



# МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ОБЛАДНАННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 - Механічна інженерія
Спеціальність	131 - Прикладна механіка
Освітня програма	Інструментальні системи інженерного дизайну
Статус дисципліни	Вибіркова навчальна дисципліна циклу професійної підготовки
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс, весняний
Обсяг дисципліни	4 кредити ЕКТС, 120 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік, МКР
Розклад занять	Лекції – 36 год., лабораторні – 36 год. за розкладом Департаменту навчальної роботи КПІ ім. Ігоря Сікорського
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу/ викладачів	Лектор: кандидат технічних наук, доцент Адаменко Юрій Іванович Кафедра: Корпус КПІ 22, кімната 611, тел. (044)204-82-55 пошта: <a href="mailto:yuriy.adamenko@ukr.net">yuriy.adamenko@ukr.net</a> Лабораторні: канд. техн. наук., доц. Адаменко Ю.І., ст.викл. Майданюк С.В.
Розміщення курсу	Ресурс «Електронний кампус»

### Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Метрологічне забезпечення та обладнання інструментального виробництва» є вибірковою дисципліною в структурі підготовки бакалаврів у галузі механічної інженерії.

**Метою дисципліни** є вивчення наукових і організаційних основ, технічних засобів, метрологічних правил і норм, необхідних для отримання достовірної вимірювальної інформації про значення показників якості деталей та технологічних процесів, отримання знань з проектування, виготовлення та експлуатації обладнання інструментального виробництва.

#### **Предмет навчальної дисципліни.**

Організація метрологічного забезпечення інструментального виробництва, розробка та застосування нормативних документів з метрологічного забезпечення, вивчення конструкцій, основ вибору, розрахунку, обслуговування і експлуатації технологічного обладнання інструментального виробництва.

У результаті вивчення дисципліни студент набуде наступних компетентностей:

### **Здатність**

- Впроваджувати сучасні методи і засоби вимірювання і контролю, обґрунтовано здійснювати вибір технологічного обладнання інструментального виробництва.
- Використовувати нормативні та довідкові данні для контролю відповідності технічної документації стандартам, технічним умовам та іншим нормативним документам.

### **Знання**

- Методів забезпечення єдності вимірювань.
- Методик виконання вимірювань фізичних величин, що гарантують задану точність вимірювань.
- Методик виконання обробки результатів вимірювання.
- Основних методів та підходів щодо організації, планування, керування та контролю робіт з проектування, розроблення, післяпроектного супроводу, виробництва, випробування, експлуатації та утилізації обладнання та оснащення інструментального виробництва.
- Основ формоутворення поверхонь на верстатах.
- Методології структурного і кінематичного аналізу верстатів.
- Будови і призначення основних вузлів і механізмів верстатів.
- Основних тенденцій розвитку інструментального виробництва.

### **Уміння**

- Встановлювати раціональну номенклатуру засобів вимірювання і оптимальні норми точності під час контролю деталей машин та характеристик технологічних процесів.
- Проводити метрологічну експертизу конструкторської і технологічної документації.
- Організовувати метрологічне обслуговування засобів вимірюваної техніки – атестацію, повірку, калібрування.
- Впроваджувати сучасні методи та засоби вимірювань, автоматизованого контрольовано-вимірювальних приладів, вимірювальних систем, а також обладнання інструментального виробництва.
- Вибирати необхідне обладнання для заданих умов виробництва.
- Виконувати за відомими методиками розрахунок конструктивних елементів та параметрів налаштування металорізальних верстатів.
- Розробляти та впроваджувати нормативні документи з експлуатації обладнання та оснащення, засобів механізації та автоматизації технологічних процесів, проводити аналіз технічної документації на відповідність існуючим державним стандартам та технічним регламентам.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Дисципліна «Метрологічне забезпечення та обладнання інструментального виробництва» базується на наступних дисциплінах:

- Метрологія, стандартизація і сертифікація
- Математика
- Хімія
- Загальна фізика
- Інженерна та комп'ютерна графіка
- Інформатика

У свою чергу дисципліну «Метрологічне забезпечення та обладнання інструментального виробництва» застосовують для подальшої підготовки з дисциплін:

- Переддипломна практика
- Дипломне проектування

### 3. Зміст навчальної дисципліни

#### Розділ 1. Мета та завдання метрологічного забезпечення виробництва. Основні поняття про вимірювання та відтворення одиниць фізичних величин.

