

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

Кафедра технічного сервісу

«Затверджую»

**Завідувач кафедри
«Технічний сервіс»
«__» _____ 2019 р.**

_____ **(В.Б.Тарельник)**

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Триботехніка

**Спеціальність: *для аспірантів спеціальності
133 «Галузеве машинобудування»***

Факультет: *Інженерно-технологічний факультет*

2019 – 2020 навчальний рік

Робоча програма з дисципліни «*Триботехніка*» для аспірантів спеціальності 133 «*Галузеве машинобудування*».

Розробник: Тарельник В.Б., д.т.н., професор

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри *технічного сервісу*.
Протокол від «27» травня 2019 року № 16

Завідувач кафедри технічного сервісу _____ (Тарельник В.Б.)

Погоджено:

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

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

Методист навчального відділу _____ (_____)

Зареєстровано в електронній базі: дата: _____ 201__ р.

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»	<i>Нормативна</i>
Модулів –	Напрямок підготовки: Спеціальність: 133 «Галузеве машинобудування»	Рік підготовки:
Змістових модулів:		2019-2020
		Курс
		1
		Семестр
Загальна кількість годин – 90		1-й
		Лекції
		22 год.
		Практичні, семінарські
		Лабораторні
		22 год.
		Самостійна робота
		46 год.
		Індивідуальні завдання:
		Вид контролю:
		<i>екзамен</i>
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента - 4,18	Освітньо-науковий рівень доктор філософії	

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

для денної форми навчання - 49/51 (44/46)

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: придбання аспірантами необхідного обсягу знань для вивчення закономірностей, що діють у процесі виготовлення машин, із метою використання цих закономірностей для забезпечення якості машин при найменшій собівартості, а також виконання ними розрахунків деталей машин на зношування; вивчення методів боротьби зі зношуванням і зниженню втрат на марне тертя; закласти основи для самостійної роботи фахівців в області тертя й зношування машин і механізмів і більше поглибленого вивчення цих питань самостійно.

Завдання: вивчення основних науково-технічних проблем й перспектив розвитку галузей техніки, які відповідають спеціальній підготовці з погляду галузевого машинобудування, їх взаємозв'язок із суміжними областями, шляхи рішення проблем зношування деталей і вузлів різними методами.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

знати: основні об'єкти, явища й процеси, пов'язані із проблемами технології машинобудування, 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; методика й принцип роботи встаткування для нанесення протизносоносних, протизносоносних покриттів; прийоми розрахунків параметрів, що оцінюють зносостійкість, інтенсивність зношування, швидкість зношування, припустимий знос й ін.;

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

2. Програма навчальної дисципліни

Тема 1. Вступ. Основні поняття і визначення. Вступ в науку "Галузеве машинобудування". Основні поняття і визначення. Класифікація технологічних процесів і форми технологічної документації. Форми і принципи організації технологічних процесів механічної обробки і складання.

Тема 2. Властивості металів і сплавів. Загальна характеристика металів. Механічні властивості. Фізичні, хімічні й технологічні властивості.

Тема 3. Основи базування. Класифікація поверхонь. Основи базування виробів. Класифікація баз і приклади їхньої реалізації. Умовні позначення баз у технологічній документації. Типові позначення схем базування на операційних ескізах. Правила вибору баз.

Тема 4. Точність і якість у машинобудуванні. Точність та її показники щодо деталей машин. Економічна і досяжна точність. Методи досягнення точності при механічній обробці і складанні. Методи досягнення точності замикаючої ланки при складанні. Основні чинники, що впливають на точність обробки. Похибка установки заготовки ϵ_u перед обробкою. Геометричні похибки верстата Δ верст. Похибка налагодження верстата Δ_n . Похибка від температурних деформацій Δ_t елементів Т- системи. Похибка від зносу різального інструмента Δ_{zn} . Похибка від пружних деформацій Δ_{pr} елементів Т –системи. Шорсткість поверхні і методи її цінки. Вплив якості поверхні на експлуатаційні властивості деталей машин.

