

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Кафедра _____ **мікро- та наноелектроніки** _____
(найменування кафедри)

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ТЕХНОЛОГІЇ ВІРТУАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА
(назва навчальної дисципліни)

Освітня програма: _____ **Мікро- та наноелектронні прилади і пристрої** _____
(назва освітньої програми)

Спеціальність: _____ **153 Мікро- та наносистемна техніка** _____
(найменування спеціальності)

Галузь знань: _____ **15 Автоматизація та приладобудування** _____
(найменування галузі знань)

Ступінь вищої освіти: _____ **Магістр** _____
(назва ступеня вищої освіти)

Затверджено на засіданні кафедри
_____ **мікро- та наноелектроніки** _____
(найменування кафедри)

Протокол № 1 від 17 серпня 2021 р.

Запоріжжя, 2021

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	ВК Технології віртуального виробництва Вибіркова навчальна дисципліна.
Рівень вищої освіти	Другий (магістерський) рівень
Викладач	Василенко О.В., канд. техн. наук, доцент, доцент каф. Мікро- і наноелектроніки
Контактна інформація викладача	Робочий телефон: +380617698367, телефон викладача: 0952394162, e-mail: traven03@yahoo.com
Час і місце проведення навчальної дисципліни	Згідно до розкладу занять.
Обсяг дисципліни	Кількість годин – загальний обсяг 90 годин кредитів – 3 кредити ЄКТС розподіл годин: 14 годин лекційних, 14 годин лабораторних, 62 години самостійна робота, вид контролю – залік
Консультації	Згідно з графіком консультацій.
2. Пререквізити і постреквізити навчальної дисципліни	
Пререквізити Дисципліни за освітнім ступенем бакалавра: Інформатика. Обчислювальна математика, Іноземна мова, Технологічні основи електроніки, Мікропроцесорна техніка, Комп'ютерне моделювання та проєктування пристроїв цифрової електроніки, Мікропроцесорні пристрої керування та обробки інформації. Постреквізити Освітня компонента: Стажування (переддипломна практика), Магістерська робота.	
3. Характеристика навчальної дисципліни	
Технології віртуального виробництва (ТВВ) – це курс теоретично-практичного спрямування, що поєднує в собі теорію організації віртуального/цифрового виробництва згідно концепції Індустрія 4.0 та практичні завдання дослідження та проєктування компонентів віртуального виробництва, роботи на платформах автоматизованого виробництва. Вивчення навчальної дисциплін «Технології віртуального виробництва» дозволить студентові приймати обґрунтовані рішення щодо організації та роботи на платформах та технологіях віртуального виробництва. У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати загальні компетентності: ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу; ЗК2. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово; ЗК4. Здатність проводити дослідження на відповідному рівні; ЗК5. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; ЗК6. Здатність генерувати нові ідеї (креативність); ЗК8. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності), фахові компетентності: СК1. Здатність ефективно використовувати складне контрольно-вимірювальне, технологічне та дослідницьке обладнання при дослідженнях та виробництві матеріалів,	

компонентів, приладів і пристроїв мікро- та наносистемної техніки різноманітного призначення;

СК2. Здатність здійснювати тестування та діагностику приладів та обладнання, а також оброблення і аналіз отриманих результатів;

СК3. Здатність аналізувати та синтезувати мікро- та нанoeлектронні системи різного призначення;

СК4. Здатність розробляти, обґрунтовано вибирати і використовувати сучасні методи обробки та аналізу сигналів в мікро- і нанoeлектронних приладах та системах;

СК5. Здатність аргументувати вибір методів розв'язання складних задач і проблем мікро- та наносистемної техніки, критично оцінювати отримані результати та аргументувати прийняті рішення;

СК6. Здатність користуватися сучасними системами пошуку та аналізу науково-технічної інформації, проводити патентний пошук і дослідження та здійснювати захист інтелектуальної власності;

СК7. Здатність розробляти і реалізовувати наукові та/або інноваційні проекти у сфері мікро- та наносистемної техніки, а також дотичні до неї міждисциплінарні проекти, а також дотичні до неї міждисциплінарні проекти.