- Тема 1.1* Метрологічне забезпечення виробництва. Нормативна база метрології. Системи фізичних величин. Міжнародна система фізичних одиниць.
- Тема 1.2* Відтворення одиниць фізичних величин. Еталони. Повірка та калібрування засобів вимірювання.
- Тема 1.3* Види вимірювань, методи вимірювань, види контролю та їх характеристики.

#### Розділ 2. Обробка результатів вимірювання

- Тема 2.1* Похибки вимірювань. Класифікація похибок. Систематичні похибки.
- Тема 2.2* Випадкові похибки. Закони розподілення випадкових величин.
- Тема 2.2* Обробка результатів спостережень.

#### Розділ 3 Засоби вимірювання та їх повірка. Якість вимірювального процесу, метрологічна експертиза

- Тема 3.1* Засоби вимірювання, їх класифікація та метрологічні характеристики.
- Тема 3.2* Механічні, оптико-механічні, пневматичні, електричні, фотоелектричні засоби вимірювання. Вибір засобів вимірювання. Спеціальні засоби вимірювання, розрахунок калібрів. Вибір засобів вимірювання.
- Тема 3.3* Якість вимірювань. Невизначеність вимірювання. Встановлення відповідності.
- Тема 3.4* Метрологічна експертиза конструкторської та технологічної документації.

#### Розділ 4 Загальні відомості про обладнання інструментального виробництва.

- Тема 4.1* Техніко-економічні показники металообробного обладнання. Утворення поверхонь на металорізальних верстатах. Рухи у верстатах – формоутворення, встановлювальні, допоміжні.
- Тема 4.2* Передачі і механізми верстатів. Базові деталі і вузли.
- Тема 4.3* Основні групи верстатів інструментального виробництва, їх характеристики, особливості конструкції та області застосування.

### 4. Навчальні матеріали та ресурси

#### Базова література

- ДСТУ 2681-94 Метрологія. Терміни та визначення
- ДСТУ OIML D 2:2007 Метрологія. Узаконені одиниці фізичних величин
- ДСТУ OIML D 8:2008 Метрологія. Еталони. Вибір, визнання, застосування, зберігання та документація.
- ДСТУ OIML D 5:2007 Метрологія. Повірочні схеми для засобів вимірювальної техніки. Правила розроблення.
- ДСТУ 3741:2015 Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювання довжини
- ДСТУ OIML D 9:2008 Метрологія. Принципи метрологічного нагляду.
- ДСТУ OIML D 16:2008 Метрологія. Принципи забезпечення метрологічного контролю
- ДСТУ OIML D 27:2008 Метрологія. Повірка засобів вимірювальної техніки первинна за наявності у виробника системи управління якістю.
- ДСТУ-Н ПМГ 44:2013 Метрологія. Порядок визнання методик виконання вимірювання.
- ДСТУ OIML D 20:2008 Метрологія. Первинна та періодична повірка засобів вимірювальної техніки і контроль процесів вимірювання.
- ДСТУ-Н РМГ 51:2006 Метрологія. Документи до методик повірки засобів вимірювання. Основні положення.
- ДСТУ OIML R 34:2014 Метрологія. Класи точності засобів вимірювальної техніки.

