

УДК 004.925.8

## ВИКОРИСТАННЯ AUTODESK INVENTOR ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ГІДРОЦИЛІНДРУ

Д.С. Пустовой<sup>1</sup>, В.В. Кравченко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: [pustovoi.d.s@nmu.one](mailto:pustovoi.d.s@nmu.one)

<sup>2</sup>студент групи 132-18-2, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: [Silaiev.V.V@nmu.one](mailto:Silaiev.V.V@nmu.one)

**Анотація.** Розглянуто можливості і перспективи використання програми Autodesk Inventor для створення окремих деталей гідроциліндру, а також для виконання моделювання напружено-деформованого стану гідроциліндру, що може використовуватись студентами спеціальності 132 «Матеріалознавство» при виконанні курсових та дипломних проектів. При цьому як оцінку придатності розробленого виробу ще до застосування проведено аналіз деформацій під навантаженням та напруги, що виникають. Це дозволяє оцінити правильність вибору матеріалів, розмірів та інших технічних параметрів у процесі проектування.

*Ключові слова:* САПР, 3D-моделювання, навантаження, деформація.

## AUTODESK INVENTOR USAGE FOR MODELING AND RESEARCH OF HYDRAULIC CYLINDER STRESS-DEFORMED STATE

Dmytro Pustovoi<sup>1</sup>, Vladyslav Kravchenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ph.D., Associate Professor of Engineering and Generative Design Department, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: [pustovoi.d.s@gmail.com](mailto:pustovoi.d.s@gmail.com)

<sup>2</sup>student, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: [Silaiev.V.V@nmu.one](mailto:Silaiev.V.V@nmu.one)

**Abstract.** Possibilities and prospects of using the Autodesk Inventor program to create individual parts of the hydraulic cylinder, as well as to simulate the stress-strain state of the hydraulic cylinder, which can be used by students majoring in "Materials Science" in course and diploma projects. In this case, as an assessment of the suitability of the developed product before use, the analysis of deformations under load and stresses that occur. This allows to assess the correct choice of materials, sizes and other technical parameters in the design process.

*Keywords:* CAD, 3D modeling, load, deformation.

**Вступ.** У загальному випадку гідроприводом називається пристрій для приведення в рух машин та їх механізмів, що складаються з джерела ви-

трати рідини, яким у більшості випадків служить насос, і гідродвигуна зворотньо-поступального або обертального дії, а також системи управління, допоміжних пристроїв та рідинних магістралей [1].

Об'ємний гідропривод, де гідродвигун є гідроциліндр, називають поступальним гідроприводом.

Розрізняють гідроциліндри з одностороннім і двостороннім штоком, розуміючи під першим поршневий гідроциліндр зі штоком з одного боку поршня (рис. 1) і під другим – гідроциліндр зі штоком, розташованим по обидва боки поршня (рис. 2). Частина робочої рідини камери (рис. 1) гідроциліндра, обмежена корпусом, поршнем і кришкою, називається поршневою порожниною, а частина робочої камери б - штоковою порожниною гідроциліндра.

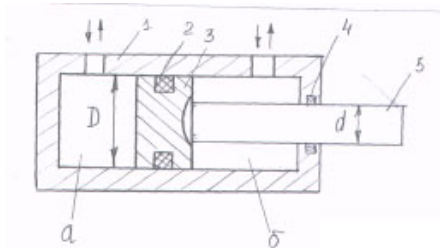


Рис 1. – Гідроциліндр із одностороннім штоком

Для приводу робочих органів мобільних машин найбільше широко застосовують поршневі гідроциліндри двосторонньої дії з одностороннім штоком (рис. 2).