Очікувані програмні результати навчання:

P1. Формулювати і розв'язувати складні інженерні, виробничі та/або наукові задачі під час проектування, виготовлення і дослідження мікро- та наносистемної техніки різноманітного призначення та створення конкурентоспроможних розробок, втілення результатів у бізнес-проектах;

P2. Визначати напрями, розробляти і реалізовувати проекти модернізації виробництва мікро- та наносистемної техніки з урахуванням технічних, економічних, правових, соціальних та екологічних аспектів;

P3. Оптимізувати конструкції систем, пристроїв та компонентів мікро- та наносистемної техніки, а також технології їх виготовлення;

P4. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері мікро- та нанoeлектроніки, для розв'язування складних задач професійної діяльності;

P5. Вільно спілкуватися державною та іноземною мовами усно і письмово для обговорення професійних проблем і результатів діяльності у сфері мікро- та нанoeлектроніки, презентації результатів досліджень та інноваційних проектів;

P6. Розробляти вироби та компоненти мікро- та наносистемної техніки, враховуючі вимоги до їх характеристик, технологічні та ресурсні обмеження; використовувати сучасні інструменти автоматизації проектування;

P7. Розв'язувати задачі синтезу та аналізу приладів та пристроїв мікро- та наносистемної техніки;

P8. Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її;

P9. Забезпечувати якість виробництва; обирати технології, що гарантують отримання необхідних характеристик твердотільних пристроїв; застосовувати сучасні методи контролю мікро- та наносистемної техніки;

P13. Керувати складними робочими процесами у сфері виробництва та/або досліджень мікро- та нанoeлектронних систем, об'єктивно оцінювати результати діяльності колективу та окремих працівників, визначати заходи щодо покращення результатів діяльності;

P14. Координувати роботу колективів виконавців для проведення наукових досліджень, проектування, розроблення, аналізу, розрахунку, моделювання, виробництва та тестування мікро- та наносистемної техніки;

P17. Підбирати необхідні моделі та платформи для цифрового виробництва, розв'язувати задачі автоматизації керування об'єктами та процесами згідно концепції Індустрія 4.0.

4. Мета вивчення навчальної дисципліни

підготовка спеціалістів, що зрозуміли і засвоїли основні поняття в галузі віртуального виробництва, його концепцію, архітектуру, платформи та технології.

5. Завдання вивчення дисципліни

Пізнавальні – є освоєння технологій віртуального (цифрового) виробництва згідно концепції Індустрія 4.0.

Практичні – сформувані практичні навички використання технологій та програм віртуального виробництва.

6. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1. Змістовий модуль 1

Тема 1. Цифрове виробництво як рушій четвертої промислової революції

Цілі та задачі дисципліни. Вимоги до студентів. Література. Основні визначення.

Концепція Індустрія 4.0 (I4.0), її відображення в стратегічних документах економічного розвитку країн світу, зокрема, в Україні. Просування та розвиток ідей I4.0 державними та недержавними установами. Асоціація промислової автоматизації АППАУ та спільнота Industry4Ukraine, міністерство цифрової трансформації.

Поняття кіберфізичної системи. Розвиток мов моделювання, апаратного та програмного забезпечення, інтернету речей як базису для утворення кіберфізичних систем, зокрема, віртуального виробництва. Технології 4.0, Індустрія 5.0, замкнений екологічний цикл виробництва.

Тема 2. Концепція та архітектура віртуального виробництва

Розкриття змісту «цифрового виробництва» через його назви: виробництво при вимкненому світлі (Lightsoutmanufacturing, LOM), Virtualmanufacturing, Smart manufacturing, Digitalmanufacturing, e- manufacturing. Ступінь інтеграції та «готовності» виробництва до «цифровізації».

Цифрове виробництво як кіберфізична система.

Архітектура цифрового виробництва RAMI 4.0 – ReferenceArchitecturalModelIndustrie 4.0. Концепція та моделювання (Model-basedDesign), наскрізність, менеджмент та моніторинг впродовж життєвого циклу (LifeCycle) виробу (від концепції до реалізації та утилізації).

Тема 3. Апаратне забезпечення віртуального виробництва

Апаратне забезпечення для цифровізації. Багатопроекторні розподілені системи (Distributed I/O). Програмовані логічні контролери, Smart Sensors, верстати із числовим програмним керуванням (CNC – Computernumericalcontrol), системи, що забезпечують міжпроцесорну взаємодію (IPC – Inter-processcommunication), комунікаційні системи (Communication), системи контролю багатокоординатного руху (MotionControl), системи ідентифікації (IndustrialIdentification), пристрої взаємодії та обміну даних у багатопроекторних розподілених системах (Distributed I/O), системи керування двигунами/автоматизований електропривод (DriveSystems), системи, що забезпечують взаємодію у багатопроекторних системах (IndustrialControl) тощо.

Модуль 2. Змістовий модуль 2

Тема 4. Програмне забезпечення віртуального виробництва

Інформаційна складова. Програмне забезпечення.

