

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.02/2/133.00.1/М /ОК 09-2024
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк</i>

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
для самостійної роботи
з навчальної дисципліни
«РОБОЧИ ПРОЦЕСИ ВИСОКИХ ТЕХНОЛОГІЙ»

для студентів освітнього рівня «Магістр»
Спеціальність: 133 «Галузеве машинобудування»
Освітньо-професійна програма «Галузеве машинобудування»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій,
мехатроніки і робототехніки
Кафедра механічної інженерії

Розробник:
професор кафедри механічної інженерії,
к.т.н., доц., ВИГОВСЬКИЙ Георгій

Житомир
2024

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.02/2/133.00.1/М /ОК 09-2024
	Екземпляр № 1	Арк

Виговський Г.М. Методичні рекомендації для самостійної роботи з навчальної дисципліни «Робочі процеси високих технологій» для студентів освітнього рівня «магістр» спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування». – Житомир: «Житомирська політехніка», 2024. – 19 с.

Методичні рекомендації розроблено у відповідності до робочих навчальних програм дисципліни «Робочі процеси високих технологій» та враховують сучасні вимоги щодо фахової підготовки магістрів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання.

Методичні рекомендації можуть бути використані студентами при курсовому та дипломному проектуванні.

Розробник:

к.т.н., доц., професор
кафедри механічної інженерії

Виговський Георгій

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.02/2/133.00.1/М /ОК 09-2024
	Екземпляр № 1	Арк

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
ТЕМАТИКА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ.....	4
ПИТАННЯ ДО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ.....	8
ЛІТЕРАТУРА.....	25

ВСТУП

Метою вивчення дисципліни є набуття знань, формування навичок та умінь здобувачів вищої освіти з:

робочих процесів високих технологій, які використовуються на наукоємних виробництвах;

аналізу основних тенденцій розвитку машинобудування та порівняння різних концепцій комп'ютеризованого інтегрованого виробництва;

нових способів виготовлення виробів, структури технологічних процесів відповідно до вимог ринку;

класифікації високих технологій за ступенем точності та рівнем функціональних властивостей та алгоритмів їх розробки;

високошвидкісних та екологічно-орієнтованих процесів різання, ролі дозованої подачі МОТС в зону обробки тощо;

засобів забезпечення робочих процесів високих технологій прецизійним технологічним оснащенням, діагностичними системами, засобами контролю, а також щодо парадигм виробництва майбутнього, перспектив застосування штучного інтелекту, виявлення нових потенціалів високих технологій.

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

- поглиблення знань з методів використання високих технологій;
- вивчення можливостей конвенціональних методів та технічних засобів, які можуть бути використані для розробки та реалізації високих технологій на основі новітніх здобутків науки і досягнень в техніці;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.02/2/133.00.1/М /ОК 09-2024
	Екземпляр № 1	Арк

– розвиток обсягу знань з сучасних уявлень про високі технології, їх зміст та досягнення.

1. ТЕМАТИКА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Табл. 1

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
Змістовий модуль 1. Аналіз етапів і концепцій розвитку машинобудівного виробництва			
1.	Концепція комп'ютеризованого інтегрованого виробництва. Аналіз робіт присвячених історії створення комп'ютеризованого інтегрованого виробництва та його переваг. Хронологія розробки комп'ютеризованого інтегрованого виробництва та його основних компонентів.	6,0	6,0
2.	Концепція виробництва «Lean Production» та концепція СІМ другого покоління. Аналіз відмінності концепції комп'ютеризованого інтегрованого виробництва від «Lean Production». Основні ознаки «Lean Production» та їх переваги. Визначити їх основні характеристики та принципи їх створення. Аналіз загальної схеми удосконалення виробництва. Встановити на яких принципах базується концепція СІМ другого покоління та заходи інтеграції принципів СІМ з «Lean Production».	6,0	10,0
Змістовий модуль 2. Аналіз етапів і концепцій розвитку машинобудівного виробництва			
3.	Високі технології в машинобудуванні. Встановити основні ознаки високих технологій та фундамент, на якому вони створюються. Аналіз робіт з основних ознак високих технологій. Визначити структуру високих технологій. Витоки високих технологій обробки матеріалів. Вимоги до компетентності спеціалістів в області високих технологій.	6,0	10,0
4.	Робочі процеси як основа високих технологій.	6,0	10,0

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.02/2/133.00.1/М /ОК 09-2024
	Екземпляр № 1	Арк

	Принципові ознаки робочих процесів високих технологій. Цільові робочі процеси високих технологій та засоби їх реалізації. Вплив підвищення вимог до точності обробки деталей на співвідношення окремих видів обробки. Класифікація робочих процесів за ступенями досяжної точності і функціональних властивостей. Приблизний порядок розробки робочих процесів високих технологій.		
Змістовий модуль 3. Робочі процеси високих технологій обробки деталей різанням надтвердими матеріалами.			
5.	Робочі процеси алмазного шліфування надтвердих матеріалів. Проблеми обробки шліфуванням надтвердих матеріалів. Характеристики надтвердих матеріалів та їх класифікація. Нові робочі процеси спроможні забезпечити необхідні функціональні, економічні та екологічні властивості виробів з надтвердих полікристалічних матеріалів (НТПМ). Основні закономірності руйнації НТПМ у процесі алмазного шліфування. Взаємозв'язок вихідних показників шліфування і параметрів робочої поверхні кругів. Оптимізація процесу шліфування.	4,0	10,0
6.	Робочі процеси різання алмазними лезовими інструментами та інструментами із полікристалічних надтвердих матеріалів та процеси мікрофрезерування інтерметалідів. Характеристики алмазного лезового інструмента. Вплив характеристик алмазів на конструювання та виготовлення лезового алмазного інструмента. Особливості контактних процесів у зоні різання алмазного та неалмазного інструментів. Відмінність стружкоутворення при алмазному точінні по відношенню до процесів звичайного різання. Сили та теплові явища при різанні алмазним лезовим інструментом. Якісні характеристики оброблених деталей при обробці алмазним лезовим інструментом. Особливості фізико-механічних характеристик інструментів оснащених надтвердими нітридами бору (ННБ). Відмінність процесу обробки інструментами з	16,0	16,0

