

УДК 658.512.011.56

Л.Ю.Федік

Національний університет водного господарства та природокористування

## ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ SOLIDWORKS

**Л.Ю.Федік. Особливості системи автоматизованого проектування SolidWorks.** У статті викладені основні особливості та принципи роботи системи автоматизованого проектування SolidWorks. Зокрема: інтерфейс користувача, проектування деталей, створення зборки і креслень, експрес-аналіз міцності деталей.

**Ключові слова:** система, програма, проектування, деталь, зборка, креслення, SolidWorks.

**Л.Ю.Федик. Особенности системы автоматизированного проектирования SolidWorks.** В статье изложены основные особенности и принципы работы системы автоматизированного проектирования SolidWorks. В частности: интерфейс пользователя, проектирование деталей, создания сборки и чертежей, экспресс-анализ прочности деталей.

**Ключевые слова:** система, программа, проектирование, деталь, сборка, чертеж, SolidWorks.

**L.Y.Fedik. Computer-aided design SolidWorks. The article presents the main features and principles of computer-aided design SolidWorks.** In particular: user interface design detail and assembly drawings creation, rapid analysis of strength parts.

**Keywords:** system, program, design, detail, assembly, drawing, SolidWorks.

**Постановка проблеми.** Автоматизація є головним, найбільш перспективним напрямком у розвитку промислового виробництва. Завдяки звільненню людини від безпосередньої участі у виробничих процесах, а також високій концентрації основних операцій значно поліпшуються умови праці і економічні показники виробництва.

Проте, сучасне виробництво характеризується різким ускладненням виробів, що спричинює значне збільшення обсягу проектних і конструкторських робіт. Застосування комп'ютерно-інформаційних технологій у проектно-конструкторській роботі дає змогу значно збільшити продуктивність роботи конструктора, істотно скоротити терміни розробки [1].

**Зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.** Однією з основних складових комп'ютерно-інтегрованої технології є система автоматизованого проектування SolidWorks. За допомогою якої здійснюється як автоматизоване проектування, інженерний аналіз та підготовка виробництва виробів будь-якої складності і призначення, так і підтримка життєвого циклу виробу відповідно до концепції CALS-технологій, включаючи двонаправлений обмін даними з іншими Windows-додатками і створення інтерактивної документації.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми.** Розробником САПР SolidWorks є SolidWorks Corp. (США) є незалежний підрозділ компанії Dassault Systemes (Франція), світовий лідер у високотехнологічному програмному забезпеченні. Її розробки характеризуються високими показниками якості, надійності та продуктивності.

Сама компанія SolidWorksCorp., була заснована в 1993 році. А у грудні 1995 року вийшла перша версія системи SolidWorks 95. Система була створена як альтернатива двовимірним CAD-системам. Випущена ними САПР склала конкуренцію таким продуктам як Pro/Engineer, Unigraphics NX, AutoCAD.

**Вирішення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Система SolidWorks відноситься до САПР "середнього класу". На відміну від "важких" САПР (Unigraphics NX, Pro/Engineer, CATIA), розроблених для Unix-платформ, SolidWorks з самого початку створювалася для роботи на персональних комп'ютерах у системі Microsoft Windows. Вона максимально використовує всі переваги цієї системи, такі як: контекстні меню, режим copy-and-paste, режим drag-and-drop, швидкий перегляд, пошук і відкриття файлів за допомогою провідника, можливість "відкату" та ін. Крім того, SolidWorks ефективно взаємодіє з такими Windows-додатками, як Excel, Word та ін., повноцінно підтримує російську мову (меню, вікна, довідку, технічну документацію), з березня 1998 року, а з жовтня підтримує ЄСКД, як самостійний креслярський стандарт.

Слід зазначити, що у системі SolidWorks підтримуються всі основні стандарти представлення та обміну даними. До складу базового пакета входить більше 20 трансляторів для експорту та імпорту: нейтральних - IGES (\* .iges); ACIS (\* .sat); STL (\* .stl); STEP (\* .step, .stp);

VDAFS (\* .vda); VRML (\* .wrl); Parasolid (\* .x\_t, \* .x\_b, \* .xmt\_txt, \* .xmt\_bin) і для прямого імпорту даних з популярних CAD-систем: AutoCad (\* .dxf, \* .dwg) і ін.

