

©Ісьєміні І.І., Смоляков С.Л.

ПРОЕКТУВАННЯ ВУЗЛІВ І МЕХАНІЗМІВ ПТМ В СЕРЕДОВИЩІ AUTODESK INVENTOR НА ПРИКЛАДІ ГІДРАВЛІЧНОГО БУФЕРА

1. Постановка проблеми

Сучасне життя вимагає від машинобудівних підприємств великої конкурентоспроможності. Не є виключенням і підприємства, що проектують і виробляють підйомно-транспортні машини. Проектна документація повинна виконуватись швидко та відповідати всім нормам ЄСКД, а об'єкт проектування – по можливості мати не тільки двовимірне зображення, але й, для більшої наочності, бути представленим в тривимірному вигляді (хоча б загальний вид). Отже, в сучасному машинобудівному виробництві досить широко використовуються різноманітні Системи автоматизованого проектування (САПР). Завдяки цим технологіям скорочуються час і кошти, підвищується якість проектування, з'являються інноваційні рішення. Однією з таких САПР є Autodesk Inventor.

2. Виклад основного матеріалу

Autodesk Inventor – параметрична система тривимірного твердотілого та поверхневого проектування, що призначена для створення цифрових прототипів промислових виробів і їх проектної документації. Також в середовищі Autodesk Inventor можна виконувати інженерний аналіз виробу та перевірку його в дії. Новітній принцип проектування – функціональне проектування, що не обмежується геометричним моделюванням. Етапи функціонального проектування та завдання, які вирішуються при формуванні цифрового прототипу виробу, показані на рис. 1.

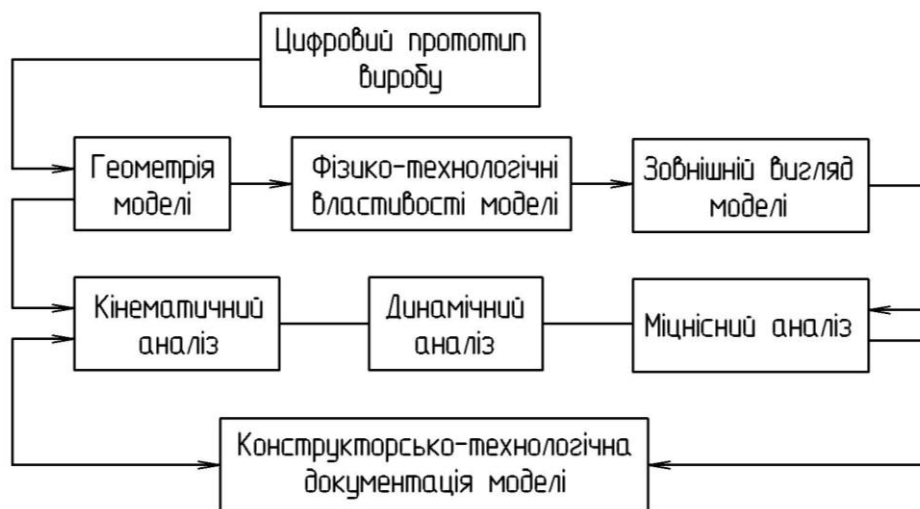


Рис. 1 – Функціональні можливості Autodesk Inventor

Іншими словами, при створенні виробу спочатку створюються окремі деталі; вказується матеріал, з якого вони виготовлені, для надання їм фізичних властивостей; на окремі деталі накладаються залежності тим самим перетворюючи їх в цілісне складання; виконується інженерний аналіз отриманого виробу на міцність, стійкість тощо; створюється проектна документація виробу.

Інструментальні засоби Autodesk Inventor забезпечують повний цикл конструювання та створення конструкторської документації. Autodesk Inventor містить такі показники:

- значно скорочується цикл розробки моделі конструкції;
- реалізована можливість спільної роботи над конструкцією всіх розробників, зокрема груп інженерів, які знаходяться на великому віддаленні один від одного;
- реалізована можливість вводу користувальних примітивів в параметричному вигляді з метою наступного повторного використання;
- забезпечується доступ до тримірної моделі конструкції не тільки розробникам, а й всім групам користувачів, які задіяні в роботі над проектом.

