


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра технічного сервісу

«Затверджую»

**Завідувач кафедри
технічного сервісу**


_____ **Тарельник В.Б.**
« ___ » _____ **2020р.**

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Триботехнологія

(шифр і назва навчальної дисципліни)

Напрямок підготовки: 208 «Агроінженерія»

(шифр і назва напряму підготовки)

Факультет: *інженерно-технологічний*

2020 – 2021 навчальний рік

Робоча програма з дисципліни **Триботехнологія** для студентів спеціальності **208 «Агроінженерія»**.

Розробник: Коноплянченко Є.В., к.т.н., доцент

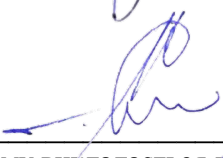
Робочу програму схвалено на засіданні кафедри **технічного сервісу**.

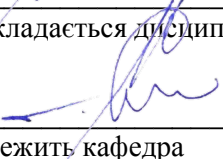
Протокол від „15” червня 2020 року № 14

Завідувач кафедри технічного сервісу  (Тарельник В.Б.)

Погоджено:

Гарант освітньої програми  (О.А. Саржанов)

Декан факультету  (М.Я. Довжик)
на якому викладається дисципліна

Декан факультету  (М.Я. Довжик)
до якого належить кафедра

Методист відділу якості освіти, ліцензування та акредитації 

Зареєстровано в електронній базі: дата: 21.08.2020 р.

© СНАУ, 2020 рік

© Коноплянченко Є.В., 2020 рік

1. Опис навчальної дисципліни

| Найменування показників | Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень | Характеристика навчальної дисципліни | |
|--|--|--------------------------------------|-----------------------|
| | | денна форма навчання | заочна форма навчання |
| Кількість кредитів - 3 | Галузь знань: 20 «Аграрні науки та продовольство» (шифр і назва) | Вибіркова | |
| | Напрямок підготовки: (шифр і назва) | | |
| Модулів – 2 | Спеціальність: 208 «Агроінженерія» (шифр і назва) Професійне спрямування: | Рік підготовки: | |
| Змістових модулів: 2 | | 2020-2021 | |
| Індивідуальне науково-дослідне завдання: | | Курс | |
| | | 4 | |
| Загальна кількість годин - 90 | | Семестр | |
| | | 8 | |
| Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента - 3,5 | | Лекції | |
| | 24 год. | | |
| | Практичні, семінарські | | |
| | | | |
| | Лабораторні | | |
| | 24 год. | | |
| | Самостійна робота | | |
| | 42 год. | | |
| Індивідуальні завдання: | | | |
| –. | | | |
| Вид контролю: | | | |
| залік | | | |

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить (%):

для денної форми навчання - 53,3/66,7 (48/42)

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: дати майбутнім фахівцям необхідний обсяг знань для виконання ними розрахунків деталей сільськогосподарських машин на знос, вивчити практичні рекомендації методів боротьби зі зносом і зниженню втрат на марне тертя, закласти основу для самостійної роботи фахівців в галузі тертя і зношування машин і механізмів і більш поглибленого вивчення цих питань самостійно.

Завдання: вивчення факторів, що впливають на знос деталей; вивчення методів зменшення зносу; оцінка якості поверхонь деталей машин.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

знати: основні об'єкти, явища й процеси, пов'язані із проблемами тертя й зношування, методи їх наукового дослідження; основні положення про трибоматеріалознавство й триботехнологію; класифікацію конструкційних матеріалів; основні механо-фізико-хімічні властивості, які визначають зносостійкість конструкційних матеріалів; основні об'єкти, явища і процеси, зв'язані з проблемами тертя і зносу, методи їхнього наукового дослідження.

