

Л.А. Тарандушка, доц., д-р техн. наук, А.В. Йовченко, доц., канд. техн. наук
Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна
e-mail: a.yovchenko@chdtu.edu.ua

Параметричне проектування 3D-моделі кривошипно-шатунного механізму автомобіля з використанням САПР Solidworks

Досліджуються основні можливості САПР SolidWorks для параметризації складних механізмів на прикладі кривошипно-шатунного механізму (КШМ), зокрема операції формування об'ємів, методи роботи з ескізами, технології формування складальних одиниць із застосуванням інструментів спряжень. Параметризація дозволить підвищити ефективність розробки та проектування типових механізмів та деталей. При цьому формується параметризована складальна конструкція КШМ в САПР SolidWorks, яка дозволяє швидко перебудувувати деталі КШМ, виконувати розрахунок даних деталей на міцність із підключеним модулем SolidWorks Simulation.

параметризація, математична модель, кривошипно-шатунний механізм, моделювання, конструювання

Постановка проблеми. Рішенням проблеми підвищення ефективності і швидкості освоєння параметризації є вивчення напрямків і особливостей застосування засобів параметризації до конструювання конкретних об'єктів. 3D-модель параметризації дозволяє безліч разів використовувати розроблену модель та значно скоротити час на проектування деталей механізму, підготовку креслень та іншої супутньої проектної документації. В даній статті розглядається область застосування параметризації і ефективність її використання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. SolidWorks широко застосовується при проектуванні деталей, складальних креслень завдяки простому інтерфейсу, каталогу стандартних моделей та елементів, гнучкій системі налаштування, створенню 2D-видів з 3D-моделі в напівавтоматичному режимі, що дозволяє скоротити час проектування.

Параметризація САПР SolidWorks дозволяє за короткий час змоделювати за допомогою зміни параметрів або геометричних співвідношень різні конструктивні схеми, стандартизовані, так і не стандартизовані конструкції. Параметризоване моделювання істотно відрізняється від звичайного двовимірного креслення або тривимірного моделювання. Конструктор при параметризованому проектуванні створює математичну модель об'єктів з параметрами, при зміні яких відбуваються зміни конфігурації деталі, взаємні переміщення деталей в збірці.

Параметризація комп'ютерної моделі деталі або складальної одиниці актуальна, оскільки об'єкт конструювання постійно змінюється: з'являються нові ідеї, виявляються помилки, змінюються умови виробництва та інші фактори, що постійно призводять до зміни конструкції. Щоб параметризована модель працювала, необхідно описати конструкцію об'єкта набором розмірних характеристик, що визначають геометрію об'єкта, умови взаємозв'язків і взаємовідносин окремих елементів між собою [1]. Створення параметризованої конструкції на практиці означає створення алгоритму, який забезпечує синтез конструкції з окремих геометричних елементів (метод

твердотільного моделювання), що передбачає можливості модифікації конструкції в певному діапазоні, описує закони функціонування конструкції. Реалізація даного завдання може бути складною навіть для відносно простих пристроїв типу КШМ [2].

Дослідження показують, що область варіювання розмірними характеристиками значень параметрів в рамках прийнятих конструктивних рішень має обмеження [2]. Істотна зміна параметрів нерідко вимагає прийняття інших, нових конструктивних рішень і відповідно зміни всього алгоритму параметризації конструкції, що означає переробку її комп'ютерної моделі. Практика моделювання об'єктів показує, що якщо засоби параметризації не є нав'язаними, тобто ведуться системою автоматично, і якщо система має достатньо засобів управління деревом створення моделі, то апарат параметризації допомагає конструктору в пошуці варіантів конструктивних рішень, у підтримці асоціативних зв'язків між геометричною моделлю конструкції та її кресленням [3-5].

Постановка завдання. Об'єктом дослідження є система автоматизованого проектування SolidWorks, технології формування параметризованих моделей і складальних конструкцій, на прикладі КШМ. Предметом дослідження є параметризація складальної конструкції КШМ. Мета роботи - визначити можливості покращення умов роботи конструктора, зменшення витрати часу на розробку нових виробів та збільшення варіативності модельного ряду за рахунок параметризації САПР SolidWorks 2020 на прикладі формування складальної конструкції КШМ.

