

Міністерство освіти і науки України  
Сумський національний аграрний університет  
Факультет інженерно-технологічний  
Кафедра технічного сервісу та галузевого машинобудування

**Проект силабусу освітнього компонента (розширена анотація)**

*Транзитивні технології цифрового 3D моделювання*

(вибірковий)

Реалізується в межах освітньо-наукової програми

**«Галузеве машинобудування»**

(назва)

за спеціальністю *G11 Машинобудування (за спеціалізаціями)*

(шифр, назва)

на *третьому (освітньо-науковому)* рівні вищої освіти

Суми – 2026

**Розробник:** \_\_\_\_\_ Думанчук М.Ю., к.т.н., доцент, доцент  
(підпис) (прізвище, ініціали) (вчений ступінь та звання, посада)

|                                                                                                                              |                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Розглянуто, схвалено та затверджено на засіданні кафедри технічного сервісу та галузевого машинобудування<br>(назва кафедри) | протокол від _____ .№ _____<br>Завідувач кафедри _____ <u>Євген КОНОПЛЯНЧЕНКО.</u><br>(підпис) (прізвище, ініціали) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Погоджено:**

Гарант освітньої програми \_\_\_\_\_ Михайло ШУЛЯК  
(підпис) (ПІБ)

Декан факультету, де реалізується освітня програма \_\_\_\_\_  
(підпис) (ПІБ)

Рецензія на робочу програму(додається) надана: \_\_\_\_\_  
(ПІБ)  
\_\_\_\_\_  
(ПІБ)

Методист відділу якості освіти, ліцензування та акредитації \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)  
(підпис) (ПІБ)

Зареєстровано в електронній базі: дата: \_\_\_\_\_ 2026 р.

Інформація про перегляд робочої програми (силабусу):

| Навчальний рік, в якому вносяться зміни | Номер додатку до робочої програми з описом змін | Зміни розглянуто і схвалено               |                   |                           |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------|---------------------------|
|                                         |                                                 | Дата та номер протоколу засідання кафедри | Завідувач кафедри | Гарант освітньої програми |
|                                         |                                                 |                                           |                   |                           |
|                                         |                                                 |                                           |                   |                           |
|                                         |                                                 |                                           |                   |                           |
|                                         |                                                 |                                           |                   |                           |

## 1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ОСВІТНІЙ КОМПОНЕНТ

|      |                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |             |                   |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------|-------------------|
| 1.   | Назва ОК                                                                                      | Транзитивні технології цифрового 3D моделювання                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |             |                   |
| 2.   | Факультет/кафедра                                                                             | ІТФ / технічного сервісу та галузевого машинобудування                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |             |                   |
| 3.   | Статус ОК                                                                                     | Вибірковий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |             |                   |
| 4.   | Програма/Спеціальність (програми), складовою яких є ОК для (заповнюється для обов'язкових ОК) | Освітньо-наукова програма «Галузеве машинобудування» за спеціальністю G11 Машинобудування (за спеціалізаціями)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |             |                   |
| 5.   | ОК може бути запропонований для (заповнюється для вибіркового ОК)                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |             |                   |
| 6.   | Рівень НРК                                                                                    | 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |             |                   |
| 7.   | Семестр та тривалість вивчення                                                                | 4 семестр, 10 тижнів                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |             |                   |
| 8.   | Кількість кредитів ЄКТС                                                                       | 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |             |                   |
| 9.   | Загальний обсяг годин та їх розподіл 150 год                                                  | Контактна робота(заняття)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |             | Самостійна робота |
|      |                                                                                               | Лекційні                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Практичні / семінарські | Лабораторні |                   |
|      |                                                                                               | 20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 30                      | -           |                   |
| 10.  | Мова навчання                                                                                 | українська                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |             |                   |
| 11.  | Викладач/Координатор освітнього компонента                                                    | Думанчук Михайло Юрійович                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |             |                   |
| 11.1 | Контактна інформація                                                                          | Ауд. 316м; (050)302-62-93; md2012@i.ua                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |             |                   |
| 12.  | Загальний опис освітнього компонента                                                          | Освітній компонент спрямовано на здобуття та поглиблення здобувачами освіти компетентностей по обґрунтованому вибору та застосуванню в практичній діяльності сучасних програмних комплексів проектування та 3dмоделювання виробів галузевого машинобудування                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |             |                   |
| 13.  | Мета освітнього компонента                                                                    | формування у здобувачів ступеня доктора філософії здатності критично осмислювати та застосовувати концепцію транзитивності цифрового 3D моделювання, обґрунтовано добирати й інтегрувати сучасні методи параметричного, генеративного та алгоритмічного моделювання у середовищах CAD/CAE/CAM, розробляти транзитивні 3D-моделі та цифрові прототипи для інженерного аналізу, оптимізації й адитивного виробництва, а також інтерпретувати та презентувати результати цифрового моделювання у формі наукових висновків і дослідницьких проєктів. |                         |             |                   |
| 14.  | Передумови вивчення ОК, зв'язок з іншими освітніми компонентами ОП                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |             |                   |
| 15.  | Політика академічної доброчесності                                                            | Система вимог, які ставляться перед здобувачем вищої освіти під час вивчення освітнього компоненту:<br>• проходження студентами етапів оцінювання у встановлені терміни;<br>• виконання і захист письмових та практичних робіт у встановлені терміни;<br>• дотримання при виконанні письмових робіт положення про запобігання та виявлення академічного плагіату в СНАУ                                                                                                                                                                          |                         |             |                   |