вміти: формулювати основні техніко-економічні вимоги до досліджуваних об'єктів і застосовувати існуючі науково-технічні засоби їх реалізації. Визначати якість поверхонь тертя; технічно грамотно вибирати конструкційні матеріали при проектуванні деталей трибоспрямижень; вміти користуватися вимірювальною технікою й проводити контроль якості конструкційних матеріалів і покриттів; вміти зробити критичний аналіз правильності вибору конструкційного матеріалу й (або) покриття.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Основи трибології

Тема 1. Вступ до трибології

Загальні аспекти. Вклад вітчизняних і зарубіжних вчених у створенні і формуванні науки про тертя і зношування в машинах. Основні терміни та визначення. Тертя і підвищення надійності машин. Терміни служби машин. Збитки від тертя і зношування в машинах. Області застосування трибології. Інженерно-технічні проблеми трибології. Основні напрямки підвищення зносостійкості деталей вузлів тертя машин. Стан науки про тертя і зношування в машинах в Україні.

Тема 2. Контакткування робочих поверхонь тіл тертя

Основні терміни. Приклади практичного вирішення задач трибології. Загальні відомості про поверхню деталей та її геометрію. Основні поняття та визначення при контактуванні поверхонь. Моделі шорстких поверхонь. Площа контакту та зближення при контакті шорсткої поверхні з гладкою. Розрахунки деяких характеристик контакту поверхонь. Стрижнева модель. Контакт двох шорстких поверхонь.

Тема 3. Теорія тертя деталей машин

Загальні поняття. Правило градієнта зсувного опору. Руйнування поверхонь тертя. Критичні точки, які характеризують умови переходу від одного виду фрикційної взаємодії до іншої. Попереднє зміщення і сила тертя спокою. Попереднє зміщення шорстких тіл. Механічна складова сили тертя. Розрахунок сумарного коефіцієнту тертя. Просковзування – одне із джерел опору кочення.

Тема 4. Зношування твердих тіл при терті

Характеристики процесу спрацьовування. Втомна теорія спрацьовування. Основне рівняння спрацьовування. Розрахунки зношення при пружному контакті. Зв'язок спрацьовування з пружно-міцностними властивостями матеріалів. Розрахунок зношення при пластичному контакті. Експериментальна перевірка розрахункових співвідношень втомної теорії зношування. Зношування.

Тема 5. Властивості металів і сплавів

Загальна характеристика металів. Механічні властивості. Фізичні, хімічні і технологічні властивості, експлуатаційні властивості металів. Характеристика напружень. Загальні відомості про залишкові напруги. Структурні і фазові перетворення, що відбуваються в металі. Деформація та її види. Наклеп та рекристалізація

Змістовий модуль 2. Триботехнологія деталей машин

Тема 6. Класифікація видів тертя.

Задачі й основні розділи триботехнології, її економічне значення. Зв'язок з іншими науковими дисциплінами і її особливості. Основні поняття і визначення. Класифікація видів зношування. Абразивне зношування. Фретинг-корозія. Інші види зношування.

Тема 7. Контакткування робочих поверхонь тіл тертя

Структура поверхні. Фізико-хімічні властивості поверхонь. Якість поверхні. Топографія поверхні. Мікро- та макрогеометрія поверхні. Шорсткість поверхні. Залишкові напруги.

Тема 8. Тертя і зношування деталей машин.

Загальні відомості про тертя. Тертя без мастильного матеріалу. Тертя з мастильним матеріалом. Тертя при граничному змащенні. Види зносу робочих поверхонь.

Тема 9. Тертя в підшипнику ковзання

Рідинне, в'язкопластичне, і контактено-гідродинамічне змащення. Тертя при напіврідинному змащенні. Основні види тертя в підшипнику ковзання, основні зовнішні ознаки, приклади прояву й особливості. Загальні відомості про підшипники ковзання (ПК). Конструктивні особливості ПК. Підшипникові матеріали, виготовлення й область застосування.

Тема 10. Конструктивні і технологічні способи підвищення зносостійкості деталей.

Матеріали пар тертя. Призначення і вибір матеріалів при конструюванні вузлів тертя. Методи відновлення поверхонь деталей. Наплавлення, гальванопокриття, металізація напилюванням. Електроіскрове легування. Конденсоване іонне бомбардування. Лазерне термозміцнення. Поверхневе пластичне деформування.