Тема 5. Основи проектування технологічних процесів. Основні принципи проектування технологічних процесів. Вихідна інформація для проектування технологічних процесів. Основні етапи і послідовність проектування технологічних процесів. Методи проектування технологічних процесів. Визначення типу виробництва, такту випуску і партії запуску. Відпрацювання конструкції виробу на технологічність. Вибір способу виготовлення вихідної заготовки. Призначення припусків на обробку поверхонь. Вихідні дані для розрахунку припусків. Методи визначення припусків. Сутність дослідно – статистичного методу. Формування маршруту обробки заготовки. Вибір верстатів, пристосувань, інструментів. Технічне нормування виконання операцій.

Тема 6. Аналіз видів зносу робочих поверхонь. 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.

Тема 7. 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.

Тема 8. Конструктивні способи підвищення зносостійкості деталей. Знос робочих органів машин. Тертя в підшипнику ковзання. Тертя котіння. Основні поняття про механізм зношування пар тертя. Механізм зношування металевих поверхонь. Механізм зношування полімерів і гуми. Стадії зношування пар тертя.

Тема 9. Змазування деталей машин. Матеріали для тертьових пар. Про розташування пар тертя по твердості. Змазування деталей сполучення. Фізико-хімічні характеристики мастильних матеріалів. Відкладення на деталях у мастильній системі Вибір мастильних матеріалів. Контрольні і запобіжні пристрої. Змазування вузлів при експлуатації.

Тема 10. Технологічні способи підвищення зносостійкості деталей. Поверхневе загартування. Цементация. Азотування. Іонне азотування. Борування. Інші методи підвищення зносостійкості деталей.

Тема 11. Комбіновані технології зміцнення та ремонту поверхонь деталей. Комбіновані технології зміцнення поверхонь деталей. Багатошарові електроерозійні покуриття. ЕЕЛ з наступним ППД. ЕЕЛ з наступним іонним азотуванням. ЕЕЛ з наступним епіламіруванням.

Тема 12. 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.

4. Теми та план лекційних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	<p>Тема 1: Вступ. Основні поняття і визначення.</p> <p>План:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вступ в науку "Галузеве машинобудування". 2. Основні поняття і визначення. 3. Класифікація технологічних процесів і форми технологічної документації. 4. Форми і принципи організації технологічних процесів механічної обробки і складання. 	2
2	<p>Тема 3: Основи базування.</p> <p>План:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Класифікація поверхонь. 2. Основи базування виробів. 3. Класифікація баз і приклади їхньої реалізації. 	2
3	<p>Тема 4: Точність і якість у машинобудуванні.</p> <p>План:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Точність та її показники щодо деталей машин. 2. Економічна і досяжна точність. 3. Методи досягнення точності при механічній обробці і складанні. 	2
4	<p>Тема 5: Основи проектування технологічних процесів.</p> <p>План:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Основні принципи проектування технологічних процесів. 2. Вихідна інформація для проектування технологічних процесів. 3. Основні етапи і послідовність проектування технологічних процесів. 	2
5	<p>Тема 6. Аналіз видів зносу робочих поверхонь.</p> <p>План:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Аналіз основних причин зниження надійності й довговічності деталей. 2. Зношування металевих поверхонь. 3. Абразивне зношування. 4. Види й характеристики зношування. 5. Кавітаційне зношування 	2
6	<p>Тема 6: Аналіз видів зносу робочих поверхонь.</p> <p>План:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Зношування при фретінг корозії та інші види зношування. 2. Властивості поверхонь деталей. 3. Залишкові напруги, структурні і фазові перетворення. 4. Фізико-хімічні властивості поверхонь. 5. Адсорбційний ефект зниження міцності (ефект Ребіндера). 6. Контакткування деталей. 	2