Виклад основного матеріалу. Параметризація може бути застосована як до окремої деталі, так і до складального креслення з дуже високим ступенем деталізації. Основним інструментом параметризації SolidWorks 2020 є блок «equations» в дереві конструювання функцій Manager.

При параметризації деталі чи складального креслення необхідно приділити увагу точкам і елементам фіксації контуру, так як при зміні значення розміру може відбуватися деформація контуру або зсув деталі в просторі. При формуванні основних деталей КШМ в САПР SolidWorks використано операції створення об'ємних тіл і збережений ідентичний порядок основних операцій щодо САПР. Найбільш трудомісткими моделями з погляду моделювання й параметризації є поршень, шатун та колінчатий вал (рис. 1).

Перед параметризацією необхідно визначити основні конструктивні співвідношення розмірів елементів КШМ [6]. Величину верхньої частини поршня h_1 вибирають, виходячи із забезпечення однакового тиску опорної поверхні поршня по висоті циліндра й міцності бобишок, ослаблених отворами для пропуску оливи (табл. 1). Висоту головки поршня $h_Г$ встановлюють виходячи із забезпечення нормального температурного режиму її елементів – товщини дна поршня й розташування компресійних і маслоз'ємних кілець. Висота юбки $h_ю$ визначається величиною необхідного теплового зазору між юбкою поршня й циліндром.

Діаметр поршня приймаємо основним розміром відносно якого виконується параметризація самого поршня та інших деталей КШМ. Знак « Σ » означає, що даний розмір параметризований з використанням основного розміру (діаметра поршня D) (рис. 1) [6-8].

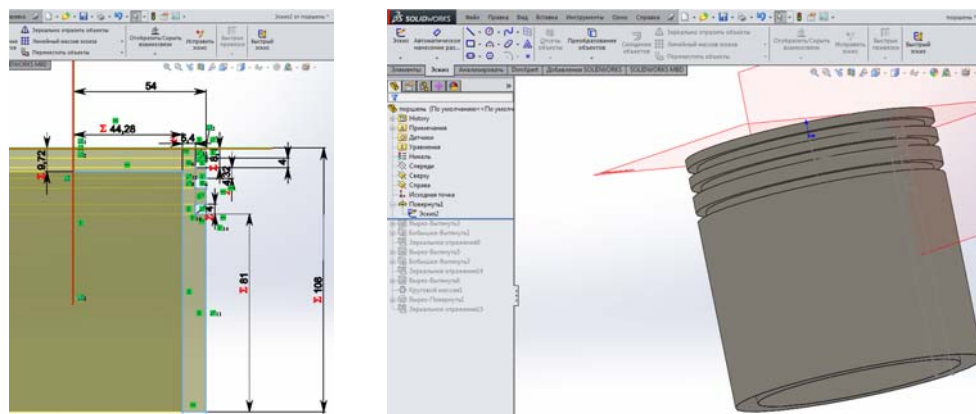


Рисунок 1 – Ескіз операції «обертання» в Solidworks з параметризованими розмірами поршня
Джерело: розроблено автором

Перед параметризацією КШМ було визначено основні конструктивні співвідношення розмірів поршневої групи (поршня (табл. 1), кільця, поршневого пальця), шатунної групи (поршневої головки, кривошипної головки, стержня шатуна); колінчатого валу.