Підвищення зносостійкості деталей в умовах експлуатації. Випробування машин. Обкатування машин. Стендові й експлуатаційні випробування. Обладнання для випробування на тертя та знос.

4. Структура навчальної дисципліни

| Назви змістових модулів і тем | Кількість годин для денної форми навчання | | | | | | Кількість годин для заочної форми навчання | | | | | | |
|---|---|--------------|-----------|-----|------|-----------|--|--------------|----|------|------|-------|--|
| | Усього | у тому числі | | | | | Усього | у тому числі | | | | | |
| | | лк | пз | лаб | ін д | с.р. | | лк | пз | ла б | ін д | с.р . | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| Модуль 1. Основи трибології | | | | | | | | | | | | | |
| Змістовий модуль 1. Основи трибології | | | | | | | | | | | | | |
| Тема 1. Вступ до трибології | 6 | 2 | - | | | 4 | | | | | | | |
| Тема 2. Контакткування робочих поверхонь тіл тертя | 6 | 2 | - | | | 4 | | | | | | | |
| Тема 3. Теорія тертя деталей машин | 8 | 4 | - | | | 4 | | | | | | | |
| Тема 4. Зношування твердих тіл при терті | 10 | 2 | 4 | | | 4 | | | | | | | |
| Тема 5. Властивості металів і сплавів | 8 | 2 | 2 | | | 4 | | | | | | | |
| Разом за змістовим модулем 1 | 38 | 12 | 6 | | | 20 | | | | | | | |
| Модуль 2. Триботехнологія деталей машин | | | | | | | | | | | | | |
| Змістовий модуль 2. Триботехнологія деталей машин | | | | | | | | | | | | | |
| Тема 6. Класифікація видів тертя. | 6 | 2 | - | - | | 4 | | | | | | | |
| Тема 7. Контакткування робочих поверхонь тіл тертя | 6 | 2 | - | | | 4 | | | | | | | |
| Тема 8. Тертя і зношування деталей машин | 8 | 2 | 2 | | | 4 | | | | | | | |
| Тема 9: Тертя в підшипнику ковзання | 6 | 2 | - | | | 4 | | | | | | | |
| Тема 10: Конструктивні і технологічні способи підвищення зносостійкості деталей. | 26 | 4 | 16 | | | 6 | | | | | | | |
| Разом за змістовим модулем 2 | 44 | 12 | 18 | | | 22 | | | | | | | |
| Усього годин | 90 | 24 | 24 | | | 42 | | | | | | | |

5. Теми та план лекційних занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|--|-----------------|
| 1 | Тема 1. Вступ до трибології 1. Загальні аспекти. 2. Вклад вітчизняних і зарубіжних вчених у створенні і формуванні науки про тертя і зношування в машинах. 3. Основні терміни та визначення. | 2 |
| 2 | Тема 2. Контакткування робочих поверхонь тіл тертя 1. Основні терміни. Приклади практичного вирішення задач трибології. 2. Загальні відомості про поверхню деталей та її геометрію. 3. Основні поняття та визначення при контактуванні поверхонь. 4. Моделі шорстких поверхонь. | 2 |
| 3 | Тема 3. Теорія тертя деталей машин 1. Загальні поняття. 2. Правило градієнта зсувного опору. 3. Руйнування поверхонь тертя. | 2 |
| 4 | Тема 3. Теорія тертя деталей машин 4. Критичні точки, які характеризують умови переходу від одного виду фрикційної взаємодії до іншої. 5. Попереднє зміщення і сила тертя спокою. 6. Попереднє зміщення шорстких тіл. | 2 |
| 5 | Тема 4. Зношування твердих тіл при терті 1. Характеристики процесу спрацьовування. 2. Втомна теорія спрацьовування. 3. Основне рівняння спрацьовування. 4. Розрахунки зношення при пружному контакті. | 2 |
| 6 | Тема 5. Властивості металів і сплавів 1. Загальна характеристика металів. 2. Механічні властивості. 3. Фізичні, хімічні і технологічні властивості, експлуатаційні властивості металів. | 2 |
| 7 | Тема 6. Класифікація видів тертя. 1. Задачі й основні розділи триботехнології, її економічне значення. 2. Зв'язок з іншими науковими дисциплінами і її особливості. 3. Основні поняття і визначення. Класифікація видів зношування. | 2 |
| 8 | Тема 7. Контакткування робочих поверхонь тіл тертя 1. Структура поверхні. | 2 |

