



ОСНОВИ ПРОМИСЛОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

1. Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітня програма	Автоматизовані та роботизовані механічні системи
Статус дисципліни	Професійно орієнтована
Форма навчання	очна(денна)/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	3 курс, викладається в 6 семестрі
Обсяг дисципліни	4 кредити ЄКТС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен, РР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/Schedules/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: канд. техн. наук, доцент, Лукавенко Василь Петрович, typetrow@gmail.com ; канд. техн. наук, Лабораторні роботи: ст. викладач, Зілінський Андрій Іванович, zilinski.andrew@gmail.com
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=185132 https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=187244

2. Програма навчальної дисципліни

3. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програма навчальної дисципліни Основи «промислового електроприводу» (далі ПЕ) складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів: базових знань про компоненти, будову, принцип дії та функціонування ПЕ постійного та змінного струму; основ проектування та експлуатації електроприводів технологічних об'єктів, що поєднують в собі силову електричну частину, механічний передатний пристрій, електронний блок керування. Після вивчення курсу студенти мають демонструвати знання: фізичної сутності електричних машин змінного та постійного струму; механічних та електромеханічних характеристик електричних двигунів та розуміння електромагнітних та енергетичних процесів, що відбуваються в електроприводах змінного та постійного струму.

Предметом навчальної дисципліни є засвоєння принципу дії промислового електроприводу з метою забезпечення надійності та працездатності відповідного технологічного обладнання підприємства. Ці питання в даному курсі розглядаються комплексно з урахуванням сучасних вимог до знань з технічних, технологічних і економічних аспектів машинобудівної галузі.

Компетенції, що посилюються дисципліною: розв'язування практичних задач створення та експлуатації ПЕ. Виконання експериментальних досліджень роботи ПЕ з використанням сучасних комп'ютерних технологій, чому сприяє передбачене навчальною програмою виконання циклу лабораторних робіт з експериментального дослідження електроприводу.

Здатність обирати раціональні підходи і технічні засоби до створення, тестування та експлуатації систем електроприводу засобами механіки і електромеханіки; створювати конкурентоспроможні технічні об'єкти, застосовувати критерії для оцінки їх функціональної, експлуатаційної, енергетичної та загальної ефективності.

Знання: знати основні підходи у проектуванні та експлуатації механічних систем з використанням електроприводу; знання можливих несправностей та тестування систем керування електроприводом.

Уміння: розв'язувати практичні задачі створення та експлуатації ПЕ. Виконувати експериментальні дослідження роботи ПЕ з використанням сучасних комп'ютерних технологій.

Досвід: обирати та застосовувати раціональні методи та технічні засоби для вирішення конкретних задач електроприводу у машинобудуванні; проводити оцінку ефективності систем електроприводу;

Пререквізити та постреквізити дисципліни.

Необхідне попереднє успішне оволодіння знаннями та уміннями, набутими при вивченні дисциплін «Фізика», «Теоретична механіка», «Інформатика», «Електротехніка і електроніка», «Теорія механізмів і машин».

