

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

Робоча програма (силабус) освітнього компонента

Триботехнологія

(вибіркова)

Реалізується в межах освітньої програми

«Агроінженерія»


(назва)

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»


(шифр, назва)

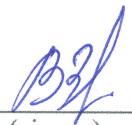
на першому бакалаврському рівні вищої освіти



Розробники: , В'ячеслав ТАРЕЛЬНИК, д.т.н., професор
(підпис) (прізвище, ініціали)(вчений ступінь та звання, посада)


Розглянуто, схвалено та затверджено на засіданні кафедри Технічного сервісу (назва кафедри)	протокол від 5 червня 2024р. № 16	
	Завідувач кафедри	<u></u> (підпис) <u>В'ячеслав ТАРЕЛЬНИК</u> (прізвище, ініціали)

Погоджено:

Гарант освітньої програми  Богдан САРЖАНОВ
(підпис) (ПІБ)

Декан факультету  Владислав ЗУБКО
(підпис) (ПІБ)

Рецензія на робочу програму(додається) надана:  Владислав ЗУБКО
(ПІБ)
 Євген КОНОПЛЯНЧЕНКО
(ПІБ)

Методист відділу якості освіти,
ліцензування та акредитації  Надія Баранівська
(підпис)

Зареєстровано в електронній базі: дата: 19.06. 2024 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	Триботехнологія			
2.	Факультет/кафедра	Інженерно-технологічний факультет / кафедра технічного сервісу			
3.	Статус ОК	Вибірковий			
4.	Програма/Спеціальність (програми), складовою яких є ОК для (заповнюється для обов'язкових ОК)	Освітньо-наукова програма «Агроінженерія» за спеціальністю 208 «Агроінженерія»			
5.	Рівень НРК				
6.	Семестр та тривалість вивчення	заочна			
7.	Кількість кредитів ЄКТС	5			
8.	Загальний обсяг годин та їх розподіл 150 год.	Контактна робота(заняття)			Самостійна робота
		Лекційні	Практичні / семінарські	Лабораторні	
		8	12	-	
9.	Мова навчання	Українська, англійська			
10.	Викладач/Координатор освітнього компонента	Тарельник В'ячеслав Борисович, д.т.н., професор, завідувач кафедри технічного сервісу Години консультацій – кожного понеділка з 10.00 до 12.00, кабінет 302м			
10.1	Контактна інформація	viacheclav.tarelnyk@snaeu.edu.ua			
11.	Загальний опис освітнього компонента	Основна увага в освітньому компоненті приділяється методології досягнення експлуатаційних властивостей поверхонь тертя, вузлів і деталей за рахунок зміцнюючих впливів різної фізичної природи та нанесення функціональних покриттів.			
12.	Мета освітнього компонента	Придбання здобувачами необхідного обсягу знань для вивченням триботехнічних закономірностей, що діють у процесі життєвого циклу машин. Оволодіння конструкторсько-технологічними методами підвищення зносостійкості робочих поверхонь деталей машин, із метою забезпечення працездатності машин при оптимальній собівартості робіт.			
13.	Передумови вивчення ОК, зв'язок з іншими освітніми компонентами ОП	Освітній компонент базується на знаннях і навичках з розв'язання прикладних наукових задач у галузі механічної інженерії з використанням методів сучасної науки на основі системного підходу з врахуванням комплексності та невизначеності умов функціонування технологічних систем. Освітній компонент є основою для ОК14 «Інноваційні технологічні рішення в галузевому машинобудуванні».			
14.	Політика академічної доброчесності	У разі, якщо здобувач здає роботу іншого здобувача як свою власну, така робота анулюється і виконується повторно. У разі списування – повторне складання відповідного завдання. У разі використання текстових запозичень без належного цитування (академічний плагіат) - робота анулюється.			
15.	Посилання на курс у системі Moodle	https://cdn.snaeu.edu.ua/moodle/course/view.php?id=3717			

