

УДК 378.147:744

Райковська Галина Олексіївна

доктор педагогічних наук, професор
кафедра галузевого машинобудування
Житомирський державний технологічний університет
м.Житомир, Україна
g_a_raykovskaya@ukr.net

Соловійов Андрій Володимирович

аспірант
кафедра галузевого машинобудування
Житомирський державний технологічний університет
м.Житомир, Україна
mvs_sav@ztu.edu.ua

Мельник Олександр Леонідович

кандидат технічних наук
кафедра галузевого машинобудування
Житомирський державний технологічний університет
м.Житомир, Україна
o.l.melnyk@ukr.net

РЕАЛІЗАЦІЯ ПАРАДИГМИ НАСКРІЗНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЗАСОБАМИ САПР

Анотація. Сучасна машинобудівна галузь потребує універсальних фахівців, що мають змогу вільно виконувати будь-які задачі на виробництві. У першу чергу мова йде про наскрізне використання систем автоматизованого проектування. Суть цього підходу базується на використанні основних модулів (CAD, CAM, CAE) одного програмного пакету та застосуванні у цих межах усіх необхідних конструкторських та технологічних задач. У даній роботі ми зосередилися на проведенні повноцінного наскрізного моделювання барабанної сушарки. За допомогою програмного пакету SolidWorks 2018 ми створили тривимірну модель обладнання, провели інженерний аналіз окремих вузлів та сформували маршрут обробки деталей для металорізальних верстатів. В основі дослідження – методи аналізу, синтезу та порівняння для визначення доцільності реалізації парадигми наскрізного моделювання з використанням конкретних модулів програмного пакету SolidWorks. Ми вважаємо, що такий комплексний підхід до виконання інженерних задач сприяє поглибленню розуміння основ виробництва. Крім того, забезпечується універсальність фахівця, за рахунок чого є можливим виконання будь-яких задач у наскрізному виробничому процесі.

Ключові слова: наскрізне моделювання, професійна підготовка, САПР, CAM, CAE, SolidWorks

Вступ. Професійна підготовка фахівців з напрямку 13 «Механічна інженерія», на наш погляд, має базуватися на використанні сучасних машинобудівних систем автоматизованого проектування (САПР). Суттєва частина навчального процесу у технічних ВНЗ України дійсно присвячена конструюванню та моделюванню, але в той же час вивчення САПР обмежується створенням 3D-моделей, креслень та проведенням простого інженерного аналізу, в той час як існує необхідність у здобутті навичок із використання усього спектру модулів програмних засобів.

На нашу думку, найважливішим у вивченні САПР майбутніми фахівцями з механічної інженерії є вільне використання основних модулів конструювання та моделювання, що дозволить забезпечувати наскрізний тип виробництва. Такий підхід є актуальним для українських підприємств, що прагнуть оптимізувати виробничий процес, підвищити продуктивність та якість вихідного продукту. Враховуючи, що у сучасному машинобудуванні парадигма наскрізного моделювання є найбільш перспективною, ми вважаємо за доцільне комплексне використання САПР у навчальному процесі студентів із механічної інженерії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вітчизняні науковці розглядають перспективність використання основних систем автоматизованого проектування при виконанні тих чи інших промислових задач у розрізі наскрізного моделювання [4; 6; 7]. На актуальності комплексного використання САПР наголошують і іноземні фахівці [1; 2]. У якості основи для вивчення систем САМ та САЕ є напрацювання, що були проведені у САД-системах [3; 6].

Метою статті є розробка методики проведення

наскрізного моделювання у системі SolidWorks 2018 на прикладі барабанної сушарки.

Завдання дослідження. Використання трьох основних модулів САПР (CAD, CAE, CAM) для забезпечення наскрізного моделювання при створенні барабанної сушарки.

Методи дослідження: у дослідженні використовуються методи аналізу та синтезу, а також метод порівняння для визначення доцільності реалізації парадигми наскрізного моделювання з використанням конкретних модулів програмного пакету SolidWorks.

Виклад основного матеріалу. Машинобудівні підприємства та виробництва інших галузей промисловості активно вкладають кошти як у оновлення існуючого та закупку нового конструкторського та технологічного програмного забезпечення, так і у модернізацію комп'ютерної техніки. Мова йде про персональні комп'ютери з відповідними системними параметрами, а також програмні засоби, що відповідають цілому ряду вимог виробництва та сучасному стану ринку. В цьому питанні важливо мати на увазі, що саме наскрізне моделювання є тією самою рушійною силою машинобудування, що дозволяє підвищувати продуктивність, якість продукції, і у той же час скорочувати витрати та оптимізувати виробничий процес. Варто зауважити, що у багатьох випадках досягти максимальної ефективності в роботі САПР не вдається, відповідно, і час виконання проєктів не є оптимальним, саме тому актуальною є задача раціонального використання різних систем, модулів та інструментів [5].

В межах САПР наскрізне моделювання являє собою використання комплексу програмних засобів

або модулів одного програмного продукту з метою забезпечення повного циклу виробництва продукції. Такий підхід забезпечує комплексність в прийнятті рішень на етапах проектування з урахуванням наявних технологічних можливостей підприємства, адже з'являється можливість самостійно вирішувати питання, що пов'язані з тривимірним моделюванням, розробкою технічної документації та іншими складовими виробництва у межах відповідних програмних продуктів [1; 2].

Основними складовими наскрізного моделювання у межах САПР, на наш погляд, є: система для автоматизації дво- та тривимірного геометричного проектування – computer-aided design (CAD), засіб автоматизації інженерних розрахунків, аналізу та симуляції фізичних процесів – computer-aided engineering (CAE), система технологічної підготовки виробництва – computer-aided manufacturing (CAM), а також система управління даними про виріб – product data management (PDM). Разом з тим можуть мати місце і допоміжні модулі та інструменти, що інтегровані у ті чи інші САПР, тобто це засоби, які не можна віднести до однієї з вищезазначених систем, але вони є частиною наскрізного виробничого процесу. Також варто зауважити, що ті чи інші програмні продукти включають в себе модулі та інструменти, які лише у виняткових випадках використовуються підприємствами, але у той же час вони можуть спростити виробничий процес, а також забезпечити позитивний економічний ефект.