4. Зміст навчальної дисципліни

<p>Вступ</p>	<p>Принципи дії, будова двигунів: змінного та постійного струму, їх механічні та електромеханічні характеристики, методи пуску, реверсу, регулювання швидкості, схеми включення, статичні, динамічні характеристики, режими роботи. Особливості будови та регулювання асинхронних двигунів з короткозамкненим як найбільш поширених, та фазним ротором. Гальмування: електричне, генераторне з віддачею енергії в мережу, противключенням, динамічне. Перетворювачі частоти та їх застосування, як сучасних пристроїв ефективного керування асинхронним електроприводом. Особливості крокових, лінійних двигунів та принципи дії схем керування. Системи електроприводів ліфтів, їх конструктивні особливості та схеми керування. Слідуючий електропривід. Сервопривід. Методи і засоби, аналогові та цифрові прилади, апаратні та програмні пристрої для виконання експериментальних досліджень.</p>
<p>Чому це цікаво/треба вивчати</p>	<p>Метою навчальної дисципліни є формування у студентів: базових знань про компоненти, будову, принцип роботи та функціонування ПЕ постійного та змінного струму; основ проектування та експлуатації електроприводів технологічних об'єктів, що поєднують в собі силову електричну частину, механічний передатний пристрій, електронний блок керування. Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після вивчення курсу мають продемонструвати знання: фізичної сутності аналітичних залежностей стосовно електричних машин змінного та постійного струму; механічних та електромеханічних характеристик електричних двигунів, розуміння сутності електромагнітних та енергетичних процесів, що відбуваються в електроприводах змінного та постійного струму.</p>
<p>Чому можна навчитися (результати навчання)</p>	<p>Вивчення дисципліни забезпечує наявність необхідних знань для грамотної експлуатації та початкових навичок аналізу і модернізації схем ПЕ на основі сучасних досягнень; виконання діагностики роботи електроприводу та відновлення його працездатності; користування вимірювальними приладами та пристроями перетворення сигналів для вимірювання електричних та механічних величин; Важко переоцінити значимість лабораторного практикуму, який проводиться на базі створеної кафедральної лабораторії. Роль лабораторії особливо має важливе значення в умовах стагнації виробництва і загалом виробничої бази підприємств.</p>
<p>Як можна користуватися набутими знаннями і уміннями (компетентності)</p>	<p>Розв'язувати практичні задачі створення та експлуатації ПЕ. Виконувати експериментальні дослідження роботи ПЕ з використанням сучасних комп'ютерних технологій, чому сприяє створена на кафедрі лабораторія електроприводу, де студенти мають можливість у режимі реального часу та безпосереднього доступу проводити відповідні дослідження, і набувати практичного досвіду у створенні, налагодженні і експлуатації ПЕ. Окрім того протягом тривалого часу на кафедрі працює дослідницький гурток задачею якого є створення і дослідження електромеханічних систем з використанням комп'ютерних технологій. Силами студентів – активних учасників гуртка створені та запроваджені у навчальний процес ряд унікальних дослідницьких стендів, це зокрема: стенд дослідження механічних і електромеханічних характеристик серієсного двигуна постійного струму, двигуна постійного струму зі змішаним та паралельним збудженням. Особливу вагу має створена уніфікована установка дослідження двигунів змінного і постійного струмів, що включає з'єднані на один вал 3 двигунів, 2 з яких асинхронні змінного струму з короткозамкненим ротором (один з них отримує живлення від перетворювача частоти (ПЧ), інший від промислової мережі змінного струму), третій - двигун постійного струму з живленням від окремого регульованого випрямляча). Наведені установки надають можливість реалізувати ряд типових рушійних режимів роботи приводу з ілюстрацією роботи у 4-х квадрантах, а також гальмівних режимів: електродинамічного, противключення та рекуперативного з віддачею енергії у мережу.</p> <p>З метою реалізації технологічного навантаження у наведених стендах слугують порошкові гальма ПТ-2,5М та ПТ-4М, які надають можливість реалізувати як</p>

	регульоване навантаження у заданому діапазоні значень, так і навантаження ударного типу. Окрім того, збільшенням частоти обертання двигунів засобами ПЧ вище синхронної реалізується режим рекуперативного гальмування з віддачею активної потужності у мережу.
Інформаційне забезпечення	Навчальна та робоча програми дисципліни, РСО, конспект лекцій (електронне видання), методичні вказівки до виконання лабораторних робіт (електронне видання).
Форма проведення занять	Лекції, лабораторні заняття, виконання розрахункової роботи.
Семестровий контроль	Екзамен, Розрахункова робота.
Викладачі	Лукавенко В.П., Зілінський А.І.

5. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси

ПІДРУЧНИКИ:

1. Б.В.Смирнитский. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов— Харьков: ХПИ, 1998. — 380 с. http://www.studmed.ru/smirnitskiy-bv-avtomatizirovannyu-elektroprivod-tipovyh-promyshlennyh-mehanizmov_7e22de83512.html

2. Теорія електроприводу: Підручник / М.Г. Попович, М.Г. Борисюк, В.А. Гаврилюк та ін.; За ред. М.Г. Поповича. – К.: Вища шк., 1993. – 494 с.: <http://www.twirpx.com/file/161594/>.