- ДСТУ OIML G 19:2018 Роль невизначеності вимірювання під час прийняття рішень про оцінку відповідності в законодавчо регульованій метрології.
- ДСТУ ISO/TS 21749:2013 Невизначеність вимірювання в метрологічній практиці. Повторні вимірювання та ієрархічні експерименти.
- Ігнаткін В.У. Метрологічне забезпечення якості продукції. – Запоріжжя: Запорізький національний технічний університет, 2017. – 202 с.
- Схиртладзе А.Г., Радкевич, Я.М. Метрология, стандартизация и иехнические измерения: Учебник для вузов. – Старый Оскол: ТНТ, 2010. – 420 с.
- Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: Справочник-учебник. В 3-х т. Т. I: Проектирование станков / Под общ. ред. А.С. Проникова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана: Машиностроение, 1994.– 444 с. ISBN 5-7038-1261-5
- Металлорежущие станки:учебник. В 2 т. Т.2 / В.В. Бушуев, А.В. Еремин, А.А. Какойло и др.; под ред. В.В. Бушуева. Т.2. – М.: Машинострое-ние, 2011. – 586 с. ISBN 978-5-94275-593-5, ISBN 978-5-94275-595-9 (Т. 2)
- Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів: підручник / В. М. Бочков, Р. І. Сілін, О. В. Гаврильченко ; за ред. Р.І. Сіліна; Ін-тут інноваційних технологій і змісту освіти МОН України. – Львів : Бескид Біт, 2008. – 448 с. – 4000. ISBN 966-8450-28-0
- Бочков В.М., Сілін Р.І., Гаврильченко О.В. Металорізальні верстати: Львів: Видавництво Національного університету Львівська політехніка, 2009. - 268 с.
- Металорізальні верстати. Кінематичний аналіз. Практикум до виконання практичних та лабораторних робіт [Електронний ресурс]: Навч. посібник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка» та 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Металорізальні верстати та системи» / О.В. Шевченко, А.Ю. Беляєва; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 6,5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 86 с.

#### Додаткова література

- <https://www.iso.org/home.html>
- <http://uas.org.ua/ua/>
- <http://csm.kiev.ua/>
- Металлорежущие станки. Типовые механизмы и системы металлорежущих станков: учебное пособие / А.М. Гуртяков, Б.Б. Мойзес. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 112 с. ISBN 5-98298-437-Х
- Мещерякова В.Б. , Стародубов В.С. Металлорежущие станки с ЧПУ: Учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М. 2015. – 336 с. ISBN 978-5-16-005081

Наведена література знаходиться в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського та в мережі Internet.

### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

##### Лекційні заняття

Під час лекційних занять розглядаються наступні питання:

- Фізичні величини та одиниці їх вимірювання. Системи фізичних величин. Міжнародна система фізичних одиниць. Нормативна база метрології. Метрологічне забезпечення виробництва.
- Види вимірювань. Рівноточні, нерівноточні, однократні, багатократні, статичні, динамічні, технічні, метрологічні, прямі, непрямі, спільні, сукупні. Методи вимірювань. Безпосередньої оцінки, метод порівняння з мірою, нульовий метод, контактний, безконтактний. Види контролю.