Ці показники підкріплені такими функціями:

- адаптивне конструювання (забезпечуються дуже високі часові й ергономічні характеристики конструювання, а всі конструктивні елементи, які можуть бути використані в процесі роботи над проектом, завжди несуть в собі найостаннішу інформацію про всі операції та оновлення, що відбувалися з ними);
- адаптивне компонування (при завершенні створення загальної конструкції моделі система дозволяє змінити форму деталі, що представлена у вигляді рисунка чи ескізу, та накласти всі взаємні зв'язки для даної деталі в конструкції таким чином, як це передбачено розробником на початковому етапі роботи над конструкцією);
- вбудований конструктор елементів;
- інструментарій, який забезпечує спільну роботу над документацією;
- системи підтримки та супроводження процесу конструювання.

Все вищезгадане обумовило виготовлення проектної документації дослідного зразку гідравлічного буфера захисної системи вантажопідіймальних кранів у кінцевих ділянках шляху [1] в середовищі Autodesk Inventor. На рис. 2 представлена тривимірна твердотільна модель гідравлічного буфера.



Рис. 2 – Тривимірна твердотільна модель гідравлічного буфера

На рис. 3 показаний браузер моделі гідравлічного буфера, в якому послідовно відображуються всі операції, що проводяться з виробом, та складові частини виробу.

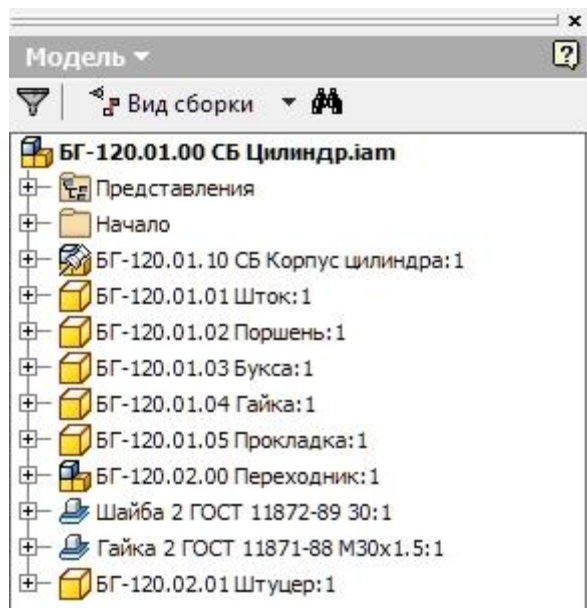


Рис. 3 – Цифрова модель гідравлічного буфера

Проектування деталей гідравлічного буфера та їх з'єднання в складання проводилось з використанням команд проектування та розрахунку (команда проектування осей, команда проектування різьбових з'єднань, тощо). Окремі деталі складання мають окремий колір, в залежності від матеріалу, з якого вони виконані (прокладка пофарбована в чорний колір).

Моделі деталей, створені в Autodesk Inventor, складаються з конструктивних елементів, які описують їх об'ємну геометричну форму. Компонування моделі деталі з об'ємних конструктивних елементів можна представити як процес додавання чи видалення матеріалу від базової форми, що практично відповідає реальному процесу виготовлення деталі (відливання, фрезерування, точіння, свердлення отворів та ін.). На рис. 4 зображені компоненти гідравлічного буфера: 1 – циліндр; 2 – шток; 3 – поршень з ущільнювальними кільцями; 4 – букса; 5 – гайка; 6 – прокладка; 7 – шайба; 8 – гайка; 9 – фланець; 10 – бонка; 11 – штуцер; 12, 14 – гайка накидна; 13 – ніпель.

Autodesk Inventor дозволяє виконувати розрахунок напружень методом кінцевих елементів (МКЕ). Це дає можливість проектувальнику оптимізувати геометрію виробу за міцністю чи надійністю, протестувавши декілька варіантів.