Залежно від класу вирішуваних завдань замовникам пропонується три базових конфігурації системи: SolidWorks, SolidWorks Professional і SolidWorks Premium. Компанія посилено працює над своїм продуктом, постійно розширюючи його можливості і щорічно оновлюючи програми [2, 7].

**Формулювання цілей статті (постановка завдання):** принципи роботи в SolidWorks, інструменти та можливості базового модуля: інтерфейс користувача, проектування деталей, створення зборки, проектування зварних деталей за тривимірним ескізом із компонуванням профілів із бази, інструменти для роботи зі зборками, створення креслень, експрес-аналіз міцності деталей.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Модель SolidWorks складається з трьох основних видів - деталей, зборок і креслень. Існує можливість зберігати часто використовуючі елементи в бібліотеці стандартних елементів. У пакет SolidWorks входить панель бібліотечних елементів, яка включає стандартні деталі машин і вироби.

Готові деталі складаються в зборку за допомогою відповідних інструментів. Складання компонентів може здійснюватися як "зверху-вниз", так і "знизу-вверх". На основі створених деталей і зборок складається технічна документація у вигляді креслень і їх деталювання. Асоціативний зв'язок між деталями, зборками та кресленнями гарантує, що зміни, зроблені в одному виді документу, автоматично виконуються у всіх інших видах. При цьому усі виконані операції документуються і відображаються в дереві конструювання. Дерево конструювання в свою чергу містить інформацію про матеріали, освітлення та ін. і дозволяє легко редагувати будь-який елемент моделі [3].

У програмі SolidWorks під час проектування деталей застосовується тривимірне моделювання виробів, яке має багато переваг. Наприклад, виключення помилок збирання виробів ще на етапі проектування, створення за електронною моделлю деталі керуючої програми для обробки на верстаті з ЧПК. Особливістю 3-D моделі, є найбільш повний опис геометричних і фізичних властивостей об'єкта (обсяг, маса, моменти інерції), що дозволяє конструктору створювати об'ємні деталі і компонувати зборки у вигляді тривимірних електронних моделей, за якими створюються двовимірні креслення і специфікації відповідно до вимог ЄСКД. При цьому тривимірна деталь отримується шляхом комбінації тривимірних примітивів і більшість елементів базуються на плоскому ескізі, за яким створюється базовий тривимірний об'єкт. Послідовне нарощування 3D об'єктів дозволяє у результаті отримати бажаний результат.

Опціональні модулі SolidWorks дозволяють розширити базові можливості додатковими функціями зі створення фотореалістичних зображень (PhotoWorks); розпізнавання дерева побудови та параметризації геометрії імпортованої з інших CAD систем (FeatureWorks); створення презентаційних відеороликів виробів у середовищі SolidWorks (SolidWorks Animator); тривимірної обводки кабелів електричних систем і трубопроводів (SolidWorks Routing); створення автономно переглядаючих креслень і моделей, для обміну інформацією з партнерами, які не мають SolidWorks (eDrawings) і т.д. [4, 6].

Права панель SolidWorks являє собою графічну область, в якій виконуються різноманітні операції над деталлю, складанням або кресленням. А у лівій частині вікна SolidWorks відбивається інформація про дерево побудови Feature Manager, параметри функцій і конфігурації моделі.

Послідовність побудови моделі фіксується в дереві Feature Manager. Це дерево проектування дозволяє керувати елементами побудови моделі, вносити зміни в конструкції деталі на будь-якому етапі проектування, не перебудовуючи деталь з початку.

Менеджер властивостей PropertyManager у свою чергу відображає інформацію про всі можливі параметри таких функцій, як: ескізи, скруглення, побудова твердотільного елемента, поверхні, сполучення зборок і т.д. А менеджер конфігурації дозволяє створювати, вибирати і переглядати численні конфігурації деталей і зборок у документі. Використання ж конфігурацій дає змогу створювати в одному файлі моделі кілька виконань виробу.

У програмі бібліотека матеріалів SolidWorks дозволяє визначати матеріал деталі для масових характеристик, специфікацій та розрахунків у COSMOSXpress або COSMOSWorks. У той час як база даних може бути поповнена користувачем і містить інформацію про фізичні властивості матеріалу і властивості видимості (колір деталі, штрихування, текстура матеріалу).