Найбільш оптимальним рішенням є використання систем, що включають в себе усі необхідні модулі для забезпечення наскрізного моделювання. У такому випадку немає необхідності проводити додаткову конвертацію файлів, створених у тій же системі, де і планується продовження роботи (інженерний аналіз, створення технологічного процесу виробництва і таке інше). Крім того, з такої точки зору може бути суттєво спрощена взаємодія з підтримкою продукту з боку розробника програмного забезпечення.

На сьогодні в багатьох країнах світу одним з найбільш поширених САПР, котрі використовуються для наскрізного моделювання, є програмний комплекс SolidWorks компанії Dassault Systèmes. Перевагою версії 2018-го року є наявність усіх необхідних для наскрізного моделювання модулів. Дана версія продукту є першою, до якої включений САМ-модуль. Крім того, ми вважаємо, що корисним у виробничих умовах є інструмент Costing вищевказаного програмного пакету. Його основні можливості базуються на розрахунку собівартості виробництва деталей, а також конструюванні раціональної геометрії в тому числі і з урахуванням ціноутворення виготовлення. Відповідно, усі необхідні операції з конструювання та моделювання можуть виконуватися без використання будь-яких інших програмних пакетів чи додаткових модулів. За допомогою «хмарних» сховищ даних існує можливість колективної роботи над проектами. У випадку з використанням програмного пакету SolidWorks варто зазначити присутність «хмарної» платформи, яка дає змогу розраховувати на повну незалежність від сторонніх програмних розробок, тим самим повністю сконцентруватися на наскрізному моделюванні в найчистішому вигляді.

Майбутні фахівці з механічної інженерії, на наш погляд, повинні зосереджуватися на вивченні принципів наскрізного моделювання, адже на сьогодні ринок праці потребує універсальних спеціалістів, що пов'язано з необхідністю гнучкості виробництва у відповідності до кон'юнктури ринку. З одного боку такий підхід дозволяє отримати фахівця, здатного

виконувати будь-які завдання у межах САПР протягом усього наскрізного процесу виробництва, а з іншого – створюються умови, при яких спеціаліст може самостійно повертатися до попередніх кроків у конструюванні та моделюванні продукції, тим самим забезпечуючи її високу якість. Крім того, колективна робота над проектами передбачає проведення обговорень з іншими фахівцями, роботу над помилками, а також обмін досвідом.

Процес наскрізного моделювання засобами модулів програмного пакету SolidWorks ми умовно поділимо на 4 основні етапи, які, на наш погляд, мають бути ґрунтовно відпрацьовані здобувачами вищої освіти з механічної інженерії. З огляду на загальну складність проекту та бажанні зосередитися на специфіці використання систем САМ, САЕ та інструменту Costing, у нашій роботі ми більш глибоко проаналізуємо інженерний аналіз, роботу з інструментом Costing та розробку технологічного процесу.

1) Робота у САМ-модулі.

Ідеться про комплексне використання цієї частини програмного пакету. Конструювання будь-якої машини чи механізму починається зі створення тривимірної моделі, яка і стане основною для усіх подальших операцій у наскрізному процесі моделювання. Варто зауважити, що парадигма сучасного конструювання передбачає створення креслень чи іншої конструкторської документації лише після реалізації тривимірної моделі. Тобто, на сьогодні 3D-модель є первинною для всіх подальших операцій, пов'язаних з використанням САПР у промисловій діяльності.

Створення детальної тривимірної збірки барабанної сушарки дозволяє отримати усі необхідні умови для подальшого дослідження: розмірно-масові та інерційні характеристики, умови та геометрію контактів.

Для того, щоб у подальших дослідженнях визначити силові фактори, що діють на опорну станцію, була проведена робота по зменшенню надлишкових обмежень. Врешті бандажі, завантажувальний та розвантажувальний вузли, вінцева шестерня з кріпленнями були об'єднані у жорсткі групи. Таким чином, кількість надлишкових зв'язків було зменшено з 219 до 44.

Вже на основі твердотілої збірки можна переходити до створення креслення сушарки або окремих її вузлів чи деталей. У нашій роботі ми сконцентруємося на використанні модулів САМ та САЕ, а також інструмента Costing, в той же час основою дослідження є напрацювання Г. Райковської та В. Головні у графічній підготовці майбутніх фахівців технічних ВНЗ [3; 6].

2) Робота у САЕ-модулі.

Для визначення навантажень в опорній станції сушарки в межах парадигми наскрізного моделювання, запропонований та використаний наступний алгоритм:

1) побудова 3D-моделі – геометричне ядро SolidWorks;

2) налаштування моделі та створення дослідження руху – SolidWorks Motion;

3) експорт навантаження в модуль SolidWorks Simulation та виконання статичного лінійного аналізу.

На етапі складання збірки деталей використовуючи тільки стандартні спряження завжди має місце утворення надлишкових обмежень. Для досліджень наявності надлишкових (повторюваних) спряжень в Motion Analysis еквівалентно перевизначенню моделі SolidWorks, тому SolidWorks автоматично видаляє повторювальне обмеження, що може призвести до

одержання не правильного результату дослідження. Це пояснюється тим, автоматичне видалення надлишкових зв'язків є алгебраїчно правильним, але

далеко не завжди правильним з точки зору функціонування механізмів та розподілу навантажень між ланками механізму.

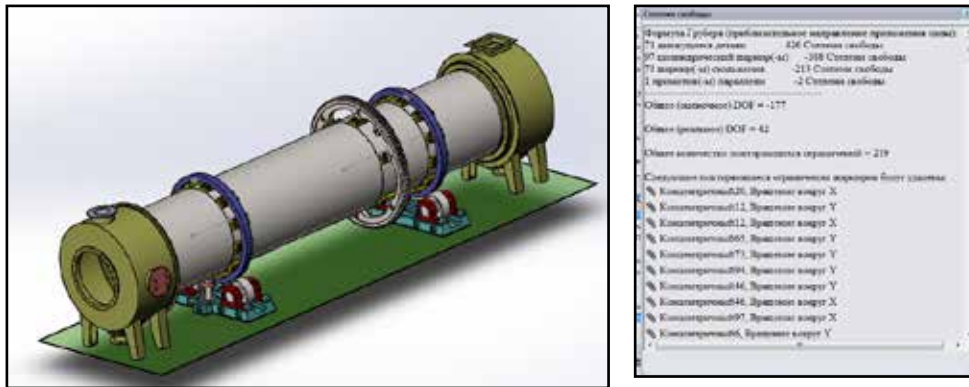


Рис.1. Твердотіла збірна модель барабанної сушарки

Тому після розробки твердотілої збірки моделі барабанної сушарки (рис.1,а) була проведена робота по зменшенню надлишкових обмежень (див. рис.1,б). Так як в даному дослідженні визначаються силові фактори, котрі діють на опорну станцію, такі складальні вузли як бандажі, вінцева шестерня з кріпленнями, завантажувальний та розвантажувальний вузли були об'єднанні в жорсткі групи, що дало можливість зменшити кількість надлишкових зав'язків з 219 до 44.