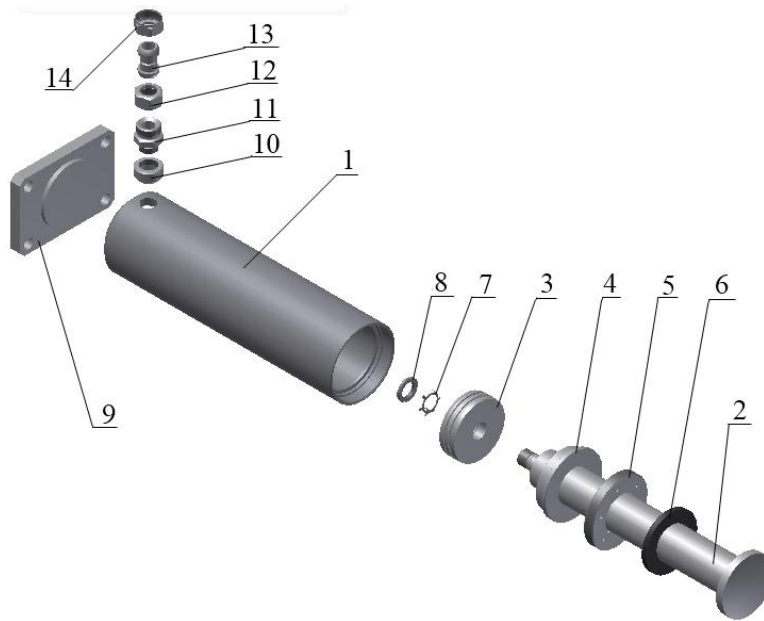


Рис. 4 – Компоненти гідравлічного буфера

Завдяки можливостям Autodesk Inventor, було зроблено інженерний аналіз всіх деталей гідравлічного буфера та обрано їх оптимальні геометричні параметри в залежності від напружень в них, які виникають при роботі даного виробу. На рис. 5 показаний аналіз циліндра на міцність під дією тиску 10 МПа (саме такий тиск створює робоча рідина при ударі буфера вантажопідіймального крана в тупиковий упор).

Як видно з аналізу діаграми напружень (рис. 5), найбільші напруження не перевищують 50 МПа, що для сталі 09Г2С, з якої буде виготовлено циліндр, є цілком прийнятним.

Отримані результати повністю співпадають з результатами розрахунку напружень в середовищі Ansys. Крім того, результати були порівняні з розрахунками тангенційних напружень в стінці циліндра за формулою для товстостінних циліндрів [2]:

$$\sigma_{\theta} = \frac{pr_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \left(1 + \frac{r_2^2}{r_1^2} \right),$$

де p – тиск на внутрішню поверхню циліндра, що створюється робочою рідиною;

r_1 – внутрішній радіус циліндра;

r_2 – зовнішній радіус циліндра.