У системі SolidWorks для зручності проектування існують всі необхідні інструменти перегляду інформації в області моделювання, вибору стандартних видів, збільшення і обертання моделі, створення швидких аналітичних розрізів і т.д.

А також є можливості отримання статистичної інформації, характерні тільки для тривимірного твердотілого моделювання, це наприклад, вимірювання відстаней і кутів просторової моделі, визначення масових характеристик, кількості компонентів у зборці.

Для зручності вибору елементів у пакеті існують фільтри, які дозволяють вибирати заздалегідь певні елементи моделі.

Крім цього функція Print3D одним клацанням миші дає користувачам, підключеним до мережі Internet, прямий доступ до найефективніших технологій швидкого прототипування в промисловості, включаючи Стереолітографію (SLA), нанесення термопластів (FDM - Fused Deposition Modeling), лазерне спікання порошків (SLS - Selective Laser Sintering) та ін.

Присутній у SolidWorks і інструмент створення макросів, який дозволяє створювати власні функції. При цьому, зберігши певну послідовність дій, по одній команді можна відтворити її автоматично.

SolidWorks відкрита система для написання програм користувача на Visual Basic і Visual C++ [4, 7].

Стандартні функції Windows забезпечують роботу з файлами (відкриття, збереження та ін.), друк ескізів 3D моделі з екрану і креслень SolidWorks здійснюється на будь-який плоттер або принтер.

Тривимірний об'єкт ґрунтується на плоскому чи тривимірному ескізі. Для його побудови існує велика кількість різних інструментів, які діють у сукупності з "розумними" прив'язками і дозволяють будувати: прямі, кола та сплайни; обрізати і подовжувати лінії; дзеркально відображати і копіювати об'єкти; робити скруглення і фаски; будувати різні масиви об'єктів і ескізи тексту; проставляти розміри в автоматичному чи ручному режимі; накладати геометричні взаємозв'язки; проектувати на ескіз контури обраних елементів і т.д.

Інструментами побудови тривимірних твердотілих елементів слугує витягування ескізу або вибраного контура в будь-якому напрямку; отримання тіл обертання; елемента за заданими перетинами; за вказаною траєкторією; додання товщини поверхні; створення ухилів на грані моделі; вирізів за ескізом, поворотом, перетинами, траєкторією, площиною чи поверхнею; отримання округлень (з постійним або змінним радіусом) і фасок; побудова ребер жорсткості; створення оболонки; отримання масиву елементів різними способами; деформування твердого тіла; копіювання елементів; комбінування твердих тіл і об'єднання в одну деталь; вставка деталі з файлу в активний документ деталі і т.д.

У той же час інструментами побудови поверхонь є витягування або обертання профілю; витягування профілю уздовж траєкторії; за перетинами між профілями; еквідистанта до поверхні; відсікання поверхні площиною, ескізом або іншою поверхнею; сшивка поверхонь; роз'єму між деталями; перетворення замкнутого обсягу поверхонь у тверде тіло і т.д.

Під час проектування зварних деталей за тривимірним ескізом з компонуванням профілів з бази профіль у базі визначається за стандартом, типом і розміром. При цьому можна створювати власні профілі і додавати їх до бібліотеки. Для обробки зварних конструкцій існують інструменти для відсікання і подовження, як інструменти обрізки; побудови торцевих пробок; побудови зварних швів; елементів кутового з'єднання і т.д.

Проектування деталей з листового металу в SolidWorks можливо, як в прямому "від деталі до розгортки", так і в зворотному порядку "від розгортки до деталі". Для цього є інструменти: побудови розгортки; закруглення кромки листової деталі у вигляді облямівки; додавання згинів; створення зазору між двома крайками і т.д.

Моделювання тривимірних об'єктів рідко обходиться без побудови допоміжної геометрії. У SolidWorks є можливість побудови довідкової площині, осі, системи координат і точки, або вказати один з об'єктів довідковим.

Під час проектування зборок у SolidWorks "знизу вгору" спочатку створюються деталі, потім вони вставляються в зборку і об'єднуються згідно з вимогами проекту. Метод проектування "зверху вниз" відрізняється тим, що робота починається в зборці. Проектування "зверху вниз" у контексті збирання дозволяє створювати посилання на геометрію вихідної моделі, таким чином, що якщо змінюється розмір вихідної моделі, пов'язана з нею деталь оновлюється автоматично.

