

technological equipment, education, theory and teaching methods.

KMIN Viktor Fedorovych – Senior Lecturer of Department of Engineering Equipment of Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy.

Circle of research interests: military specialist training and education, education, theory and teaching methods.

Стаття надійшла до редакції 12.04.2021 р.

УДК 004.942

DOI: 10.36550/2415-7988-2021-1-198-159-163

СОМЕНКО Дмитро Вікторович –

кандидат педагогічних наук, старший викладач кафедри теорії та методики технологічної підготовки, охорони праці та безпеки життєдіяльності

Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка

ORCID:<https://orcid.org/0000-0001-6426-1507>

e-mail: SomenkoD@gmail.com

СОМЕНКО Олена Олексіївна –

старший викладач кафедри права та соціально-економічних відносин

Центральноукраїнського інституту розвитку людини Відкритого міжнародного університету

розвитку людини «Україна»

ORCID:<https://orcid.org/0000-0001-6593-7118>

e-mail: olenasmn@gmail.com

ПРАКТИКА РЕАЛІЗАЦІЇ РЕАЛЬНИХ ВИРОБНИЧИХ ЗАВДАНЬ З РЕВЕРС-ІНЖИНІРИНГУ В РАМКАХ ВИКОНАННЯ КУРСОВИХ ПРОЕКТІВ З ФАХУ СТУДЕНТАМИ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 015 ПРОФЕСІЙНА ОСВІТА (КОМП'ЮТЕРНІ / ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ)

Практика використання 3D друку широко поширена у світовому сільському господарстві та знаходиться на етапі впровадження в Україні. У сільськогосподарській галузі дуже важлива надійність обладнання, яке використовується, а вихід з ладу деталей і запчастин може порушити процес виробництва і призвести до простою та, відповідно, до значних фінансових втрат, якщо така поломка станеться, наприклад, під час посівної чи збору врожаю.

Сучасне програмне забезпечення дозволяє використовувати незалежно від алгоритму моделювання різноманітні підходи для побудови моделі. Одним із таких напрямків є реверс-інжиніринг (зворотний інжиніринг, зворотне проектування) вузлів, виробів, механізмів – це процес копіювання виробу за готовим зразком. Це означає відтворення конструкторської документації, за якою, в подальшому, можна виготовити подібний виріб.

Постановка та обґрунтування актуальності проблеми. Використання технології реверс-інжинірингу (зворотного інжинірингу) дозволяє створювати нові вироби за готовим зразком, а також, за потреби, вносити необхідні конструкторські зміни у вже існуючі об'єкти. Тому такий підхід є актуальним і розкриває широкі можливості для використання 3D моделювання у сільському господарстві.

У свою чергу, реалізація цього технологічного підходу при написанні курсових проектів дозволяє закріпити, поглибити й узагальнити знання, одержані

студентами за час навчання та застосувати їх до комплексного вирішення конкретного фахового завдання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Реверс-інжиніринг виробів *без механізмів* полягає в наступних етапах робіт: 1) Розбирання виробу, іноді із застосуванням спеціальних засобів. Виробник може захистити свої вироби запаяними сполуками, які потрібно висвердлювати або відкривати спеціальним інструментом в особливих умовах (наприклад, під тиском); 2) Визначення використовуваних матеріалів. При цьому конструктор повинен визначити, матеріали яких частин є критичними, а які можна підібрати виходячи з функцій тієї чи іншої деталі. Для критично важливих деталей проводиться лабораторна експертиза матеріалу; 3) 3D сканування деталей зі складними поверхнями, отримання 3D моделі. 4) Зняття розмірів з інших деталей, отримання 3D моделей; 5) Створення загальної збірки, підгонка, перевірка збирання. 6) Випуск креслень [7].

Реверс-інжиніринг механізмів. Вартість і термін розробки залежить не тільки від складності самого виробу, а й в першу чергу від наявності вихідних даних, докладного ТЗ, а також інформації щодо технології роботи даного механізму [2].