| | | |
|----|--|-----------|
| | 2. Фізико-хімічні властивості поверхонь. 3. Якість поверхні. | |
| 9 | Тема 8. Тертя і зношування деталей машин. 1. Загальні відомості про тертя. 2. Тертя без мастильного матеріалу. 3. Тертя з мастильним матеріалом. 4. Тертя при граничному змащенні. | 2 |
| 10 | Тема 9. Тертя в підшипнику ковзання 1. Рідинне, в'язкопластичне, і контактено-гідродинамічне змащення. 2. Тертя при напіврідинному змащенні. 3. Основні види тертя в підшипнику ковзання, основні зовнішні ознаки, приклади прояву й особливості. 4. Загальні відомості про підшипники ковзання (ПК). | 2 |
| 11 | Тема 10. Конструктивні і технологічні способи підвищення зносостійкості деталей. 1. Матеріали пар тертя. 2. Призначення і вибір матеріалів при конструюванні вузлів тертя. 3. Методи відновлення поверхонь деталей. 4. Наплавлення, гальванопокриття, металізація напилуванням. | 2 |
| 12 | Тема 10. Конструктивні і технологічні способи підвищення зносостійкості деталей. 5. Електроіскрове легування. 6. Конденсоване іонне бомбардування. 7. Лазерне термозміцнення. 8. Поверхнєве пластичне деформування. | 2 |
| | Разом | 24 |

6. Теми лабораторних занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|---|-----------------|
| 1 | Визначення умовної межі текучості, межі міцності, відносного подовження | 2 |
| 2 | Вивчення впливу холодної та гарячої деформації на механічні властивості металів | 2 |
| 3 | Вивчення шорсткості поверхні. | 2 |
| 4 | Енергетичні критерії тертя і зношування. | 2 |
| 5 | Виконання розрахунків масопереносу при ЕІЛ. | 2 |
| 6 | Виконання розрахунків товщини покриття при ЕІЛ | 2 |
| 7 | Виконання розрахунків шорсткості поверхні при ЕІЛ | 2 |
| 8 | Виконання розрахунків мікротвердості при ЕЕЛ” | 2 |
| 9 | Вивчення загальних відомостей про поверхнєве пластичне | 2 |

| | | |
|----|--|-----------|
| | деформування (ППД) | |
| 10 | Розрахунок геометричних параметрів контактуючих тіл залежно від мікротвердості структури сформованих ЕІЛ покриттів. | 2 |
| 11 | Визначення інтенсивності пластичної деформації ϵ_{i0} в центрі контакту ролика з валом і глибини h_s поширення пластичної деформації під вм'ятиною. | 2 |
| 12 | Визначення геометричних параметрів вогнища деформації, а також глибини наклепаного шару h_s й інтенсивності деформації ϵ_{i0} | 2 |
| | Разом | 24 |