Таблиця 1 – Основні конструктивні співвідношення розмірів поршня при параметризації

Формули задані в Solidworks				Загальні формули
Dporsh@Эскиз2	54мм	54мм		радіус поршня R
D3@Эскиз2	4мм	4мм		кільце
D4@Эскиз2	= "Dporsh@Эскиз2" * 2 * 0.04	4.32мм	товщина першої кільцевої перемички	$h_{\Pi}=R \cdot 2 \cdot 0,04$
D6@Эскиз2	= "Dporsh@Эскиз2" * 2 * 0.09	9.72мм	товщина днища поршня	$\delta=R \cdot 2 \cdot 0,09$
D9@Эскиз2	= "Dporsh@Эскиз2" * 2	108мм	висота поршня	$H=R \cdot 2$
D2@Эскиз2	= "Dporsh@Эскиз2" * 2 * 0.075	8.1мм	висота вогневого пояса	$e=R \cdot 2 \cdot 0,075$
D1@Эскиз2	= "Dporsh@Эскиз2" * 2 * 0.75	81мм	висота юбки поршня	$h_{Ю}=R \cdot 2 \cdot 0,75$
D5@Эскиз2	= "D3@Эскиз2"	4мм		кільце поршня
D8@Эскиз2	= "Dporsh@Эскиз2" * 2 * 0.05	5.4мм	товщина стінки головки поршня	$S=R \cdot 2 \cdot 0,05$
D7@Эскиз2	= ("Dporsh@Эскиз2" * 2 - 2 * ("D8@Эскиз2"	44.28мм	внутрішній діаметр поршня	$R_{в}=D-$ $2(s+t) + \Delta t = (R \cdot 2 - 2 \cdot (R \cdot 2 \cdot 0,05 + R \cdot 2 \cdot 0,04) / 2$
D1@Повернуть1	360градусов	360градусов		
D1@Эскиз5	= "Dporsh@Эскиз2" * 0.95	51.3мм	лиска	$h_{л}=R \cdot 0,95$
D3@Эскиз5	= "Dporsh@Эскиз2" * 2 + 10	118мм	для утворення лиски	$D=R \cdot 2 + 10$
D1@Вырез-Вытянуть3	= "D1@Эскиз2" * 0.85	68.85мм	висота лиски юбки поршня	$H_{Ю}=R \cdot 2 \cdot 0,75 \cdot 0,85$
D1@Эскиз11	= ("D7@Эскиз2" - "Dporsh@Эскиз2"	39.31мм	внутрішня лиска поршня	$H_{ВЮ}=(R_{в}-R \cdot 0,3) \cdot 1,4$
D1@Бобышка-Вытяну	= "D1@Вырез-Вытянуть3"	68.85мм	висота внутрішньої лиски поршня	$H_{внЮ}=H_{Ю}$
D1@Эскиз8	= "Dporsh@Эскиз2" * 2 * 0.25	27мм	зовнішній діаметр поршневого кільця	$d_{н}=R \cdot 2 \cdot 0,25$
D2@Эскиз8	= "Dporsh@Эскиз2" * 0.6 * 2	64.8мм	висота верхньої частини поршня	$h_{1}=R \cdot 2 \cdot 0,6$
D1@Эскиз13	= "D1@Эскиз8" * 1.3	35.1мм	зовн. діаметр внутр. лиски	$d_{зл}=d_{н} \cdot 1,3$
D1@Бобышка-Вытяну	= "D1@Эскиз11" - "Dporsh@Эскиз2"	18.41мм	довжина внутрішньої бобишки	$l_{б}=H_{ВЮ}-R \cdot 0,35 \cdot 2$
D1@Эскиз10	= "D3@Эскиз2" * 0.4	1.6мм	діаметр масляного каналу	$d_{м}$
D2@Круговой массив	36градусов	36градусов		
D1@Круговой массив	10	10		Кількість масляних каналів
D1@Эскиз14	= "Dporsh@Эскиз2" * 0.78	42.12мм	відстань від центра до кільця	$l_{д}=R \cdot 0,78$
D2@Эскиз14	= "D1@Эскиз8" / 2	13.5мм	радіус кільця	$R_{к}=d_{н}/2$

Джерело: розроблено автором

При параметризації поршневого пальця (рис. 2) та інших деталей КШМ спочатку виконуємо моделювання даних деталей в SolidWorks.

