

Для изменения положения максимального значения напряженности магнитного поля индуктивного элемента H_{cz} , эффективным способом является изменение его длины L .

ЛИТЕРАТУРА

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: Учебник. – 9-е изд., перераб. и доп. – М: Гардарики, 2001. – 317 с.
2. Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. Т.2/ К.С. Демирчян, Л.Р. Нейман, Н.В. Коровкин. – СПб.: Питер, 2009. – 432 с.
3. Купалян С.Д. Теоретические основы электротехники. Ч.3. Электромагнитное поле. Издание 3-е, исправленное и дополненное. – М.: Энергия, 1970. – 248 с.
4. Воронцов А.А. Математическое моделирование магнитных полей двухкоординатных магнито-стрикционных наклонеров, содержащих постоянный магнит в форме прямоугольного параллелепипеда/ Ю.Н. Слесарев, А.А. Воронцов, Э.В. Карпухин// Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – т.19. – №1. – С.25-29.
5. Математическое моделирование магнитных полей двухкоординатных магнито-стрикционных наклонеров, содержащих постоянный магнит в форме прямоугольного параллелепипеда Слесарев Ю.Н., Воронцов А.А., Карпухин Э.В. Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19. – № 1. – С. 25–29
6. Mathematical Modeling of Magnetic Fields of the Permanent Magnets and Solenoids, and Comparing the Results Obtained. Slesarev U.N., Mikhajlov P.G. and Vorontsov A.A. International Journal of Applied Engineering Research (IJAER) Volume 11, Number 20 (2016) pp. 10338–10342
7. Повышение эффективности расчета параметров акустических трактов магнито-стрикционных преобразователей перемещения. Слесарев Ю.Н., Воронцов А.В., Родионов С.В Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2016. №2 (Выпуск 56). С. 169–175.

УДК 514.18; 004.896

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ КОНСТРУЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН У ПРОГРАМНИХ СЕРЕДОВИЩАХ КОМПАС-3D ТА INVENTOR

О.М. Твердохліб¹, І.В. Вернер², О.М. Теліпко³

^{1,2}асистент кафедри основ конструювання механізмів і машин, e-mail: ill3@ukr.net

³студент групи ІМмм-15-1

^{1,2,3}Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. У роботі розглядаються можливості використання найбільш поширених САПР систем Inventor і Компас-3D на прикладі проектування елементів редукторів. Робиться порівняльний аналіз можливостей наданих систем.

Ключові слова: Компас-3D, Inventor, Autodesk, освіта, проектування.

COMPARATIVE ANALYSIS OF DESIGNING MACHINE PARTS IN COMPASS-3D AND INVENTOR SOFTWARE

Alexander Tverdohle¹, Ilya Verner², Alexander Telipko³

^{1,2}Assistant, Machinery Design Bases Department, e-mail: ill3@ukr.net

³Student

^{1,2,3} National Technical University 'Dnipro Polytechnic', Dnipro, Ukraine

Abstract. The paper considers the possibilities of using the most common CAD systems such as Inventor and Compass-3D on the example of the reducer elements designing. A comparative analysis of the capabilities of the systems are provided.

Keywords: Compas-3D, Autodesk, Inventor, education, design.

Вступ. У підготовці інженерів важливе місце займає конструювання та проєктування, яким слід приділяти особливу увагу.

Під проєктуванням розуміється процес розробки технічної документації, що містить техніко-економічні обґрунтування, розрахунки, креслення, макети, кошторису, пояснювальні записки та інші матеріали, необхідні для виробництва машини. За типом зображення об'єкта розрізняють креслярське і об'ємне проєктування. Останнє включає виконання макета або моделі об'єкта. Для деталей машин характерний креслярський метод проєктування. Сукупність конструкторських документів, отриманих в результаті проєктування, називається проєктом.

Щоб позбавити конструктора від виконання трудомістких розрахунків, багатофакторного аналізу і великого обсягу графічних робіт використовують сучасну комп'ютерну техніку (КТ). При цьому конструктор ставить задачу для КТ і приймає остаточне рішення, а машина обробляє весь обсяг інформації і робить первинний відбір. Для такого спілкування людини з машиною створюються системи автоматизованого проєктування (САПР), які сприяють підвищенню техніко-економічного рівня проєктованих об'єктів, скорочення термінів, зменшення вартості і трудомісткості проєктування.