|     |                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |                                    | <p>(<a href="https://bit.ly/2TNvfE0">https://bit.ly/2TNvfE0</a>);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• дотримання студентами кодексу академічної доброчесності СНАУ (<a href="https://bit.ly/3xf92wW">https://bit.ly/3xf92wW</a>).</li> </ul> <p>Підготовлені до оцінювання письмові роботи повинні бути оригінальними та виконані самостійно здобувачем вищої освіти. Письмові роботи, які виконані і здані із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на оцінку нижче від отриманого результату. Роботи, які виконані з низьким рівнем унікальності або є копією «чужої» роботи оцінюватимуться на «нуль» з послідовним виконанням роботи згідно іншого оригінального індивідуального завдання. Передача письмових робіт відбувається після повторного виконання або доопрацювання. Списування із різних джерел інформації (в т.ч. із використанням мобільних девайсів та гаджетів) під час екзаменів заборонено. При виявленні факту списування – робота студента анулюється і екзамен складається повторно. Перескладання екзамену відбувається із дозволу деканату в зазначені терміни після повторного засвоєння матеріалу з освітнього компоненту.</p> |
| 16. | Посилання на курс у системі Moodle |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

## 2. РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ ЗА ОСВІТНІМ КОМПОНЕНТОМ ТА ЇХ ЗВ'ЯЗОК З ПРОГРАМНИМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ НАВЧАННЯ

| Результати навчання за ОК:<br>Після вивчення освітнього компонента студент очікувано буде здатен...»                                                                                                  | Як оцінюється РНД                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| ДРН 1. Критично осмислювати та застосовувати концепцію транзитивності у цифровому 3D моделюванні при розв'язанні складних інженерних і науково-дослідних задач машинобудування                        | Виконання та захист звітів з практичних робіт згідно індивідуального варіанту. |
| ДРН 2. Обґрунтовано обирати та інтегрувати методи цифрового 3D моделювання (параметричне, генеративне, алгоритмічне) у середовищах CAD/CAE/CAM для забезпечення безперервності цифрового проєктування | Виконання та захист звітів з практичних робіт згідно індивідуального варіанту. |
| ДРН 3. Розробляти транзитивні 3D-моделі та цифрові прототипи, придатні для інженерного аналізу, оптимізації, адитивного виробництва й використання у дисертаційних дослідженнях                       | Виконання та захист звітів з практичних робіт згідно індивідуального варіанту. |
| ДРН 4. Застосовувати алгоритмічні, скриптові та оптимізаційні підходи для автоматизації процесів 3D моделювання та підвищення інженерної ефективності проєктних рішень                                | Виконання та захист звітів з практичних робіт згідно індивідуального варіанту. |
| ДРН 5. Інтерпретувати та презентувати результати цифрового моделювання у формі наукових висновків, публікацій і дослідницьких проєктів із дотриманням принципів академічної доброчесності.            | Презентація результатів виконання індивідуальних завдань.                      |