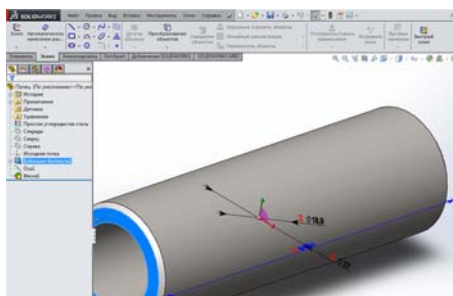


Рисунок 2 – 3D-модель параметризованої деталі «поршневий палець» з деревом побудови
Джерело: розроблено автором

Основні рівняння, що використовувались під час параметризації поршневого пальця наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Основні конструктивні співвідношення розмірів поршневого пальця при параметризації

Формули задані в SolidWorks				Загальні формули
D1@Эскиз1	= "D2@Эскиз1" * 0.7	18.9мм	внутрішній діаметр поршневого пальця	$d_{вн.п} = d_n \cdot 0,7$
D2@Эскиз1	27мм	27мм		зовн. діам. порш. пальця
D1@Бобышка-Вытянут1	= "D2@Эскиз1" * 0.78 / 0.25	84.24мм	довжина поршневого пальця	$d_n = R \cdot 2 \cdot 0,25$
D1@Фаска1	1мм	1мм		$l_n = R \cdot 0,78 / 0,25$
D2@Фаска1	45градусов	45градусов		фаска
				фаска

Джерело: розроблено автором

На рис. 3 наведено параметризовану модель шатуна.

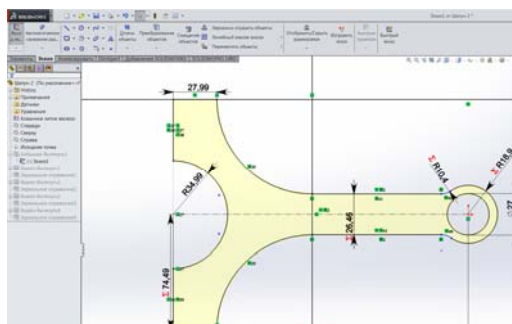


Рисунок 3 – Ескіз операції «втягування» в Solidworks для отримання деталі «Шатун»
Джерело: розроблено автором

Основні рівняння, що використовувались під час параметризації шатуна вказані в табл. 3. Подальша параметризація КШМ відбувається за подібною методикою.

Таблиця 3 – Основні конструктивні співвідношення розмірів елементів шатуна при параметризації

Формули задані в Solidworks				Загальні формули
D1@Эскиз1	27мм	27мм		d_n діаметр поршневого пальця
D7@Эскиз1	189.47мм	189.47мм		$L_{ш} = R / 0,285$ довжина шатуна
D8@Эскиз1	27.99мм	27.99мм		$h_{шб} = r_{ш} \cdot 0,8$ товщ. шат. під болти
D10@Эскиз1	= "D12@Эскиз1" * 1.7 + 15	74.49мм	ширина шатуна	$h_{ш} = d_{ш} \cdot 1,7 + 15$
D12@Эскиз1	34.99мм	34.99мм		$r_{ш}$ радіус шийки
D3@Эскиз1	= "D1@Эскиз1" * 1.4 * 0.5 * 1.4	26.46мм	товщина стержня шатуна	$h_c = d_n \cdot 1,4 \cdot 0,5 \cdot 1,4$
D2@Эскиз1	= "D1@Эскиз1" * 1.4 / 2	18.9мм	зовнішній діаметр поршневої головки	$d_2 = d_n \cdot 1,4 / 2$
D4@Эскиз1	= "D2@Эскиз1" * 0.55	10.4мм	з'єднання порневої головки шатуна з стержнем шату	$d_3 = d_2 \cdot 0,55$
D1@Бобышка-Вытянут1	= "D1@Эскиз1" * 0.35 / 0.25 / 2	18.9мм	довжина поршневої головки шатуна	$l_{ш} = d_n \cdot 0,35 / 0,25 / 2$
D2@Бобышка-Вытянут1	= "D1@Бобышка-Вытянут1"	18.9мм		$l_{ш}$
D1@Эскиз2	= "D3@Эскиз1" - 8	18.46мм	ширина западини	$h_{зап} = h_c \cdot 8$
D3@Эскиз2	= "D1@Эскиз2" / 3	6.15мм	внутрішні радіуси западини	$r_{зап} = h_{зап} / 3$
D6@Эскиз2	= "D1@Эскиз1" + 4	31мм	відстань від центра поршневого пальця до западин	$l = d_n + 4$
D5@Эскиз2	= "D7@Эскиз1" - "D6@Эскиз2" - "D12@Эскиз1"	108.48мм	довжина западини	$l_{зап} = L_{ш} - l - r_{ш} - 15$
D1@Вырез-Вытянут1	= "D2@Бобышка-Вытянут1" - 2	16.9мм	глибина западини стержня шатуна	$h_c = l_n - 2$
D1@Вырез-Вытянут2	= "D2@Эскиз1" * 0.5	9.45мм	товщина стержня	внутрішні радіуси западини
D1@Эскиз4	= "D12@Эскиз1" * 1.7	59.49мм	відстань між болтами	$l_6 = r_{ш} \cdot 1,7$
D1@Эскиз5	22мм	22мм		