- Відтворення одиниць фізичних величин. Еталони. Повірка та калібрування засобів вимірювання. Повірочні схеми.
- Похибки вимірювань. Класифікація похибок. Систематичні похибки та методи їх усунення. Випадкові похибки. Причини виникнення похибок вимірювань. Закони розподілення випадкових величин. Надмірні похибки та методи їх вилучення.
- Обробка результатів спостережень. Оцінка похибок вимірювань. Обробка результатів вимірювань багаторазових прямих рівноточних, прямих нерівноточних, одноразових, непрямих.
- Засоби вимірювання. Класифікація засобів вимірювання. Міри, вимірювальні прилади, вимірювальні системи, автоматизовані та автоматичні засоби вимірювань. Метрологічні характеристики засобів вимірювання.
- Механічні засоби вимірювання: штангенінструменти, мікрометричні інструменти, важільно-механічні прилади.
- Оптико-механічні засоби вимірювань: оптиметри, інтерферометри, проектори, мікроскопи, координатно-вимірювальні машини.
- Пневматичні, електричні, фотоелектричні засоби вимірювання.
- Спеціальні засоби вимірювання. Калібри шліцьові, різьбові, їх розрахунок. Вибір засобів вимірювання.
- Якість вимірювань. Невизначеність вимірювання. Встановлення відповідності технічним специфікаціям.
- Метрологічна експертиза конструкторської та технологічної документації.
- Класифікація металорізальних верстатів. Маркування. Оцінка якості верстатів. Техніко-економічні показники металообробного обладнання. Утворення поверхонь на металорізальних верстатах. Рухи у верстатах – формоутворення, встановлювальні, допоміжні.
- Передачі обертового руху. Передачі прямолінійно-поступального руху. Механізми для періодичних рухів. Механізми для ступінчатого регулювання швидкостей. Коробки швидкостей. Коробки подач. Механізми перемикання швидкостей. Механізми для безступінчастого регулювання швидкостей. Кінематичні схеми верстатів.
- Базові деталі і вузли верстатів. Основні частини та вузли верстатів. їх призначення. Несуча система – станини, напрямні верстатів. Столи, фартухи, супорти верстатів, шпindelьні вузли верстатів. Приводи верстатів. Електрообладнання. Система змащування і охолодження. Системи керування.
- Основні групи верстатів та їх призначення – токарні, фрезерні, свердлильні, розточувальні, шліфувальні, зубооброблювальні, стругальні, довбальні, протяжні, автоматичні лінії та гнучкі виробничі системи.

## Лабораторні роботи

На лабораторних роботах студенти опановують методики вибору засобів вимірювальної техніки, методики та техніки вимірювань за допомогою універсальних та спеціальних засобів вимірювання, методики розрахунку налаштування металорізального обладнання, а також обробки отриманих експериментальних даних.

Перед початком кожної лабораторної роботи студент проходить тестовий контроль. Якщо відповіді на тести подані після встановленого терміну, то вони не оцінюються. Тестові завдання складаються та оновлюються кожного семестру. Звіт з лабораторних робіт захищається на останньому лабораторному занятті до початку заліку за курсом. Тематика лабораторних робіт охоплює основні розділи технічних вимірювань деталей машин та експлуатації технологічного обладнання.

- Визначення метрологічних показників вимірювальної техніки. Класифікація способів та засобів вимірювання. Вибір універсальних засобів вимірювання.
- Повірка плоско-паралельних кінцевих мір довжини 5-го розряду.

- Повірка штангенциркуля. Вимірювання лінійних розмірів штангенінструментом.
- Повірка мікрометра. Вимірювання лінійних розмірів мікрометричним інструментом.
- Вимірювання куткових розмірів за допомогою кутоміра та мікроскопа.
- Вимірювання відхилень від прямолінійності за допомогою оптичної лінійки.
- Обробка результатів прямих багаторазових вимірювань.
- Настроювання токарно-затилувального верстата.
- Настроювання універсальної ділильної головки.
- Настроювання зубодовбального верстата на обробку прямозубих коліс.
- Настроювання зубофрезерного верстата на обробку циліндричних коліс.

## 6. Самостійна робота студента/аспіранта

### Контрольні роботи

Метою проведення контрольних робіт є перевірка знань, засвоєних студентами в процесі вивчення відповідних розділів кредитного модуля.

Робочим навчальним планом передбачено проведення однієї модульної контрольної роботи (МКР) в обсязі 2 год. МКР відбувається у вигляді двох контрольних робіт по 1 год. кожна. Контрольна робота-1 виконується за розділами 1, 2 і 3. Контрольна робота-2 виконується за розділом 4.

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Відвідування занять

Відвідування лекцій чи відсутність на них, не оцінюється. Проте, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання.

Відвідування лабораторних робіт є обов'язковим. У разі відсутності студента на лабораторній роботі, у тому числі і за станом здоров'я, йому необхідно пропущену роботу відпрацювати. На одному занятті (2 год.) можна відпрацювати лише одну пропущену лабораторну роботу. Відпрацювання лабораторних робіт відбувається лише за розкладом викладача відповідно до його педагогічного навантаження. Звіт з лабораторних робіт захищається на останньому лабораторному занятті до початку залікового заняття.