### 3. ЗМІСТ ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА (ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ)

| Тема.<br>Перелік питань, що будуть розглянуті в межах теми                                                                                                                                                                                                                   | Розподіл в межах загального бюджету часу |    |              | Самостійна робота<br>(ден/ст/заоч) | Рекомендована література |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|----|--------------|------------------------------------|--------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                              | Аудиторна робота<br>(ден/ст/заоч)        | Лк | П.з / сем. з | Лаб. з.                            |                          |
| <p><i>Тема 1. Концепція транзитивності в цифровому 3D моделюванні.</i></p> <p>Поняття транзитивних технологій у машинобудуванні. Еволюція CAD-систем: від параметричного до інтелектуального моделювання. Роль 3D-моделі як ядра цифрового життєвого циклу виробу (PLM).</p> | 2                                        | -  |              | 8                                  | 1–4, 8, 17, 18           |
| <p><i>Тема 2. Методологія цифрового геометричного моделювання.</i></p> <p>Параметричне, варіаційне та пряме моделювання. Топологічна цілісність і керування геометричними залежностями. Feature-based підхід та знання-орієнтоване моделювання.</p>                          | 2                                        | 6  |              | 12                                 | 1–4, 8, 18, 19           |
| <p><i>Тема 3. Транзитивність між CAD/CAE/CAM середовищами.</i></p> <p>Інтеграція геометричних моделей з інженерним аналізом і виробництвом. Асоціативність моделей та керування змінами. Формати обміну даними (STEP, IGES, JT, STL, AMF).</p>                               | 2                                        | 4  |              | 8                                  | 5–7, 20, 21              |
| <p><i>Тема 4. Топологічна оптимізація та генеративний дизайн</i></p> <p>Алгоритмічні основи генеративного проектування. Оптимізація форми за критеріями міцності, жорсткості, маси. Обмеження виробничих технологій у генеративному дизайні.</p>                             | 2                                        | 4  |              | 12                                 | 12–15, 22, 23            |
| <p><i>Тема 5. Сканування, реверсивний інжиніринг і гібридне моделювання</i></p> <p>3D-сканування та обробка хмар точок. Перехід від полігональних моделей до параметричних. Комбінування реверсивного та класичного CAD-моделювання.</p>                                     | 2                                        | 4  |              | 12                                 | 5–7, 24, 25              |
| <p><i>Тема 6. Транзитивні технології віртуального прототипування</i></p> <p>Цифрові прототипи та цифрові двійники. Кінематичне, динамічне та мультифізичне моделювання. Верифікація та валідація 3D-моделей.</p>                                                             | 2                                        | 2  |              | 10                                 | 14, 26, 27               |
| <p><i>Тема 7. Адитивне виробництво та 3D-моделювання</i></p> <p>Особливості проектування для адитивних технологій (DfAM). Оптимізація конструкцій під 3D-друк. Перехід від цифрової моделі до фізичного виробу.</p>                                                          | 2                                        | 6  |              | 18                                 | 5–7, 28, 29              |
| <p><i>Тема 8. Алгоритмічне та скриптове 3D моделювання</i></p>                                                                                                                                                                                                               | 2                                        | -  |              | 6                                  | 12–15, 30, 31            |

|                                                                                                                                                                                                                                          |           |           |  |            |                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|--|------------|----------------|
| Параметризація з використанням мов програмування. Використання Python, Grasshopper, API CAD-систем. Автоматизація процесів проектування.                                                                                                 |           |           |  |            |                |
| Тема 9. Міждисциплінарні аспекти транзитивного 3D моделювання<br>Інтеграція 3D-моделей з даними сенсорів та експериментів. Використання 3D-моделей у мехатроніці та робототехніці. Віртуальна та доповнена реальність у машинобудуванні. | 2         | 4         |  | 6          | 1–4, 8, 32, 33 |
| Тема 10. Наукові дослідження та перспективи розвитку транзитивних технологій<br>Тренди розвитку CAD/CAE та цифрових платформ. Штучний інтелект у 3D-моделюванні. Формування наукової проблематики та тем дисертаційних досліджень.       | 2         | -         |  | 8          | 12–15, 34, 35  |
| <b>Всього</b>                                                                                                                                                                                                                            | <b>20</b> | <b>30</b> |  | <b>100</b> |                |