На рис. 4 зображено отриману параметризовану модель КШМ.

Уравнения, глобальные переменные и размеры

Имя	Значение / Уравнение	Равняется	Заметки
Уравнения - Компоненты			
"D2@Эскиз1@Палец<2>.Part"	= "D1@Эскиз8@поршень<1>.Part"	27mm	<input type="checkbox"/> зовнішній діаметр поршневого пал
"D1@Эскиз1@Шатун-21<1>.Part"	= "D2@Эскиз1@Палец<2>.Part"	37.5mm	<input type="checkbox"/> зовнішній діаметр поршневого пал
"D7@Эскиз1@Шатун-21<1>.Part"	= "Dporsh@Эскиз2@поршень<1>.Part" / 0.285	189.47mm	<input type="checkbox"/> довжина шатуна
"D12@Эскиз1@Шатун-21<1>.Part"	= "D1@Эскиз1@Штулка<4>.Part"	34.99mm	<input type="checkbox"/> радіус шийки шатуна
"D8@Эскиз1@Шатун-21<1>.Part"	= "D12@Эскиз1@Шатун-21<1>.Part" * 0.8	27.99mm	<input type="checkbox"/> товщина шатуна під болт
"D2@Эскиз1@кришка шатуна-1<1>.Part"	= "D1@Эскиз1@Штулка<4>.Part"	34.99mm	<input type="checkbox"/> радіус шийки шатуна
"D1@Эскиз1@кришка шатуна-1<1>.Part"	= "D10@Эскиз1@Шатун-21<1>.Part"	74.49mm	<input type="checkbox"/> ширина шатуна
"D4@Эскиз1@кришка шатуна-1<1>.Part"	= "D8@Эскиз1@Шатун-21<1>.Part" * 0.7	19.6mm	<input type="checkbox"/> висота кришки шатуна під болт
"D3@Эскиз1@кришка шатуна-1<1>.Part"	= "D2@Эскиз1@кришка шатуна-1<1>.Part" * 1.4	48.99mm	<input type="checkbox"/> зовнішній радіус кришки шатуна
"D2@Бобышка-Вытянуть1@кришка шат"	= "Dporsh@Эскиз2@поршень<1>.Part" * 0.35	18.9mm	<input type="checkbox"/> половина товщини шатуна
"D1@Бобышка-Вытянуть1@кришка шат"	= "D2@Бобышка-Вытянуть1@кришка шатуна-1<1>.Part"	18.9mm	<input type="checkbox"/> половина товщини шатуна
"D2@Бобышка-Вытянуть1@штулка<4>."	= "Dporsh@Эскиз2@поршень<1>.Part" * 0.35	18.9mm	<input type="checkbox"/> половина товщини шатуна
"D1@Бобышка-Вытянуть1@штулка<4>."	= "D2@Бобышка-Вытянуть1@штулка<4>.Part"	18.9mm	<input type="checkbox"/> половина товщини шатуна
"D2@Эскиз1@штулка<4>.Part"	= "Dporsh@Эскиз2@поршень<1>.Part" * 0.6	32.4mm	<input type="checkbox"/> радіус противаги колінчатого валу
"D1@Бобышка-Вытянуть1@Палец<2>."	= ("D1@Эскиз14@поршень<1>.Part" - "D5@Эскиз14@пор"	80.24mm	<input type="checkbox"/> довжина поршневого пальця
"Dporsh@Эскиз2@поршень<1>.Part"	= "Dp"	54mm	<input type="checkbox"/> радіус поршня
"D1@Эскиз1@штулка<4>.Part"	= "D2@Эскиз1@штулка<4>.Part" + "D2@Эскиз1@штулка<4"	34.99mm	<input type="checkbox"/> радіус шийки шатуна
"D1@Эскиз4@картер<1>.Part"	= "Dp"	54mm	
"D3@Эскиз1@картер<1>.Part"	= "Dp" / 7.6	7.11mm	
"D4@Эскиз1@картер<1>.Part"	= "Dp" / 7.6	7.11mm	
"D1@Вытянуть-Тонкостенный1@картер"	= "Dp" / 15.2	3.55mm	
"D1@Эскиз1@картер<1>.Part"	= (0.6 * "Dp" * 2) / 2	32.4mm	
"D2@Эскиз1@картер<1>.Part"	= "Dp" * 3	162mm	
"D5@Эскиз4@картер<1>.Part"	= (0.6 * "Dp" * 2) / 0.6 * 0.74 + (0.6 * "Dp" * 2) / 0.6 * 0.2 +	125.82mm	
"D2@Эскиз4@картер<1>.Part"	= "D5@Эскиз4@картер<1>.Part"	125.82mm	
"D7@Эскиз4@картер<1>.Part"	= (0.6 * "Dp" * 2) / 0.6 * 0.74 * 2 + (0.6 * "Dp" * 2) / 0.6 * 0.	672.84mm	
"D3@Эскиз4@картер<1>.Part"	= ("D7@Эскиз4@картер<1>.Part" - "D5@Эскиз4@картер<1>.Part"	32.4mm	
"D4@Эскиз4@картер<1>.Part"	= "D3@Эскиз4@картер<1>.Part"	32.4mm	
"D6@Эскиз4@картер<1>.Part"	= "D3@Эскиз4@картер<1>.Part"	32.4mm	
"D1@Эскиз5@колонна<2>.Part"	= "Dp"	54mm	