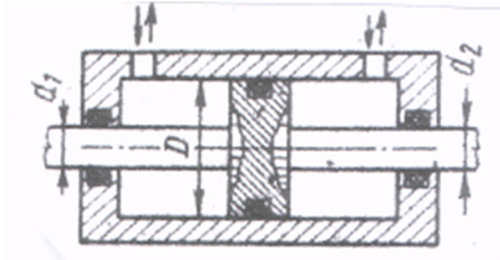


Рис 2. – Гідроциліндр із двостороннім штоком

У гідроциліндрів є такі переваги:

- високим зусилля, що розвивається, при малих габаритах;
- простота регулювання швидкості та зусилля;
- можливість бути вбудованими у різні механізми та агрегати за рахунок невеликих розмірів;
- плавний та безшумний хід;
- можливість регулювання положення штока;
- можливістю вибору максимального навантаження поршня;
- простотою монтажу та підключення.

**Мета роботи.** Показати можливості та переваги використання Autodesk Inventor для моделювання та проектування гідроциліндрів, а також дослідити умови напружено-деформованого стану гідроциліндру при завданні відповідних параметрів закріплення виробу і навантаження.

**Матеріал та результати досліджень.** На сьогоднішній день тривимірне моделювання у навчальному процесі знаходить все більш широке використання як при створенні звичайних деталей і збірок, так і при проведенні наукових досліджень стосовно характеристик міцності та стійкості того чи іншого виробу [2-3].

Тривимірне (3D) моделювання без подальшого аналізу напружено деформованого стану деталей у спроектованому вузлі не дає уявлення про оптимальність вибору конструктивних та технологічних параметрів. Вузол може виявитися перезміцненим або ослабленим, а вид термообробки не відповідатиме навантаженню та небезпечним концентраціям напруг.

Для подальшого дослідження необхідно зробити 3D-модель, для цього було використане програмне забезпечення Autodesk Inventor.

Для початку повинна бути створена 3D-модель збірки гідроциліндру. Для цього окремо створюється кожна окрема деталь збірки, задаються властивості досліджуваного матеріалу для тієї чи іншої деталі. А потім всі збираються у готовий виріб, що представлено на рис. 3

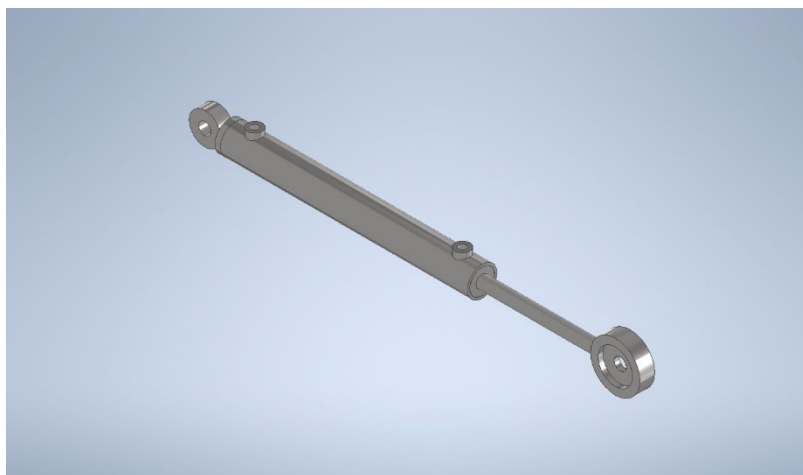


Рис. 3. – Загальний вигляд гідроциліндру

Властивості тих чи інших матеріалів для деталей самої збірки можна встановлювати за допомогою вбудованої в Autodesk Inventor бібліотеки матеріалів. Якщо у бібліотеці Inventor відсутній той чи інший матеріал, його можна створити окремо, дати певну назву, а також змінити температурні, механічні характеристики чи характеристики міцності (рис.4).