Якщо в якості вихідних даних на розробку, наприклад, верстата, є тільки зображення з Інтернету і приблизне розуміння того результату, який повинен забезпечувати механізм, процес розробки буде включати в себе багато творчої роботи конструктора,

багато ітерацій, щоб отримати потрібний результат, і необхідність виготовлення не одного зразка.

Найбільш прийнятний для зворотного інжинірингу варіант – наявність самого механізму, а також технолога, який до тонкощів знає всі особливості його роботи, проблеми та способи їх усунення. І навіть в цьому випадку реверс-інжиніринг складного механізму – це практично розробка виробу з нуля, з урахуванням деякого полегшення завдання завдяки тому, що окремі технічні рішення можна побачити в готовому виробі.

Етапи реверс-інжинірингу механізму: 1) ескізне проектування; 2) пошук технічних рішень; 3) 3D моделювання на основі зразка; 4) випуск КД; 5) виготовлення дослідного зразка; 6) випробування і доопрацювання КД за результатами (можливо неодноразово).

Особливості механізмів, що впливають на складність робіт по зворотному інжинірингу:

1. Наукоємність. Найчастіше перед випуском того чи іншого верстата, пристрою, приладу, над закладеними в нього технологіями працювали цілі НДІ, і відтворення цих технологій може потребувати не меншого обсягу досліджень.

2. Наявність великої кількості різних систем – електричної, гідравлічної, пневматичної, магнітної та ін. Для кожної з цих систем потрібен окремий фахівець, і виходить, що дана робота може бути виконана тільки колективом конструкторів, що відразу впливає на вартість розробки.

3. Накопичення похибок при копіюванні деталей. Похибка з'являється при найбільш високоточних способах вимірювання. 3D сканування дасть похибку близько 30-100 мікрон, ручне вимірювання за рахунок людського фактора може дати похибку трохи вище. При великій кількості деталей похибка накопичується, що в підсумку позначається на функціях виробу.

4. Авторські права. Також важливий фактор зворотного інжинірингу – порушення авторських прав правласника. Копійовані вироби, як правило, мають зареєстровану торгіву марку або торговий знак, в них можуть бути застосовані запатентовані вузли або технології ноу-хау. Пряме копіювання може спричинити в подальшому проблеми з законом. Тому при зворотному інжинірингу намагаються йти від прямого копіювання і розробляти нові вироби на основі аналогів, впроваджуючи туди удосконалення і унікаючи запатентованих вузлів [7].

Зворотний інжиніринг – це складний процес, і кожен проект повинен розглядатися індивідуально, як з точки зору можливості розробки КД, так і з точки зору доцільності копіювання.

Якісне та швидке відтворення складного виробу за зразком можливо при наявності хорошого ТЗ, повних вихідних даних, самого виробу в наявності і фахівця, компетентного в технології його роботи.

Мета статті полягає в розкритті реалізації реального виробничого завдання з реверс-інжинірингу в рамках виконання курсових проектів з фаху студентами спеціальності 015 Професійна

освіта (Комп'ютерні / Цифрові технології), що передбачає самостійне розв'язання складного спеціалізованого завдання або практичної проблеми у певній галузі, яке в свою чергу, характеризується комплексністю, з елементами наукового пошуку, із застосуванням теоретичних положень і методів наукового дослідження.

Методи дослідження: теоретичні – вивчення, аналіз та узагальнення наукової літератури для ознайомлення зі станом досліджуваної проблеми, систематизація, порівняння, узагальнення одержаних науково-теоретичних даних; емпіричні – педагогічне спостереження, бесіди зі студентами щодо готовності використання технологій 3D друку для створення деталей.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Постановка завдання на проектування. У якості об'єкту для моделювання шляхом реверс-інжинірингу був обраний корпус пульта пневматичного управління гідравлікою. Це було обумовлене постановкою технічного завдання від фірми-виробника та дистриб'ютора сільськогосподарської техніки, з якою ми почали співпрацювати після проведення щорічної VIII Міжнародної агропромислової виставки AGROEXPO-2020.