7. Самостійна робота

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|--|-----------------|
| 1 | Тема 1. Вступ до трибології Тертя і підвищення надійності машин. Терміни служби машин. Збитки від тертя і зношування в машинах. Області застосування трибології. Інженерно-технічні проблеми трибології. Основні напрямки підвищення зносостійкості деталей вузлів тертя машин. Стан науки про тертя і зношування в машинах в Україні. | 4 |
| 2 | Тема 2. Контакткування робочих поверхонь тіл тертя Площа контакту та зближення при контакті шорсткої поверхні з гладкою. Розрахунки деяких характеристик контакту поверхонь. Стрижнева модель. Контакт двох шорстких поверхонь. | 4 |
| 3 | Тема 3. Теорія тертя деталей машин Механічна складова сили тертя. Розрахунок сумарного коефіцієнту тертя. Просковзування – одне із джерел опору кочення. | 4 |
| 4 | Тема 4. Зношування твердих тіл при терті Зв'язок спрацьовування з пружно-міцностними властивостями матеріалів. Розрахунок зношення при пластичному контакті. Експериментальна перевірка розрахункових співвідношень втомної теорії зношування. Зношування. | 4 |
| 5 | Тема 5. Властивості металів і сплавів Характеристика напружень. Загальні відомості про залишкові напруги. Структурні і фазові перетворення, що відбуваються в металі. Деформація та її види. Наклеп та рекристалізація | 4 |
| 6 | Тема 6. Класифікація видів тертя. Абразивне зношування. Фретинг-корозія. Інші види зношування. | 4 |
| 7 | Тема 7. Контакткування робочих поверхонь тіл тертя Топографія поверхні. Мікро- та макрогеометрія поверхні. | 4 |

| | | |
|----|--|----|
| | Шорсткість поверхні. Залишкові напруги. | |
| 8 | Тема 8. Тертя і зношування деталей машин. Види зносу робочих поверхонь. | 4 |
| 9 | Тема 9. Тертя в підшипнику ковзання Конструктивні особливості ПК. Підшипникові матеріали, виготовлення й область застосування. | 4 |
| 10 | Тема 10. Конструктивні і технологічні способи підвищення зносостійкості деталей. Підвищення зносостійкості деталей в умовах експлуатації. Випробування машин. Обкатування машин. Стендові й експлуатаційні випробування. Обладнання для випробування на тертя та знос. | 6 |
| | Разом | 42 |

8. Методи навчання

1. Методи навчання за джерелом знань:

1.1. **Словесні:** пояснення, бесіда (евристична і репродуктивна), лекція, інструктаж, робота з книгою (читання, переказ, виписування, складання плану, рецензування, конспектування, виготовлення таблиць, графіків, опорних конспектів, тощо).

1.2. **Наочні:** демонстрація, ілюстрація, спостереження.

1.3. **Практичні:** лабораторний метод, виробничо-практичні методи.

2. Методи навчання за характером логіки пізнання.

2.1. Аналітичний.

2.2. Методи синтезу.

2.3. Індуктивний метод.

2.4. Дедуктивний метод.

3. Методи навчання за характером та рівнем самостійної розумової діяльності студентів.

3.1. Проблемний (проблемно-інформаційний)

3.2. Частково-пошуковий (евристичний)

3.3. Дослідницький

3.4. Репродуктивний

3.5. Пояснювально-демонстративний

4. Активні методи навчання - використання технічних засобів навчання, мозкова атака, використання проблемних ситуацій, екскурсії, заняття на виробництві, групові дослідження, самооцінка знань, імітаційні методи навчання, використання навчальних та контролюючих тестів, використання опорних конспектів лекцій та інші.

5. Інтерактивні технології навчання - використання мультимедійних технологій, інтерактивної дошки та електронних таблиць, case-study (метод аналізу конкретних ситуацій), діалогове навчання, співробітництво студентів (кооперація) та інші.

9. Методи контролю

1. Рейтинговий контроль за 100-бальною шкалою оцінювання ЄКТС

2. Проведення проміжного контролю протягом семестру (проміжна атестація)

3. Полікритеріальна оцінка поточної роботи студентів:

- рівень знань, продемонстрований на лабораторних заняттях;
- активність під час обговорення питань, що винесені на заняття;
- результати виконання та захисту лабораторних робіт;
- експрес-контроль під час аудиторних занять;
- самостійне опрацювання теми в цілому чи окремих питань;
- виконання аналітично-розрахункових завдань;
- написання рефератів, звітів;
- результати тестування;
- письмові завдання при проведенні контрольних робіт;
- виробничі ситуації, кейси тощо.