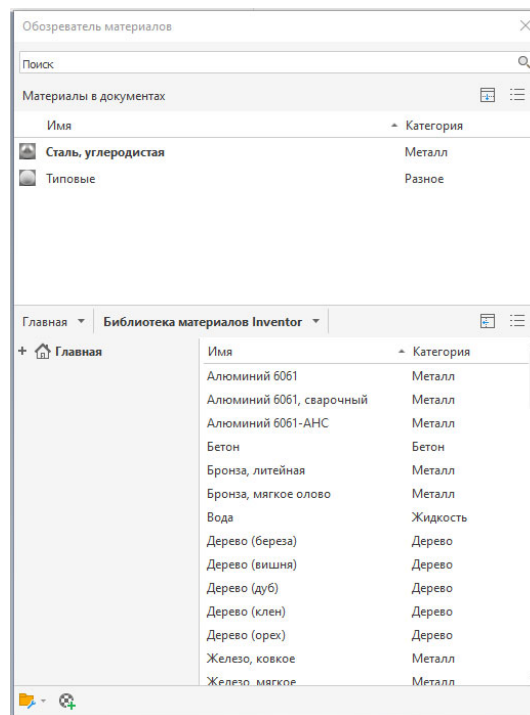


Рис. 4. – Вікно “Обозреватель материалов” у системі Autodesk Inventor

Після того як гідроциліндр повністю зібраний, можна змоделювати навантаження, що буде діяти на дно поршня гідроциліндра і отримати показники тиску, сили реакції в опорах, зміщення та показники коефіцієнту запасу міцності.

Типовий процес аналізу напруг включає ряд етапів [4]:

1. Визначення очікувань. Оцінка фізичної поведінки з допомогою концептуальної моделі.

2. Попередня обробка. Вибір матеріалів та обмежуючих умов (навантаження та залежності), умов для контактів та параметрів сітки.

3. Рішення. Запуск процесу моделювання, що дозволяє розрахувати математичну модель, та формування рішення. Для знаходження рішення деталь поділяється на менші елементи. Вирішальна програма додає індивідуальну інформацію щодо поведінки кожного елемента. З її допомогою можна прогнозувати поведінку всієї фізичної системи

4. Подальша обробка. Відображення та оцінка результатів.

5. Перевірка очікувань. Наступна обробка результатів аналізу та вдосконалення введених даних.

6. Висновок (удосконалення). Визначення того, чи відповідають результати очікуванням.

Розрахунок методом кінцевих елементів (МКЕ) є комп'ютеризованим способом прогнозування реакції механізму чи деталі на реальні навантаження, вібрацію, тепло, потік рідини та інші фізичні дії. Розрахунок методом

кінцевих елементів показує, чи буде продукт зламаний, зношений або продовжить працювати за початковим сценарієм. Це називається розрахунком, але в процесі розробки виробів цей термін використовується для прогнозування поведінки при експлуатації виробу.

Даний розрахунок виконується за допомогою спеціалізованих комп'ютерних програми Autodesk Inventor. Існують також інші програмні пакети, що призначені для вирішення різних інженерних завдань: розрахунку, аналізу і симуляції фізичних процесів.

Результати моделювання гідроциліндру наведено на рис. 5-7.