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

Результати навчання за ОК: Після вивчення освітнього компонента здобувач очікувано буде здатен...»	Як оцінюється ДРН
ДРН1. Формулювати основні техніко-економічні вимоги до досліджуваних об'єктів і застосовувати існуючі науково-технічні засоби їхньої реалізації.	Дослідницька робота із презентацією, взаємне оцінювання
ДРН2. Володіти триботехнічними аспектами формоутворення деталей, для можливості досягнення необхідних властивостей поверхонь тертя, вузлів і деталей за рахунок зміцнюючих впливів і нанесення спеціальних покриттів.	Підготовка тез з обґрунтуванням раціональних методів дослідження відповідно до обраного об'єкту та завдання, взаємне оцінювання
ДРН 3. Робити критичний аналіз конструкційних матеріалів та захисних покриттів, що застосовуються в трибоспряженнях деталей машин.	Дослідницька робота із підготовкою зразків для трибологічних досліджень
ДРН 4. Формулювати завдання щодо підвищення зносостійкості та керування тертям за рахунок застосування нових конструкцій вузлів, матеріалів і експлуатаційних прийомів.	Дослідницька робота із презентацією
ДРН 5. Здійснювати науково обґрунтований вибір технологічних методів керування трибологічними характеристиками поверхонь тертя.	Дослідницька робота із презентацією, Письмовий екзамен (вирішення комплексного завдання та короткі теоретичні відповіді)

3. ЗМІСТ ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА (ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ)

Тема. Перелік питань, що будуть розглянуті в межах теми	Розподіл в межах загального бюджету часу				Рекомендована література
	Аудиторна робота			Самостійна робота	
	Лк	П.з / семін. з	Лаб. з.		
Тема 1. Методологічні аспекти триботехнічного матеріалознавства. Загальні відомості. Основні терміни та поняття. Вплив основних параметрів геометрії поверхні на зносостійкість деталей машин. Загальні вимоги до матеріалів пар тертя. Основні проблеми триботехнічного матеріалознавства та шляхи їх вирішення. Пластична деформація, рекристалізація та механічні властивості. Критерії забезпечення працездатності матеріалів у парах тертя. Розподіл матеріалів у парах тертя. Методика і критерії вибору матеріалів пар тертя.	2	2		10	[1-8], [13], [14]
Тема 2. Аналіз видів зносу робочих поверхонь.	2	2		10	[1-10], [12], [28]

Аналіз основних причин зниження надійності й довговічності деталей. Зношування металевих поверхонь. Абразивне зношування. Види й характеристики зношування. Кавітаційне зношування. Зношування при фретінг корозії та інші види зношування. Властивості поверхонь деталей. Залишкові напруги, структурні і фазові перетворення. Фізико-хімічні властивості поверхонь. Адсорбційний ефект зниження міцності (ефект Ребіндера). Контакткування деталей.					, [30]
Тема 3. Ефект не зношування. Класифікація деталей роторних машин, для яких актуальне керування якістю поверхневих шарів. Загальні відомості про знос деталей роторів. Торцеві ущільнення. Підшипники ковзання. Робочі колеса. Ефект не зношування. Енергетичні критерії тертя і зношування. Аналіз існуючих критеріїв зносу металевих поверхонь. Розробка математичної моделі зносу покриттів металевих поверхонь деталей.	2	2		10	[1-5], [9-12], [14], [15], [17], [26-28]
Тема 4. Конструктивні способи підвищення зносостійкості деталей. Знос робочих органів машин. Тертя в підшипнику ковзання. Тертя кочення. Основні поняття про механізм зношування пар тертя. Механізм зношування металевих поверхонь. Механізм зношування полімерів і гуми. Стадії зношування пар тертя.	2	2		20	[1-11], [14], [28]
Тема 5. Змащення деталей машин. Матеріали для тертьових пар. Про розташування пар тертя по твердості. Змащення деталей з'єднання. Фізико-хімічні характеристики мастильних матеріалів. Відкладення на деталях у мастильній системі. Вибір мастильних матеріалів. Контрольні і запобіжні пристрої. Змащення вузлів при експлуатації.	-	2		20	[1], [2], [6-8], [14], [28]
Тема 6. Технологічні способи підвищення зносостійкості деталей. Поверхнєве загартування. Цементация. Азотування. Іонне азотування. Борування. Інші методи підвищення зносостійкості деталей.	-	2		20	[1-8], [13], [14], [26], [28]
Тема 7. Комбіновані технології зміцнення та ремонту поверхонь деталей.	-	-		20	[1-5], [9-14], [16-30]