Перестраивать автоматически
 Связь с внешним файлом: F:\1\Параметризован детал\уравнения кол.txt

Автоматический порядок решения

Рисунок 4 – Параметризована модель КШМ

Джерело: розроблено автором

Параметризація дозволяє за короткий час «дослідити» (за допомогою зміни параметрів або геометричних співвідношень) різні конструктивні схеми, провести необхідні дослідження та уникнути принципів помилок, додаткових витрат. Згідно із статистичними даними, на зміну параметрів повністю параметризованої 3D-моделі йде менше 1 хв. При цьому перебудовування відбувається в автоматичному режимі. Генерування та випуск САД-системою конструкторської документації триває від 15 до 30 хв. при розробці дуже складних моделей. Перебудовування 3D КШМ відбувається за декілька секунд. Всі складові деталі механізму, а саме: поршень, палець, шатун, кришки головки шатуна, шатунні вкладиші, колінчатий вал перебудовуються автоматично.

Висновки. В результаті проведеного аналізу розглянуто основні можливості САПР SolidWorks для параметризації складних механізмів на прикладі параметризації КШМ. При проектуванні параметричних моделей елементів КШМ і формуванні складальної конструкції вузла КШМ розглянуто методи роботи з ескізами, операції формування об'ємів, технології формування складальних одиниць із застосуванням

інструментів спряжень. В результаті сформовано параметризовану складальну конструкцію КШМ в системі SolidWorks, яка дозволяє не тільки швидко перебудовувати деталі КШМ, а й виконувати розрахунок даних деталей на міцність із підключеним модулем SolidWorks Simulation з використанням методу кінцевих елементів. Тобто, з використанням параметричних моделей значно скорочуються затрати на проектування виробів, зменшуються обчислювальні ресурси, співвідношення часу симуляція – прототипування за рахунок автоматизації процесу розрахунку та побудови 3D-моделі.

