висновки. Виходячи з викладеного вище матеріалу, можна стверджувати, що використання сучасних високоінтелектуальних CAD/CAE/CAM програм полегшує інженеру-конструктору технічні розрахунки, які програми здійснюють за допомогою спеціалізованих модулів проектування та дають можливість за короткий проміжок часу спроектувати 3D модель.

Використання програмного продукту "КОМПАС-3D" V13 дає більші можливості конструктору щодо вибору параметрів для розрахунку та побудови 3D моделі зірочки ланцюгової передачі і впливає на її подальшу точність графічного відтворення.

Список використаних джерел

1. *Алямовский А. А.* COSMOSWorks. Основы расчёта конструкций на прочность в среде SolidWorks / А. А. Алямовский. – М. : ДМК Пресс, 2010. – 789 с.
2. *Paul M. Kurowski.* Engineering. Analysis with COSMOSWorks Professional. – Schroff Development Corporation (SDC), 2005. – 248 p.
3. *Кудрявцев Е. М.* КОМПАС-3D V10. Максимально полное руководство : в 3-х томах / Е. М. Кудрявцев. – М. : ДМК Пресс, 2008. – 1184 с.

УДК 539.3:534.1

О.О. Горбатко, канд. техн. наук

О.В. Савченко, канд. техн. наук

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

ОПТИМІЗАЦІЯ БАГАТОШАРОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ З РІЗНОЮ СТРУКТУРОЮ АРМУЮЧИХ ШАРІВ

Розглянуто постановку проблеми оптимального проектування багатошарових конструкцій з композиційних матеріалів з різною структурою армування при обмеженнях на товщину, кут армування і жорсткість.

Ключові слова: композиційні матеріали, декремент коливань, оптимізація.

Рассмотрена постановка задачи оптимального проектирования многослойных конструкций из композиционных материалов с разной структурой армирования при ограничениях на толщину, угол армирования и жесткость.

Ключевые слова: композиционные материалы, декремент колебаний, оптимизация.

A problem definition for optimal design of multi-layered structures of composite materials with different reinforcement structure, under constraints for layer thickness, reinforcement angle and stiffness, is considered.

Key words: composite materials, decrement of vibrations, optimization.

Вступ. Конструкції з композиційних матеріалів використовуються у багатьох галузях виробництва: в аерокосмічній техніці (блоки і корпуси ракет), літакобудуванні (обшивки літальних апаратів), автомобільній галузі (стельові і бокові панелі кузовів), залізничному транспорті (елементи вагонів), виробництві газотурбінних двигунів (лопатки турбін), суднобудуванні (корпуси яхт і суден) тощо [1-7]. Найчастіше елементи конструкцій являють собою багатошарову структуру, кожний шар якої спроектований відповідно до необхідних технологічних вимог. Кількість існуючих видів композиційних матеріалів ускладнює розрахунки елементів конструкцій у зв'язку з необхідністю врахування неоднорідностей як на мікро-, так і на макрорівнях. До першого рівня неоднорідності (мікрорівня) приводить наявність двох (або більше) фаз композиційного матеріалу з різними властивостями – основи (матриці) й армуючих елементів. На цьому етапі розрахунків необхідні ефективні характеристики можна визначити як усереднені властивості композиційного матеріалу за допомогою аналітичних, чисельних або експериментальних методів [8-10]. Другий рівень неодно-