#### 4. МЕТОДИ ВИКЛАДАННЯ ТА НАВЧАННЯ

| ДРН    | Методи викладання (робота, що буде проведена викладачем під час аудиторних занять, консультацій)      | Кількість годин | Методи навчання (які види навчальної діяльності має виконати <u>студент самостійно</u> )                                                                                                   | Кількість годин |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| ДРН 1. | Показ прикладів розв'язання проблем виробництва інтерактивним методом на лекції і практичних заняттях | 4               | Підготовка до лекції шляхом ознайомлення з попереднім матеріалом. Вивчення матеріалу для самостійного опанування. Виконання завдань практичних робіт, що розпочато на аудиторному занятті. | 20              |
| ДРН 2. | Показ прикладів розв'язання проблем виробництва інтерактивним методом на лекції і практичних заняттях | 4               | Підготовка до лекції шляхом ознайомлення з попереднім матеріалом. Вивчення матеріалу для самостійного опанування. Виконання завдань практичних робіт, що розпочато на аудиторному занятті. | 20              |
| ДРН 3. | Показ прикладів розв'язання проблем виробництва інтерактивним методом на лекції і практичних заняттях | 4               | Підготовка до лекції шляхом ознайомлення з попереднім матеріалом. Вивчення матеріалу для самостійного опанування. Виконання завдань практичних робіт, що розпочато на аудиторному занятті. | 20              |
| ДРН 4. | Показ прикладів розв'язання проблем виробництва інтерактивним методом на лекції і практичних заняттях | 4               | Підготовка до лекції шляхом ознайомлення з попереднім матеріалом. Вивчення матеріалу для самостійного опанування. Виконання завдань практичних робіт, що розпочато на аудиторному занятті. | 20              |
| ДРН 5. | Показ прикладів розв'язання проблем виробництва інтерактивним методом на лекції і практичних заняттях | 4               | Підготовка до лекції шляхом ознайомлення з попереднім матеріалом. Вивчення матеріалу для самостійного опанування. Виконання завдань практичних робіт, що розпочато на аудиторному занятті. | 20              |

## 5. ОЦІНЮВАННЯ ЗА ОСВІТНІМ КОМПОНЕНТОМ

### 5.1. Діагностичне оцінювання (зазначається за потреби)

### 5.2. Сумативне оцінювання

5.2.1. Для оцінювання очікуваних результатів навчання передбачено

| №  | Методи сумативного оцінювання             | Бали / Вага у загальній оцінці | Дата складання |
|----|-------------------------------------------|--------------------------------|----------------|
| 1. | Виконання і захист індивідуальних завдань | 100 балів / 100%               | 1-10 тиждень   |
| 2. | Іспит                                     | 30 балів / 100%                | 12 тиждень     |

### 5.2.2. Критерії оцінювання

| Компонент                                         | Незадовільно                                  | Задовільно                                                                               | Добре                                                                                   | Відмінно                                                                                       |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Виконання і захист лабораторних і графічних робіт | <42 балів<br>Вимоги щодо завдання не виконано | 42-52<br>Більшість вимог виконано, але окремі складові відсутні або недостатньо розкриті | 53-62 балів<br>Виконано усі вимоги завдання, але є незначні зауваження, щодо оформлення | 63-70 балів<br>Виконано усі вимоги завдання, запропоновано власний варіант розв'язання завдань |
| Іспит                                             | <18 балів<br>Вимоги щодо завдання не виконано | 18-22<br>Більшість вимог виконано, але окремі складові відсутні або недостатньо розкриті | 23-26 балів<br>Виконано усі вимоги завдання, але є незначні зауваження, щодо оформлення | >26 балів<br>Виконано усі вимоги завдання, запропоновано власний варіант розв'язання завдань   |