Відповідно до розробленої в процесі проєктування робочої документації в подальшому створюється технологічна документація, яка визначає технологію виготовлення виробу.

Робочі, технологічні, а також нормативно-технічні документи (останні включають стандарти всіх категорій, керівні технічні матеріали, загальні технічні вимоги та ін.) в сукупності складають технічну документацію, необхідну для організації і здійснення виробництва, випробувань, експлуатації та ремонту предмета виробництва (вироби).

Умови роботи деталей машин бувають дуже різними і важко піддаються точному обліку, тому розрахунки деталей машин часто виконують по

наближеним, а іноді, емпіричними формулами, отриманими в результаті узагальнення накопиченого досвіду проектування, випробувань і експлуатації деталей і вузлів машин. В процесі проектування деталей машин зустрічаються два види розрахунків, а саме: проектний розрахунок, при якому зазвичай визначаються основні розміри деталей або вузла, перевірочний розрахунок, коли для створеної конструкції визначається, наприклад, значення напруг в небезпечних перетинах, тепловий режим роботи, довговічність і інші необхідні параметри.

Зубчасті передачі є відповідальними елементами багатьох сучасних машин і механізмів. До їх основних якісних показників відносяться точність передачі обертання, здатність навантаження, малошумність, ресурс. Перераховані критерії забезпечуються технологічними засобами на стадії операцій зубопрофілювання, де формуються робочі поверхні зубів. Технологія виготовлення в більшості випадків побудована на реалізації методу обкатки як на традиційних, так і на багатокоординатних верстатах різних компоновок.

Мета роботи. Метою роботи є продемонструвати можливості сучасних CAD систем компаній Autodesk і АСКОН при проектуванні складних механічних механізмів, а також проаналізувати їх можливості.

Матеріал і результат досліджень. Використання сучасних методів комп'ютерної 3D графіки дозволяють удосконалити і прискорити процес проектування технологічних операцій зубопрофілювання [1], забезпечуючи отримання кінцевих форм поверхонь зубів у вигляді наочних і точних комп'ютерних твердотілих моделей.

САПР Компас-3D і Autodesk Inventor – є найбільш широко поширеними системами твердотілого моделювання. Це означає, що процес побудови моделі складається з послідовного додавання або видалення матеріалу в результаті переміщення в просторі тривимірного поля електронного геометричного об'єкта, «ескізу», (обертання навколо осі, видавлювання перпендикулярно площині ескізу, переміщення по траєкторії та ін.).

Обидві даних системи дозволяють автоматизувати процеси проектування елементів таких механічних передач як: шестерні, вали, зубчасті, планетарні, ортогональні, зубчасто-ременеві, черв'ячні, цівкові і інші передачі. Основні етапи створення зубчастого зачеплення продемонстровані в таблиці 1.

Таблица 1 Порівняльний аналіз етапів конструювання деталей машин

Autodesk Inventor	Аскон КОМПАС-3D
Этап 1 - підключення бібліотеки	
Этап 2 - введення початкових даних	
Этап 3 - генерація геометричних параметрів та перевірочні розрахунки	