Пневматична система тягача обладнується пультом або джойстиком управління гідравлікою, який відповідає за пуск і зупинку певних робочих механізмів на спецтехніці. Завдання блоку – накопичити і реалізувати споживання стислих повітряних мас, контролюючи управління рухомими вузлами гідросистеми самоскида, напівпричепа або маніпулятора.

Пневматичні блоки управління і джойстики характеризуються за такими функціями: пуск; прискорення; уповільнення підняття / опускання кузова; його зупинка в необхідній позиції для створення максимально зручного робочого положення.

Пневматичний пульт дозволяє ефективно управляти гідросистемою з кабіни через клапан гідророзподільника.

Пневматична система оснащується вузлом управління, який відповідає за надійний безперебійний пуск і своєчасну зупинку деяких робочих механізмів, використовуваних на транспортних засобах. Для зручності його використання передбачений пневмопульт управління. Сам блок повинен накопичувати, контролювати і реалізовувати споживання стислих повітряних мас, щоб таким чином гарантувати безперебійне управління гідравлічними вузлами напівпричепів, тягачів, маніпуляторів.

За включення коробки та настройки потужностей відповідає перемикач.

На даний момент на ринку в Україні представлена продукція для дистанційного керування гідравлічними системами таких торгових марок як Нува, Liwa, Vinotto. Устаткування для керування вузлами продається в комплектах, готових до

установки і експлуатації, має необхідні сертифікати якості.

Пневматичний пульт управління істотно спрощує процес експлуатації спеціалізованого обладнання, яке має високу ефективну площу перетину, швидке спрацювання, хорошу пропускну здатність. Величину навантаження на окремі частини конструкції можна регулювати.

Джойстик для гідравліки незамінний у спецтехніці, коли потрібно постійно контролювати роботу навісного обладнання з максимальною точністю. Використовується він на кранах, екскаваторах, сміттевозах, навантажувачах, будівельних, збиральних, дорожніх машинах.

Технічне завдання. В якості вихідного об'єкту для реверс-інжинірингу був представлений корпус пульта пневматичного управління гідравлікою (рис. 2,а), що виготовлений шляхом лиття пластмаси під тиском. Головною умовою компанії, що надала зразок, було створення відповідної моделі корпусу з дотриманням чіткої геометрії кріплень пульта. Сам корпус може мати довільну форму, яка б дозволяла

ефективно розташувати в ньому сам джойстик з системою керування та передбачає технологічні отвори для приєднання гідравлічних шлангів.

Проектування моделі та візуалізація. Проектування моделі було розділено на етапи згідно класичного підходу до процесу зворотного моделювання (рис. 1).

Після складання таблиці розмірів представленої моделі та її аналізу був обраний оптимальний підхід до розміщення моделі в тривимірному просторі з урахуванням особливостей її подальшого прототипування шляхом друку на 3D принтері.

Маючи тривимірну твердотільну модель з нанесеними розмірами, почерговими операціями над об'єктом, (фаски і скруглення, копіювання ескізу вздовж кривих і відображення їх з копіюванням, створення ребер жорсткості, перетворення в тонкостінний елемент, створення вирізів за ескізом з твердого тіла, щоб створити ескіз і потім перенести його на площину об'ємної фігури, вирізування отворів для кріплення) було створено точну копію моделі запропонованої замовником.