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.02/2/133.00.1/М /ОК 09-2024
	Екземпляр № 1	Арк

	<p>ННБ по відношенню до алмазного інструменту. Основні характеристики процесу різання, переваги та особливості використання. Особливості використання багатолезових різальних інструментів при обробці плоских поверхонь. Конструктивні рішення інструментів, оснащених надтвердими матеріалами, для чистового торцевого фрезерування плоских поверхонь. Розвиток технологій обробки інтерметалідів (матеріалів з пам'яттю форми) методами мікрофрезерування. Особливості фізико-механічних характеристик нітинолів (низька теплопровідність, висока питома теплоємність, низький коефіцієнт ефективний модуль пружності) та вплив геометрії різальних інструментів та режиму різання на процеси мікрорізання та якісні характеристики обробки.</p>		
<p>Змістовий модуль 4. Робочі процеси, які базуються на високошвидкісному різанні, та екологічно орієнтованих процесах обробки матеріалів</p>			
7.	<p>Робочі процеси, які базуються на високошвидкісному різанні. Поняття про високошвидкісне різання та його реалізація для забезпечення високих технологій. Основні вимоги до технологічних систем для реалізації процесів високошвидкісної обробки. Особливості обробки деталей з різними фізико-механічними характеристиками. Фізичні особливості високошвидкісного різання. Вплив швидкості різання на сили різання, знос інструментів тепловиділення та температуру в зоні різання. Якісні показники процесів обробки.</p>	8,0	10,0
8.	<p>Екологічно орієнтовані процеси обробки матеріалів. Характеристика екологічно орієнтованого виробництва. Основні напрями зниження негативного впливу змащувально-охолоджуючих технологічних середовищ (ЗОТС) на навколишнє середовище. Застосування засобів ефективного знешкодження ЗОТС. Застосування модифікованих та</p>	6,0	10,0

альтернативних ЗОТС. Мінімізація подачі ЗОТС у зону різання та використання у процесах «сухого» різання. Вплив інструментів та виду обробки на потенціал сухого різання. Використання покриттів різальних інструментів у процесах сухого різання. Переваги та особливості процесів тангенціального різання.		
--	--	--

2. ПИТАННЯ ДО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Табл. 2

№ п/п	Текст завдання
1.	Які заходи передбачає комп'ютеризоване інтегроване виробництво (СІМ)?
2.	Високопродуктивні виробничі системи зміщують свою діяльність з області безпосереднього виготовлення в яку область?
3.	Що змінює комп'ютеризоване інтегроване виробництво (СІМ)?
4.	Що дозволило утворити гнучку виробничу систему?
5.	Що є основним компонентом СІМ?
6.	Визначення основних компонентів СІМ.
7.	Особливості функціонування основних компонентів СІМ.
8.	Які функції виконує СІМ?
9.	Які задачі вирішує СІМ?
10.	Які функції комп'ютеризованої автоматизованої системи САД?
11.	Які функції комп'ютеризованої автоматизованої системи САР?
12.	Які функції комп'ютеризованої автоматизованої системи САМ?
13.	Які функції комп'ютеризованої автоматизованої системи САQ?
14.	Які функції комп'ютеризованої автоматизованої системи САА?
15.	Що у «Lean Production» автоматизуються насамперед?
16.	В основі продуктивної праці «Lean Production» є заходи?
17.	Що є вищою ціллю «Lean Production»?
18.	Основні принципи для «Lean Production»?
19.	Для «Lean Production» є ряд основних принципів.
20.	Основні принципи для «Lean Production»?
21.	Основні принципи для «Lean Production»?
22.	Що дозволяє зробити сукупність принципів «Lean Production»?
23.	Що необхідно зробити для інтеграції принципів «Lean Production» і концепції СІМ?
24.	Які заходи потрібні з інтеграції принципів «Lean Production» і концепції СІМ?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.02/2/133.00.1/М /ОК 09-2024
	Екземпляр № 1	Арк

25.	Що передбачає інтеграція принципів «Lean Production» і концепції СІМ?
26.	Для звичайних робочих процесів досяжний рівень точності складає?
27.	Для точних робочих процесів досяжний рівень точності складає?
28.	Для надзвичайно точних робочих процесів досяжний рівень точності складає?
29.	Як позначається полікристалічний алмаз, синтезований при високих тисках і температурах?
30.	Як позначається алмаз або полікристалічний алмаз, отриманий хімічним осадженням із газової фази при низькому тиску?
31.	Як позначається кубічний нітрид бору?
32.	Скільки складає межа теплостійкості полікристалічних алмазів?
33.	Який матеріал має найвищу твердість?
34.	Які надтверді матеріали мають анізотропію властивостей у залежності від орієнтації?
35.	Які НТМ мають найнижчий коефіцієнт тертя?
36.	Для яких інструментальних матеріалів швидкість різання 50–60 м/хв при обробці конструкційних сталей є граничною?
37.	Для яких інструментальних матеріалів швидкість різання 15–20 м/хв при обробці конструкційних сталей є граничною?
38.	Для яких інструментальних матеріалів швидкість різання 250–300 м/хв при обробці конструкційних сталей є граничною?
39.	Для яких інструментальних матеріалів швидкість різання 1000 м/хв при обробці конструкційних сталей є граничною?
40.	Для яких інструментальних матеріалів швидкість різання 5–10 м/хв при обробці конструкційних сталей є граничною?
41.	Для яких інструментальних матеріалів швидкість різання 500–600 м/хв при обробці конструкційних сталей є граничною?
42.	Які інструменти мають теплостійкість до 200 °С?
43.	Які інструменти мають теплостійкість до 250–300°С?
44.	Які інструменти мають теплостійкість до 600–650°С?
45.	Які інструменти мають теплостійкість до 800–1100°С?
46.	Які інструменти мають теплостійкість до 1200°С?
47.	Які інструменти мають теплостійкість до 1300°С?
48.	Які інструменти мають теплостійкість до 700–800°С?
49.	Які інструменти мають радіус округлення різальної кромки $\rho=3-5$ мкм?
50.	Які інструменти мають радіус округлення різальної кромки $\rho=5-15$ мкм?
51.	Які інструменти мають радіус округлення різальної кромки $\rho=20-30$ мкм?
52.	Які інструменти мають радіус округлення різальної кромки $\rho=40-50$ мкм?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.02/2/133.00.1/М /ОК 09-2024
	Екземпляр № 1	Арк