Навчальні посібники

1. 1. Електропривод: розрахунково-графічна робота [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів вищої освіти спеціальності 141 – В.М. Пижов; КПП ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 0.4 Мбайт). – Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 57 с.
2. Навч. посіб. за напрямом «Електромеханіка» / М.Г. Попович, О.Ю. Лозинський, В.Б. Клепиков та інші. – К.: Либідь, 2005. – 680 с. <http://www.twirpx.com/file/84580/> Булгар В.В. Теорія електроприводу: збірник задач. / ОНПУ Одеса: Поліграф, 2006. – 408 с.
3. Бардачевський В.Т., Буртний В.В., Піцан Р.М., Салаяк Й.І. Автоматизований електропривід. Учбовий посібник до лабораторних робіт. Львів. 1971, 110 с. http://www.studmed.ru/bardachevskiy-vt-burtniy-vv-pcan-rm-salyak-ii-avtomatizovaniy-elektroprivod-posbник-do-laboratornih-robot_58170db1d24.html
4. Піцан Р.М., Бардачевський В.Т., Бойчук Б.Г. Збірник задач до курсу «Електропривід». Львів. 1999, 425 с. <http://www.twirpx.com/file/137709/>

Додаткові інформаційні ресурси

1. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи №1 курсу «Основи промислового електроприводу». «Засоби реєстрації сигналів датчиків в процесі проведення експериментальних досліджень. Апаратура управління і захисту електроприводів» / Уклад. Лукавенко В.П. Київ, НТУУ «КПІ», ММІ, кафедра Конструювання машин, 2021 - 20 с. Кампус НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського.

2. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи №2 курсу «Основи промислового електроприводу». «Будова асинхронного двигуна, схема включення обмоток в зірку і трикутник, визначення маркування фаз обмотки статора» / Уклад. Лукавенко В.П. Київ, НТУУ «КПІ», ММІ, кафедра Конструювання машин, 2021 - 11 с. Кампус НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського.

3. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи №3 курсу «Основи промислового електроприводу». Реверсивний контактний пуск асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором і пристрої його реалізації» / Уклад. Лукавенко В.П. Київ, НТУУ «КПІ», ММІ, кафедра Конструювання машин, 2021 - 9 с. Кампус НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського.

4. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи №4 курсу «Основи промислового електроприводу». Дослідження трифазного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором./ Уклад. Лукавенко В.П. Київ, НТУУ «КПІ», ММІ, кафедра Конструювання машин, 2021 - 8 с. Кампус НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського.

5. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи №5 курсу «Основи промислового електроприводу». Вивчення принципу дії та складання схеми автоматизованого електроприводу компресора./

Уклад. Лукавенко В.П. Київ, НТУУ «КПІ», ММІ, кафедра Конструювання машин, 2021 - 8 с Кампус НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського.

6. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи №6 курсу «Основи промислового електроприводу». Дослідження характеристик асинхронного двигуна з використанням частотного перетворювача./ Уклад. Лукавенко В.П. Київ, НТУУ «КПІ», ММІ, кафедра Конструювання машин, 2021 - 11 с. Кампус НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського.

7. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи №7 курсу «Основи промислового електроприводу». Дослідження серієсного двигуна постійного струму та побудова його механічної та електромеханічної характеристик./ Уклад. Лукавенко В.П Київ, НТУУ «КПІ», ММІ, кафедра Конструювання машин, 2021 - 11 с. Кампус НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського.

8. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи №8 курсу «Основи промислового електроприводу». Дослідження механічних характеристик двигуна постійного струму незалежного збудження. Уклад. Лукавенко В.П Київ, НТУУ «КПІ», ММІ, кафедра Конструювання машин, 2021 - 8 с. Кампус НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського.

Рекомендації та роз'яснення:

Всі базові літературні джерела є в бібліотеці КПІ та в методичному кабінеті кафедри;

Жодне джерело, як і всі перелічені літературні джерела разом, не є достатнім для опанування дисципліни без виконання комплексу основних та кваліфікаційних лабораторних робіт та самостійного розв'язання типових задач проектування автоматизованого електроприводу.