Комбіновані технології зміцнення поверхонь деталей. Багатошарові електроіскрові покриття. Електроіскрове легування (ЕІЛ) з наступним ППД. ЕІЛ з наступним іонним азотуванням. ЕІЛ з наступним епіламіруванням.					
Тема 8. Зносостійкість вузлів тертя в умовах експлуатації. Підвищення надійності і довговічності деталей в умовах експлуатації. Зміна якості змазувальних матеріалів. Обкатка машин. Випробування машин. Вплив умов експлуатації на інтенсивність зношування.	-	-		20	[1], [2], [6-8]
Всього	8	12		130	

4. МЕТОДИ ВИКЛАДАННЯ ТА НАВЧАННЯ

ДРН	Методи викладання (робота, що буде проведена викладачем <u>під час аудиторних занять, консультацій</u>)	Кількість годин	Методи навчання (які види навчальної діяльності має виконати <u>аспірант самостійно</u>)	Кількість годин
ДРН 1	Проблемна лекція, тематична дискусія, обговорення актуальних питань	4	Самостійна робота з підручником, опрацювання теоретичного матеріалу.	30
ДРН 2	Показ прикладів розв'язання проблем виробництва інтерактивним методом на лекції і практичних заняттях	4	Самостійна робота з підручником, опрацювання теоретичного матеріалу.	30
ДРН 3	Мультимедійна лекція, «мозгова атака», обговорення актуальних питань.	4	Самостійна робота з підручником, виконання індивідуальних завдань.	30
ДРН 4	Показ прикладів розв'язання проблем виробництва інтерактивним методом на лекції і практичних заняттях	4	Персоналізоване навчання, самостійна робота з підручником, виконання індивідуальних завдань.	30
ДРН 5	Проблемна лекція, тематична дискусія, «круглий стіл», обговорення актуальних питань.	4	Самостійна робота з підручником, навчання через дослідження.	10

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

Заочна форма навчання

№	Методи сумативного оцінювання	Бали / Вага у загальній оцінці	Дата складання
1.	Виконання практичних робіт	70 балів / 70%	протягом сесії
2.	Проміжне комп'ютерне тестування-тест множинного вибору	30 балів / 30%	термін екзаменаційної сесії

5.2.2. Критерії оцінювання

Заочна форма навчання

Компонент	Незадовільно	Задовільно	Добре	Відмінно
Виконання графічних робіт	< 50 балів	51-54	55-57 балів	58-70 балів
	<i>Вимоги щодо завдання не виконано</i>	<i>Більшість вимог виконано, але окремі складові відсутні або недостатньо розкриті</i>	<i>Виконано усі вимоги завдання, але є незначні зауваження, щодо оформлення</i>	<i>Виконано усі вимоги завдання, запропоновано власний варіант розв'язання завдань</i>
Проміжне комп'ютерне тестування-тест множинного вибору	< 9 балів	9-19	20-28 балів	29-30 балів
	<i>Вірних відповідей менше 9 із 30</i>	<i>Вірних відповідей від 9 до 19 із 30</i>	<i>Вірних відповідей від 20 до 26 із 30</i>	<i>Вірних відповідей 29 до 30</i>

5.3. Формативне оцінювання:

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

№	Елементи формативного оцінювання	Дата
1	Усний зворотний зв'язок від викладача та студентів щодо виконання індивідуального завдання	Протягом 2 тижня
2	Усний зворотний зв'язок від викладача та студентів щодо виконання індивідуального завдання	Протягом 4 тижня
3	Усний зворотний зв'язок від викладача та студентів щодо аналітичного огляду з презентацією	Протягом 6 тижня
4	Письмовий тест з елементами проблемних завдань	Протягом 8 тижня

6. НАВЧАЛЬНІ РЕСУРСИ (ЛІТЕРАТУРА)

6.1. Основні джерела:

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.- 264 с.
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. 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.
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., Антошевський Б.- Суми: Видавництво «МакДен», 2012.-280 с.
6. Bhushan B. Modern Tribology Handbook Vol. 1 - Principles of Tribology (2001). 1760p.
7. Introduction to tribology / Bharat Bhushan. – Second edition. John Wiley & Sons (2013). 738p.
8. The tribology handbook [electronic resource] / edited by M.J. Neale. - 2nd ed. Butterworth-Heinemann, (1995), 640p.
9. Antoszewski B., Tarelnik W., Konopliaczhenko J. Poprawa odporności na zużycie frettingowe w sprzęgłach z elastycznymi elementami metalowymi. W: Wybrana Problematyka w Technologiach Inżynierii Mechanicznej: Monografie, Studia, Rozprawy, M 135. redakcja Radek N., Sęk P. Kielce, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, 2020, pp. 67-76.
10. Selected problems of surface engineering and tribology: Monografie, Studia, Rozprawy, M 85/ V. Martsynkovskyy, V. Tarelnyk, B. Antoszewski, Ie. Konoplianchenko, A. Zhukov and etc.; edited by B. Antoszewski, V. Tarelnyk - Kielce: Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, 2016. – 111p.
11. V. Tarelnyk, V. Martsynkovskiy, Ie. Konoplianchenko. Electroerosive alloying modes optimization at formation of a special microrelief on bronze sliding bearings friction surfaces Selected problems of mechanical engineering and maintenance. Monography, edited by Norbert Radek.- Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej. - Kielce, 2012. – 188p. (P.98-103). http://bc.tu.kielce.pl/127/1/Radek_Selected.pdf
12. Tarelnyk V., Konoplianchenko Ie., Martsynkovskyy V., Zhukov A., Kurp P. Comparative Tribological Tests for Face Impulse Seals Sliding Surfaces Formed by Various Methods, In: Ivanov V. et al. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing. DSMIE 2018. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham, (2019), 382, https://doi.org/10.1007/978-3-319-93587-4_40

6.2. Додаткові джерела:

- 13.Тарельник В.Б. Управление качеством поверхностных слоев деталей комбинированным электроэрозионным легированием.- Сумы.: МакДен, 2002.-323с.
- 14.В.Б. Тарельник, В.С. Марцинковский, Б. Антошевский. Повышение качества подшипников скольжения: Монография.- Сумы: Издательство «МакДен», 2006.-160 с.
- 15.V. Tarelnyk, D. Hlushkova, V. Martsynkovskyy, M. Dumanchuk, B. Antoszewski, Cz. Kundera, Ie. Konoplianchenko, N. Tarelnyk, S. Hudkov, A. Zahorulko. Increasing fretting resistance of flexible element pack for rotary machine flexible coupling Part 1. Analysis of the reasons affecting fretting resistance of flexible elements for expansion couplings. Journal of Physics: Conference Series. **1741** (2021) pp. 012048-1 – 012048-11. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1741/1/012048>
- 16.Antoszewski B, Gaponova O P, Tarelnyk V B, Myslyvchenko O M, Kurp P, Zhylenko T I, Konoplianchenko I. Assessment of Technological Capabilities for Forming Al-C-B System Coatings on Steel Surfaces by Electrospark Alloying Method. Materials. 2021; 14(4):739. <https://doi.org/10.3390/ma14040739>
- 17.Tarelnyk V., Konoplianchenko Ie, Gaponova O., Antoszewski B., Kundera Cz., Martsynkovskyy V., Dovzhyk M., Dumanchuk M., Vasilenko O. (2020) Application of multicomponent wear-resistant nanostructures formed by electrospark allowing for protecting surfaces of compression joints parts. In: Pogrebnjak A., Bondar O. (eds) Microstructure and Properties of Micro- and Nanoscale Materials, Films, and Coatings (NAP 2019). Springer Proceedings in Physics, Chapter 18, vol 240. Springer, Singapore, pp 195-209. https://doi.org/10.1007/978-981-15-1742-6_18
- 18.Pliszka I., Radek N., Corrosion Resistance of WC-Cu Coatings Produced by Electrospark Deposition, Procedia Engineering, Vol. 192, 2017, pp. 707-712, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.06.122>
- 19.Pablo D. Enrique, Zhen Jiao, Norman Y. Zhou, Ehsan Toyserkani, Dendritic coarsening model for rapid solidification of Ni-superalloy via electrospark deposition, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 258, (2018), pp 138-143. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2018.03.023>
- 20.Burkov, A.A. Wear resistance of electrospark WC–Co coatings with different iron contents, Journal of Friction and Wear (2016) Volume 37, Issue 4, pp 385–388. <https://doi.org/10.3103/S1068366616040048>
- 21.Anisimov E., Khan A.K., Ojo O.A. Analysis of microstructure in electro-spark deposited IN718 superalloy// Materials Characterization, Vol. 119, 2016, pp. 233-240. <https://doi.org/10.1016/j.matchar.2016.07.025>
- 22.Padgurskas J., Kreivaitis R., Rukuiža R, Mihailov V., Agafii V., Kriūkienė R., Baltušnikas A. Tribological properties of coatings obtained by electro-spark alloying C45 steel surfaces//Surface and Coatings Technology, Vol. 311, 2017, pp. 90-97, <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2016.12.098>
- 23.Xiang Hong, Ke Feng, Ye-fa Tan, Xiao-long Wang, Hua Tan, Effects of process parameters on microstructure and wear resistance of TiN coatings deposited on