53.	Твердість яких інструментальних матеріалів складає 83...87HRC?
54.	Твердість яких інструментальних матеріалів складає 88...92HRC?
55.	Твердість яких інструментальних матеріалів складає 90...94HRC?
56.	Які інструментальні матеріали мають найнижчий коефіцієнт тертя?
57.	При збільшенні швидкості різання коефіцієнт тертя збільшується при різанні якими інструментальними матеріалами?
58.	Для яких інструментів при збільшенні швидкості різання коефіцієнт тертя зменшується?
59.	Усадка стружки при збільшенні швидкості різання збільшується для яких інструментів?
60.	Усадка стружки при збільшенні швидкості різання зменшується при різанні якими інструментами?
61.	При збільшенні швидкості різання сили різання збільшуються при різанні якими інструментами?
62.	При збільшенні швидкості різання сили різання зменшуються при різанні якими інструментами?
63.	При зношуванні інструментів сили різання суттєво не збільшуються при різанні якими інструментами?
64.	При алмазному точінні найбільше впливає на температуру в зоні різання який параметр режиму різання?
65.	Як змінюється температура різання при алмазному точінні при збільшенні швидкості різання?
66.	Що дозволяє зробити сукупність принципів «Lean Production»?
67.	При обробці деталей алмазним точінням в поверхневому шарі наявні які дефекти?
68.	При обробці міді, латуні, алюмінію алмазними різцями який виникає характер зносу?
69.	При обробці кольорових металів і сплавів, що містять тверді включення, алмазними різцями який характер зносу?
70.	При обробці титанових і вольфрамових сплавів алмазними різцями який характер зносу?
71.	Довжина шляху різання не залежить від швидкості різання при обробці яких матеріалів?
72.	Довжина шляху різання не залежить від швидкості різання при обробці яких матеріалів?
73.	Довжина шляху різання залежить від швидкості різання при обробці яких матеріалів?
74.	Довжина шляху різання залежить від швидкості різання при обробці яких матеріалів?
75.	Довжина шляху різання залежить від швидкості різання при обробці яких матеріалів?
76.	Шорсткість обробки практично не залежить від швидкості різання при обробці якими інструментами?
77.	Найбільше на шорсткість обробки при алмазному точінні впливає який режим різання?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.02/2/133.00.1/М /ОК 09-2024
	Екземпляр № 1	Арк

78.	При різанні сталі інструментами із ельбору зі збільшенням швидкості різання як змінюється коефіцієнт тертя?
79.	При різанні сталі інструментами із ельбору зі зменшенням швидкості різання як змінюється коефіцієнт тертя?
80.	Як впливає різання загартованих сталей лезовим інструментом із нітриду бору по відношенню до обробки твердосплавними інструментами на сили різання?
81.	Як змінюється температура в зоні різання при обробці загартованих сталей різцями з нітриду бору по відношенню до традиційної обробки?
82.	Що є основним недоліком традиційних чистових торцевих фрез?
83.	При обробці яких деталей використовують розподіл припуску за подачею?
84.	При обробці яких деталей використовують розподіл припуску за глибиною різання?
85.	Який приймається передній кут для ножів фрез, оснащених НТМ?
86.	Скільки складає задній кут для фрез НТМ?
87.	Для стандартних чистових торцевих фрез, оснащених НТМ, чому дорівнює подача на зуб, мм/зуб?
88.	Після чистового фрезерування інструментом, оснащеним НТМ, які дефекти виникають у поверхневому шарі?
89.	Для чого підвищувати швидкості різання при механічній обробці?
90.	При збільшенні швидкості різання сили різання збільшуються при обробці якими інструментами?
91.	Найбільшу відносну різальну здатність при високих швидкостях різання мають які інструменти?
92.	При збільшенні швидкості різання як змінюється потужність різання?
93.	При високошвидкісній обробці як змінюється підготовчо-заклучний час?
94.	Як змінюється допоміжний час при високошвидкісній обробці?
95.	Як змінюються амортизаційні відрахування при високошвидкісній обробці?
96.	Як змінюється стійкість інструмента при високошвидкісній обробці?
97.	Фрезерування алюмінію зі швидкістю різання ≤ 500 м/хв. відноситься до якої обробки?
98.	Фрезерування алюмінію зі швидкістю різання 500-2500 м/хв. відноситься до якої обробки?
99.	Фрезерування алюмінію зі швидкістю різання 2500-7500 м/хв. відноситься до якої обробки?
100.	Фрезерування алюмінію зі швидкістю різання ≥ 7500 м/хв. відноситься до якої обробки?
101.	Які швидкості шліфування загартованих сталей відносяться до високошвидкісної обробки?
102.	При збільшенні швидкості різання як змінюється температура шліфування?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.02/2/133.00.1/М /ОК 09-2024
	Екземпляр № 1	Арк

