МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ РОБОТОТЕХНІКИ ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Декан факультету
_____ Анатолій ТКАЧУК
«28» серпня 2026 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Перший проректор
_____ Надія КОВАЛЬЧУК
«29» серпня 2026 р.

СИЛАБУС

з освітнього компонента «Процес створення виробів методами реверсивної інженерії»
ступінь вищої освіти – бакалавр
галузь знань – 13 Механічна інженерія
спеціальність – 131 Прикладна механіка
освітня програма – Металообробне обладнання та роботизовані виробничі системи

Кафедра робототехніки

Силабус склав(ла) доцент кафедри робототехніки, к.т.н., доцент Віктор СИЧУК

Силабус затверджений на засіданні кафедри робототехніки, протокол № 1 від «28» серпня 2026 р.

Завідувач кафедри к.т.н., доцент Борис ПРИДАЛЬНИЙ

Розглянуто та схвалено групою забезпечення освітньої програми «Металообробне обладнання та роботизовані виробничі системи», протокол № 1 від «28» серпня 2026 р.

Гарант ОП «Металообробне обладнання та роботизовані виробничі системи» к.т.н., доцент Борис ПРИДАЛЬНИЙ

Схвалено науково-методичною радою університету, протокол № 1/а від «29» серпня 2026 р.

Затверджений силабус онлайн:
https://e.lntu.edu.ua/syllabus/3039

Луцьк – 2026

СИЛАБУС ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА «Процес створення виробів методами реверсивної інженерії»

Освітня програма	Металообробне обладнання та роботизовані виробничі системи
Галузь знань / Спеціальність	13 Механічна інженерія / 131 Прикладна механіка
Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Статус дисципліни	вибіркова
Мова викладання	українська
Обсяг	5 кредитів ECTS / 150 годин, семестр 5
Форма контролю	залік
Викладач(і)	к.т.н., доцент Віктор СИЧУК

1. Мета і завдання дисципліни

Мета: Забезпечити професійний розвиток здобувача вищої освіти та сформувати фахові компетенції й теоретико-методологічних знань щодо прогресивних методів проектування деталей; застосуванні адитивних технологій у виготовленні деталей; методів тривимірного сканування деталей; обробки відсканованих даних; підготовки програмного коду на виготовлення деталей на обладнанні з числовим програмним управлінням

Завдання: ознайомити здобувачів вищої освіти з основними поняттями, принципами, етапами та сучасними напрямами розвитку реверсивної інженерії у машинобудуванні;
сформувати знання про методи та засоби отримання геометричних даних виробів, зокрема контактні й безконтактні методи вимірювання та технології тривимірного сканування;
навчити обирати відповідне обладнання та програмне забезпечення для збору, обробки й аналізу просторових даних;
сформувати практичні навички очищення, фільтрації та реєстрації хмар точок, побудови й оптимізації полігональних сіток;
навчити виконувати сегментацію просторових даних, розпізнавати геометричні елементи та відтворювати геометрію деталей за результатами вимірювань і сканування;
сформувати вміння створювати, редагувати та модифікувати тривимірні цифрові моделі виробів із використанням сучасних систем автоматизованого проєктування (CAD);
навчити здійснювати верифікацію цифрових моделей, оцінювати точність відтворення геометрії та аналізувати відхилення між вихідними даними й побудованою моделлю;
сформувати навички обґрунтованого вибору конструкційних матеріалів, технологічного обладнання та методів виготовлення відтворених деталей, зокрема із застосуванням адитивних технологій і механічної обробки на верстатах із числовим програмним керуванням (ЧПК);
навчити готувати цифрові моделі, технічну документацію та вихідні дані для подальшого виготовлення виробів;
ознайомити з правовими й етичними аспектами реверсивної інженерії, вимогами щодо захисту інтелектуальної власності та принципами академічної доброчесності під час виконання інженерних завдань.

2. Компетентності

СК01 — Здатність до аналізу основних конструкційних матеріалів, що використовуються в галузі, конструкцій типового технологічного обладнання та процесів його функціонування на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки.

СК03 — Здатність проводити технологічну і техніко- економічну оцінку ефективності використання нових технологій обробки деталей, елементів технологічного обладнання і технічних засобів.

СК04 — Здатність здійснювати оптимальний вибір технологічного обладнання, комплектацію

виробничих систем, мати базові уявлення про правила їх експлуатації.

СК06 — Здатність виконувати технічні вимірювання, одержувати, аналізувати та критично оцінювати результати вимірювань.