В параметрах дослідження руху встановлено 125 кадрів в секунду при тривалості дослідження 1 секунда. Між бандажами та опорними роликками був створений контакт 3D.

Результати визначення сили протидії на валах опорних роликків зображені на рис.2. Для дослідження була використана розроблена модель (рис.1,а), а також прикладене зусилля, котре імітує дію ваги матеріалу в барабані.

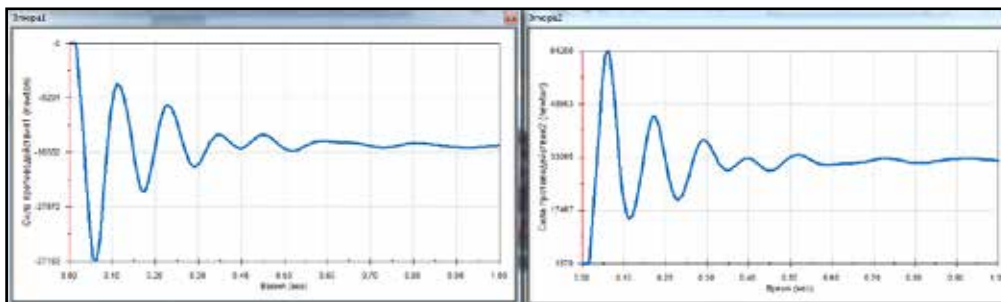


Рис. 2. Епюри визначення сили протидії на валу опорних роликків: а – горизонтальна складова; б – вертикальна складова

Після визначення діючих навантажень на вузли опорної станції в модулі SolidWorks Simulation був проведений перевірочний розрахунок. Перед розрахунком була проведена чітка вивірка всіх спряжених

розмірів моделі для унеможливлення інтерференції між деталями. Підготовлена для аналізу твердотіла модель опорної станції показана на рис.3.

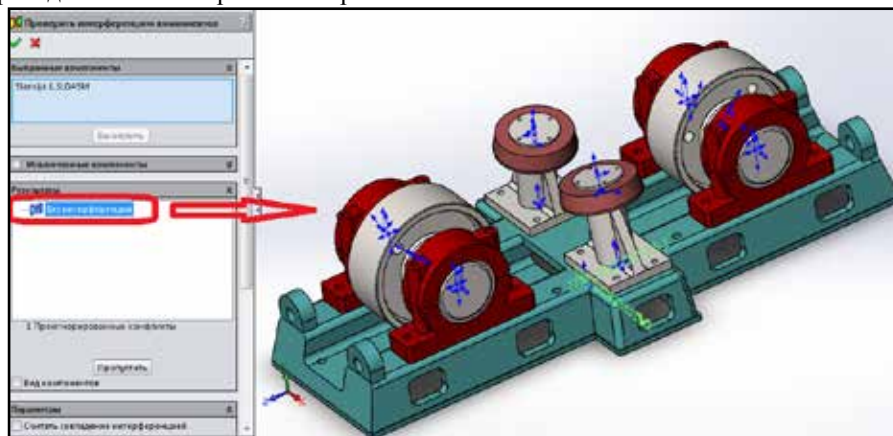


Рис. 3. 3D-модель опорної станції та аналіз інтерференції збірки за допомогою інструментарію SolidWorks Simulation

В даному випадку доречно застосувати симетричні граничні умови для пришвидшення процесу аналізу, що відображено на рис.4. Це можливо по причині того, що форма деталей, навантаження та обмеження практично симетричні.

Після цього відбулося формування інженерної задачі по статичному дослідженню збірки. Параме-

три дослідження залишені за промовчанням (тип вирішувачої програми, адаптивні методи, тощо). Кріплення рами станини опорної станції до фундаменту було імітоване кріпленням фундаментними болтами станини до віртуальної стінки, котра виступає в ролі фундаменту (рис.4).