6. Навчальний контент

7. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Лекція 1. Промисловий електропривід. Призначення, функції електроприводу.
2	Лекція 2. Механіка електроприводу. Рівняння механічного руху.
3	Лекція 3. Електропривід з асинхронним двигуном. Будова трифазного асинхронного двигуна (АД). Механічна і електромеханічна характеристики АД.
4	Лекція 4. Регулювання швидкості АД за допомогою резисторів у ланцюгах ротора і статора.
5	Лекція 5 Регулювання швидкості АД зміною числа пар полюсів.
6	Лекція 6. Регулювання координат електроприводу (швидкості, моменту та ін.) в системі перетворювач частоти – АД..
7	Лекція 7. Гальмівні режими роботи АД . Гальмування: електродинамічне, противключенням, рекуперативне з віддачею енергії у мережу, з використанням ПЧ та установкою часу гальмування, конденсаторне.
8	Лекція 8. Синхронний двигун. Будова, схеми включення, характеристики, режими роботи. Робота в режимі компенсатора реактивної енергії.
9	Лекція 9. Будова електричних машин постійного струму. Схема включення, статичні характеристики і режими роботи двигуна постійного струму (ДПС) незалежного збудження.
10	Лекція 10. Регулювання швидкості ДПС незалежного збудження зміною магнітного потоку. Штучні характеристики ДПС незалежного збудження.
11	Лекція 11. Генераторний режим роботи ДПС паралельно з мережею, або режим рекуперативного гальмування. Режим гальмування противключенням.
12	Лекція 12. Регулювання координат ДПС незалежного збудження зміною напруги, що підводиться до якоря
13	Лекція 13. Схема включення. статичні характеристики і режими роботи серієсного двигуна постійного струму (послідовного збудження). Регулювання координат ДПС послідовного збудження.

14	<i>Лекція 14. Керування гальмуванням і реверсом ДПС. Схема керування пуском двигуна і динамічним гальмуванням за принципом часу.</i>
15	<i>Лекція 15 . Схема включення і характеристики ДПС постійного струму змішаного збудження.</i>
16	<i>Лекція 16. Електропривід з лінійними електродвигунами. Електропривід з кроковими двигунами (КД). Конструктивна схема лінійного асинхронного двигуна (ЛАД) та схема його включення. Принцип дії, основні властивості і схема включення ЛАД і КД.</i>
17	<i>Лекція 17. Електропривід по схемі транзисторний комутатор – вентиляльний двигун</i>
18	<i>Лекція 18. Підсумкове заняття.</i>

Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1.	<i>Підготовка до аудиторних занять</i>	42
2.	<i>Виконання розрахункової роботи</i>	14
3.	<i>Підготовка до екзамену</i>	14

8. Політика та контроль

9. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- *правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях.*
- *правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни;*
- *використання засобів пошуку інформації на Google-сторінці викладача, в інтернеті;*
- *правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали;*
- *політика щодо академічної доброчесності встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;*
- *при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.*

10. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: експрес-опитування, лабораторні заняття.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: мінімальний семестровий рейтинг більше 40 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
<i>100-95</i>	<i>Відмінно</i>
<i>94-85</i>	<i>Дуже добре</i>
<i>84-75</i>	<i>Добре</i>
<i>74-65</i>	<i>Задовільно</i>
<i>64-60</i>	<i>Достатньо</i>
<i>Менше 60</i>	<i>Незадовільно</i>

Рейтинг студента розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 60 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, які студент отримує за:

- модульна контрольна робота - 20 балів;
- робота на лабораторних заняттях - 20 балів;
- виконання розрахункової роботи (РР) - 20 балів.

Відповіді на екзамені оцінюються у 40 балів.

Теми розрахункової роботи:

1. Розрахунок приводу механізму підйому мостового крану з вибором двигуна, редуктора, з'єднувальних муфт.
 2. Розрахунок приводу механізму переміщення вантажопідйомного візка мостового крану з вибором двигуна, редуктора, приводних коліс, з'єднувальних муфт..
 3. Розрахунок приводу механізму переміщення мостового крану з вибором елементів приводу: двигунів, редукторів, приводних коліс, з'єднувальних муфт.
 4. Розрахунок приводу стрічкового конвеєра з конструктивною проробкою компоновки елементів приводу: приводного двигуна, редуктора, барабану, з'єднувальних муфт, опорної металоконструкції.
 5. Розрахунок приводу підвісного конвеєра з вибором елементів приводу: приводного двигуна, редуктора, з'єднувальних муфт.
 6. Розрахунок приводу скребкового конвеєра вибором елементів приводу: приводного двигуна, редуктора, привідних зірок, з'єднувальних муфт.
 7. Розрахунок приводу візкового конвеєра з вибором елементів приводу: приводного двигуна, редуктора, привідних зірок, з'єднувальних муфт.
 8. Розрахунок приводу механізму повороту консольного крану з вибором елементів приводу: приводного двигуна, редуктора, привідних зірок, з'єднувальних муфт.
- якісно виконана робота – 20 балів;
 - роботу виконано з незначними недоліками – 15 балів;
 - роботу виконано з певними помилками – 10 балів;
 - роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.