СК07 — Здатність застосовувати комп’ютеризовані системи проектування (CAD), виробництва (CAM), інженерних досліджень (CAE) та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань з прикладної механіки і зокрема розрахунку параметрів та проектування типових елементів технологічного обладнання.

СК08 — Здатність до просторового мислення і відтворення просторових об’єктів, конструкцій та механізмів, що є типовими елементами для технологічного обладнання в галузі і об’єктами виготовлення у вигляді проекційних креслень та тривимірних геометричних моделей.

СК09 — Здатність представлення результатів своєї інженерної діяльності з дотриманням загальноприйнятих норм і стандартів машинобудівної галузі загалом і зокрема верстатобудування.

СК10 — Здатність описувати та класифікувати об’єкти виробництва машинобудівної галузі а також елементи та вузли технологічного обладнання і процесів їх функціонування, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні основних механічних теорій та практик, а також базових знаннях суміжних наук.

3. Структура дисципліни, розподіл годин, зв'язок тем з компетентностями

№	Назва теми	**Лекції** денна/ заочна	**Практ./ Семін./ лаб** денна/ заочна	**Самост. робота** денна/ заочна	Разом	Методи навчання	Методи оцінювання	СК
Змістовий модуль 1. Основи, збір та первинна обробка просторових даних								
1	Тема 1. Вступ до реверсивної інженерії (Reverse Engineering)	2/–	2/–	6/9	10/9	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО7, захист практичної роботи	СК08, СК10
2	Тема 2. Правові та етичні аспекти реверсивної інженерії	2/2	2/–	6/9	10/11	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО7, захист практичної роботи	СК09
3	Тема 3. Апаратне забезпечення реверсивної інженерії	2/2	2/–	6/9	10/11	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО7, захист практичної роботи	СК04, СК06
4	Тема 4. Методи та принципи оптичного 3D-сканування	2/–	2/2	6/9	10/11	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО7, захист практичної роботи	СК06, СК08
5	Тема 5. Контактні методи вимірювання об’єктів	2/–	2/–	6/9	10/9	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО7, захист практичної роботи	СК06

№	Назва теми	Лекції денна/ заочна	Практ./ Семін./ лаб денна/ заочна	Самост. робота денна/ заочна	Разом	Методи навчання	Методи оцінювання	СК
6	Тема 6. Первинна обробка та фільтрація хмар точок (Point Clouds)	2/–	2/2	6/9	10/11	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО7, захист практичної роботи	СК06, СК07
7	Тема 7. Полігональні сітки (Meshes) та їх оптимізація	2/–	2/–	6/9	10/9	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО4, захист практичної роботи	СК07, СК08
Змістовий модуль 2. Моделювання, верифікація та виготовлення виробів								
8	Тема 8. Сегментація даних та розпізнавання геометрії	2/2	2/–	6/9	10/11	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО7, захист практичної роботи	СК08, СК07, СК10
9	Тема 9. Процедура ретопології	2/–	2/–	6/9	10/9	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО7, захист практичної роботи	СК07, СК08
10	Тема 10. Поверхневе (Surface) та твердотільне (Solid) моделювання	2/–	2/2	6/9	10/11	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО7, захист практичної роботи	СК07, СК08, СК09
11	Тема 11. Верифікація та контроль точності	2/–	2/–	6/9	10/9	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО7, захист практичної роботи	СК06, СК07, СК09
12	Тема 12. Редизайн та модифікація виробів	2/–	2/–	6/9	10/9	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО7, захист практичної роботи	СК03, СК07, СК08
13	Тема 13. Матеріалознавство у реверсивній інженерії	2/–	2/–	6/10	10/10	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО7, захист практичної роботи	СК01
14	Тема 14. Технології виготовлення відтворених деталей	2/–	2/–	6/10	10/10	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО7, захист практичної роботи	СК01, СК03, СК04, СК07

№	Назва теми	**Лекції** денна/ заочна	**Практ./ Семін./ лаб** денна/ заочна	**Самост. робота** денна/ заочна	**Разом**	**Методи навчання**	**Методи оцінювання**	**СК**
15	Тема 15. Прикладні комплексні проєкти	2/–	2/–	6/10	10/10	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО4, захист практичної роботи	СК03, СК06, СК07, СК08, СК09, СК10
	Разом	**30/6**	**30/6**	**90/138**	**150/150**			

Легенда: СК — спеціальна (фахова) компетентність (номер за п. 2). Повне формулювання кожного коду наводиться в ОП / стандарті спеціальності.