Для підвищення продуктивності і зручності роботи з великими зборками та їх кресленнями, що містять десятки тисяч деталей, в SolidWorks передбачений спеціальний режим, який дозволяє скоротити час завантаження файлу і раціонально розподіляти ресурси комп'ютера за рахунок відображення скороченою інформації про компоненти зборки [4, 8].

Інструментами для роботи зі зборками слугують: додавання існуючого вузла чи деталі в зборку; переміщення і обертання компонентів зборки; створення пари компонентів зборки, в тому числі за принципом симетричності, кулачка і редуктора; створення видів з рознесеними компонентами; приховування та відображення компонентів; настройки прозорості компонентів зборки; перевірка інтерференції і вимір динамічного зазору між компонентами і т.д.

Під час накладання відповідних взаємозв'язків між компонентами зборки можливе моделювання кінематики механізму складання. Для цього до одного з взаємопов'язаних компонентів, який має відповідні ступені свободи, прикладаються рушії здатні імітувати поступальний чи обертальний рух, привід від пружини чи дію сил гравітації.

Оскільки оформлення креслень в SolidWorks здійснюється відповідно до вимог ЄСКД і в основі креслення лежить тривимірна модель деталі, то деталь і креслення мають взаємозв'язок автоматично оновлювати креслення під час змін деталі, що забезпечує постійну відповідність моделі і креслення. На креслення можна перенести стандартні види чи будь-який інший вид з моделі, в тому числі ізометричний. Ступінь автоматичного наповнення креслярського виду з моделі регулюється настройками.

Для оформлення креслення у SolidWorks існує інструмент, що дозволяє: автоматично отримувати суміщені види, місцеві види, розрізи і перерізи; будувати розрізи за розрізом; наносити розміри і позначення параметрів якості поверхні; додавати примітки та технічні умови; автоматично чи вручну розставляти позиції; автоматично формувати специфікації; вказувати допуски і посадки з вбудованою базою даних; автоматично заповнювати основний напис; копіювати види і створювати багатолістові креслення і т.д.

У базовий пакет SolidWorks входить модуль COSMOSXpress, який використовується для експрес-розрахунку деформації та визначення коефіцієнта запасу міцності деталі за заданими навантаженнями. У результаті COSMOSXpress дозволяє визначити концентратори напруги і домогтися максимально ефективного використання матеріалу за рахунок зниження ваги елементів конструкції з надмірним запасом міцності [4, 5].

**Висновки з даного дослідження і перспективи у даному напрямку.** Система автоматизованого проектування SolidWorks знайшла широке застосування у виробництві. Завдяки інтуїтивно зрозумілому інтерфейсу, гнучкі системні налаштування, максимальній деталізації моделі, можливості виявлення помилки на ранній стадії проектування виробу, створенню 2D-видів безпосередньо з 3D-моделі в напівавтоматичному режимі. Крім того, система забезпечена каталогами стандартних компонентів (метизів, профілів і т.д.), що дозволяють скоротити час проектування, наявна повна інтеграція з іншими САПР.

#### **Список використаних джерел.**

1. <http://joiner.org.ua/2rozrjad/2009-07-08-13-19-32/2009-07-24-08-10-10/2009-07-24-08-42-32.html>
2. [http://cncjunior-master.ucoz.com/load/solidworks\\_programma\\_dlja\\_trekhmernogo\\_proektirovanija/2-1-0-11](http://cncjunior-master.ucoz.com/load/solidworks_programma_dlja_trekhmernogo_proektirovanija/2-1-0-11)
3. <http://www.solidworks.spb.ru/article/solidworks-about-program>
4. <http://www.thesis.com.ru/software/solidworks/solidworks.php>
5. [http://www.solidworld.ru/kms\\_catalog+stat+cat\\_id-3+page-1+nums-7.html](http://www.solidworld.ru/kms_catalog+stat+cat_id-3+page-1+nums-7.html)
6. <http://www.softsalad.ru/software/solidworks-professional.html>
7. <http://chem-otkrit.ru/soft/SolidWorks>
8. [http://www.solidworld.ru/kms\\_catalog+stat+cat\\_id-3+page-1+nums-7.html](http://www.solidworld.ru/kms_catalog+stat+cat_id-3+page-1+nums-7.html)