Заохочувальні бали:

За правильні відповіді під час експрес-опитувань – 1 бал.

На екзамені студенти отримують екзаменаційний білет у якому пропонується дати відповіді на 2 теоретичних питання, а також надати розв'язок 2-х запропонованих задач.

Критерії екзаменаційного оцінювання:

- вичерпні відповіді на теоретичні питання білету, чітке визначення всіх понять, величин: 20 балів;
- якщо у деяких відповідях мають місце певні неточності: 15-18 балів;
- допускаються окремі помилки, але їх можливо виправити за допомогою викладача, має місце знання основних понять і величин, розуміння суті процесів дискретно-логічного керування: 10-14 балів;
- припускаються суттєві помилки, нерозуміння основних понять та фізичних процесів: до 9 балів.

За вирішення задач – 20 балів (по 10 балів за задачу)

Приклади типових задач, що пропонуються на екзамені.

Задача 1. Розрахунок потужності привідного двигуна підвісного конвейера за заданим значенням опору переміщення привідного ланцюга конвеєра, вибір автоматичного вимикача, реверсивного магнітного контактора, частотного перетворювача відповідно умовам експлуатації, редуктора, з'єднувальної муфти.

Задача 2. Розрахунок потужності привідного двигуна стрічкового конвеєра, вибір автоматичного вимикача, реверсивного магнітного контактора, частотного перетворювача відповідно умовам експлуатації, редуктора, з'єднувальної муфти.

Задача 3. Розрахунок потужності привідного двигуна підвісного конвейера за заданим значенням опору переміщення привідного ланцюга конвеєра, вибір автоматичного вимикача, реверсивного магнітного контактора, частотного перетворювача відповідно умовам експлуатації, редуктора, з'єднувальної муфти.

Задача 4. Розрахунок потужності привідного двигуна візкового конвейера за заданим значенням опору переміщення привідного ланцюга, вибір автоматичного вимикача, реверсивного магнітного контактора, частотного перетворювача відповідно умовам експлуатації, редуктора, з'єднувальної муфти.

Задача 5. Розрахунок потужності і вибір привідного двигуна редуктора механізму підйому електроталі за заданим значенням маси вантажу, режиму роботи, швидкості підйому, здійснити вибір автоматичного вимикача, реверсивного магнітного контактора, частотного перетворювача відповідно умовам експлуатації.

Задача 6. Розрахувати потужність і вибрати привідний двигун та редуктор механізму підйому вантажного візка мостового крану за заданим значенням маси вантажу, режиму роботи, швидкості підйому, здійснити вибір автоматичного вимикача, реверсивного магнітного контактора, частотного перетворювача відповідно умовам експлуатації.

Задача 7. Розрахувати потужність і вибрати привідний двигун та редуктор механізму підйому гакової підвіски консольного крану за заданим значенням маси вантажу, режиму роботи, швидкості підйому, здійснити вибір автоматичного вимикача, частотного перетворювача, реверсивного магнітного контактора.

Задача 8. Розрахувати потужність і вибрати привідний двигун та редуктор механізму підйому гакової підвіски стрілового консольного крану з канатним приводом вантажопідйомного візка за заданим значенням маси вантажу, режиму роботи, швидкості підйому, здійснити вибір автоматичного вимикача, частотного перетворювача, реверсивного магнітного контактора.

Задача 9. Розрахувати потужність і вибрати привідний двигун та редуктор механізму переміщення каретки стрілового консольного крану з канатним приводом за заданим значенням маси вантажу, режиму роботи, швидкості переміщення, здійснити вибір автоматичного вимикача, частотного перетворювача, реверсивного магнітного контактора.

Робочу програму (силабус) навчальної дисципліни: «Основи промислового електроприводу»

Складено: доцентом кафедри КМ, кандидатом технічних наук, доцентом Лукавенком Василем Петровичем

Ухвалено кафедрою КМ (протокол № _____ від _____)

Погоджено Методичною комісією ММІ (протокол № 4 від 19.11. 2021р.)