Відвідування модульних контрольних робіт є обов'язковим. Якщо студент пропустив МКР з поважних причин, наприклад, за станом здоров'я, то за наявності підтверджуючого документа (довідки) він може протягом тижня написати пропущену контрольну роботу. В іншому випадку МКР не оцінюється. Перескладання контрольної роботи на вищу оцінку є неможливим.

#### Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами. Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

#### Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

## Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

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

### Лабораторні роботи (r<sub>1</sub>)

Ваговий бал однієї лабораторної роботи – 5 балів, з них 2 бали – експрес-контроль, 3 бали – захист лабораторної роботи (табл. 1, табл. 2). Мінімальна кількість балів, яка повинна бути набраною, щоб лабораторна робота вважалась зарахованою – 3 бали. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи: r<sub>1</sub>=5 балів x 10 = 50 балів.

Таблиця 1

Рейтингові бали за експрес-контроль до лабораторної роботи

Бали	Критерії оцінювання
2,0	Вірна відповідь на п'ять питань
1,6	Вірна відповідь на чотири питання
1,2	Вірна відповідь на три питання
0,0	Вірна відповідь менше, ніж на три питання

Таблиця 2

Рейтингові бали за захист лабораторної роботи

Бали	Критерій оцінювання
3,0	Зауважень до звіту нема, є відповіді на всі запитання
2,7	Несуттєві зауваження до звіту, відповіді на більшість запитань
2,4	Робота виконана, отримано вірні результати, звіт має помилки
2,1	Зауваження до отриманих результатів, відповідь на частину питань
1,8	Звіт має помилки, відповіді лише на окремі питання
0,0	Робота не виконана, звіт не представлений

### Контрольні роботи (r<sub>2</sub>)

Одна контрольна робота складається з трьох завдань.

Ваговий бал однієї контрольної роботи – 25.

Оцінювання контрольної роботи здійснюється відповідно до таблиці 3.

Максимальна кількість балів за дві контрольні роботи відповідно складає:

r<sub>2</sub>=25 балів x 2 = 50 балів.

Таблиця 3

Рейтингові бали за контрольну роботу

Бали	Критерій оцінювання
25	Вірна відповідь більш ніж на 95 % питань
22,5	Вірна відповідь на 90 % питань
20	Вірна відповідь на 80 % питань
17,5	Вірна відповідь на 70 % питань
15	Вірна відповідь на 60 % питань
0	Вірна відповідь менш ніж на 60 % питань або студент був відсутній

## Штрафні та заохочувальні бали

Загальний рейтинг з дисципліни включає штрафні та заохочувальні бали (табл. 4), які додаються або віднімаються від суми вагових балів усіх контрольних заходів. Загальна сума штрафних балів не може перевищувати  $100 \times 0,1 = (-10)$  балів. Загальна сума заохочувальних балів не може перевищувати  $100 \times 0,1 = (+10)$  балів.

Таблиця 4

Бали штрафні та заохочувальні

Дія	Бали
Несвоєчасне представлення результатів лабораторного заняття	мінус 1 бал (але в сумі не більш, ніж мінус 10)
Участь (перемога) в I етапі Всеукраїнської студентської олімпіади з дисципліни «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання»	плюс 1 бал за правильно виконане завдання, (але не більше, ніж плюс 10)
Застосування оригінального підходу при вирішенні задач	плюс 1 бал

## Умови рубіжної атестації

Календарний контроль з навчальної дисципліни (освітнього компонента), проводиться як правило, на 7-8 та 14-15 тижнях кожного семестру. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю з навчальної дисципліни (освітнього компонента) є значення поточного рейтингу здобувача не менше, ніж 50 % від максимально можливого на час проведення такого контролю. Результати календарного контролю заносяться у модуль «Календарний контроль» Електронного кампусу.