103.	При традиційній швидкості фрезерування інструмент переважно зношується за яким видом ізносy?
104.	При високій швидкості фрезерування інструмент переважно зношується за яким видом ізносy?
105.	Зниження тепловиділення при високошвидкісній обробці досягається якими засобами?
106.	Зниження тепловиділення при високошвидкісній обробці досягається якими заходами?
107.	При високошвидкісному сухому різанні зі збільшення швидкості обробки як змінюються сили різання?
108.	При високошвидкісному сухому різанні зі збільшення швидкості обробки як змінюється шорсткість обробки?
109.	При високошвидкісному сухому різанні зі збільшення швидкості обробки як змінюється потужність різання?
110.	Для чистової обробки плоских поверхонь обладнання повинно мати радіальне биття яке не перевищує якої величини?
111.	Для чистової обробки плоских поверхонь торцевим фрезеруванням амплітуда коливань не повинна перевищувати яких значень, мкм?
112.	Скільки складає швидкість різання при високошвидкісній обробці титанових сплавів, м/хв?
113.	Скільки складає швидкість різання при високошвидкісній обробці сталі, м/хв?
114.	Скільки складає швидкість різання при високошвидкісній обробці алюмінієвих сплавів, м/хв?
115.	При використанні кругів із кубічного нітриду бору найбільша стійкість кругів фіксується при яких швидкостях, м/с?
116.	При збільшенні швидкості різання при використанні кругів із кубічного нітриду бору підвищений знос круга відбувається при яких швидкостях, м/с?
117.	Використання сухого різання при високошвидкісному шліфуванні знижує питому продуктивність по відношенню із застосуванням ЗОТС на скільки відсотків?
118.	Як впливає на шорсткість обробки використання сухого різання при високошвидкісному шліфуванні по відношенню із застосуванням ЗОТС?
119.	Глибинне шліфування відбувається при яких швидкостях різання, м/с?
120.	Високошвидкісне шліфування відбувається при яких швидкостях різання, м/с?
121.	Що розробляє інтегрований робочий процес – Rapid Prototyping у фазі попереднього розвитку?
122.	Що розробляє інтегрований робочий процес – Rapid Prototyping у фазі передсерійного виготовлення?
123.	Що розробляє інтегрований робочий процес – Rapid Prototyping у фазі створення прототипу?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.02/2/133.00.1/М /ОК 09-2024
	Екземпляр № 1	Арк

124.	Скільки прототипів зразків виготовляє інтегрований робочий процес – Rapid Prototyping у фазі створення:
125.	У якій послідовності розробляється функціональна структура інтегрованого робочого процесу – Rapid Prototyping: 1. одержання тривимірної математичної моделі виробу; 2. оптимізація конструкції; 3. трансформація теоретичної моделі в сукупність двовірних моделей; 4. створення програм комп'ютерного керування променем лазера; 5. пошарове одержання виробу?
126.	Функціональна структура інтегрованого робочого процесу – Rapid Prototyping розробляється у наступній послідовності: 1. одержання тривимірної математичної моделі виробу; 2. оптимізація конструкції; 3. трансформація теоретичної моделі в сукупність двовірних моделей; 4. створення програм комп'ютерного керування променем лазера; 5. пошарове одержання виробу?
127.	Функціональна структура інтегрованого робочого процесу – Rapid Prototyping розробляється у наступній послідовності: 1. одержання тривимірної математичної моделі виробу; 2. оптимізація конструкції; 3. трансформація теоретичної моделі в сукупність двовірних моделей; 4. створення програм комп'ютерного керування променем лазера; 5. пошарове одержання виробу?
128.	Яке умовне позначення способу стереолітографії?
129.	Яке умовне позначення способу вибіркового лазерного спікання?
130.	Яке умовне позначення способу виготовлення шаруватих об'єктів?
131.	Які способи матеріалізації об'єктів з застосуванням використання лазерної техніки для обробки фотополімерів?
132.	Які способи матеріалізації об'єктів з застосуванням використання лазерної техніки для обробки термопластів?
133.	Які способи матеріалізації об'єктів з застосуванням використання лазерної техніки для обробки фольги, паперу?
134.	Які способи матеріалізації об'єктів застосуванням використання лазерної техніки для обробки кераміки?
135.	Які способи матеріалізації об'єктів застосуванням використання лазерної техніки для обробки металів?
136.	При мінімізації подачі ЗОТС витрати дозуються у яких межах мл/хв?
137.	Відносна стійкість при свердлінні, зенкеруванні та розгортанні значно збільшується при використанні яких процесів?
138.	Для реалізації процесів сухого різання з метою збільшення стійкості інструмента необхідно здійснити які заходи?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.02/2/133.00.1/М /ОК 09-2024
	Екземпляр № 1	Арк