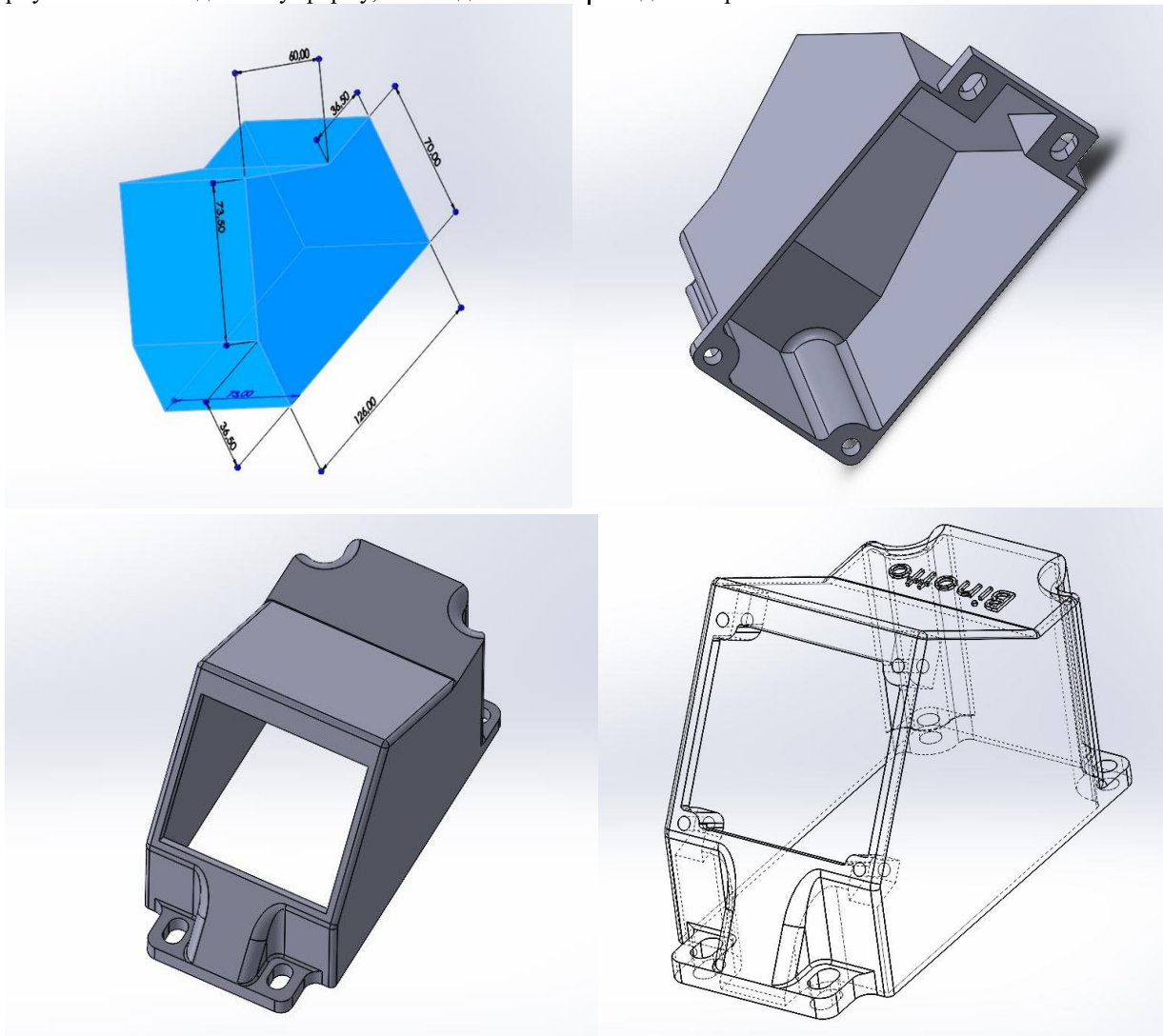


Рис. 1. Етапи створення твердотільної моделі в середовищі SolidWorks

Після погодження остаточних параметрів з замовником, був виготовлений прототип за допомогою технології 3D друку [5].

Для прототипу був використаний пластик PLA, так як він дозволяє створювати об'єкти з чіткою геометричною відповідністю до 3D моделі та не дає усадки [6]. Проте, фізичні характеристики пластика не дали потрібної міцності під час навантажень в ході експлуатації на реальному устаткуванні. У результаті чого було прийнято рішення для друку використовувати пластик CoPET (PETg), що має кращі міцнісні характеристики, проте об'єкт під час друку змінює свої геометричні розміри порівняно з моделлю на 1-2%, що призвело до потреби в перебудуванні моделі під конкретні характеристики пластика та особливості процесу друку.