Генератор компонентов цилиндрического зубчатого зацепления

Модель f6 Расчет

Общие

Выбор модели: Мехосевое расстояние

Требуемое передаточное отношение: 2,4783 бр

Угол профиля: 20,000 град

Угол наклона зуба: 0,000 град

Выбор коэффициента смещения: Пользовательский

Мод: Z,0

Зуб: Кол: 23 Шир: 20

11:37

11:37

Иско: Пл Ко

Размеры зубьев

Кoeffициент высоты головки зуба a^* : 1,0000 бр

Зазор c^* : 0,2500 бр

Скрутление основания ножки зуба r_f^* : 0,3500 бр

Геометрический расчёт

Страница 1 | Страница 2 | Предмет расчёта

Наименование и обозначение параметра	Ведущее колесо	Ведомое	
1. Число зубьев	Z_1, Z_2	20 90	
2. Модуль, мм	m_n	2,5	
3. Угол наклона зубьев на делительном цилиндре	β	0° 0' 0"	
4. Направление линии зуба ведущего колеса	—	прямое <input type="checkbox"/> обратное <input type="checkbox"/>	
5. Угол профиля зуба исходного контура	α	20° 0' 0"	
6. Коэффициент высоты головки зуба исходного контура	h_a^*	1	
7. Коэффициент радиального зазора исходного контура	c^*	0,25	
8. Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба исходного контура	ρ_f^*	0,38	
9. Ширина зубчатого венца, мм	b_1, b_2	25 20	
10. Коэффициент смещения исходного контура	$x_{1,2}$	0,741 1,133	
11. Диаметр измерительного ролика, мм	D_1, D_2	4,345 4,345	
12. Тип зуборезного инструмента	—	червячная фреза <input type="checkbox"/> червячная <input checked="" type="checkbox"/>	
13. Параметры зуборезного инструмента	Число зубьев	Z_{o1}, Z_{o2}	14 14
	Диаметр вершин, мм	d_{ao1}, d_{ao2}	100 100

Етап 4 - отримання конструкторської документації

Наименование параметра	Значение
Габаритный диаметр толкателя зубчатого венца	3,142 мм
Толщина головки	2,774 мм
Высота головки зуба по хорде	1,405 мм
Размер головки	15,405 мм
Зубчатый радиус по хорде	3,000 бр
Размер ножки толкателя	26,200 мм
Диаметр толкателя	3,500 мм
Предельное отклонение направления зубчатого венца	0,0100 мм
Допуск на радиальное биение	0,0100 мм
Предельное отклонение осевого шага	0,0075 мм
Предельное отклонение угла	0,0060 мм
Верхушечное количество зубчатого венца	23,000 бр
Эквивалентный делительный диаметр	46,000 мм
Виртуальный наружный диаметр	50,000 мм
Виртуальный осевой диаметр окружности	43,250 мм
Коэффициент смещения баз толкателя	-0,3200 бр
Коэффициент смещения баз толкателя	-2,3142 бр
Коэффициент смещения доступного толкателя	-0,4935 бр
Коэффициент смещения баз	0,0000 бр
Наружный диаметр толкателя	0,7100 бр
Угол толкателя	30,1724 град