139.	Процеси сухого різання інструментами с нанесеними покриттями дозволяють отримати які коефіцієнти тертя при обробці сталі?
140.	При різанні інструментами з покриттями як змінюються сили різання?
141.	При нанесенні покриттів на інструменти їх стійкість збільшується на скільки відсотків?
142.	Яка назва пристроїв для автоматичного пошуку несправностей?
143.	Що повинен забезпечувати попередній контроль?
144.	Для досягнення точності обробки 0,001 мкм необхідно використовувати які інструментальні матеріали?
145.	Для досягнення точності обробки 0,01 мкм необхідно які використовувати інструментальні матеріали?
146.	Для досягнення точності обробки 0,1 мкм необхідно використовувати які інструментальні матеріали?
147.	Для досягнення точності обробки 1 мкм необхідно використовувати які інструментальні матеріали?
148.	Для досягнення точності обробки 10 мкм необхідно використовувати які інструментальні матеріали?
149.	Оцінку геометричних і мікрогеометричних параметрів поверхні деталі з досяжною точністю 0,001 мкм виконують якими методами?
150.	Оцінку геометричних і мікрогеометричних параметрів поверхні деталі з якою досяжною точністю 0,01 мкм виконують?
151.	Оцінку геометричних і мікрогеометричних параметрів поверхні деталі з досяжною точністю 0,1 мкм виконують якими методами?
152.	Оцінку геометричних і мікрогеометричних параметрів поверхні деталі з досяжною точністю 1 мкм виконують якими методами?
153.	Оцінку стану матеріалу поверхневого шару при досяжній точності 0,001 мкм здійснюють якими методами?
154.	Оцінку стану матеріалу поверхневого шару при досяжній точності 0,01 мкм здійснюють якими методами?
155.	Оцінку стану матеріалу поверхневого шару при досяжній точності 0,1 мкм здійснюють якими методами?
156.	Оцінку стану матеріалу поверхневого шару при досяжній точності 1 мкм здійснюють якими методами?
157.	Дослідження характеристик поверхневого шару при глибині поверхневого шару 100-1000 мкм здійснюють на якому рівні точності?
158.	Дослідження характеристик поверхневого шару при глибині поверхневого шару 1-0,1 мкм здійснюють на якому рівні точності?
159.	Дослідження характеристик поверхневого шару при глибині поверхневого шару 0,01-0,001 мкм здійснюють на якому рівні точності?
160.	Наночастками прийнято називати утворення із зв'язаних атомів або молекул з розмірами менше яких розмірів?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.02/2/133.00.1/М /ОК 09-2024
	Екземпляр № 1	Арк

161.	Як називається процес розділення, збірки і зміни властивостей матеріалів шляхом дії на них одним атомом або молекулою речовини?
162.	Як називається міждисциплінарна галузь науки, яка вивчає закономірності фізико-хімічних процесів в просторових областях манометрових розмірів?
163.	Як називається вид діяльності по створенню продукції на основі наноматеріалів, нанотехнологій і наносистемної техніки?
164.	На використанні яких процесів побудовані генеративні технології?
165.	Під застосуванням технічного інтелекту в машинах та пристроях розуміють які здатності?
166.	Якими способами здійснюється матеріалізація тримірних моделей виробів із фотополімерів?
167.	Якими способами здійснюється матеріалізація тримірних моделей виробів із термопластів?
168.	Якими способами здійснюється матеріалізація тримірних моделей виробів із фольги?
169.	Якими способами здійснюється матеріалізація тримірних моделей виробів із кераміки?
170.	Якими способами здійснюється матеріалізація тримірних моделей виробів із металу?
171.	Яка назва способу стереолітографії?
172.	Яка назва способу вибіркового лазерного спікання?
173.	Яка назва способу виготовлення шаруватих об'єктів?
174.	Яка назва способу багатофазного отвердіння струменя?
175.	Яка назва способу основного термічного впливу?
176.	Яка назва способу виготовлення з використанням балістики?
177.	Яка назва способу виготовлення спрямованим світлом?
178.	Яка назва способу прямого блокового виготовлення оболонки?
179.	Яка назва способу виготовлення за принципом трикоординатного глибокого друку?
180.	При лезовій обробці деталей різцями з НТМ у поверхневому шарі формуються напруги якого знаку?
181.	При різанні загартованих сталей різцями з НТМ температура в зоні різання досягає яких значень?
182.	Який час впливу високої температури при різанні загартованих сталей різцями з НТМ на контактну поверхню виробу, сек?
183.	Досяжна точність при лезовій і абразивній обробці складає, мкм?
184.	При тонкому точінні, шліфуванні і хонінгуванні досяжна точність складає, мкм?
185.	При різанні лезовим інструментом із НТМ досяжна точність складає, мкм?
186.	При ультрапрезиційному різанні досяжна точність складає, мкм?
187.	При іоннопроменевої обробці досяжна точність складає, мкм?
188.	При електролітичній та електроерозійній обробці досяжна точність складає, мкм?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.02/2/133.00.1/М /ОК 09-2024
	Екземпляр № 1	Арк

189.	При електролітичному поліруванні та прецизійній електроабразивній обробці досяжна точність складає, мкм?
190.	При електролітичному прецизійному поліруванні досяжна точність складає, мкм?
191.	При механічно-хімічній доводці досяжна точність складає, мкм?
192.	При нетрадиційних методах Rapid Prototyping досяжна точність складає, мкм?
193.	При фотолітографії лазерній та електронно-променевої обробці досяжна точність складає, мкм?
194.	При прецизійній фотолітографії досяжна точність складає, мкм?
195.	При лазерній доводці досяжна точність складає, мкм?
196.	При атомній молекулярній чи іоннопроменевої обробці досяжна точність складає, мкм?
197.	Композит 01 має назву?
198.	Композит 10 має назву?
199.	Композит 02 має назву?
200.	При високошвидкісній обробці практично відсутній який вид зносу інструмента?

3. ІНДИВІДУАЛЬНІ САМОСТІЙНІ ЗАВДАННЯ

Індивідуальним самостійним завданням під час вивчення дисципліни «Робочі процеси високих технологій» є виконання аналізу технології обробки деталей на обраному студентом підприємстві, розгляду сучасного стану справ з використання:

- високих технологій на підприємстві;
- застосування у виробничому процесі CAD, CAM, CAQ систем,
- наукоємних технологій;
- інструментів, оснащених сучасними інструментальними матеріалами;
- процесів високошвидкісної обробки;
- екологічно чистих технологій.

Об'єктом індивідуального завдання може бути конкретна технологія обробки деталі машинобудівних виробництв або виріб машинобудівного виробництва, що характерний для нашого регіону.