Методи навчання: МН1 — словесний метод (лекція, дискусія, співбесіда тощо); МН2 — практичний метод (лабораторні та практичні заняття); МН3 — наочний метод (метод ілюстрацій і метод демонстрацій); МН5 — відеометод у сполученні з новітніми інформаційними технологіями та комп'ютерними засобами навчання (дистанційні, мультимедійні, веб-орієнтовані тощо).

Методи оцінювання: МО2 — усне або письмове опитування; МО4 — тестування; МО7 — презентації результатів виконаних завдань та досліджень.

4. Результати навчання

Знати:

– основні поняття, принципи, завдання та етапи реверсивної інженерії, її роль у сучасному машинобудуванні та цифровому виробництві;

– принципи роботи, характеристики, переваги й обмеження контактних і безконтактних засобів вимірювання та систем тривимірного сканування;

– методи отримання, реєстрації, фільтрації та обробки хмар точок, побудови й оптимізації полігональних сіток;

– методи сегментації просторових даних, розпізнавання геометричних примітивів, ретопології та відновлення геометрії виробів;

– принципи поверхневого, твердотільного та параметричного тривимірного моделювання деталей у сучасних системах автоматизованого проєктування (CAD);

– методи оцінювання точності відтворення геометрії, аналізу відхилень між вихідними даними сканування та створеною цифровою моделлю;

– основні властивості конструкційних матеріалів і критерії вибору матеріалу для відтворення деталей;

– основні технології виготовлення відтворених виробів, зокрема адитивні технології та механічну обробку на верстатах із числовим програмним керуванням (ЧПК);

– основні вимоги до оформлення результатів інженерної діяльності, технічної документації та дотримання прав інтелектуальної власності під час реверсивної інженерії.

Вміти:

– обирати відповідні методи й засоби вимірювання та тривимірного сканування залежно від геометрії, розмірів і характеристик досліджуваного виробу;

– виконувати первинну обробку просторових даних, очищення та фільтрацію хмар точок, суміщення сканів і формування полігональних моделей;

– здійснювати сегментацію даних, розпізнавати основні геометричні елементи та відтворювати геометрію деталей за результатами вимірювань і сканування;

– створювати й редагувати тривимірні цифрові моделі деталей із використанням сучасних CAD-систем;

– перевіряти відповідність створених моделей вихідним даним сканування, визначати геометричні відхилення та оцінювати точність відтворення виробів;

– виконувати модифікацію та редизайн деталей з урахуванням функціонального призначення, конструктивних особливостей і вимог до виготовлення;

– обґрунтовувати вибір матеріалів, технологічного обладнання та способів виготовлення відтворених деталей відповідно до поставлених технічних завдань;

– готувати цифрові моделі та необхідні вихідні дані для виготовлення деталей методами адитивного виробництва або механічної обробки на обладнанні з ЧПК;

– оформлювати результати виконаних інженерних завдань у вигляді тривимірних моделей, креслень, звітів і презентацій із дотриманням вимог технічної документації та академічної доброчесності.

5. Цілі сталого розвитку

ЦСР 4 – Якісна освіта

ЦСР 9 – Промисловість, інновації та інфраструктура

ЦСР 12 – Відповідальне споживання та виробництво

6. Неформальна освіта

Рекомендовані курси, тренінги, стажування та інші: результати навчання, здобуті у формальній, неформальній чи інформальній освіті, можуть бути визнані відповідно до процедур ЛНТУ. Підтвердженнями можуть бути сертифікати тематичних тренінгів, вебінарів чи онлайн-курсів разом з описом досягнутих результатів навчання та, за потреби, коротке верифікаційне завдання або портфоліо.

7. Критерії та форми контролю

Оцінювання — за 100-бальною шкалою (національна шкала / ЄКТС). Підсумковий бал = поточний контроль (50 %) + модульний контроль (50 %).

Академічна доброчесність: самостійне виконання завдань; коректне посилання на джерела; позначення частин тексту, згенерованих засобами ШІ. Порушення академічної доброчесності не толеруються.

8. Зміст тем

Тема 1. Вступ до реверсивної інженерії (Reverse Engineering)

Поняття, цілі, завдання, історія розвитку та місце реверс-інжинірингу в концепції Індустрії 4.0 і сучасного виробництва.

Тема 2. Правові та етичні аспекти реверсивної інженерії

Захист інтелектуальної власності, патентне законодавство, авторські права та межі правомірного копіювання чи модифікації промислових виробів.