### 5.3. Формативне оцінювання:

Для оцінювання поточного прогресу у навчанні та розуміння напрямів подальшого удосконалення передбачено

| № | Елементи формативного оцінювання                                                         | Дата                 |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1 | Правильно виконані завдання під час проведення занять зі зворотним зв'язком з викладачем | Протягом 1-10 тижнів |
| 2 | Усний зворотний зв'язок від викладача під час роботи над завданнями протягом занять.     | Протягом 1-10 тижнів |

## 6. НАВЧАЛЬНІ РЕСУРСИ (ЛІТЕРАТУРА)

### Основні джерела

1. Пилипець М. І., Васильків В. В., Радик Д. Л., Бобрик В. В. Комп'ютерні технології в машинобудуванні. Основи 3D моделювання в середовищі T-FLEX CAD : навч. посіб. Тернопіль : [б. в.], 2012. 578 с.
2. Большаков В. Основи 3D-моделювання. Вивчаємо роботу у AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor : навч. посіб. Київ : Україна ТД, 2023. 400 с. (передбачено).
3. Nyemba W. R. Computer Aided Design: Engineering Design and Modeling using AutoCAD : CRC Press, 2023. 344 с.
4. Planchard D. K., et al. Engineering Design with SOLIDWORKS 2023: A Step-by-Step Project Based Approach Utilizing 3D Solid Modeling : [б. м.], 2023. 804 с.
5. Product Design Modeling using CAD/CAE: The Computer-Aided Design Approach / ed. [...] : Academic Press, 2014. 500 с.
6. Gu N., Wang X. Computational Design Methods and Technologies: Applications in CAD, CAM and CAE Education : IGI Global, 2012. 450 с.
7. Wolf P. CAD Frameworks: Principles and Architecture : Springer, 2012. 390 с.

8. E. J. Gindis, Up and Running with AutoCAD 2024: 2D and 3D Drawing, Design and Modeling : Elsevier, 2023. 600 с.
9. McMahon C. A., et al. The CAD/CAM Handbook : McGraw-Hill, 1996. 650 с.
10. Amirouche F. Principles of Computer-Aided Design and Manufacturing : Prentice Hall, 2004. 480 с.
11. Обухов Ю. В., САПР: Основи автоматизованого проєктування та конструювання : К.: Вища школа, 2020. 380 с.
12. Korolova Я. Ю., Беліков І. С., Мацалак В. М. Нові технології комп'ютерної графіки об'ємного 3D моделювання та їх практична реалізація : Тези доп. ІПСТ-2021, Харків, 2021. С. 31-34.
13. Vergunov S. V., Vergunova N. S. Present tendencies and prospects of CAD/CAM/CAE-systems development : Visnyk, 2011. № 2.
14. ASME Y14.41-2019: Digital Product Definition Data Practices : ASME, 2019.
15. Modern CAD Research and Applications : IEEE Xplore Digital Library.