Платформи проектування: CAS (ComputerAlgebraSystem), CAE (Computer-aidedengineering), CAD (Computer-aideddesign) як математичні процесори, в основі яких – забезпечення математичного моделювання, візуалізації та передачі інформації. Програми автоматизованого проектування CAD, орієнтація на домени. Універсальні математичні процесори CAS. Системи автоматизованого інжинірингу CAE. Генерація переліку компонентів і матеріалів. BoM – Billofmaterials.

Протоколи, інтерфейси. Специфікація передачі даних в промислових мережах OPC UnifiedArchitecture. Віддалений контроль, його реалізація.

Роль людини у віртуальному виробництві. Людино-машинні інтерфейси, SCADA та Line Monitoring.

Хмарні обчислення, штучний інтелект, Big Data Analysis, технології прийняття рішень.

Тема 5. Платформи цифрового виробництва

Системи автоматизованого виробництва (CAM – Computer-aided Manufacturing); зв'язок CAD із системами CAM, станками із числовим програмним керуванням. Поєднання CAD та CAM Computer-aided Manufacturing) у системи забезпечення проєктування, попереднього та поточного моделювання (CADAM – Computer-augmented Design and Manufacturing). Система CATIA як перша програма наскрізного проєктування із переходом до створення «цифрового двійника» виробництва. Розвиток CAS на прикладі MatLab (MatLab/Simulink), забезпечення ним компонентів «цифрового двійника» виробництва.

Системні програми-надбудови для обробки даних (SAP – Systems Applications and Products in Data Processing): системи планування ресурсів підприємства (EPR – Enterprise resource planning) та виконавчі системи виробництва (MES – Manufacturing execution systems). Системи менеджменту впродовж життєвого циклу продукту: PLD, PLM (Product Lifecycle management) та LCVSM – Life Cycle Value and Stream Management.

Взаємозв'язок платформ. Принципи інтеграції на базі управління основними даними виробничого процесу (MDM, Master Data Management).

Тема 6. Технології цифрового виробництва

Цифровий двійник (Digital Twin) виробництва. Використання технології Model-based Design для створення Digital Twin. Системи синтезу і моделювання.

Використання Інтернету речей (IoT), промислового (або Індустріального) інтернету речей (IIoT – Industrial Internet of Things) для отримання даних про стан об'єктів та процесів виробництва, агрегації систем комп'ютерних мереж та промислових об'єктів з вбудованими датчиками і програмним забезпеченням для збору та обміну даними, з можливістю віддаленого контролю і управління в автоматизованому режимі.

Технології стратегічного прогнозування та оперативного контролю, формування розкладів для логістики, керування в режимі реального часу на базі аналізу отриманих даних, технології Big Data Analysis. Хмарні технології та обчислення для роботи аналітичного центру цифрового виробництва. прийняття рішень із застосуванням хмарних обчислень і технологій штучного інтелекту (Artificial Intelligence).

Тема 7. Тотально інтегроване виробництво

Інтеграція Totally Integrated Power/Smart Grid та I4.0 у цифрове виробництво, перетворення його на тотально-інтегроване виробництво. Модель тотально-інтегрованого виробництва на прикладі Siemens Digital Enterprise. Об'єднання платформ цифрового виробництва із платформами автоматизованого проєктування (приклади Siemens, Schneider тощо). Розвиток автоматизованого проєктування і його зв'язок із автоматизованим виробництвом в концепції I4.0.

Тренди розвитку платформ цифрового виробництва. Індустрія 5.0, питання екології, замкненого циклу виробництва. Розгляд питань на залік.

7. План вивчення навчальної дисципліни

№ тижня	Назва теми	Форми організації навчання	Кількість годин
1	Цифрове виробництво як рушій четвертої промислової революції.	лекція	2
2	Дослідження програмних документів Індустрія 4.0.	лабораторна робота	2
3	Концепція та архітектура віртуального виробництва.	лекція	2
4	Дослідження моделі Siemens Digital Enterprise.	лабораторна	2

		робота	
5	Апаратне забезпечення віртуального виробництва.	лекція	2
6	Розробка компонентів ВВ на Smart Relay.	лабораторна робота	2
7	Змістовий модуль 1	тестування/АКР	
7	Програмне забезпечення віртуального виробництва.	лекція	2
8	Формування ВоМ для САМ в ECAD.	лабораторна робота	2
9	Платформи цифрового виробництва.	лекція	2
10	Дослідження платформи MES.	лабораторна робота	2
11	Технології віртуального виробництва.	лекція	2
12	Дослідження стандартів індустріального інтернету речей IIoT Smart Sensor.	лабораторна робота	2
13	Тотально інтегроване виробництво.	лекція	2
14	Дослідження технологій ВВ SchneiderElectric в TechnoHub.	лабораторна робота	2
15	Змістовий модуль 2	тестування/АКР	