Порядок виконання індивідуального завдання:

- аналіз обраної студентом технології обробки деталі;
- аналіз системи планування та підготовки об'єкта виробництва;
- оцінка стану технологічного оснащення та рівня автоматизації процесу обробки;
- внесення можливих змін у технологію обробки з використанням робочих процесів високих технологій;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.02/2/133.00.1/М /ОК 09-2024
	Екземпляр № 1	Арк

- внесення пропозицій щодо можливих змін обладнання та систем автоматизації.

Оформлення здійснюється у вигляді презентації, в якій відображаються всі етапи виконання роботи.

4. Теми індивідуальних навчально-дослідницьких завдань

1. Дати загальну характеристику сучасного машинобудування.
2. У чому суть концепції СІМ?
3. Дати характеристику концепції «худого виробництва».
4. Які риси концепції СІМ-II?
5. Визначити роль надійності технологічних процесів.
6. Оцінити роль перспективних технологій у виробництві майбутнього.
7. Дати оцінку ролі технічного інтелекту у виробництві майбутнього.
8. Охарактеризувати роль і значення нетрадиційних технологій.
9. Розкрити зміст поняття «високі технології».
10. Основні ознаки високих технологій (ВТ)?
11. Що Ви розумієте під технічним та кадровим забезпеченням ВТ?
12. Які витоки високих технологій?
13. Які вимоги до спеціалістів, що займаються ВТ?
14. Дати характеристику цільових робочих процесів.
15. Навести класифікацію робочих процесів за ступенем досяжної точності.
16. Згрупувати види обробки за ступенем досяжної точності.
17. Дати характеристику засобів забезпечення робочих процесів ВТ.
18. Охарактеризувати засобів контролю поверхні та поверхневого шару, які застосовуються у різноманітних діапазонах точності обробки.
19. Оцінити місце робочого процесу у високих технологіях.
20. Яким критерієм повинен відповідати робочий процес ВТ?
21. Який приблизний порядок розробки робочих процесів ВТ?
22. Дати оцінку проблеми оброблюваності надтвердих матеріалів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.02/2/133.00.1/М /ОК 09-2024
	Екземпляр № 1	Арк

23. Навести класифікацію надтвердих матеріалів, та їх основні властивості.
24. Значення комплексності розробки проблеми оброблюваності надтвердих полікристалічних матеріалів (НТПМ) і розширення технологічних можливостей алмазного шліфування.
25. Фізичні передумови ефективної обробки НТПМ алмазним шліфуванням.
26. Роль субмікрорельєфу алмазних зерен у формуванні локальних зон мікроруйнування при високошвидкісному контактуванні з надтвердим матеріалом
27. Процеси, що активуються тепловиділенням при шліфуванні, що сприяє зрізанню НТПМ і впливають на стан поверхні і поверхневого шару?
28. Причини аномально швидкого зниження різальних властивостей і вихідних показників алмазного шліфування НТПМ (у традиційному виконанні).
29. Зв'язок між змінами параметрів робочої поверхні круга, фізичних явищ і вихідних показників шліфування НТПМ.
30. Зв'язок характеру й інтенсивності зносу алмазних зерен із висотою їхнього виступання над зв'язкою.
31. Сформулювати загальну умову ефективності алмазного шліфування НТПМ.
32. Сутність структурно-топографічної пристосовуваності робочого профілю круга (РПК).
33. Методологія керування різальними властивостями кругів у процесі шліфування?
34. Комплексність керування профілем і рельєфом робочої поверхні алмазних кругів при змінних умовах шліфування?
35. Зв'язка круга, як головний об'єкт керування робочою поверхнею кругів у процесі шліфування.
36. Як обґрунтувати принцип рівності інтенсивності розмірного зносу зерен та інтенсивності примусового видалення зв'язки?
37. Засоби шліфування з безупинним керуванням рельєфом, повздовжнім і поперечним профілями робочої поверхні алмазних кругів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.02/2/133.00.1/М /ОК 09-2024
	Екземпляр № 1	Арк

38. Значення структурних схем процесів шліфування з безперервним керуванням повздовжнім і поперечним профілями РПК.
39. Фізичні особливості шліфування НТПМ із керуванням РПК.
40. Порівняти технологічні показники шліфування НТПМ із керуванням РПК та без керування.
41. Нові методичні можливості дослідження працездатності кругів.
42. Універсальність принципу комплексного керування РПК.
43. Перспективи розвитку робочого процесу шліфування з керуванням РПК.
44. Характеристики і позначення алмазних надтвердих матеріалів.
45. Характеристики алмазних інструментів.
46. Особливості стружкоутворення при алмазному точінні.
47. Вплив режимів різання на деформацію стружки при алмазному точінні.
48. Сили різання при алмазному і тонкому точінні.
49. Різниця між радіальною складовою сили різання та тангенціальною.
50. Сили на задніх поверхнях алмазних інструментів.
51. Вплив режимів обробки на складові сили різання.
52. Особливості теплових явищ при алмазному точінні.
53. Особливості впливу швидкості на температуру різання при алмазному точінні.
54. Розподіл теплових джерел у процесі алмазного точіння.
55. Механізми зносу і стійкості алмазних різців при обробці різноманітних матеріалів.
56. Вплив швидкості різання на ресурс алмазних різців при обробці різноманітних матеріалів.
57. Інтенсивний знос алмазних різців при обробці сталі.
58. Вплив режимів різання і зносу алмазного різця на шорсткість обробленої поверхні.
59. Принципи вибору критеріїв зносу алмазних різців.
60. Особливості конструкції та геометрії різальної частини алмазних різців.
61. Основні вимоги до інструментальних матеріалів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.02/2/133.00.1/М /ОК 09-2024
	Екземпляр № 1	Арк