а



б

Рис. 2. а) Пульт пневматичного управління гідравлікою в корпусі (вихідний зразок для реверс-інжинірингу); б) Пульт пневматичного управління гідравлікою в роздрукованому корпусі (реверс-інжиніринг модель) (джерело фото: tirgidravlika.com)

Отже, сучасний реверс-інжиніринг дозволяє швидко отримати цифрові моделі фізичних об'єктів, а потім створити їх дублікати за допомогою доступних технологій виробництва.

Висновки з дослідження і перспективи подальших розробок. У процесі розробки курсового проекту, студентами було встановлено, що практика використання 3D друку широко поширена у світовому сільському господарстві та має багато переваг і можливостей. З'ясовано, що актуальним і перспективним у цьому напрямку є реверс-інжиніринг, який дає змогу створювати нові вироби за готовим зразком, а також, за потреби, вносити необхідні конструкторські зміни у вже існуючі об'єкти.

Розглянуто алгоритми моделювання (сплайнове, полігональне, за допомогою сабдивів, процедурне) та підходи до побудови моделей. Також проаналізовано інструменти для 3D-моделювання, детально розглянуто можливості і характеристики системи для 3D моделювання SolidWorks. Охарактеризовано особливості реверс-інжинірингу деталей та механізмів, можливості та перспективи застосування 3D моделювання у виробництві запчастин сільськогосподарської техніки, окрему увагу приділено процесу розробки, постановці і реалізації технічного завдання при реверс-інжинірингу.

Таким чином, можна зробити висновок, що реверс-інжиніринг відіграє важливе значення в сучасному проектуванні та виробництві. Він використовується для відтворення деталей у різних галузях.

Створення реверсивних виробів – творчий процес, який передбачає розуміння технологій, принципів роботи пристроїв, вміння з'єднати всі деталі виробів так, щоб досягти заданих характеристик роботи. Інженер, що займається зворотним інжинірингом, має завдання відновити невідому технологію створення деталей, щоб отримати такі ж результати. Для цього вивчають, як деталь працює, де застосовується, які можуть бути способи створення копій.

Виконано поставлене завдання на проектування деталі – корпусу пульта пневматичного управління гідравлікою засобами реверс-інжинірингу та виготовлено прототип за допомогою технології 3D друку.

Отже, у результаті виконання курсової роботи: реалізовано комплексний підхід створення на базі технології реверс-інжинірингу запчастин до сільськогосподарської техніки; запропоновано оптимальну технологію виготовлення корпусної деталі за готовим зразком; дістали подальшого розвитку дослідження моделей проектів зворотного інжинірингу; змодельовано функціональну 3D модель корпусної деталі гідравлічного маніпулятора тягача; виготовлено за допомогою 3D друку готовий прототип корпусної деталі гідравлічного маніпулятора тягача.

Безперечно, отриманий практичний досвід повинен бути передумовлений високим рівнем теоретичної та практичної підготовки випускника, умінням самостійно вести науковий пошук і вирішувати конкретні наукові, технічні, економічні виробничі й інші проблеми.

Виконання конкретного представленої роботи свідчить про достатній рівень фахової компетентності студента, оволодіння здобувачем науковими методами дослідження.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. FDM-печать. URL: <https://klona.ua/uslugi/fdm-pechat-3d-pechat-plastikom-v-ukraine> (дата звернення: 02.04.2021).
2. Имитационное моделирование. URL: http://sernam.ru/book_mm.php?id=5 (дата звернення: 25.03.2021).
3. Методичні рекомендації до підготовки курсових і дипломних (кваліфікаційних) робіт: для студентів спеціальності 015 Професійна освіта (за спеціалізаціями) першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. [укладачі: О. В. Абрамова, Т. В. Куценко, М. І. Садовий, Д. В. Соменко, О. М. Трифонова]. Кропивницький: РВВ ЦДПУ імені Володимира Винниченка, 2020. 74 с.
4. Соменко Д.В. Використання систем 3D друку за FDM технологією в межах навчальної дисципліни «Машинознавство: Основи робототехніки». *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*. Випуск 191. Кропивницький : РВВ ЦДПУ ім. В.Винниченка, 2020. С. 157-161.
5. Соменко Д.В., Соменко О.О. Організація навчальної діяльності з дисципліни «Комп'ютерний дизайн та мультимедіа» для студентів спеціальності Професійна освіта (Цифрові технології). *Наукові записки. Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. Випуск 14. Кропивницький : РВВ ЦДПУ ім. В.Винниченка, 2020. С. 147-154.
6. Сообщество владельцев 3D-принтеров. URL: <https://3dtoday.ru/> (дата звернення: 16.04.2021).
7. Что такое обратный инжиниринг. URL: <https://multiphysics.ru/stati/blog/chto-takoe-obratnyi-inzhiniring.htm> (дата звернення: 12.04.2021).