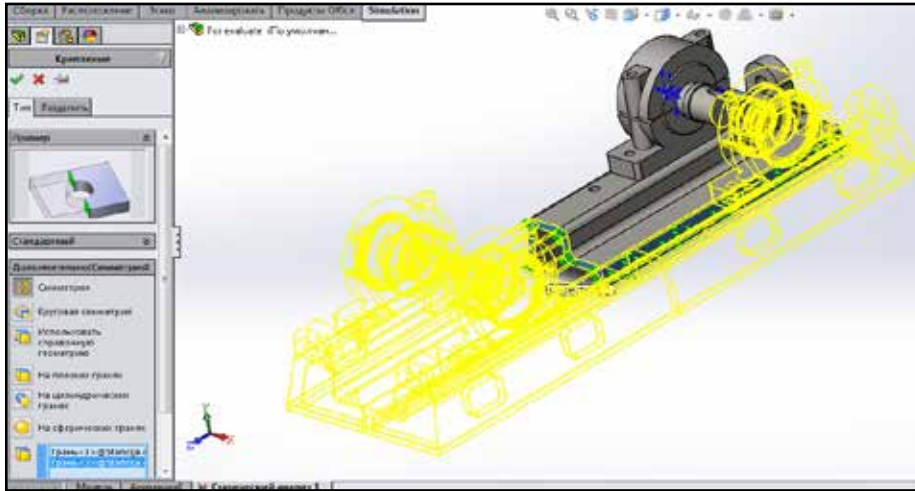


Рис. 4. Симетричні граничні умови

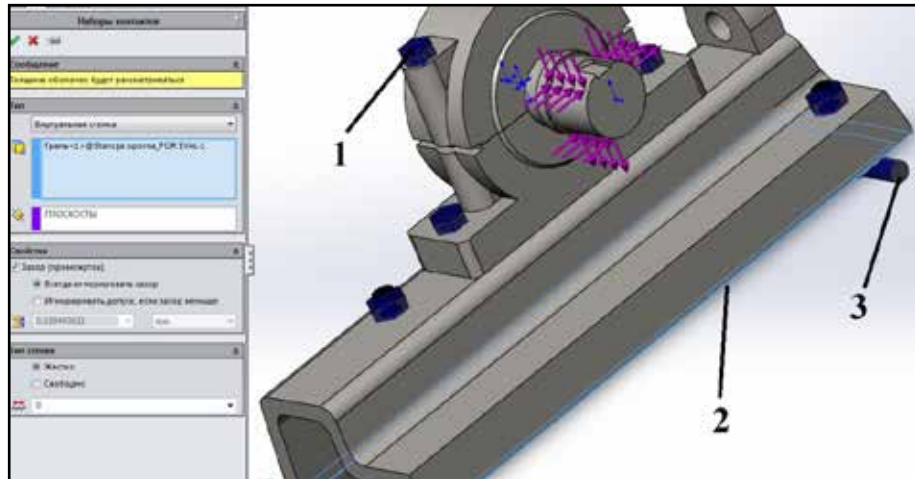


Рис. 5. Накладання граничних і кінематичних умов збірки: 1 – з'єднувач болт, 2 – віртуальна стінка, 3 – кріпильний елемент болт основи

Наступним етапом було прикладення раніше визначених в Motion складових навантаження (половини величини значення, що пов'язано з умовами симетрії), створення сітки на основі кривизни та запуску дослідження (рис.10).

Між компонентами збірки були створення кон-

тактні умови. Глобальний контакт (зв'язані) заданий у варіанті з суцільною сіткою. Для перевизначення умов контакту заданих глобальним контактом застосовано контакт компонентів. Контакт компонентів вибраний у варіанті немає проникнення та заданий коефіцієнт тертя.

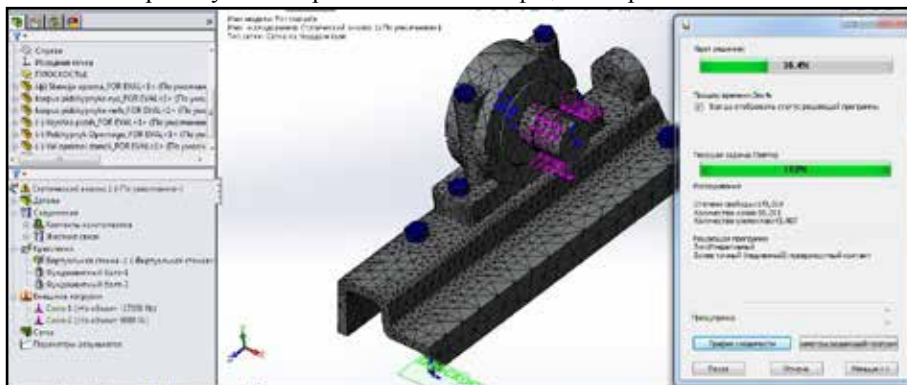


Рис. 6. Хід статичного аналізу збірки

Після проведення дослідження одержані результати, котрі показані на рис.7.

Результати досліджень показують, що максимальні еквівалентні напруження, котрі виникають в конструкції, менші границі текучості найменш міцного матеріалу (вуглецевої сталі) в 4 рази. Іншими словами конструкція має 4-х кратний запас міцності. Але

варто відзначити, що при неточній установці опорних станцій чи виникненню динамічних навантажень напруження може розподілятися нерівномірно і значно перевищувати отримані при моделюванні значення, тому такий запас міцності є доцільним.

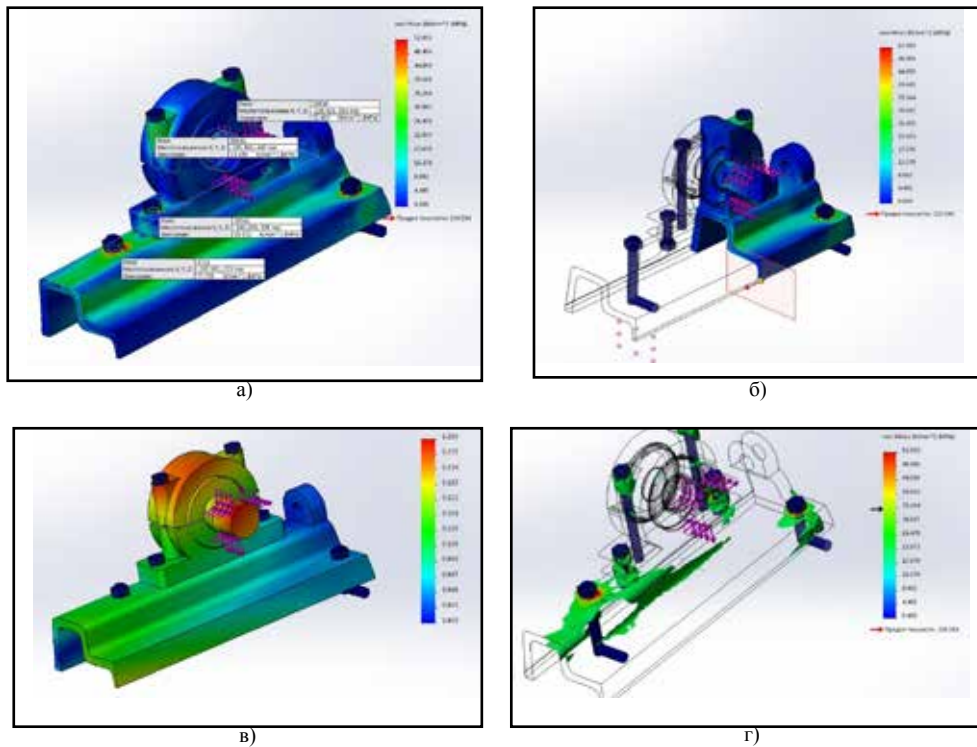


Рис. 7. Результати статичного аналізу: а - епюра еквівалентних напружень по Мізесу та використання інструменту зондування; б – епюра напружень в перерізі, в – епюра переміщення; г – переріз Iso

Таким чином приведений комплексний аналіз моделі з використання модулів, котрі розглядають тіла абсолютно жорсткими (Motion) та модулі, котрі виконують аналіз методом скінченних елементів (Simulation).

