

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування інституту, факультету)

Металорізальні верстати та інструмент

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

Магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему «Оцінка технологічних можливостей сучасних модельних матеріалів
та інструментальне забезпечення їх лезової обробки»

Виконав: студент ____ курсу, групи МЗ-219м

Спеціальності 133 Галузеве машинобудування
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Металорізальні верстати та системи

Денщиков А.Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Глушко П.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Віценко М.С.

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра Метанормальні верстати та інструменти
 Ступінь вищої освіти магістр
 Спеціальність 133 Тамтудеве машинобудування
 (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Метанормальні верстати та системи
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Григор'єв В.В.
 « 15 » 12 2020 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Демиденко Андрій Георгійович
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Оцінка технологічних можливостей
сучасних модельних матеріалів та інструментальне
забезпечення їх цільової обробки
 Керівник проєкту (роботи) Гришко Павло Васильович
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом закладу вищої освіти від « » 20 року №

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 7 грудня 2020 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Технічні характеристики
середньо-швидкостного верстата Woodrucker серії
SAMARO

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) проаналізувати сучасні модельні матеріали;
порівняти характеристики різних типів інженерних матеріалів;
створити технологію обробки майстер-моделі
"Герб"

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
презентація виконана за допомогою програмного
забезпечення Power Point

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	при виконанні завдання
1	Гуменко П.В.		
2	Гуменко П.В.		
3	Гуменко П.В.		
4	Гуменко П.В.		
5	Шмигирь В.П.		
	керівник проекту ЛС		

7. Дата видачі завдання « 24 » 02 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)
1	Загальні відомості про майстер-модалі та технології їх виготовлення	24.03.2020
2	Аналіз сучасних модельних матеріалів та їх оброблюваності	29.05.2020
3	Інструментальне здійснення обробки модельних матеріалів	30.06.2020
4	Створення технології обробки	26.09.2020
5	Охорона праці та безпека у навчально-виробничих ситуаціях	23.11.2020

Студент(ка)

(підпис)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

	Вступ.....	5
1	Загальні відомості про майстер-моделі. Технології їх виготовлення.....	7
2	Аналіз сучасних модельних матеріалів та їх оброблюваності.....	9
2.1	Пластики для створення майстер моделей.....	9
2.2	Загальні поняття про лезову обробку інженерних пластиків.....	26
2.3	Типові проблеми при обробці інженерних пластиків та способи їх вирішення.....	32
2.4	Порівняння характеристик різних типів інженерних пластиків.....	34
3	Інструментальне забезпечення обробки модельних матеріалів.....	38
4	Приклад створення технології обробки майстер-моделі.....	54
4.1	Вибір обладнання для обробки майстер-моделі.....	55
4.2	Вибір та опис заготовки.....	58
4.3	Маршрут обробки поверхонь.....	60
4.4	Обґрунтування вибору технологічних баз і розрахунок сили затиску.....	61
4.5	Вибір інструменту та оснащення.....	64
4.6	Вибір режимів різання та хронометраж часу.....	69
4.7	Розрахунок сили затиску.....	71
4.8	Розрахунок шпинделя на вигин.....	73
4.8.1	Аналіз вихідних даних.....	73
4.8.2	Розрахунок шпинделя на вигин.....	73
4.8.3	Захисне огородження.....	75
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	76
	Висновки.....	78
	Список літератури.....	79
	Додаток А.....	81

ВСТУП

ПЗ: сторінок – 97, рисунків – 34, таблиць – 41, літературних джерел – 12.

Машинобудування - важлива галузь народного господарства України.

Від стану його розвитку залежить розвиток економіки країни, добробут населення, розвиток науки, техніки, медицини, тощо. На сучасному етапі перед машинобудуванням стоять такі завдання:

- випуск високоякісної продукції;
- ремонт і модернізація діючого виробничого парку;
- підвищення рівня використання матеріалів;
- підвищення рівня завантаження устаткування;
- підвищення продуктивності виробництва за рахунок застосування прогресивних технологій, високоякісних матеріалів і автоматизації технологічних процесів;
- зниження собівартості виготовлення виробів за рахунок застосування технологічних і економічних матеріалів;
- впровадження енергозберігаючих технологій;
- застосування альтернативних матеріалів і конструкцій, які б підвищували технологічні показники деталі.

У дипломному проекті виконано аналіз сучасних модельних матеріалів для створення майстер-моделей. Розглянуті типові проблеми при роботі з модельними пластиками. Проведена порівняльна характеристика модельних матеріалів та обраний матеріал для майстер-моделі. Проведено аналіз інструментального забезпечення, яке можна використовувати на верстаті, розрахований шпиндель на вигин. Розроблено приклад створення технології обробки деталі «Герб»; вибрано технологічне обладнання, оснащення,

ріжучий і допоміжний інструмент; проведені розрахунки режимів різання, трудове нормування, зроблені заходи по техніці безпеки при роботі за комп'ютером.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО МАЙСТЕР МОДЕЛІ. ТЕХНОЛОГІЇ ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ

Майстер-модель- це виготовлена вручну або на верстаті первинна модель, яка є прототипом майбутнього об'єкта для відливу його копій за допомогою різних технологій [1].