8. Самостійна робота

№ тижня	Назва теми	Види СР	Кіл-ть годин	Контрольні заходи
1,2	Цифрове виробництво як рушій четвертої промислової революції. Дослідження програмних документів.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, захист лабораторних робіт.
3,4	Концепція та архітектура віртуального виробництва (ВВ). Дослідження моделі Siemens Digital Enterprise.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, захист лабораторних робіт.
5,6	Апаратне забезпечення ВВ. Розробка компонентів ВВ на Smart Relay.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, захист лабораторних робіт.
7,8	Програмне забезпечення ВВ. Формування ВоМ для САМ в ECAD.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, захист лабораторних робіт.
8	Змістовий модуль 1.	Підготовка до тестування	3	Тестування для самоконтролю в системі дистанційного навчання (тест 1).
9,10	Платформи цифрового виробництва. Дослідження платформи MES.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, захист лабораторних робіт.
11,12	Технології віртуального виробництва. Дослідження стандартів індустріального інтернету речей IIoT Smart Sensor.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, захист лабораторних робіт.
13,14	Тотально інтегроване виробництво. Дослідження технологій ВВ SchneiderElectric в TechnoHub.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, захист лабораторних робіт.

15	Змістовий модуль 2.	Підготовка до тестування	3	Тестування для самоконтролю в системі Moodle (тест 2).
Консультативна допомога студенту надається у таких формах: - особиста зустріч викладача і студента за графіком консультацій (не менш, ніж 2 години на тиждень, або за попередньою домовленістю); - використання системи дистанційного навчання Moodle: https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=4091; - листування за допомогою електронної пошти traven03@yahoo.com (у форматі 24/7 кожного дня); - відеозустріч в системі Zoom Meeting, аудіоспілкування або повідомлення у сервісах Viber та Telegram (за графіком консультацій викладача); - спілкування по телефону (за графіком консультацій викладача).				
9. Система та критерії оцінювання курсу				
Оцінка знань студентів здійснюється за кредитно-модульною системою. Навчальний семестр складається з двох змістових модулів. Для студентів денної форми навчання кожен змістовий модуль оцінюється за 100-бальною шкалою. Підсумкова оцінка визначається як середня двох контролів за перший та другий змістові модулі. Студент має право додатково скласти залік за 100-бальною шкалою. В цьому випадку підсумкова оцінка визначається як середня в цілому трьох змістових модулів та заліку. Для студентів заочної форми навчання навчальна дисципліна в цілому оцінюється за 100-бальною шкалою. Оцінка за 100-бальною шкалою переводиться відповідно у національну шкалу («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно») та шкалу європейської кредитно-трансферної системи (ЄКТС – A, B, C, D, E, FX, F).				
Шкала оцінювання: національна та ECTS				
Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою		
		Для екзамену, курсової роботи/проєкту, практики	Для заліку	
90-100	A	відмінно	Зараховано	
85-89	B	добре		
75-84	C			
70-74	D	задовільно		
60-69	E			
35-59	FX	Незадовільно з можливістю повторного складання	Не зараховано з можливістю повторного складання	
1-34	F	Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	Не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	
Оцінки «зараховано» заслуговує студент, який виявив повне (певне) знання навчального матеріалу, успішно (частково) виконав передбачені програмою завдання, засвоїв рекомендовану основну літературу. Оцінка «зараховано» виставляється студентам, які засвідчили системні (не системні) знання понять та принципів навчальної дисципліни і здатні до їх самостійного поповнення та оновлення (використання) під час подальшої навчальної роботи і професійної діяльності. Одночасно вони допустили певні неточності, пропуски, помилки, які зумовили некоректність окремих результатів та висновків. Оцінка «не зараховано» виставляється студентів, який виявив значні прогалини в знаннях основного навчального матеріалу, допустив грубі помилки у виконанні передбачених програмою завдань, незнайомий з основною літературою, а також студентам, у яких відсутні знання базових положень навчальної дисципліни або їх недостатньо для				

продовження навчання чи початку професійної діяльності.

Критерії оцінювання курсу.

Для студентів денної форми навчання кожен змістовний модуль оцінюється за 100-бальною шкалою.