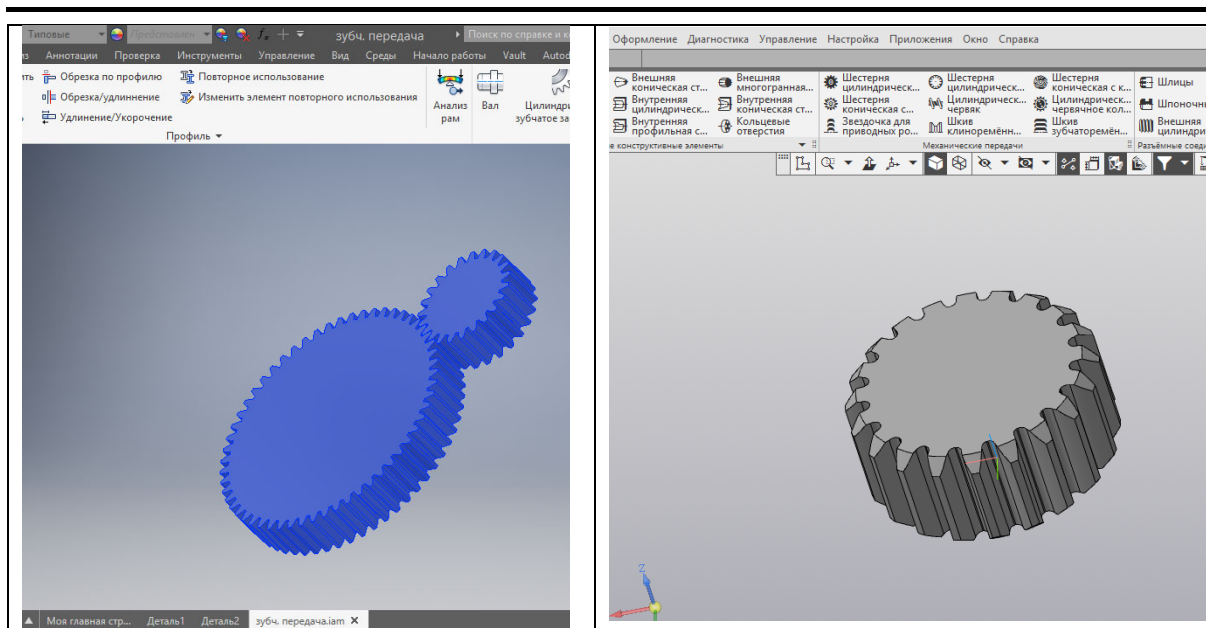
Параметры

Параметр	Зубчатое колесо 1	Зубчатое колесо 2
Модуль	2,500 мм	2,500 мм
Скорость	1000,000 об/мин	403,51 об/мин
Крутящий момент	0,540 Н·м	23,192 Н·м
КПД	0,980 бр	
Радиальный зазор	0,125 мм	0,125 мм
Осевое смещение	0,000 мм	0,000 мм
Цикл нагружения	441,833 мм	
Осевое смещение	2,400 мм	
Материал	23946,021 об/мин	

Таблица 1. Геометрический расчёт цилиндрической зубчатой передачи внешнего зацепления

Наименование и обозначение параметра	Ведущее колесо ¹	Ведомое колесо ²
<i>Исходные данные</i>		
Число зубьев	Z_1, Z_2	20 90
Модуль, мм	m_n	2,5
Угол наклона зубьев на делительном цилиндре	β	0°00'00"
Исходный контур	—	ГОСТ 13755-2015
Угол профиля исходного контура	α	20°00'00"
Коэффициент высоты головки зуба исходного контура	h_a^*	1
Коэффициент радиального зазора исходного контура	c^*	0,25
Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба исходного контура	ρ_f^*	0,38
Ширина зубчатого венца, мм	b	25 20
Коэффициент смещения исходного контура	x	0 0
Степень точности	—	7-C 7-C
<i>Определяемые параметры</i>		
Передаточное число	i	4,5
Межосевое расстояние, мм	a_w	137,5 ± 0,05
Делительный диаметр, мм	d	50 225
Диаметр вершин зубьев, мм	d_a	55 230
Диаметр впадин зубьев, мм	d_f	43,75 218,75
Начальный диаметр, мм	d_w	50 225
Основной диаметр, мм	d_b	46,985 211,431
Угол зацепления	α_w	20°00'00"
<i>Контролируемые и измерительные параметры</i>		
Постоянная хорда, мм	\bar{s}_c	3,468 ^{±0,003} _{3,13} 3,468 ^{±0,003} _{3,16}

Етап 5 - отримання тривимірної моделі



Висновки. Практика показує, що принципи роботи в даних системах САПР дозволяють без особливих складнощів переходити від однієї до іншої. Інтерфейси додатків подібні, процеси моделювання об'єктів так само.

Використання генераторів компонентів і розрахункових модулів Autodesk Inventor, а також Аскон Компас-3D дозволяє значно скоротити час проектування різних деталей і вузлів машин. Сучасні тенденції розвитку наукового знання також дозволяють констатувати той факт, що робота фахівців технічних спеціальностей без знань сучасного спеціалізованого програмного забезпечення буде просто неможлива [2]. Кафедрою основ конструювання механізмів і машин розроблена методична база що включає навчальні підручники і методичні вказівки з проектування деталей машин у сучасних САПР системах. Надана література доступна на сайті кафедри, та на каналі кафедри у YouTube [3].

ЛІТЕРАТУРА

1. Карачаровский В.Ю. Геометрическое моделирование формообразования пространственных поверхностей при винтовом относительном движении / В.Ю. Карачаровский, С.А. Рязанов // Проблемы геометрического моделирования в автоматизированном проектировании и производстве: 1-я Междунар. науч. конф. М.: Изд-во МГИУ, 2008. – С. 143-146.
2. Бабичев Д.Т. История развития теории зубчатых передач / Д.Т. Бабичев, А.Э. Волков // Ежемесячный интернет-журнал «Вестник научно-технического развития». – 2015. – № 5 (93) – С. 25 - 42.
3. Сайт кафедри основ конструювання механізмів і машин [Електронний ресурс]. – URL: <http://okmm.nmu.org.ua> (дата звернення: 01.12.2018).