- TC11 titanium alloy by electrospark deposition, Transactions of Nonferrous Metals Society of China, Vol. 27, Issue 8, (2017), pp 1767-1776. [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(17\)60199-7](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(17)60199-7)
24. T. Penyashki, G. Kostadinov, I. Morteve, E. Dimitrova, Investigation of properties and wear of WC, TiC and TiN based multilayer coatings applied onto steels C45, 210CR12 AND HS6-5-2 deposited by non-contact electrospark process, Journal of the Balkan Tribological Association, Vol. 23, No 2, 325–342 (2017). <https://www.researchgate.net/publication/322199533>
25. Ph.V. Kiryukhantsev-Korneev, A.N. Sheveyko, N.V. Shvindina, E.A. Levashov, D.V. Shtansky, Comparative study of Ti-C-Ni-Al, Ti-C-Ni-Fe, and Ti-C-Ni-Al/Ti-C-Ni-Fe coatings produced by magnetron sputtering, electro-spark deposition, and a combined two-step process, Ceramics International, Vol. 44, Issue 7, (2018), pp 7637-7646. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2018.01.187>
26. Tarel'nik, V.B., Paustovskii, A.V., Tkachenko, Y.G. *et al.* Electric-spark coatings on a steel base and contact surface for optimizing the working characteristics of babbitt friction bearings. *Surf. Engin. Appl. Electrochem.* **53**, 285–294 (2017). <https://doi.org/10.3103/S1068375517030140>
27. Tarel'nik, V.B., Paustovskii, A.V., Tkachenko, Y.G. *et al.* Electrospark Graphite Alloying of Steel Surfaces: Technology, Properties, and Application. *Surf. Engin. Appl. Electrochem.* **54**, 147–156 (2018). <https://doi.org/10.3103/S106837551802014X>
28. Tarel'nik, V.B., Konoplyanchenko, E.V., Kosenko, P.V. *et al.* Problems and Solutions in Renovation of the Rotors of Screw Compressors by Combined Technologies. *Chem Petrol Eng* **53**, 540–546 (2017). <https://doi.org/10.1007/s10556-017-0378-7>
29. Tarelnyk, V.B., Paustovskii, A.V., Tkachenko, Y.G. *et al.* Electrode Materials for Composite and Multilayer Electrospark-Deposited Coatings from Ni–Cr and WC–Co Alloys and Metals. *Powder Metall Met Ceram* **55**, 585–595 (2017). <https://doi.org/10.1007/s11106-017-9843-2>
30. V. Tarelnyk *et al.*, "New Method of Friction Assemblies Reliability and Endurance Improvement", Applied Mechanics and Materials, Vol. 630, pp. 388-396, 2014 <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.630.388>