Тема 3. Апаратне забезпечення реверсивної інженерії

Класифікація сучасних систем збору даних (портативні та стаціонарні оптичні сканери, лазерні системи, координатно-вимірювальні машини).

Тема 4. Методи та принципи оптичного 3D-сканування

Технології структурованого підсвічування, лазерної тріангуляції та фотограмметрії, їхні переваги та обмеження.

Тема 5. Контактні методи вимірювання об’єктів

Використання КВМ (координатно-вимірювальних машин) і тактильних щупів для високоточного визначення базових розмірів і складних поверхонь.

Тема 6. Первинна обробка та фільтрація хмар точок (Point Clouds)

Очищення від шумів, видалення викидів, грубе та точне вирівнювання (реєстрація) сканів, зшивання даних з різних ракурсів.

Тема 7. Полігональні сітки (Meshes) та їх оптимізація

Перетворення хмари точок у сітку трикутників, заповнення отворів, згладжування, спрощення та корекція дефектів топології.

Тема 8. Сегментація даних та розпізнавання геометрії

Автоматичне або напівавтоматичне виділення базових геометричних примітивів (площини, циліндри, сфери, конуси) з масиву точок.

Тема 9. Процедура ретопології

Створення якісної сітки чотирикутників (quad-mesh) як проміжного етапу для побудови гладких поверхонь вільних форм (Freeform surfaces).

Тема 10. Поверхневе (Surface) та твердотільне (Solid) моделювання

Методи побудови параметричних CAD-моделей за відсканованою геометрією в сучасних САПР (SolidWorks, CATIA, Geomagic Design X).

Тема 11. Верифікація та контроль точності

Порівняння створеної CAD-моделі з початковими даними сканування (аналіз відхилень, побудова кольорових теплових карт похибок).

Тема 12. Редизайн та модифікація виробів

Удосконалення геометрії на основі результатів сканування, оптимізація маси, параметрична доробка та усунення конструктивних дефектів.

Тема 13. Матеріалознавство у реверсивній інженерії

Ідентифікація марок конструкційних матеріалів, спектральний і хімічний аналіз, визначення механічних властивостей для підбору аналогів.

Тема 14. Технології виготовлення відтворених деталей

Інтеграція результатів реверс-інжинірингу з адитивними технологіями (3D-друк) та традиційними методами виробництва (обробка на верстатах з ЧПК, лиття).

Тема 15. Прикладні комплексні проєкти

Розбір реальних кейсів та виконання індивідуальних завдань з реверсивної інженерії вузлів у машинобудуванні, транспорті чи медицині.

9. Опис ІЗ/КПІЗ

Не передбачено навчальним планом.

10. Самостійна робота

Самостійна робота здобувачів вищої освіти спрямована на поглиблення теоретичних знань, закріплення практичних навичок і формування здатності самостійно розв’язувати інженерні завдання із застосуванням методів реверсивної інженерії.

Основними видами самостійної роботи є:

1. опрацювання лекційного матеріалу, навчальної та науково-технічної літератури з питань реверсивної інженерії, сучасних технологій тривимірного сканування та цифрового виробництва;
2. вивчення принципів роботи, технічних характеристик і критеріїв вибору контактних та безконтактних засобів вимірювання, тривимірних сканерів і відповідного програмного забезпечення;
3. ознайомлення з методами очищення, фільтрації, реєстрації та суміщення хмар точок, побудови, редагування й оптимізації полігональних сіток;
4. опрацювання методів сегментації просторових даних, розпізнавання геометричних елементів, ретопології та відтворення тривимірних моделей деталей у CAD-системах;
5. вивчення методів контролю точності цифрових моделей, аналізу геометричних відхилень і оцінювання відповідності відтвореної геометрії вихідним даним;
6. аналіз конструкційних матеріалів, технологій адитивного виробництва та механічної обробки на обладнанні з числовим програмним керуванням для виготовлення відтворених

деталей;
7. опрацювання правових та етичних аспектів реверсивної інженерії, зокрема питань захисту інтелектуальної власності й правомірного використання цифрових моделей;
8. виконання індивідуального завдання, зокрема пошук і аналіз вихідних даних, підготовка тривимірної моделі, перевірка її геометричної відповідності, обґрунтування способу виготовлення та оформлення пояснювальної записки;
9. підготовка звітів, графічних матеріалів і презентацій результатів виконаних практичних та індивідуальних завдань.

Результати самостійної роботи оцінюються за повнотою та якістю виконаних завдань, правильністю застосування методів реверсивної інженерії, обґрунтованістю інженерних рішень і дотриманням вимог до оформлення технічної документації. Контроль здійснюється під час практичних занять, перевірки виконаних завдань і захисту індивідуального проєкту.