Список літератури

1. Губич Л.В. Автоматизация процессов проектирования в машиностроении . Минск: ОИПИ НАН Беларуси. 2002. 308 с.
2. Л.В. Губич, А.А. Прохорова. Автоматизация проектирования типовых конструкций на базе средств параметризации CAD-систем. *Автоматизация проектирования*. 2007. Вып. 4. С. 67-76.
3. Прохорова, А.А. Подходы к синтезу конструкций на базе конструктивных элементов в среде диалоговых систем. *Моделирование и информационные технологии проектирования*. Минск: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 2000. С. 88–94.
4. Ким К.К., Просолович А.А., Колошенко Ю.Б. Параметризация исполнительных элементов перекачивающих электромеханических преобразователей. *Мир транспорта*. 2017. Том 15, № 5, С. 28-43.
5. Хейфец А.Л. 3D модели и алгоритмы компьютерной параметризации при решении задач конструктивной геометрии (на некоторых исторических примерах) . *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника»*. 2016. Вып. 16. № 2. С. 24–42. DOI: 10.14529/ctcr160203. URL: <https://vestnik.susu.ru/ctcr/article/view/4909> (дата обращения: 11.04.2022).
6. А.И. Колчин, В.П. Демидов. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. 3-е изд. перераб. и доп. М.: Высш. шк., 2003. 496 с.
7. Алямовский А. А. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике (+ DVD-ROM): науч. пособ. К.: Информавтор, 2008. 62 с.
8. Прохоренко В.П. SolidWorks. Практическое руководство. М.: ООО «Бином-Пресс», 2004. 448 с.

References

1. Gubich, L.V. (2002). *Avtomatizacija processov proektirovanija v mashinostroenii* [Automation of design processes in mechanical engineering]. Minsk: OIPI NAS of Belarus [in Russian].
2. Gubich, L.V. & Prokhorov, A.A. (2007). *Avtomatizacija proektirovanija tipovyh konstrukcij na baze sredstv parametrizacii CAD-sistem*. [Automation of design of standard structures based on CAD-systems parameterization tools]. *Avtomatizacija proektirovanija – Design automation*. №4. p. 67-76. [in Russian].
3. Prokhorova, A.A. (2000). *Podhody k sintezu konstrukcij na baze konstruktivnyh jelementov v srede dialogovyh sistem. Modelirovanie i informacionnye tehnologi proektirovanija* [Approaches to the synthesis of structures based on structural elements in the environment of dialogue systems. Modeling and design information technologies]. Minsk: In-t tehn. kibernetiki NAN Belarusi [in Russian].
4. Kim, K.K., Prosolovich, A.A. & Koloshenko, Ju.B. (2017). *Parametrizacija ispolnitel'nyh jelementov perekachivajushhh jelektromehaničeskikh preobrazovatelej*. [Parameterization of actuators of pumping electromechanical converters] . *Mir transporta – World transport, Vol. 15, 5, 28–43* [in Russian].
5. Hejfec, A.L. (2016). *3D modeli i algoritmy komp'juternoj parametrizacii pri reshenii zadach konstruktivnoj geometrii (na nekotoryh istoričeskikh primerah)* . [3D models and algorithms of computer parameterization in solving problems of constructive geometry (on some historical examples)] . *Vestnik Juzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Serija «Komp'juternye tehnologii, upravlenie, radiojelektроника» – Bulletin of the South Ural State University. Series "Computer technology, control, radio electronics"*, Issue. 16, 2, 24–42. DOI: 10.14529 / ctcr160203. Retrieved from <https://vestnik.susu.ru/ctcr/article/view/4909>. [in Russian].
6. Kolchin, A.I. & Demidov, V.P. (2003). *Calculation of automobile and tractor engines*. (3d ed.). Revised Moscow : Vyssh. shkola [in Russian].
7. Aljamovskij, A.A. (2008). *SolidWorks 2007/2008. Komp'juternoe modelirovanie v inzhenernoj praktike (+ DVD-ROM)* [SolidWorks 2007/2008. Computer modeling in engineering practice (+ DVD-ROM): Scientific manual]. Kyiv: Informavtodor [in Russian].
8. Prokhorenko V.P. (2004). *SolidWorks. Praktičeskoe rukovodstvo* [SolidWorks. A practical guide]. Moscow : LLC "Binom-Press" [in Russian].