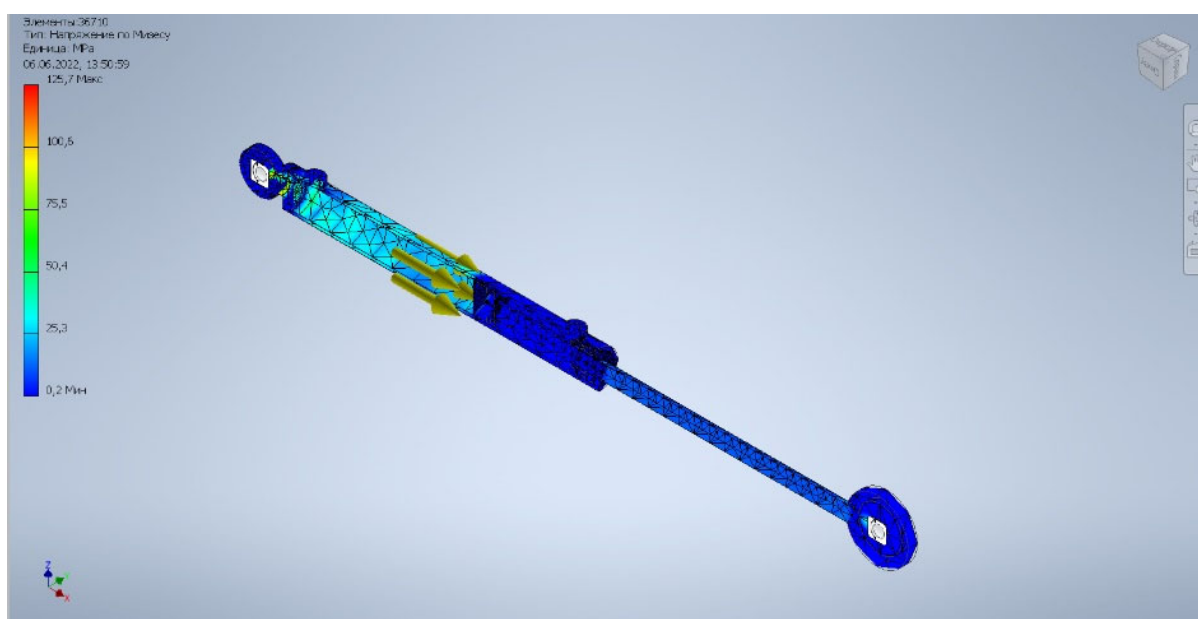


Рис. 5. – Розподіл напруги у гідроциліндрі

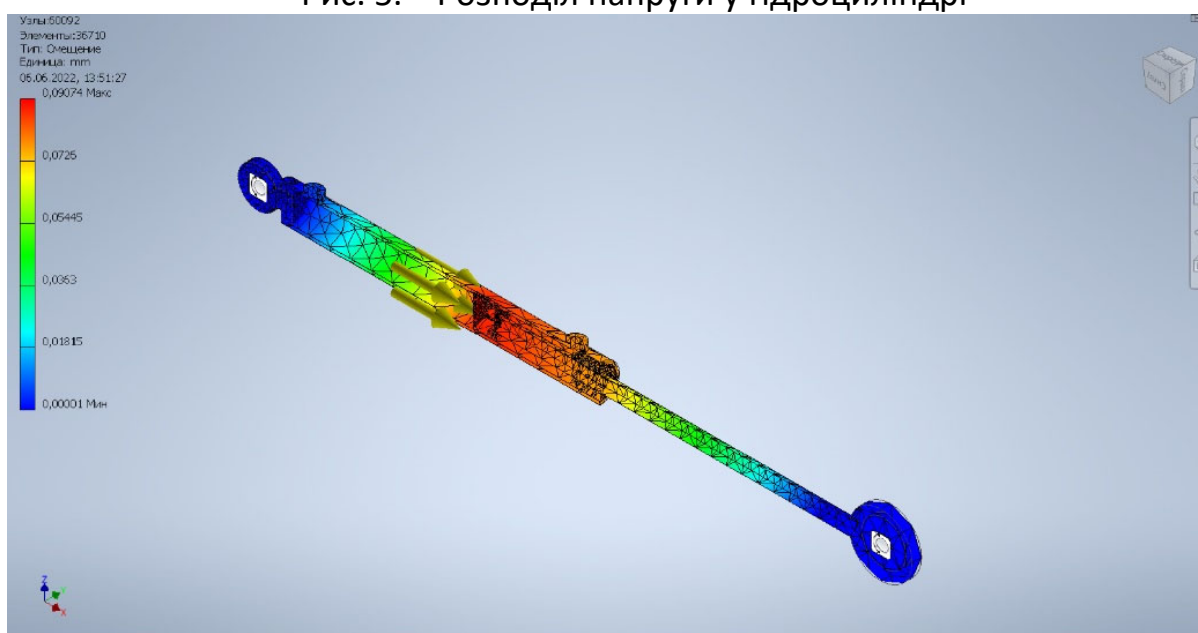


Рис. 6. – Максимальні зміщення деталей у гідроциліндрі

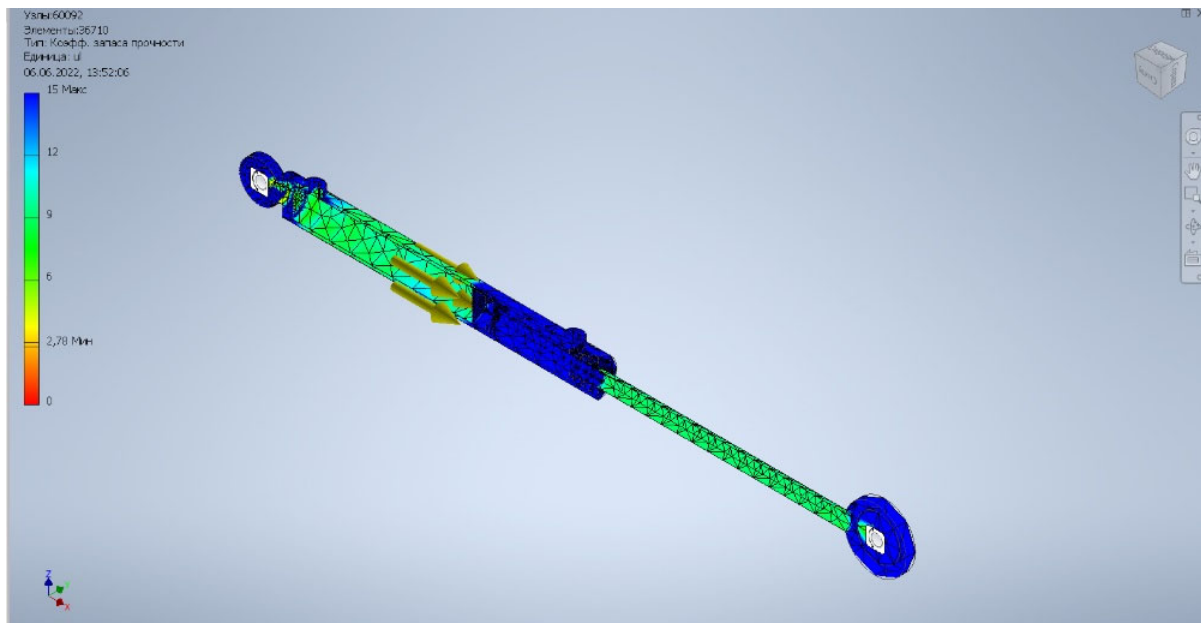


Рис. 7. – Коефіцієнт запасу міцності у гідроциліндрі

**Висновки.** За допомогою використання спеціалізованих програмних продуктів можна пройти всі етапи рішення задачі: від створення геометричної моделі досліджуваного об'єкта до обробки і аналізу отриманих результатів розрахунку за допомогою вбудованих спеціалізованих модулів, що дозволяють нам отримати необхідну інформацію і таким чином спрогнозувати поведінку того чи іншого виробу під дією прикладених навантажень і заданих матеріалів. Враховуючі отриману від комп'ютерного моделювання інформацію, у подальшому можна виготовити даний виріб з потрібних матеріалів з урахуванням умов його подальшої експлуатації.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Марутов В.А., Павловский С.А. Гидроцилиндры. Конструкция и расчет. – М.: Машиностроение, 1966. – 170 с.
2. Черніков О.В. Використання можливостей параметричного моделювання пакету Inventor в наукових дослідженнях та навчальному процесі. Прикладна геометрія та інженерна графіка. Київ: КНУБА, 2008. Вип. 80. С. 98–102.
3. Кириченко И.Г., Черников А.В. Анализ программных средств компьютерного проектирования строительных и дорожных машин. Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. трудов. Харьков: ХНАДУ, 2014. – Вып. 65–66. – С. 68–74
4. Анализ напряжений. Продукты Inventor. Autodesk Knowledge Network / Autodesk [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://knowledge.autodesk.com/ru/support/inventor-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/RUS/Inventor-Help/files/GUID-61F01A5D-7E54-45A1-9698-7BB11F0AEE94-htm.html>.