3) Робота з інструментом Costing. Дане доповнення до програмного пакету SolidWorks, на наш погляд, представляє собою корисну складову наскрізного моделювання. Головна задача Costing – це максимально точний розрахунок собівартості виробництва деталей, листового металу, збірок і таке інше. У нашому випадку, коли мова йде про виробництво

барабанної сушарки, доцільно окремо аналізувати кожну деталь, отримувати собівартість виготовлення та при необхідності проводити оптимізацію. Ми вважаємо, що даний крок у наскрізному моделюванні є визначальним, адже після проведення аналізу можна робити висновки про вплив геометрії деталі, точності її виготовлення, що закладена на етапі конструювання, та як впливає призначений матеріал на собівартість.

З огляду на великі обсяги досліджень, у нашій роботі ми обмежимося аналізом лише півкорпуса підшипника барабанної сушарки.

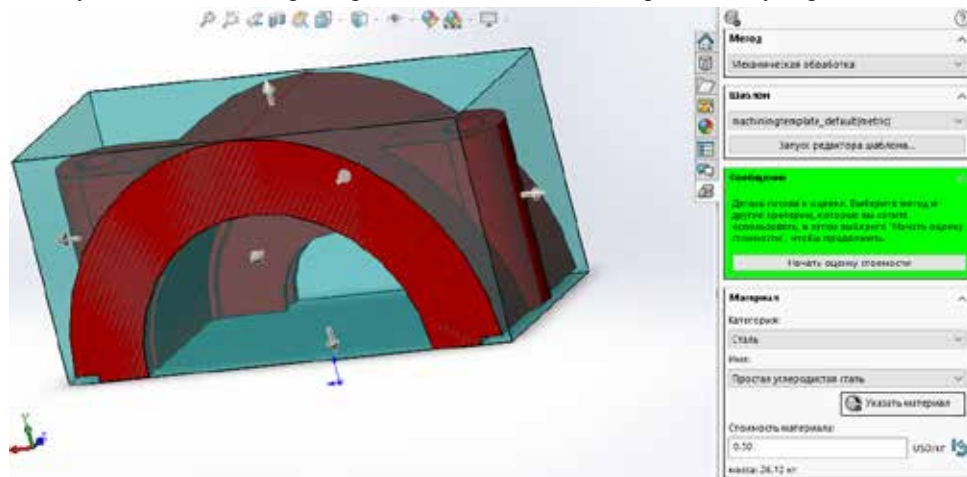


Рис. 8. Інтерфейс інструмента Costing у дослідженні собівартості виготовлення півкорпусу підшипника барабанної сушарки

У нашому випадку інструмент Costing необхідний для аналізу процесу механічної обробки. Використовувати будемо стандартний шаблон налаштувань «machiningtemplate_default (metric)», основний матеріал деталі обираємо просту вуглецеву сталь. Вартість 1 кг матеріалу також обираємо середньоринкову – 0.5 долара США. Загалом вага заготовки, що визначена інструментом, складає 26.12 кг. Тілом заготовки є паралелепіпед. Наступний блок налаштувань пов'язаний з кількістю деталей, що необхідно виготовити. Розмір партії та загальна кількість деталей напряму впливає на собівартість виготовлення однієї одиниці продукції. У даному дослідженні вказуємо необхідність лише у одній деталі. В загальному випадку такі деталі як півкорпус підшипника доцільно виготовляти литтям з подальшою механічною обробкою. Але так як метою даної статті є розробка методології реалізації парадигми наскрізного моделювання, будемо використовувати певні спрощення.

Цехову ставку та налаштування націнок та знижок не використовуємо у нашому дослідженні. Після цього можна виконувати розрахунок вартості.

Дослідження, що проводиться для деталей нескладної геометричної форми усього декілька секунд, демонструє, що собівартість виготовлення одного півкорпуса підшипника із нашими налаштуваннями складає близько 208.92 доларів США. Причому 94% від цієї суми складає вартість матеріалу. Наладка металорізального обладнання під виготовлення деталі становить майже 98 доларів США. Загалом вартість фрезерної обробки становить більше 94 доларів США.

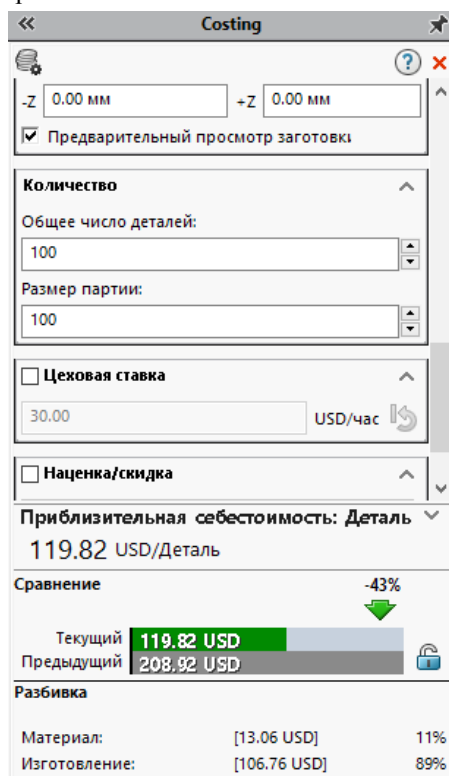


Рис. 9. Менеджер інструменту Costing при налаштуванні основних параметрів виготовлення деталі

Повертаємося до попереднього кроку та вказуємо загальну кількість деталей – 100. Повторний розрахунок собівартості виготовлення демонструє, що тепер випуск одиниці продукції подешевшав до 119,82 доларів США (зниження вартості на 43%).

Можливості інструменту Costing суттєво розширюються, якщо деталь має багато заокруглень, отворів чи інших елементів, якими можна нехтувати під час дослідження. Таким чином можна проаналізувати основні варіанти економії коштів за рахунок спрощеної геометрії.