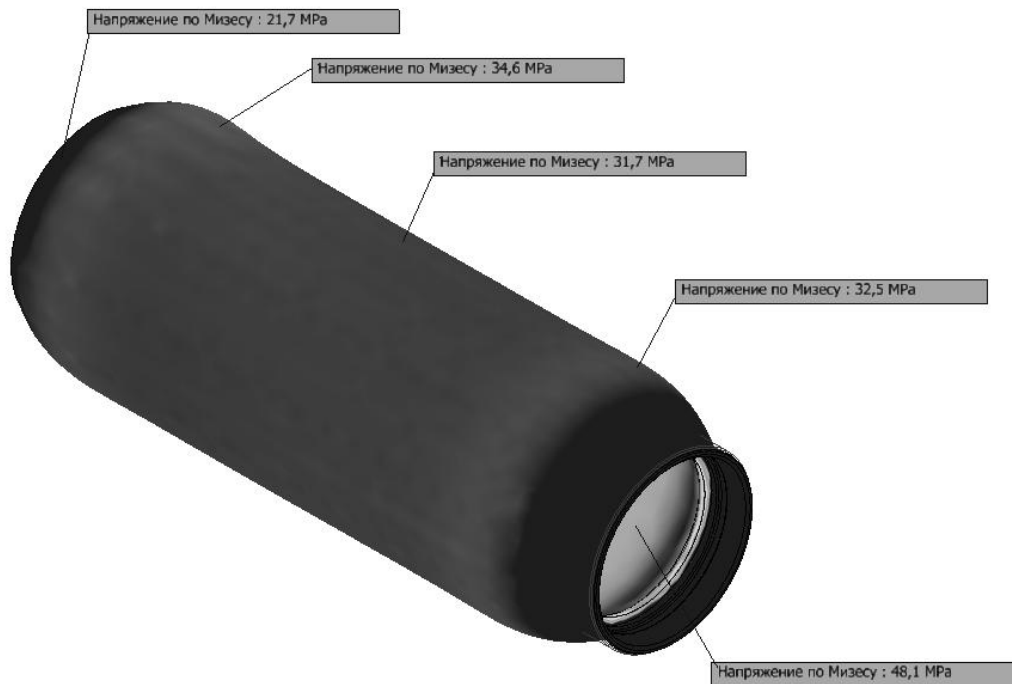


Рис. 5 – Діаграма напружень в циліндрі

Отже, для циліндра з внутрішнім радіусом $r_1 = 120$ мм і зовнішнім радіусом $r_2 = 150$ мм тангенційні напруження становлять $\sigma_\theta = 45,6$ МПа, що також цілком відповідає результатам, отриманим в середовищі Autodesk Inventor.

Autodesk Inventor дозволяє виконувати асоціативні креслення деталей (складань) та реалізує такі принципи їх формування:

- використання шаблону, налаштованого згідно до вимог ЄСКД;
- використання спеціальних макросів, що дозволяють створювати формат креслення, заповнювати основний надпис формату;
- використання властивостей моделі деталі (складання) для заповнення основного надпису;
- створення видів на різних аркушах;
- переміщення видів з одного аркуша на інший;
- внесення структури моделі для формування розрізів.

На рис. 6 показане складальне креслення гідравлічного буфера та його аксонометрія.

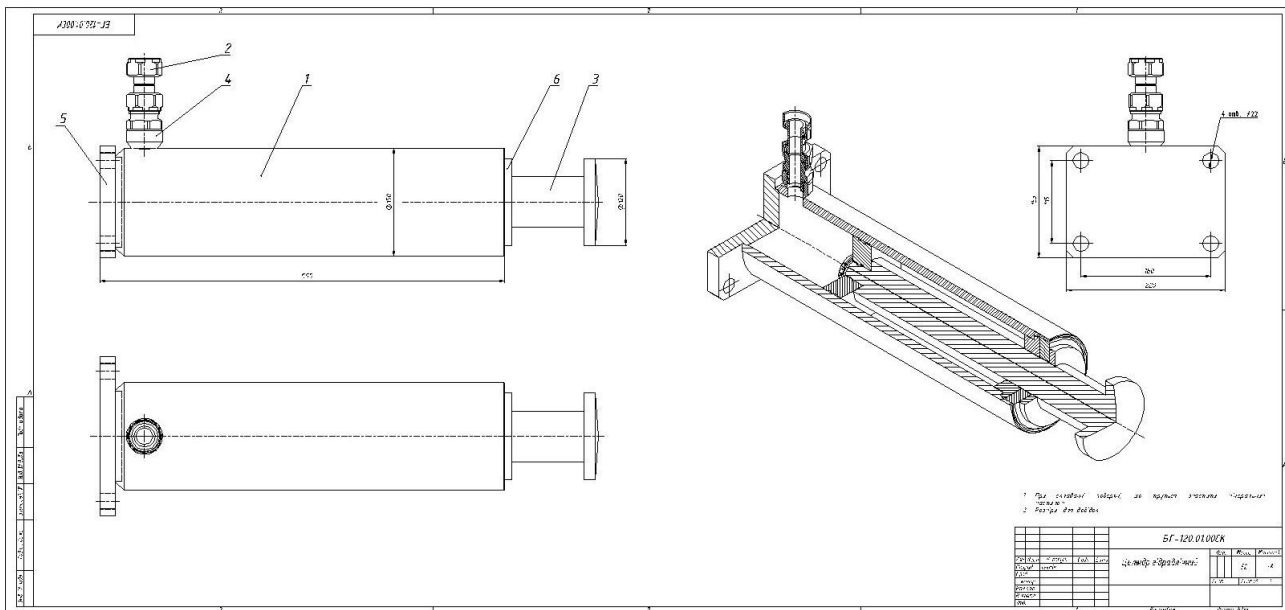


Рис. 6 – Складальне креслення гідравлічного буфера з аксонометрією

Можливості Autodesk Inventor дозволяють з тривимірної моделі робити будь-які двомірні види, розрізи, перерізи тощо.