11. Загальні вимоги

Освітній процес регулюється академічними правилами ЛНТУ. Здобувачі освіти зобов’язані ознайомитися з вимогами, визначеними Кодексом академічної доброчесності ЛНТУ та Політикою етичного використання штучного інтелекту в ЛНТУ, і дотримуватися принципів академічної доброчесності та етичного використання штучного інтелекту в освітній діяльності.

Академічна доброчесність. Учасники освітнього процесу зобов’язані дотримуватися Закону України «Про академічну доброчесність» від 18.12.2025 № 4742-IX та внутрішніх нормативних документів ЛНТУ. Не допускаються академічний плагіат, фабрикація, фальсифікація, привласнення авторства, несамостійне виконання завдань, а також недоброчесне використання результатів, згенерованих штучним інтелектом.

Використання штучного інтелекту. Інструменти штучного інтелекту можуть використовуватися для пошуку ідей, пояснення методів, попереднього структурування, мовного редагування та допоміжного аналізу неконфіденційних даних, якщо конкретне завдання не передбачає повністю самостійного виконання. Здобувач освіти має зазначати використаний інструмент, мету та етап його застосування, перевіряти факти й розрахунки та самостійно обґрунтовувати висновки.

12. Література

I. Навчально-методичні матеріали та розробки

Праці автора силабуса:

1. Програмування і налагодження обладнання з ЧПУ : метод. вказівки до практичних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Прикладна механіка» галузь знань 13 Механічна інженерія спец. 131 Прикладна механіка денної та заоч. форм навч. / уклад. В.А. Сичук. – Луцьк : Луцький НТУ, 2020. – 32 с. / URL: https://lib.lntu.edu.ua/uk/147258369/2407

Праці інших авторів:

2. 3D сканування та друк : метод. вказівки до викон. самостійної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, денної та заоч. форм навч. / уклад.: Д. А. Гусачук, Ю. П. Фещук. – Луцьк : ЛНТУ, 2023. – 56 с.

3. Технології лазерного сканування : методичні вказівки до виконання практичних робіт / укладачі: О. В. Адаменко, Р. А. Дем'яненко, О. П. Ісаєв [та ін.]. – Київ : КНУБА, 2024. – 28 с.

II. Наукові праці

Праці автора силабуса:

4. Experimental vibrating complex for the research of pressing processes of powder materials. Somov, D., Zabolotnyi, O., Polinkevich, R., Valetskyi, B., Sychuk, V.Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2020, стр. 321–329 / URL: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56520377000

5. Technology of obtaining long-length powder permeable materials with uniform density distributions. Zabolotnyi, O., Povstyanoy, O., Somov, D., Sychuk, V., Svirzhevskyi, K. EAI/Springer Innovations in

Communication and Computing, 2020, стр. 63–78 / URL: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56520377000

6. Self-diagnostics the Elements of Cutting Technological System Based on Its Emitting Sounds. Sychuk, Viktor A.,Sychuk, Alin A.,Zabolotnyi, Oleg V. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2026, pp. 516–532 / URL: https://www.scopus.com/pages/publications/105028828347?origin=resultslist

7. The Avatar Robot – A Clone of the Sapper's Arm. Sychuk, Viktor A.,Sychuk, Alin A.,Zabolotnyi, Oleg V. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2025, pp. 283–295 / URL: https://www.scopus.com/pages/publications/105009004479?origin=resultslist

8. Модульний моноліт: архітектурний підхід для побудови високодоступної системи управління зарядними станціями / Горшков В.В., Ліщина Н.М., Сичук В.А./ №57 (2024): КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ: ОСВІТА, НАУКА, ВИРОБНИЦТВО, стор 31 – 42. / URL: https://www.researchgate.net/publication/389021492_Modulnij_monolit_arhitekturn…

Праці інших авторів:

9. Lashyna Y., Kunytsia A. Comparison and Evaluation of Conventional and Machine Learning-Assisted Reverse Engineering Workflows. Mechanics and Advanced Technologies. 2025. Vol. 9, No. 3(106). P. 298–308. DOI: https://doi.org/10.20535/2521-1943.2025.9.3(106).333347

10. Paulic M., Irgolic T., Balic J., Cus F., Cupar A., Brajlih T., Drstvensek I. Reverse Engineering of Parts with Optical Scanning and Additive Manufacturing. Procedia Engineering. 2014. Vol. 69. P. 795–803. DOI: https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.03.056 .