7	<p>Тема 7: “Ефект незношування. Енергетичні критерії тертя та зносу».</p> <p>План:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Класифікація деталей роторних машин, для яких актуальне керування якістю поверхневих шарів. 2. Загальні відомості про знос деталей роторів. Торцеві ущільнення. Підшипники ковзання. Робочі колеса. 3. Ефект не зношування. Енергетичні критерії тертя і зношування. 4. Аналіз існуючих критеріїв зносу металевих поверхонь. 5. Розробка математичної моделі зносу покриттів металевих поверхонь деталей. 	2
8	<p>Тема 8: “Конструктивні способи підвищення зносостійкості деталей”.</p> <p>План:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Знос робочих органів машин. 2. Тертя в підшипнику ковзання. Тертя котіння. 3. Основні поняття про механізм зношування пар тертя. 	2
9	<p>Тема 10: “Технологічні способи підвищення зносостійкості деталей”.</p> <p>План:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Поверхнєве загартування. 2. Цементация. 3. Азотування. 	2
10	<p>Тема 10. Технологічні способи підвищення зносостійкості деталей.</p> <p>План:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Іонне азотування. 1. Борування. 2. Інші методи підвищення зносостійкості деталей. 	2
11	<p>Тема 11: Комбіновані технології зміцнення поверхонь деталей.</p> <p>План:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Комбіновані технології зміцнення поверхонь деталей. 2. Багатошарові електроерозійні покуриття. ЕЕЛ з наступним ППД. 	2
	Разом	22

5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Енергетичні критерії тертя і зношування.	2
2	Вивчення основ електроерозійного легування (ЕЕЛ).	2
3	Вивчення обладнання для ЕЕЛ	2
4	Виконання розрахунків масопереносу при ЕЕЛ.	2
5	Виконання розрахунків товщини покриття при ЕЕЛ	2
6	Виконання розрахунків шорсткості поверхні при ЕЕЛ	2
7	Виконання розрахунків мікротвердості при ЕЕЛ”	2
8	Вивчення загальних відомостей про поверхнєве пластичне деформування (ППД)	2
9	Розрахунок геометричних параметрів контактуючих тіл залежно від мікротвердості структури сформованих ЕЕЛ покриттів.	2
10	Визначення інтенсивності пластичної деформації ϵ_{i0} в центрі контакту ролика з валом і глибини h_s поширення пластичної деформації під вм'ятиною.	2
11	Визначення геометричних параметрів вогнища деформації, а також глибини наклепаного шару h_s й інтенсивності деформації ϵ_{i0}	2
	Разом	22

6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 2: Властивості металів і сплавів. Загальна характеристика металів. Механічні властивості. Фізичні, хімічні й технологічні властивості.	-
2	Тема 3: Основи базування. Умовні позначення баз у технологічній документації. Типові позначення схем базування на операційних ескізах. Правила вибору баз.	6
3	Тема 4: Точність і якість у машинобудуванні. Методи досягнення точності замикаючої ланки при складанні. Основні чинники, що впливають на точність обробки. Похибка установки заготовки ε _у перед обробкою. Геометричні похибки верстата Δ _{верст} . Похибка налагодження верстата Δ _н . Похибка від температурних деформацій Δ _т елементів Т- системи. Похибка від зносу різального інструмента Δ _{зн} . Похибка від пружних деформацій Δ _{пр} елементів Т –системи. Шорсткість поверхні і методи її цінки. Вплив якості поверхні на експлуатаційні властивості деталей машин.	4
4	Тема 5: Основи проектування технологічних процесів. Методи проектування технологічних процесів. Визначення типу виробництва, такту випуску і партії запуску. Відпрацювання конструкції виробу на технологічність. Вибір способу виготовлення вихідної заготовки. Призначення припусків на обробку поверхонь. Вихідні дані для розрахунку припусків. Методи визначення припусків. Сутність дослідно – статистичного методу. Формування маршруту обробки заготовки. Вибір верстатів, пристосувань, інструментів. Технічне нормування виконання операцій.	6
5	Тема 8. Комбіновані технології зміцнення поверхонь деталей. Механізм зношування металевих поверхонь. Механізм зношування полімерів і гуми. Стадії зношування пар тертя.	6
6	Тема 9. Зносостійкість вузлів тертя в умовах експлуатації. Матеріали для тертьових пар. Про розташування пар тертя по щільності. Змазування деталей сполучення. Фізико-хімічні характеристики мастильних матеріалів. Відкладення на деталях у мастильній системі Вибір мастильних матеріалів. Контрольні і обіжні пристрої. Змазування вузлів при експлуатації.	-
7	Тема 11: Комбіновані технології зміцнення поверхонь деталей. ЕЕЛ з наступним іонним азотуванням. ЕЕЛ з наступним епіламіруванням.	-
8	Тема 12. 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.	4
	Разом	42

7. Методи навчання

1. Методи навчання за джерелом знань:

1.1. Словесні: розповідь, 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, практична робота, 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.