62. Переваги надтвердих інструментальних матеріалів на основі нітридів бору.
63. Основні області застосування нітридоборних надтвердих інструментальних матеріалів.
64. Особливості лезової обробки загартованих сталей різцями з ПНТМ.
65. Особливості стружкоутворення при точінні та розточуванні загартованих сталей різцями з кубічного нітриду бору.
66. Вплив режимів різання на характеристики стружкоутворення при точінні загартованих сталей різцями з надтвердих нітридів бору?
67. Вплив параметрів обробки на стійкість інструмента і довжину шляху різання при точінні та розточуванні загартованих сталей різцями з ельбору та гексаніту.
68. Вплив технологічних режимів обробки на якість поверхневого шару оброблюваної поверхні при точінні та розточуванні загартованих сталей.
69. Особливість обробки полігонних поверхонь із загартованих сталей.
70. Швидкісні діапазони при точінні та розточуванні загартованих сталей інструментами з ПНТМ.
71. Оцінка перевагам і перспективам технологічних процесів обробки, що базуються на використанні інструментів з надтвердих нітридів бору.
72. Роль і значення багатолезової обробки інструментами з надтвердих матеріалів для сучасних технологічних процесів.
73. Основні конструктивні рішення інструментів для чистового торцевого фрезерування.
74. Основні шляхи досягнення високої якості обробки плоских поверхонь при багатолезовій обробці.
75. Використання основних схем зрізання припуску при торцевому фрезеруванні?
76. Основні технічні рішення при конструюванні торцевих фрез, оснащених НТМ.
77. Фактори, які впливають на працездатність багатолезових інструментів, оснащених НТМ.
78. Розрахунок сил різання при торцевому фрезеруванні.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.02/2/133.00.1/М /ОК 09-2024
	Екземпляр № 1	Арк

79. Вплив режиму різання та геометрії інструмента на якість обробки.
80. Вимоги до обладнання для чистової обробки плоских поверхонь.
81. Характеристика оптичних полімерів та області їх застосування.
82. Основні типи оптичних полімерних виробів та особливості формоутворення.
83. Основні закономірності мікромеханіки процесу лезової обробки оптичних полімерів.
84. Особливості контактних процесів взаємодії різального інструмента та оптичних полімерів.
85. Значення та переваги високошвидкісного різання.
86. Як створення нових марок інструментальних матеріалів впливало на діапазон застосовуваних швидкостей різання.
87. Фізичні особливості високошвидкісного різання, що визначають позитивний ефект при його застосуванні.
88. Роль тепловиділення і температури при високошвидкісному шліфуванні.
89. Особливості застосування рідких і твердих ЗОТС при шліфуванні.
90. Роль кінематичного, швидкісного та статистичного ефектів при високошвидкісному шліфуванні.
91. Порівняльні характеристики глибинного, звичайного та високошвидкісного шліфування.
92. Переваги застосування кругів із КНБ (CBN).
93. Основні групи методів одержання покриттів та модифікації поверхневого шару.
94. Суть методу іонно-термічного нанесення покриттів.
95. Синтез покриттів із плазми електродугового розряду з гарячим та холодним катодом.

96. Механізм утворення покриття.
97. Особливості методу комплексної поверхневої іонно-плазмової обробки.
98. Методи контролю якості нанесення покриттів.
99. Ідеологія прискореного виготовлення виробів або прототипів RP.
100. Загальні риси способів матеріалізації тримірних математичних моделей виробів.
101. Екологічно орієнтовані технологічні процеси.
102. Основні напрямки зниження негативної дії змащувально-охолоджуючих технологічних середовищ (ЗОТС).
103. Переваги та недоліки надлишкової та мінімальної подачі ЗОТС.
104. Переваги та недоліки «сухого» різання.
105. Процес тангенціального точіння його переваги та недоліки.
106. Основні етапи технічної діагностики.
107. Основні ознаки, що характеризують сферу нанотехнологій.

ЛІТЕРАТУРА

Основна література

1. Робочі процеси високих технологій у машинобудуванні: Підручник /А.І. Грабченко, М.В. Верезуб, Ю.М. Внуков, П.П. Мельничук, Г.М. Виговський/; за ред. А.І. Грабченка. – Житомир: ЖДТУ, 2011. – 507 с.
2. Підвищення ефективності обробки плоских поверхонь торцевим фрезеруванням: Монографія/ П.П. Мельничук, Г.М. Виговський, О.А. Громовий, В.М. Бушля, В.Ю. Лоев/ – Житомир: ЖДТУ, 2017. – 277 с.
3. Міжнародний збірник наукових праць “Високі технології машинобудування” засновано Національним технічним університетом “Харківський політехнічний інститут” (НТУ “ХПІ”), кафедра "Інтегровані технології машинобудування" імені М. Ф. Семка (Свідоцтво Державного комітету інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України КВ

№7839 від 08.09.2003).

4. Підвищення ефективності фрезерної обробки за рахунок використання систем моніторингу динамічних характеристик/ Скоркін А.О., Кондратюк О.Л., Старченко О.П., Камчатна-Степанова К.В. - *Машинобудування*, 2021, №27, С. 76-86.

5. Балицька Н.О. Особливості торцевого фрезерування сплавів Ni-Ti з ефектом пам'яті форми// *Технічна інженерія*. – 2022. – № 2 (90). – С. 3–12.

6. Виговський Г.М., Громовий О.А. Дослідження особливостей зношування різального інструменту при високошвидкісній обробці//*Процеси механічної обробки в машинобудуванні*, 2009.-Випуск 7 .- С.38.

7. Виговський Г.М., Громовий О.А. Особливості процесів стружкоутворення при високошвидкісній обробці//*Вісник Житомирського державного технологічного університету*, 2009. - №3 (50) . - С.6.

8. Новіков М.В., Шепелев В.О., Клименко С.А., Лавріненко В.І. Технології механообробки інструментами з надтвердих матеріалів і твердих сплавів у ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України // *Процеси механічної обробки в машинобудуванні* . – 2005 . – Вип. 2 – с. 91 – 101.