Переваги майстер-моделей

- Можливість наочного уявлення майбутнього виробу;
- Невисока вартість;
- Швидкість виготовлення майстер-моделі;
- Можливість доопрацювання моделі, до запуску всієї партії у виробництво;
- Можливість оцінити функціональність майбутніх виробів.

Технології виготовлення майстер-моделей

Майстер модель - це модель, яку в подальшому використовують для відливу різних ювелірних виробів, виробів з олова, смоли, пластиків, металів, сплавів, полімерів та інших. Така модель повинна бути дуже точною, так як саме по ній буде виготовлятися потрібний виріб. Точність майстер-моделі дуже важлива, її розміри повинні відповідати розмірам виготовленого об'єкта. Будь-яка похибка може привести до заводського браку цілої партії товару. Тому виготовляється майстер-модель в натуральну величину.

Майстер модель виготовляється в декілька етапів. Ці етапи для всіх видів майстер моделей в основному стандартні.

Першим етапом є створення тривимірної моделі, тобто отримання 3D файлу, який дає загальне поняття про потрібний об'єкт.

Без тривимірної моделі не вийде майстер модель, а згодом і готовий виріб. 3D модель враховує всі розміри, деталі та вузли, які будуть входити в конструкцію майстер моделі.

Наступним етапом є створення майстер моделі. Це означає, що модель переноситься з 3D файлу в фізичний матеріал, в якості якого найчастіше виступає олово, гума, поліуретан, смола, пластик, рідше дерево.

Технологічний процес виготовлення майстер моделі може включати створення окремих деталей, а вже потім їх складання в єдине ціле.

Найбільш популярними методами виготовлення майстер - моделей є: 3D друк за технологією FDM, SLS, SLA і ін., токарно-фрезерний верстат з ЧПК, і ручний спосіб виготовлення.

Завершувальним етапом виготовлення майстер моделі є доведення робочої поверхні виробу до ідеального стану. Тобто, на моделі не повинно бути вибоїн, нерівностей, відколів, потертостей. Це все ретельно полірується, вирівнюється.

Останній етап – найбільш важливий, адже від нього залежить подальший створення деталей на основі майстер моделі.

2 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МОДЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЇХ ОБРОБЛЮВАНOSTI

2.1 Пластики для створення майстер-моделей

В якості матеріалу для виготовлення майстер-моделей зазвичай використовується група пластиків, що має назву інженерних або конструкційних, які мають дуже широкий спектр властивостей, тому є можливість вибрати необхідний тип пластику в залежності від властивостей кінцевого виробу.

Інженерні (конструкційні) полімери відрізняються постійною робочою температурою від 100 до 150°C. Фторовмісні смоли, надвисокомолекулярний поліетилен і всі термопластичні пластмаси, а також інші полімерні суміші і модифіковані матеріали на їх основі також відносяться до інженерних пластиків [2,3].

До основних типів інженерних пластиків відносять:

- Поліамід (ПА)
- Поліоксиметилен (ПОМ)
- Поліетилентерeftалат (ПЕТ)
- Поліефірефіркетон (ПЕЕТ)
- Поліефірімід (ПЕІ)
- Поліфенілсульфід (ПФС)
- Поліфенілсульфон (ПФСУ)
- Високомолекулярний поліетилен
- Політетрафторетилен (ПТФЕ)

До основних властивостей інженерних пластиків відносять:

1. невелика щільність, що має особливе значення для комплексного зниження ваги кінцевих виробів – транспортних засобів і літаків;

2. співвідношення міцності і розтягування до якості конструкційних пластиків з високоміцними і склопластиками становить 1700 ~ 4000, в той час як цей же показник для сталі складає близько 1600;

3. хороша хімічна стабільність, хороша корозійна стійкість до кислот та основних органічних розчинників;

4. відмінна електропровідність;

5. зносостійкі, можуть знизити коефіцієнт тертя;

6. висока термостійкість і стабільність розмірів;

7. ударостійкі.

Далі більш докладно розглянемо властивості кожного виду інженерних пластиків та сфери їх використання.

ПОЛІАМІД (ПА)

Вироби з цього матеріалу використовуються майже у всіх сферах діяльності людини. Це відмінний інженерний і електроізоляційний матеріал, який знайшов найширше застосування в радіотехнологіях, електротехніці, автомобілебудуванні, авіаційній і приладобудівній галузі, сфері нафтопереробки, при виробництві меблів тощо [3].

Технічні характеристики поліаміду.

Широке використання поліаміду визначається його відмінними технічними і експлуатаційними характеристиками. Основні переваги даного матеріалу:

- Висока твердість;
- Має хороші показники ковзання;
- Дуже стійкий до стирання;
- Стійкий до впливу багатьох масел, жирів, дизельного і бензинового палива, лугів (чистячих засобів);
- Висока механічна міцність, жорсткість, твердість і пружність;
- Висока механічна демпфуюча здатність;
- Неелектропровідний;

- Легко зварюється і клеїться;
- Хороша втомна міцність;
- Висока стійкість до випромінювання (гамма і рентгенівських променів);
- Простота обробки (поліамід піддається точінню, фрезеруванню, шліфуванню, свердлінню і іншим способам обробки).