4. Пряме врахування у підсумковій оцінці виконання студентом певного індивідуального завдання:

- науково-дослідна робота;
- навчально-дослідна робота;
- навчально-практичне дослідження із презентацією результатів тощо.

10. Розподіл балів, які отримують студенти

| Поточне тестування та самостійна робота | | | | | | | | | | СРС | Разом за модулі та СРС | Атестація | Сума |
|---|----|----|----|----|----------------------------------|----|----|----|-----|-----|------------------------|-----------|------|
| Змістовий модуль 1 - 30 балів | | | | | Змістовий модуль 1 – 40 балів | | | | | | | | |
| T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | 15 | 85 (70+15) | 15 | 100 |
| 5 | 5 | 7 | 7 | 6 | 6 | 8 | 8 | 8 | 10 | | | | |

Шкала оцінювання: національна та ECTS

| Сума балів за всі види навчальної діяльності | Оцінка ECTS | Оцінка за національною шкалою |
|--|-------------|---|
| 90 – 100 | A | зараховано |
| 82-89 | B | |
| 75-81 | C | |
| 69-74 | D | |
| 60-68 | E | |
| 35-59 | FX | не зараховано з можливістю повторного складання |
| 1-34 | F | не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни |

11. Рекомендована література

Базова

1. Тарельник В.Б. Триботехнологія деталей машин : навчальний посібник / [Тарельник В.Б., Коноплянченко Є.В., Марцинковський В.С., Антошевський Богдан]; за ред. проф. В.Б. Тарельника.- Суми: Видавництво «МакДен», 2010.- 264с.
2. Основи трибології: Підручник / Антипенко А.М., Белас О.М., Войтов В.А. та ін. / За ред. Війтова В.А. – Харків: ХНТУСГ, 2008.- 342 с.
3. Кіндрачук М.В. Трибологія [Текст] : підручник / М.В.Кіндрачук, В.Ф.Лабунець, М.І.Пашечко, Є.В.Корбут. – К.: НАУ, 2009
4. Тарельник В.Б. Триботехнічне матеріалознавство та триботехнологія в задачах / В.Б. Тарельник //.- Суми : Університетська книга, 2014.- 192 с.
5. Тарельник В.Б. Сучасні методи формоутворення поверхонь тертя деталей машин: Монографія /Тарельник В.Б., Марцинковський В.С., Анташевський Б..- Суми: Видавництво «МакДен», 2012.-280 с.
5. Тарельник В.Б. Управление качеством поверхностных слоев деталей комбинированным электроэрозионным легированием.- Сумы.: МакДен, 2002.-323с.

Допоміжна

1. Дмитриченко М.Ф. Триботехніка та основи надійності машин / М.Ф. Дмитриченко, Р.Г. Мнацаканов, О.О. Мікосянчик // К.: Інформавтодор, 2006 – 216с.
2. Підвищення стійкості різального інструменту технологічними методами : навчальний посібник / [Тарельник В.Б., Коноплянченко Є.В., Марцинковський В.С. та ін.] ; за ред. проф. В.Б. Тарельника.- Суми : Університетська книга, 2011.- 189 с.
3. В.Б. Тарельник, В.С. Марцинковський. Модернізація и ремонт роторних машин: Монографія.- Суми: Видавництво “Козацький вал” 2005.- 364 с.
4. В.Б. Тарельник, В.С. Марцинковський, Б. Антошевський. Повышение качества подшипников скольжения: Монография.- Сумы: Издательство «МакДен», 2006.-160 с.

Інформаційні ресурси

1. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118403259>
2. <https://www.ggbearings.com/en/company/tribology>
3. https://www.youtube.com/watch?v=6BV_CeH6Ww0
4. <https://www.youtube.com/watch?v=HKZZJ5KQG2Y>