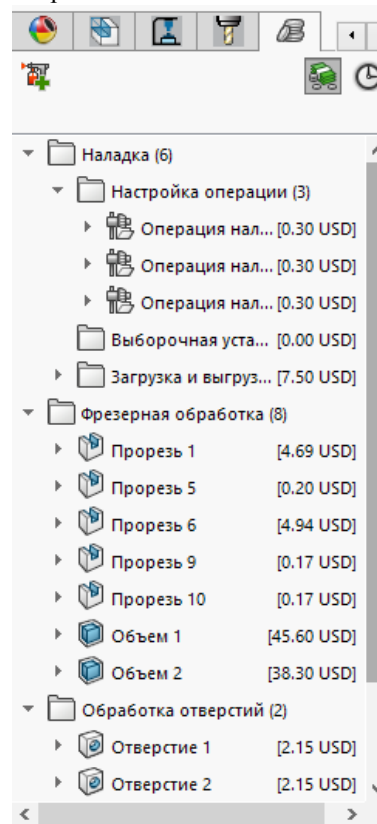


Рис. 10. Перелік та кошторис операцій наладки і обробки

При проведенні розрахунку собівартості виготовлення деталей за допомогою інструменту Costing можна самостійно задавати не лише матеріал, габарити заготовки та розмір партії, але й іншу інформацію, зокрема існує можливість видалення окремих операцій на металообробному обладнанні, кошторису на наладку верстатів і таке інше. При наявності реального виробництва можна також враховувати вартість праці фахівців, що займаються виготовленням продукції, а також суміжні витрати. Детальне налаштування шаблонів дозволить виконувати досить точний аналіз собівартості виготовлення деталей та приймати рішення про зміну конструкції, матеріалу деталі чи технології виготовлення.

Особливо ефективним інструмент Costing є у тих випадках, коли виробництво отримує велику кількість дрібних замовлень, які потребують швидкого розрахунку собівартості виготовлення, а також визначення шляхів економії у процесі виробництва. Крім того, для фахівця з механічної інженерії інструмент є корисним з точки зору аналізу операцій механічної обробки, адже наступний крок у процесі наскрізного моделювання – це використання САМ-модуля. У підготовці керуючої програми можна заздалегідь визначити операції, що є доцільними, а від яких краще відмовитися.

4) Робота у САМ-модулі.

Доданий лише у останній версії SolidWorks модуль, призначений для створення маршруту обробки деталей, дозволяє повністю відмовитися від будь-яких сторонніх розробок. Сильною стороною цього

доповнення до програмного забезпечення компанії Dassault Systèmes є можливість великого вибору верстатів та інструментів, що використовуються для будь-якого типу механічної обробки.

Варто зауважити, що розробка технологічного процесу обробки деталей у програмному пакеті SolidWorks увірвала в себе більшість переваг незалежних САМ-модулів, тому для тих, хто тільки по-

чинає працювати з програмним забезпеченням цього напрямку, такий досвід буде корисним. Наявність повноцінної симуляції обробки різними інструментами та на різних режимах, а також інтуїтивно зрозумілий інтерфейс із налаштуваннями – все це дозволяє швидко засвоїти принцип роботи модуля, особливо якщо у користувача вже є досвід роботи у програмному пакеті SolidWorks.

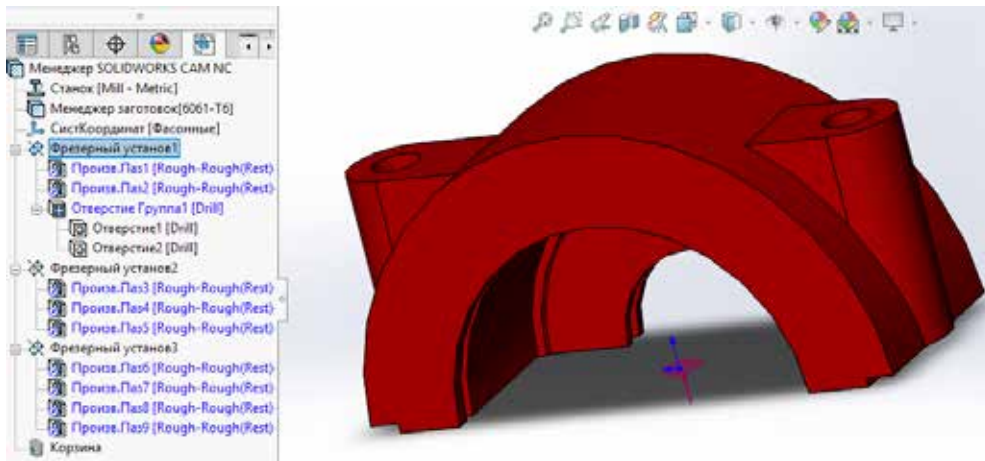


Рис. 11. Перелік основних операцій обробки у SolidWorks CAM

Роботу у САМ-модулі починаємо з визначення параметрів заготовки, у нашому дослідження обмежимося стандартними налаштуваннями. Аналогічну

дію проводимо і з опцією «Вибір верстата», у нашому випадку основним обладнанням буде 3-координатний фрезерний верстат.

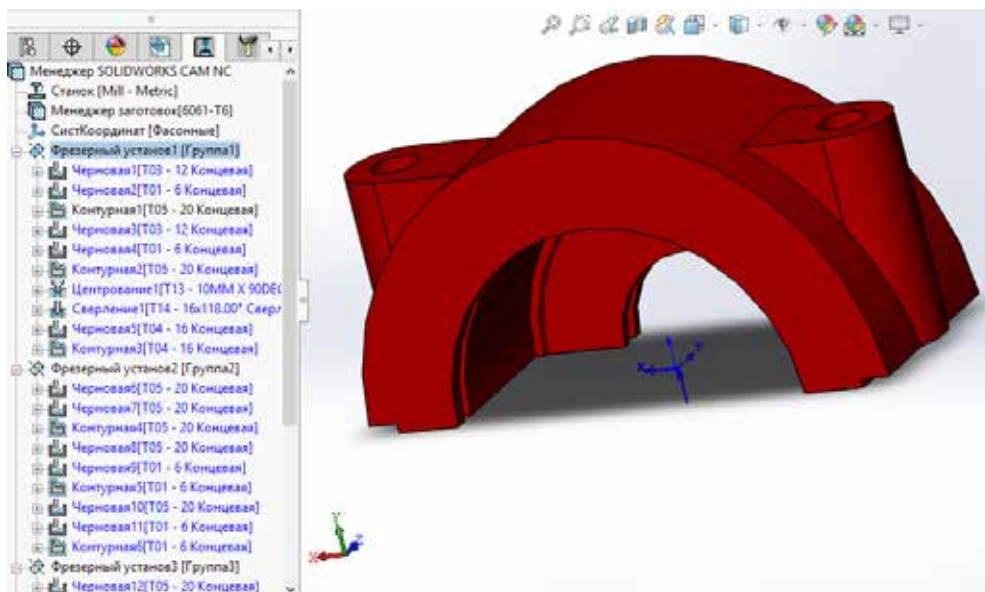


Рис. 12. «Вилучення елементів» у САМ-модулі

Одним з основних кроків проведення нашого дослідження є операція «Вилучення елементів», за допомогою якої проводиться автоматичне розпізнавання елементів у твердотілій моделі. Таким чином модуль дозволяє визначити основні операції, які можуть бути проведені під час механічної обробки. Після проведення аналізу було визначено, що для отримання напівкорпуса підшипника барабанної сушарки треба провести 9 фрезерних операцій та свердлування двох отворів.