Висновки

Сучасна САПР Autodesk Inventor дозволяє швидко і на високому технічному рівні виконувати проектну документацію вантажопідіймальної техніки у відповідності до норм ЄСКД. Вбудовані модулі дозволяють виконувати інженерний аналіз виробів та оптимізувати їх оптимальні геометричні розміри.

Аналіз напружень, які виникають в циліндрі гідравлічного буфера при наїзді крана на тупиковий упор, за різноманітними методиками показав, що:

- 1) результати розрахунку МКЕ в середовищі Autodesk Inventor співпадають з результатами розрахунку МКЕ в середовищі Ansys;
- 2) результати розрахунку МКЕ в середовищі Autodesk Inventor відрізняються на 7 % від результатів, отриманих за формулою для товстостінних циліндрів, що є цілком прийнятним.

Список використаних джерел:

1. Пат. 69229 Україна, МПК F16 F 5/00. Захисна система вантажопідіймальних кранів у кінцевих ділянках шляху / С. Л. Смоляков, І. І. Ісьєміні ; Укр. інж.-пед. акад. – № у 2011 11415 ; Заявл. 27.09.2011 ; Опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8. – 4 с. : рис.
2. Писаренко Г. С. Справочник по сопротивлению материалов / Г. С. Писаренко, А. П. Яковлев, В. В. Матвеев. – 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Наук. думка, 1988. – 734 с.

Ісьєміні І.І., Смоляков С.Л. «Проектування вузлів і механізмів ПТМ в середовищі Autodesk Inventor на прикладі гідравлічного буфера».

В статті розглянуті можливості програми Autodesk Inventor для створення проектної документації підйомно-транспортних машин на прикладі гідравлічного буфера захисної системи вантажопідіймальних кранів у кінцевих ділянках шляху. За допомогою Autodesk Inventor методом кінцевих елементів були розраховані напруження, що виникають в циліндрі гідравлічного буфера при наїзді крана на тупиковий упор. Результати розрахунків були порівняні з результатами, отриманими за іншими методиками.

Ключові слова: проектна документація, метод кінцевих елементів, гідравлічний буфер, інженерний аналіз, твердотільна модель.

Исьемини И.И., Смоляков С.Л. «Проектирование узлов и механизмов ПТМ в среде Autodesk Inventor на примере гидравлического буфера».

В статье рассмотрены возможности программы Autodesk Inventor для создания проектной документации подъемно-транспортных машин на примере гидравлического буфера защитной системы грузоподъемных кранов в тупиковых участках пути. С помощью Autodesk Inventor методом конечных элементов были рассчитаны напряжения, возникающие в цилиндре гидравлического буфера при наезде крана на тупиковый упор. Результаты расчетов сравнивались с результатами, полученными по другим методикам.

Ключевые слова: проектная документация, метод конечных элементов, гидравлический буфер, инженерный анализ, твердотельная модель.

Isyemini I.I., Smolyakov S.L. “The design of the assemblies and mechanisms of the lifting-and-shifting machines with software Autodesk Inventor”.

In the article potentials of software Autodesk Inventor for design documentation of the lifting-and-shifting machines creation by example of hydraulic buffer of the hoisting crane protective system in the ends of crane runway is considered. With Autodesk Inventor by the finite-element method the stresses that appear in the cylinder of hydraulic buffer by running of crane into an end stop were rated. The calculation results with outputs received with another methods were compared.

Key words: design documentation, finite-element method, hydraulic buffer, engineering analysis, solid model.

Стаття надійшла до редакції 8 листопада 2012 р.