2.5. Традуктивний 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, екскурсії, заняття на виробництві, групові дослідження, самооцінка знань, імітаційні методи навчання (побудовані на імітації майбутньої професійної діяльності), 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).

8. Методи контролю

1. Рейтинговий контроль за 100-бальною шкалою оцінювання ЄКТС

2. Проведення проміжного контролю протягом семестру (проміжна атестація)

3. Полікритеріальна оцінка поточної роботи здобувачів:

- результати виконання та захисту практичних робіт;
- експрес-контроль під час аудиторних занять;
- самостійне опрацювання теми в цілому чи окремих питань;
- виконання аналітично-розрахункових завдань.

9. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота													СРС	Разом за модулі та СРС	Атестація	Підсумковий тест - екзамен	Сума
Змістовий модуль 2 - 20 балів					Змістовий модуль 3 - 20 балів												
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12						
4	4	4	4	4	2	2	2	2	4	4	4	15	55 (40+15)	15	30	100	

10. Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
75-81	C		
69-74	D	задовільно	
60-68	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

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.- 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., Анташевський Б..- Суми: Видавництво «МакДен», 2012.-280 с.

Допоміжна

1. Тарельник В.Б. Управление качеством поверхностных слоев деталей комбинированным электроэрозионным легированием.- Сумы.: МакДен, 2002.-323с.
2. В.Б. Тарельник, В.С. Марцинковський. Модернізація и ремонт роторних машин: Монографія.- Суми: Видавництво “Козацький вал” 2005.- 364 с.
3. В.Б. Тарельник, В.С. Марцинковський, Б. Антошевський. Повышение качества подшипников скольжения: Монография.- Сумы: Издательство «МакДен», 2006.-160 с.
4. Bhushan B. Modern Tribology Handbook Vol. 1 - Principles of Tribology (2001). 1760p.
5. Introduction to tribology / Bharat Bhushan. – Second edition. John Wiley & Sons (2013). 738p.
6. The tribology handbook [electronic resource] / edited by M.J. Neale. - 2nd ed. Butterworth-Heinemann, (1995), 640p.
7. Selected problems of surface engineering and tribology: Monografie, Studia, Rozprawy, M 85/ V. Martsynkovskyy, V. Tarellyk, B. Antoszewski, Ie. Konoplianchenko, A. Zhukov and etc.; edited by B. Antoszewski, V.Tarellyk - Kielce: Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, 2016. – 111p.
8. V. Tarellyk, 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

- Świątokrzyskiej. - Kielce, 2012. – 188p. (P.98-103).
http://bc.tu.kielce.pl/127/1/Radek_Selected.pdf
9. 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
 10. 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>
 11. 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>
 12. 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>
 13. 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>
 14. 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)
 15. 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>
 16. 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>
 17. 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>
 18. Salmaliyan M., Malek Ghaeni F., Ebrahimnia M. Effect of electro spark deposition process parameters on WC-Co coating on H13 steel// Surface and

- Coatings Technology, Vol. 321, 2017, pp. 81-89.
<https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2017.04.040>
19. Tarel'nik, V.B., Paustovskii, A.V., Tkachenko, Y.G. et al. Surf. Engin. Appl. Electrochem. (2017) 53: 285. <https://doi.org/10.3103/S1068375517030140>
20. Tarel'nik, V.B., Paustovskii, A.V., Tkachenko, Y.G. et al. Surf. Engin. Appl. Electrochem. (2018) 54: 147. <https://doi.org/10.3103/S106837551802014X>
21. Tarel'nik, V.B., Konoplyanchenko, E.V., Kosenko, P.V. et al. Chem Petrol Eng (2017) 53: 540. <https://doi.org/10.1007/s10556-017-0378-7>
22. Tarel'nyk, V.B., Paustovskii, A.V., Tkachenko, Y.G. et al. Powder Metall Met Ceram (2017) 55: 585. <https://doi.org/10.1007/s11106-017-9843-2>
23. V. Tarel'nyk and V. Martsynkovskyy, "Upgrading of Pump and Compressor Rotor Shafts Using Combined Technology of Electroerosive Alloying", Applied Mechanics and Materials, Vol. 630, pp. 397-412, 2014
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.630.397>
24. V. Tarel'nyk 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>