#### Додаткові джерела

16. Li J. Z. CAD, 3D modeling, engineering analysis, and prototype experimentation: industrial and research applications. Cham : Springer, 2015. 255 p.
17. Stark J. Product lifecycle management (PLM): 21st century paradigm for product realisation. London : Springer, 2011. 589 p.
18. Farin G., Hansford D. The essentials of CAGD. Boca Raton : CRC Press, 2000. 232 p.
19. Piegl L., Tiller W. The NURBS book. 2nd ed. Berlin : Springer, 1997. 646 p.
20. Zeid I., Sivasubramanian J. CAD/CAM theory and practice. 2nd ed. New York : McGraw-Hill, 2018. 1016 p.
21. Groover M. P. Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing. 4th ed. Boston : Pearson, 2015. 816 p.
22. Bendsoe M. P., Sigmund O. Topology optimization: theory, methods, and applications. Berlin : Springer, 2004. 370 p.
23. Shea K., Aish R., Gourtovaia M. Towards integrated performance-driven generative design tools // Automation in Construction. 2005. Vol. 14, No. 2. P. 253–264.
24. Várady T., Martin R. R., Cox J. Reverse engineering of geometric models — an introduction // Computer-Aided Design. 1997. Vol. 29, No. 4. P. 255–268.
25. Raja V., Fernandes K. J. Reverse engineering: an industrial perspective. London : Springer, 2008. 276 p.
26. Wang G. G. Definition and review of virtual prototyping // Journal of Computing and Information Science in Engineering. 2002. Vol. 2, No. 3. P. 232–236.
27. Bordegoni M., Ferrise F. Designing interaction with virtual prototypes. Cham : Springer, 2013. 229 p.
28. Gibson I., Rosen D., Stucker B. Additive manufacturing technologies. 2nd ed. New York : Springer, 2015. 498 p.
29. Thompson M. K. et al. Design for additive manufacturing: trends, opportunities, considerations, and constraints // CIRP Annals. 2016. Vol. 65, No. 2. P. 737–760.
30. Terzidis K. Algorithmic architecture. Oxford : Architectural Press, 2006. 176 p.
31. Burry M. Scripting cultures: architectural design and programming. Chichester : Wiley, 2011. 288 p.
32. Schleich B. et al. Shaping the digital twin for design and production engineering // CIRP Annals. 2017. Vol. 66, No. 1. P. 141–144.
33. Tao F., Zhang M. Digital twin shop-floor: a new shop-floor paradigm // IEEE Access. 2017. Vol. 5. P. 20418–20427.
34. Lu Y., Liu C., Wang K. I-K. Digital twin-driven smart manufacturing: connotation, reference model, applications and research issues // Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. 2020. Vol. 61.
35. Wang L., Törngren M., Onori M. Current status and advancement of cyber-physical systems in manufacturing // Journal of Manufacturing Systems. 2015. Vol. 37. P. 517–527.
36. Тимченко А. А. Основи системного проєктування та системного аналізу складних об'єктів: Основи САПР та системного проєктування складних об'єктів: Підручник / за ред.. В.І.Бикова.- 2-ге вид. – К.: Либідь, 2003. – 272 с.

37. Орлов, Р.О., Кушніров, П.В., Думанчук, М.Ю., Динник, О.Д., Приходько, О.М., та Басов, А.С. (2025). НАЛАШТУВАННЯ ЗБІРНОВИГОТОВЛЕНИХ ФРЕЗ З ПОХИЛИМИ РІЗАЛЬНИМИ ПЛАСТИНАМИ. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів, №1 (59), 51-57. <https://doi.org/10.32782/msnau.2025.1.8>
38. Кондусь, В. Ю., Кругляк, А. А., Бага, В. М., & Думанчук, М. Ю. (2025). ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ РОБОТИ ВІЛЬНОВИХРОВОГО НАСОСА З НЕЦИКЛІЧНИМ РОБОЧИМ КОЛЕСОМ У РОБОЧОМУ ДІАПАЗОНІ. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів, №4 (58), 3-11. <https://doi.org/10.32782/msnau.2024.4.1>
39. Думанчук, М. Ю., Івченко, О. В., Жигилій, Д. О., Завгородній, Д. М., & Козін, В. М. (2025). ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗУБЧАСТИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПРЯМОЗУБИХ ПЕРЕДАЧ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД КОЕФІЦІЄНТА ЗМІЩЕННЯ ВИХІДНОГО КОНТУРУ. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів, №4 (58), 34-43. <https://doi.org/10.32782/msnau.2024.4.5>
40. Єщенко О.А. Основи САПР [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студ. напряму 6.050503 “Машинобудування” ден. і заочн. форм навчання. / Єщенко О.А., Р.Л. Якобчук, Змієвський Ю.Г. – К.: НУХТ, 2014. – 205 с
41. ДСТУ 3321\_2003 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять. – [Чинний від 2003-12-08]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2005. 51 с.
42. ДСТУ 2226-93. Автоматизовані системи. Терміни та визначення. – [Чинний від 1994-07-01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 1994. 93 с. [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=61937](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=61937)
43. David E. Weisberg The Engineering Design Revolution. URL: <http://cadhistory.net/>
44. Dassault Systèmes. URL: <https://www.3ds.com>
45. SolidWorks. URL: <https://www.solidworks.com>
46. Siemens Digital Industries Software. URL: <https://www.plm.automation.siemens.com>
47. AUTODESK. URL: <https://www.autodesk.ru/>
48. PTC. URL: <https://www.ptc.com>