Під час контролю по першому змістовному модулю враховуються наступні види робіт та відповідні критерії:

- повнота відповіді та активність роботи студента на лабораторній роботі оцінюється до 10 балів (3 лабораторні роботи по 10 балів = 30 балів);
- індивідуальна робота за тематикою змістового модуля – до 20 балів;
- рубіжний контроль тестування/АКР – до 50 балів;

Під час контролю по другому змістовному модулю враховуються наступні види робіт та відповідні критерії:

- повнота відповіді та активність роботи студента на лабораторній роботі оцінюється до 10 балів (4 лабораторні роботи по 10 балів = 40 балів);
- індивідуальна робота за тематикою змістового модуля – до 10 балів;
- рубіжний контроль тестування/АКР – до 50 балів;

Підсумковий контроль визначається як середня двох контролів за змістові модулі.

Якщо студент додатково складає залік, то оцінювання враховує наступні критерії:

1. Студент отримує два теоретичне питання, які потребують змістовної відповіді, кожне з них оцінюється від 0 до 30 балів;

- 30-25 балів отримують студенти, які повністю розкрили сутність поняття, дали його чітке визначення або проаналізували і зробили висновок з конкретного теоретичного положення.
- 24-20 балів отримують студенти, які правильно, але не повністю дали визначення поняття або поверхово проаналізували і зробили висновок з теоретичного положення.
- 19-10 балів отримують студенти, які правильно, але лише частково визначили те чи інше поняття або частково проаналізували і зробили висновок з теоретичного положення.
- 9-0 балів отримують студенти, які частково і поверхово визначили те чи інше поняття або сформулювали висновок з теоретичного положення, допустивши неточності та помилки.

2. Студент також отримує задачу, яка має продемонструвати його навички в практиці дослідження/проектування компонентів віртуального виробництва, яке оцінюється в 40 балів максимум.

- 40-35 балів отримують студенти, які правильно реалізували схему дослідження і вона показала правильну роботу при натурному, або модельному експерименті;
- 34-30 балів отримують студенти, які реалізували схему дослідження і вона показала адекватну роботу при натурному, або модельному експерименті;
- 29-20 балів отримують студенти, які зробили незначні помилки;
- 19-0 балів отримують студенти, які зробили суттєві помилки.

В цьому випадку підсумкова оцінка визначається як середня в цілому двох змістових модулів та заліку.

Для студентів заочної форми навчання навчальна дисципліна оцінюється за 100-бальною шкалою. Під час підсумкового контролю (заліку) враховуються наступні види робіт та відповідні критерії:

- правильність виконання, оформлення та повнота відповіді при захисті двох лабораторних робіт студента оцінюється до 40 балів всього;
- правильність виконання, оформлення та повнота відповіді при захисті індивідуальної роботи студента оцінюється до 40 балів;
- два тестування в системі Moodle (до 10 балів кожне).

10. Політика курсу

Політика щодо академічної доброчесності..

Складати всі проміжні та фінальні завдання самостійно без допомоги сторонніх осіб. Надавати для оцінювання лише результати власної роботи.

Не вдаватися до кроків, що можуть нечесно покращити ваші результати чи погіршити/покращити результати інших студентів.

Не публікувати відповіді на питання, що використовуються в рамках курсу для оцінювання знань студентів.

Політика щодо відвідування аудиторних занять (особиста присутність студента).

Студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні сформувати загальні та фахові компетентності. Самостійну роботу студент може виконати у системі дистанційного навчання (<https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=4091>) з подальшим захистом. За об'єктивних причин (наприклад, лікарняні, стажування, мобільність, індивідуальний графік, інше) аудиторні види занять та завдань також можуть бути трансформовані в систему дистанційного навчання (сервіс Moodle).

Політика щодо дедлайнів.

Студент зобов'язаний дотримуватись крайніх термінів (дата для аудиторних видів робіт або час в системі дистанційного навчання), до яких має бути виконано певне завдання. За наявності поважних причин (відповідно до інформації, яку надано деканатом) студент має право на складання індивідуального графіку вивчення окремих тем дисципліни.

Політика щодо оскарження результатів контрольних заходів.

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто. Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються.

Політика щодо дотримання прав та обов'язків студентів.

Права і обов'язки студентів відображено у п.7.5 Положення про організацію освітнього процесу в Національному університеті «Запорізька політехніка» (https://zp.edu.ua/uploads/dept_nm/Polozhennia_pro_organizatsiyu_osvitnoho_protseesu.pdf).

Політика щодо конфіденційності та захисту персональних даних.

Обмін персональними даними між викладачем і студентом в межах вивчення дисципліни, їх використання відбувається на основі Закону України «Про захист персональних даних» (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2297-17#Text>). Стаття 10, п.3.