Після цього переходимо до генерування плану обробки. На цьому етапі програмний пакет аналізує усі операції, що були визначені у попередньому кроці, та генерує послідовність дій, які мають бути виконані металорізальним обладнанням для отримання висо-

кої якості поверхні.

Далі необхідно запусити генерацію траєкторії для визначених операцій.

Одним із завершальних кроків роботи у САМ-модулі є проведення симуляції траєкторії руху інструмента (рис.13). На цьому етапі можна наочно побачити траєкторію руху інструмента, акцентувати увагу на окремих операціях чи проходах.

На завершення роботи у модулі SolidWorks CAM можна зберегти файл формату CLT керуючої програми для верстата з ЧПК.

Викладений матеріал дозволяє зробити наступні висновки:

1) Проведення наскрізного моделювання дозволяє майбутнім фахівцям з механічної інженерії про-

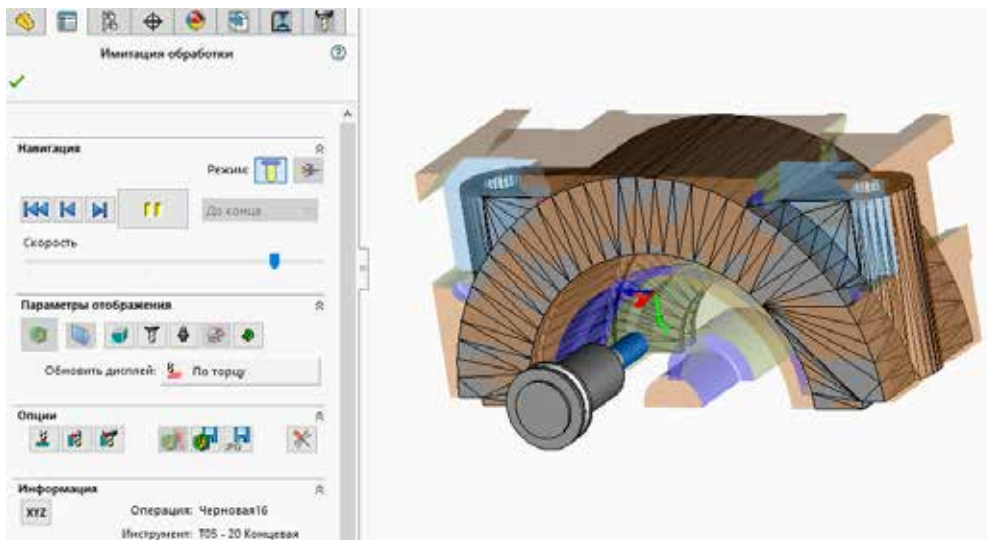


Рис. 13. Симуляція механічної обробки у SolidWorks CAM

аналізувати процес виробництва продукції у межах САПР та зробити відповідні висновки щодо порядку проведення тих чи інших операцій.

2) Впровадження основ наскрізного моделювання у межах САПР в навчальний процес дозволить проводити підготовку універсальних інженерів за напрямком 13 «Механічна інженерія», котрі володіють комплексним підходом при моделюванні, аналізі та виготовленні деталей та вузлів, які зможуть вільно виконувати будь-які задачі на виробництві у системах CAD, CAM та CAE.

3) Проведення наскрізного моделювання – це оптимальна перевірка знань, які були здобуті під час вивчення САПР протягом усього навчального процесу. На нашу думку, успішне виконання наскрізного моделювання студентом є комплексним показником засвоєння навчального матеріалу та готовності майбутнього фахівця вільно конкурувати на ринку праці. Ми вважаємо, що виконувати такі завдання доцільно саме під час роботи над бакалаврською атестаційною роботою, коли студент отримав усі необхідні знання та вже наділений навичками для створення таких масштабних проектів.

References

1. Cornelius, T. Leondes. *COMPUTER AIDED AND INTEGRATED MANUFACTURING A 5-Volume Set. Volume 4: Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing (CAD/CAM)*. – World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2003. – 302 pp.
2. Gopinath, Chintala. *Trends in CAD/CAM/ To Capture Global Markets*. – LAP Lambert Academic, 2011. – 208 pp.
3. Holovnia, V.D. (2015). Rozvytok konstruktorsko-tehnologichnykh zdibnostei studentiv u protsesi navchannia komp'uternoho konstruiuvannia ta modeliuvannia u vyshchyykh tekhnich hnykh navchalnykh zakladakh [Development of design and technological abilities of students in the process of teaching computer design and modeling in higher technical educational institutions]. *Unpublished candidate Thesis*. Rivne: National University of Waterways and Natural Use [in Ukrainian].
4. Khozhylo, M.E. (2014). Systemy avtomatyzovanoho proektuvannia v strukturi pidgotovky suchasnoho inzheneramekhanika [Systems of automated design in the structure of preparation of modern engineer-mechanics]. *Materialovedenie. Mashinostroenie. Serija : Podjomno-transportnye, stroitelnye i dorozhnye mashiny i oborudovanie [Construction. Material science. Mechanical engineering. Series: Lifting-transport, construction and road machines and equipment]*, 79, 172-178 [in Ukrainian].
5. Parkhomenko, A.V. (2013). *Avtomatyzovane proektuvannia elektronnykh zasobiv v seredovyshchakh Creo ta ALTIUM DESIGNER: Navchalnyi posibnyk [Automated design of electronic media in Creo and ALTIUM DESIGNER environments: Tutorial]*. Zaporizhzhia: Dyke pole [in Ukrainian].
6. Raikovska, H.O. (2011). Teoretyko-metodychni zasady hrafichnoi pidgotovky maibutnikh fakhivtsiv tekhnichnykh spetsialnosti zasobamy informatsiynykh tekhnolohii [Theoretical and methodical principles of graphic preparation of future specialists of technical specialties by means of information technologies]. *Unpublished Doctoral Thesis*. Kyiv: National Pedagogical University named after MP Drahomanov [in Ukrainian].
7. Stenin, O.A. (2010). CAD/CAM/CAE/PLM-system pry kriznomu paralelnomu tsykli pidgotovky vyrobnytstva [Using modern CAD / CAM / CAE / PLM systems with a parallel parallel production cycle]. *ASAU*, 17 (37), 109-117 [in Ukrainian].