REFERENCES

1. *FDM-pechat* (2021) [FDM printing].
2. *Ymytatsyonnoe modelyrovanye* (2021) [Simulation].
3. Abramova, O.V., Kutsenko, T.V., Sadovy, M.I., Somenko, D.V., Tryfonova, O.M. (2020) *Metodychni rekomendatsii do pidhotovky kursovykh i dyplomnykh (kvalifikatsiinykh) robit: dlia studentiv spetsialnosti 015 Profesiina osvita (za spetsializatsiiamy) pershoho (bakalavrskoho) ravnia vyshchoi osvity* [Methodical recommendations for the preparation of course and diploma (qualification) works: for students majoring in 015 Professional education (by specializations) of the first (bachelor's) level of higher education]. Kropyvnytskyi.
4. Somenko, D.V. (2020) *Vykorystannia system 3D druku za FDM tekhnolohiieiu v mezhakh navchalnoi dysypliny «Mashynoznavstvo: Osnovy robototekhniki»* [The use of 3D printing systems by FDM technology within the discipline «Mechanical Engineering: Fundamentals of Robotics»] Kropyvnytskyi.

5. Somenko, D.V., Somenko, O.O. (2020) *Orhanizatsiia navchalnoi diialnosti z dysypliny «Kompiuternyi dizain ta multymedia» dlia studentiv spetsialnosti Profesiina osvita (Tsyfrovi tekhnolohii)* [Organization of educational activities in the discipline «Computer Design and Multimedia» for students majoring in Vocational Education (Digital Technology)]. Kropyvnytskyi.
6. *Soobshchestvo vladeltsev 3D-prynterov* (2021) [3D printer owners community].
7. *Chto takoe obratnyi ynzhyryngh* (2021) [What is reverse engineering].

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

СОМЕНКО Дмитро Вікторович – кандидат педагогічних наук, старший викладач кафедри теорії та методики технологічної підготовки, охорони праці та безпеки життєдіяльності Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка

Наукові інтереси: проблеми розвитку професійних компетентностей студентів спеціальності: 015.39 Професійна освіта (Цифрові технології), технології 3D друку, освітня робототехніка.

СОМЕНКО Олена Олексіївна – старший викладач кафедри права та соціально-економічних відносин Центральноукраїнського інституту розвитку людини Відкритого міжнародного університету розвитку людини «Україна».

Наукові інтереси: використання інформаційно-комунікаційних технологій при вивченні математичних дисциплін, адитивні технології, комунікаційний підхід.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

SOMENKO Dmytro Viktorovich - candidate of pedagogical sciences, senior lecturer of the department of theory and methods of technological training, occupational safety and health of the Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State Pedagogical University.

Circle of research interests: problems of development of professional competencies of students of the specialty: 015.39 Professional education (Digital technologies), 3D printing technology, educational robotics.

SOMENKO Olena Oleksiivna - senior lecturer of the department of law and socio-economic relations of the Central Ukrainian institute of human development of the Open international university of human development "Ukraine".

Circle of research interests: the use of information and communication technologies in the study of mathematical disciplines, additive technologies, communication approach.

Стаття надійшла до редакції 14.04.2021 р.