Lyudmyla Tarandushka, Assoc. Prof., DSc., **Alla Yovchenko**, PhD tech. sci.
Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Parametric Design of 3D Models of crank Mechanism of a Car with CAD Solidworks

The main possibilities of SolidWorks CAD for parameterization of complex mechanisms on the example of crank mechanism (CM), including operations of forming volumes, methods of working with sketches, technologies of forming assembly units using coupling tools are investigated.

The use of parameterization will increase the efficiency of development and design of standard mechanisms and parts. At the same time the parametrized assembly design of CM in SolidWorks CAD is formed, which allows to quickly reconstruct CM details, to carry out calculation of the given details on durability with the SolidWorks Simulation module connected. As a result of the analysis the main possibilities of SolidWorks CAD for parameterization of complex mechanisms on the example of CM parameterization are considered. When designing parametric models of CM elements and forming the assembly structure of the CM node, the methods of working with sketches, operations of forming volumes, technologies of forming assembly units with the use of conjugation tools are considered. As a result, a parameterized assembly of the CM in the SolidWorks system is formed, which allows not only to quickly rebuild the parts of the CM, but also to calculate the strength of these parts with the SolidWorks Simulation module connected using the finite element method.

That is, with the use of parametric models significantly reduces the cost of product design, reduces computing resources, time ratio simulation - prototyping by automating the calculation process and building a 3D model.

parametrization, mathematical model, crank mechanism, modeling, design

Одержано (Received) 09.05.2021

Прорецензовано (Reviewed) 17.05.2022

Прийнято до друку (Approved) 30.05.2022

УДК 669.539

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5\(36\).2.201-205](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5(36).2.201-205)

Р.І. Розум, доц., канд. техн. наук, **М.В. Буряк**, доц., канд. техн. наук, **П.Б. Прогній**, доц., канд. техн. наук, **Н.М. Фалович**, доц., канд. екон. наук, **О.С. Шевчук**, доц., канд. техн. наук, **П.В. Попович**, проф., д-р техн. наук

Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, Україна

О.П. Захарчук, доц., канд. техн. наук

ВСП ФКЕПІТ Тернопіль, Україна

e-mail: rozoom_ruslan@ukr.net, burjak74@ukr.net, kaf_tl@wunu.edu.ua, n.falovych@gmail.com, oksana_shevchuk84@ukr.net, ppopovich@ukr.net, olenaskyba8500@gmail.com

Експлуатаційна надійність і роботоздатність вантажного автомобільного рухомого складу

В статті проаналізовано причини відмов конструкцій транспортних засобів, що належать до складних систем. З метою забезпечення експлуатаційної надійності та роботоздатності вантажного автомобільного рухомого складу, а саме несучих рам автомобільних вантажних напівпричепів і причепів під час їх експлуатації. Досліджено надійність вантажного автомобільного рухомого складу з урахуванням 2000 годин експериментальних випробувань на машино-випробувальній станції під час транспортних робіт, у тому числі 3,5 тис. циклів навантаження-розвантаження, що становить 50 % напрацювання. Зазначено, що організація транспортної роботи машино-випробувальної станції не зовсім збігається з реальними умовами експлуатації, що впливає на показники надійності: наприклад, зростають готовність і середній час до відмови, а відмовність зменшується.

експлуатаційна надійність, роботоздатність, автомобільний рухомий склад, вантажний автомобільний рухомий склад