9. Внуков Ю.М., Папашев К.О. Оцінка ефективності використання високошвидкісної обробки під час виготовлення формуютьючих поверхонь прес-форм для виробів типу "решітка">//*Вісник Житомирського державного технологічного університету*, 2003.-2.-№2 (26) .- С. 37.

10. Томашевський О.О., Балицька Н.О., Прилипко О.І. Скінченно-елементне моделювання процесу мікрофрезерування// *Технічна інженерія*. 2024. Вип. 1 (93). С. 81-86.

11. Vyhovskiy H., Plysak M., Balytska N., Melnyk O., Hlembotska L. (2021) Engineering Methodology for Determining Elastic Displacements of the Joint «Spindle Assembly-Face Milling Cutter» While Machining Planes. In: Tonkonogyi V. et al. (eds) *Advanced Manufacturing Processes II*. InterPartner 2020. Lecture Notes in Mechanical

Engineering. Springer, Cham. P. 258-268. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68014-5_26.

12. Balytska N., Kryzhanivskyy V., Melnychuk P., Vyhovskyi H., Moskvina P. The Multifractal Analysis of Periodic Surface Relief of Parts After Face Milling. Advanced Manufacturing Processes V. InterPartner 2023. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer. Cham. 2024. pp. 117-126.

13. Vyhovskyi H., Plysak M., Balytska N., Hlembotska L., Otamanskyi V. Numerical Simulation of Cutting Forces in Face Milling. Advanced Manufacturing Processes IV. InterPartner 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer. Cham. 2023. pp. 222 – 231

14. Виговський Г.М., Громовий О.А., Оверчук Д.М., Шишкова О.А. Особливості процесів високошвидкісного різання лезовими інструментами. Технічна інженерія. 2024. Вип. 1(93). С. 39–44.

15. Виговський Г.М., Плисак М.М., Глембоцька Л.Є., Голубовський А.В. Удосконалення конструкції торцевої ступінчастої фрези для фінішної обробки плоских поверхонь деталей. Технічна інженерія. 2024. Вип. 1(93). С. 45-51.

16. Виговський Г. М., Громовий О. А., Плисак М. М. Дослідження впливу сил різання при чистовому торцевому фрезеруванні на процеси формоутворення оброблюваних поверхонь. Технічна інженерія. 2023. Вип. 2 (92). С. 53-59.

17. Глембоцька Л.Є., Балицька Н.О., Мельничук П.П., Мельник О.Л., Виговський Г.М. Системно-структурний підхід до удосконалення конструкцій різальних інструментів. Технічна інженерія. 2023. Вип. 2(92). С. 60-66.

18. Пилипенко, О. М., Громовий, О. А., Виговський, Г. М. Програмні продукти для автоматизованого розв'язання задач промислової робототехніки в механоскладальних виробництвах машино- та приладобудування. Технічна інженерія. 2019. Вип. 1 (91), С. 67–76.

19. Виговський Г. М., Громовий О. А., Плисак М. М. Аналіз впливу схем розташування формоутворюючих різальних елементів на процеси деформації торцевих ступінчастих фрез. *Технічна інженерія*. 2023. Вип. 1 (91). С. 42-49.

20. Vyhovskiy H., Balytska N., Plysak M., Otamanskyi V. Influence of oblique geometry of cutting inserts of finishing face mills on cutting forces. *Scientific Journal of TNTU*. 2022. Vol. 4 (108). P. 54-63.

21. Виговський Г.М., Громовий О.А., Балицька Н.О., Глембоцька Л.Є. Удосконалення процесу чистового торцевого фрезерування плоских поверхонь деталей малої ширини. *Технічна інженерія*. 2021. Вип. 1(87). С. 13-20.

22. Hlembotska L., Balytska N., Melnychuk P., Vyhovskiy H. Structural improvement of face mills designs based on systems approach. *Scientific Journal of TNTU*. 2021. Vol. 101 (1). pp. 102-114.

23. Громовий О.А., Виговський Г.М., Балицька Н.О. Шляхи удосконалення процесу обробки плоских поверхонь деталей фрезеруванням. *Технічна інженерія*. 2020. Вип. 2(86). С. 48-53.

24. Виговський Г.М., Плисак М.М. Дослідження напружено-деформованого стану торцевої фрези для чистової обробки площин // *Вісник ЖДТУ: технічні науки*. – Житомир: ЖДТУ, 2019. – № 1 (83). – С. 53-58.

Допоміжна література

1. Numerical Simulation of Cutting Forces in Face Milling / *H.Vyhovskiy and other* // *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. – 2022. – P. 222–231.

2. Anand R.S. Modeling and Simulation of Mechanical Micro-Machining – A Review / R.S. Anand, K.Patra // *Machining Science and Technology*. – 2014. – Vol. 18, № 3. – P. 323–347. DOI: 10.1080/10910344.2014.925377. *Fachtagung* Високі технології в машинобудуванні (ISSN 2078-7677) und Tradition – Tagungsband, 45

Jahre Institut Fertigungstechnik und Qualitätssicherung, 15 – 16 Mai, 1998, Magdeburg.

3. Hohe Prozesssicherheit, hohe Leistung hohe Präzision - 7. Internationales Braunschweiger Feinbearbeitungs - KoHoquium (FBK), 2–4 Mai, 1993, Vulkan – Verlag Essen.

4. INCO-COPERNICUS 96/4070. Coordinateur: Professor A. Mamalis. Complex methods for examination of surface layer features.

5. Jakawa K, Donaldson R.R., Komanduri R., König W., McKeown P.A., Moriwaki T., Stowers J.F. 1991. Ultraprecision Metal Cutting – the Past, the Present und Future. Annals of the CIRP, vol. 40/2/1991.

6. Lean Production. Tagungsband. Band 1 und 2. – Technische Universität Otto von Guericke Magdeburg, 1992.