Список використаної літератури

1. Cornelius, T. Leondes. *COMPUTER AIDED AND INTEGRATED MANUFACTURING A 5-Volume Set. Volume 4: Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing (CAD/CAM)*. – World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2003. – 302 pp.
2. Gopinath, Chintala. *Trends in CAD/CAM/ To Capture Global Markets*. – LAP Lambert Academic, 2011. – 208 pp.
3. Головня В.Д. Развитие конструкторско-технологических способностей студентов в процессе обучения компьютерного конструирования та моделирования в высших технических учебных заведениях : дис. ... к-та пед. наук : 13.00.04 / Головня Вячеслав Дмитриевич. – Рівне, 2015. – 298 с.
4. Хожило М. Е. Системы автоматизованого проектування в структурі підготовки сучасного інженера-механіка / М. Е. Хожило, І. А. Кулик, М. І. Деревянчук // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия : Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование. – 2014. – Вып. 79. – С. 172-178.
5. Пархоменко А. В. Автоматизоване проектування електронних засобів в середовищах Creo та ALTIUM DESIGNER: Навчальний посібник / А.В.Пархоменко, А.В.Пригула, В.М.Кришук. – Запоріжжя : Дике поле, 2013. – 250 с.
6. Райковська Г.О. Теоретико-методичні засади графічної підготовки майбутніх фахівців технічних спеціальностей засобами інформаційних технологій: дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.04 / Галина Олексіївна Райковська. – К., 2011. – 433 с.
7. Стенін О. А. Використання сучасних CAD/CAM/CAE/PLM-систем при кризному паралельному циклі підготовки виробництва / О.А. Стенін, С.В. Лапковський, М.О. Солдатова // "АСАУ" – 17 (37) 2010, – С. 109-117.2.

Стаття надійшла до редакції 13.04.2018 р.

Стаття прийнята до друку 18.04.2018 р.

Райковская Галина

доктор педагогических наук, профессор
кафедра отраслевого машиностроения
Житомирский государственный технологический университет
г. Житомир, Украина

Соловьев Андрей Владимирович

аспирант
кафедра отраслевого машиностроения
Житомирский государственный технологический университет
г. Житомир, Украина

Мельник Александр Леонидович

кандидат технических наук
кафедра отраслевого машиностроения
Житомирский государственный технологический университет
г. Житомир, Украина

РЕАЛИЗАЦИЯ ПАРАДИГМЫ СКВОЗНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СРЕДСТВАМИ САПР

Аннотация. Современная машиностроительная отрасль нуждается в универсальных специалистах, которые могут свободно выполнять любые задачи на производстве. В первую очередь речь идет о сквозном использовании систем автоматизированного проектирования. Суть этого подхода базируется на использовании основных модулей (CAD, CAM, CAE) одного программного пакета и выполнении в этих пределах всех необходимых конструкторских и технологических задач. В данной работе мы сосредоточились на проведении полноценного сквозного моделирования барабанной сушилки. С помощью программного пакета SolidWorks 2018 мы создали трехмерную модель оборудования, провели инженерный анализ отдельных узлов и сформировали маршрут обработки деталей для металлорежущих станков. В основе исследования – методы анализа, синтеза и сравнения для определения целесообразности реализации парадигмы сквозного моделирования с использованием конкретных модулей программного пакета SolidWorks. Мы считаем, что такой комплексный подход к выполнению инженерных задач способствует углублению понимания основ производства. Кроме того, обеспечивается универсальность специалиста, за счет чего возможно выполнение любых задач в сквозном производственном процессе.

Ключевые слова: сквозное моделирование, профессиональная подготовка, САПР, CAM, CAE, SolidWorks

Raikovska Halyna

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor
Department of Branch Engineering
Zhytomyr State Technological University
Zhytomyr, Ukraine

Solovyov Andriy

Postgraduate Student
Department of Branch Engineering
Zhytomyr State Technological University
Zhytomyr, Ukraine

Melnyk Olexandr

Candidate of Technical Sciences
Department of Branch Engineering
Zhytomyr State Technological University
Zhytomyr, Ukraine

IMPLEMENTATION OF THE PARADIGM OF PLM MODELING WITH CAD PRODUCTS

Abstract. Modern systems of computer modeling have tremendous functionality, and now the most topical developments are software complexes that include several main modules. This allows us to provide the most optimal product lifecycle management (PLM) within the production process. In our opinion, the ideal basis for PLM modeling is the SolidWorks 2018 software package, which includes the most basic modules and tools for a full production cycle. In our study we used modules such as CAD, CAM and CAE, as well as the Costing tool. The first module is needed to create a three-dimensional model, as well as drawings and specifications on this basis. The CAM module is required to create a processing route, and CAE is required for the engineering analysis of parts and mechanisms. We also believe that the Costing tool is perspective in this case, with the help of which it is possible to analyze the cost of a part or the whole mechanism and optimize the product. In our opinion, the PLM modeling with the use of the above modules will allow future specialists to enter the labor market safely and easily become part of modern production facilities that use progressive methods of output in their activities. The research is based on methods of analysis, synthesis and comparison to determine the feasibility of implementing a paradigm of PLM-modeling using specific modules of the SolidWorks software package. We believe that this approach should be used by students towards the end of the educational process as a generalization of the knowledge that bachelors in mechanical engineering received during the last 4 years of professional training. In our case, a drum dryer was used for PLM, but in fact it could be any machine or mechanism.

Key words: PLM, professional training, CAD, CAM, CAE, SolidWorks