## Критерії залікового оцінювання

Рейтингова система оцінювання складається з балів, отриманих здобувачем за результатами заходів поточного контролю, заохочувальних та штрафних балів. Рейтингова оцінка доводиться до здобувачів на передостанньому занятті з дисципліни в семестрі.

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідно до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань (рис. 1).

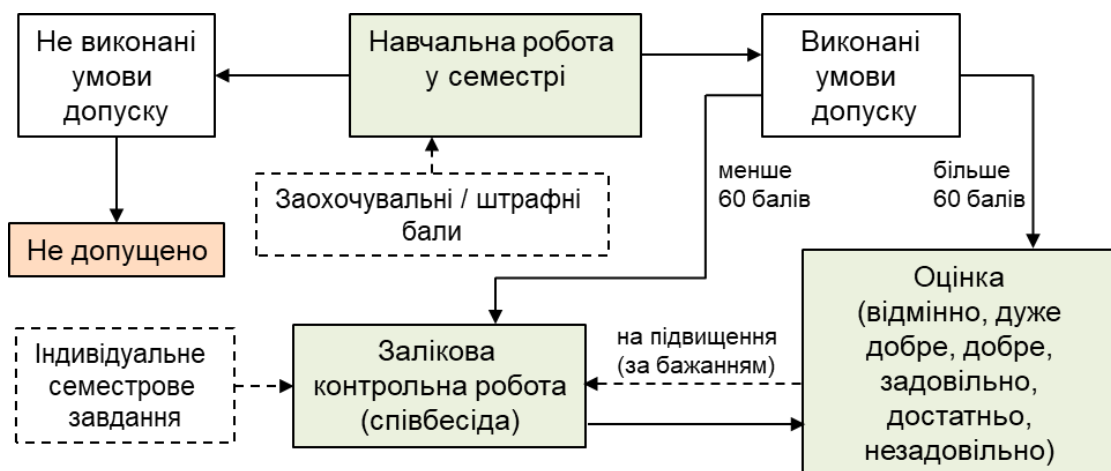


Рис. 1 – Блок-схема функціонування РСО з дисципліни

Зі здобувачами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому занятті з дисципліни в семестрі викладач проводить семестровий контроль у вигляді залікової контрольно роботи.



У цьому випадку бали, отримані за індивідуальну роботу залишаються, а бали отримані за модульні контрольні роботи скасовуються.

Залікове зняття проводиться у вигляді усної співбесіди або залікового завдання. Залікове завдання складається з п'яти питань. Максимальна кількість балів отриманих за залікову контрольну роботу складає 50 балів.

### Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни

1. За результатами заходів поточного контролю з дисципліни, заохочувальних та штрафних балів без залікової контрольної роботи:

$$R = r1+r2 = 50+(25+25) = 100 \text{ балів}$$

2. За результатами заходів поточного контролю з дисципліни, заохочувальних та штрафних балів з заліковою контрольною роботою:

$$R = r1+r4 = 50+50 = 100 \text{ балів}$$

Для отримання відповідної оцінки з дисципліни студент має набрати певну кількість балів, згідно з таблицею перерахунку (табл. 5).

Таблиця 5

**Таблиця перерахунку рейтингових балів в оцінки**

Рейтингова оцінка здобувача	Університетська шкала оцінок рівня здобутих компетентностей
95 ... 100	Відмінно
85 ... 94	Дуже добре
75 ... 84	Добре
65 ... 74	Задовільно
60 ... 64	Достатньо
Менше 60 балів	Незадовільно
Не виконані умови допуску до семестрового контролю	Не допущено

### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус) склав:

Доцент кафедри конструювання машин, кандидат технічних наук

Юрій АДАМЕНКО

Ухвалено кафедрою конструювання машин (Протокол № 1 від 30.08.2021 )

Погоджено методичною комісією механіко-машинобудівного інституту (Протокол № від )