Залежно від хімічного складу прийнято виділяти кілька видів поліаміду.

Поліамід 6 (капролон, нейлон) – це багатофункціональний інженерний матеріал, який найбільш часто використовується для заміни кольорових металів та їх сплавів.

Поліамід 6.6 - відрізняється підвищеною міцністю, твердістю і стійкістю до деформацій, тому найчастіше застосовується в приладобудуванні та машинобудуванні.

Поліамід 12 - відрізняється підвищеною морозостійкістю і невеликим ступенем вологопоглинання, тому активно використовується для виробництва деталей механізмів, призначених для роботи в середовищі з підвищеним рівнем вологості (обладнання для шахт, деталі занурених насосів, клапани та ін.).

Таблиця 2.1- Механічні властивості

Властивість	Одиниця вимірювання	202 (ПА6)	202 МО (ПА6 +MoS2)	202 XN (ПА6 посилений нанотрубками)
Міцність на розрив	МПа	80	75	93
Подовження при розриві	%	50		
Модуль пружності при розтягуванні	кДж/м ²	3000	2700	4200
Ударна в'язкість по Шарпі з надрізом	кДж/м ²	70		
Твердість по Шору	Шкала D	75	80	80
Модуль пружності при згині	МПа	230		

Основні характеристики ПА6 відносять:

- твердий;

- має відміні ковзаючі властивості;
- дуже стійкий до стирання;
- стійкий до впливу багатьох масел, жирів, дизельного і бензинового палива, лугів (чистячих засобів);
- має високу механічну міцність, твердість, пружність;
- має високу механічну демпфуючу здатність;
- неелектропровідний;
- легко обробляється;
- легко зварюється і клеїться;
- має хорошу міцність від втоми;
- показує високу стійкість до випромінювання (гамма і рентген).

ПА6 використовується для наступних видів деталей:

- пари тертя;
- зносостійкі елементи;
- корпуси підшипників;
- підшипники ковзання;
- блоки;
- вагонні візки;
- шків;
- ролики;
- шестерні;
- гальмівні блоки;
- демпфера вібрації і амортизатори;
- спіральні конвеєри.

ПА6.6 (НЕЙЛОН)

Таблиця 2.2 - Механічні властивості

Властивість	Одиниця вимірювання	250SW (ПА6.6)	250HI (ПА6.6)	250PE (ПА6.6+ПЕ)	250GF30 (ПА6.6+30 % скловолокно)
Міцність на розрив	МПа	80	50	65	100
Подовження при розриві	%	50	32	11	8
Модуль пружності при розтягуванні	кДж/м ²	3200	2000	2700	4800
Ударна в'язкість по Шарпі з надрізом	кДж/м ²	80	80	3	
Твердість по Шору	Шкала D	80		80	85
Модуль пружності при згині	МПа	400			

Основні характеристики ПА6.6 [3]:

- твердий;
- володіє відмінними ковзаючими властивостями;
- дуже стійкий до стирання;
- стійкий до впливу багатьох масел, жирів, дизельного і бензинового палива, лугів (чистячих засобів);
- має високу механічну міцність, твердість, пружність;
- показує високу стійкість до активного випромінювання (гамма і рентген);
- має високу міцність при розтягуванні;
- неелектропровідний;
- легко обробляється;
- легко зварюється і з'єднується;

- має хорошу втомлювальну стійкість;
- має високу механічну демпфуючу здатність;
- характеризується високою температуростійкістю.

ПА6.6 використовується для наступних видів деталей:

- шестерні;
- ізоляційні стрічки;
- вкладиші, муфти;
- поршневі напрямні (штовхачі);
- шарніри;
- ударні пластини;
- ролики, колеса, зносостійкі елементи;
- підшипники ковзання;
- черв'ячні передачі конвеєрів;
- диски кулачкових механізмів;
- демпфуючі пластини.

НЕЙЛОН ПА12

Призначений для наступних видів деталей:

- демпфери вібрації;
- кріпильні елементи шпал для високошвидкісних залізничних шляхів;
- амортизатори в бамперах і аварійні буфери на залізничних вагонах;
- в антенах мобільних телефонів;
- втулки;
- ролики;
- підшипники;

– зубчасті колеса.

Поліоксиметилен (ПОМ)

ПОМ є напівкристалічним термопластичним матеріалом і характеризується низьким коефіцієнтом тертя і високим ступенем зносостійкості, на нього не впливають вологі середовища. ПОМ має відмінну стійкість до широкого кола хімічних речовин включаючи безліч розчинників [3].

Таблиця 2.3 - Механічні властивості

Властивість	Од.	900, 900SW (ПОМ-С)	900РЕ (ПОМ- С+РЕ)	900AS (ПОМ-С атистати к)	900XUELS (струмопро відний)	900ХМ D (ПОМ- С)	900Н, 900НСW (ПОМ-Г)
Міцність на розрив	МПа	70	40	40	69	56	72
Подовження при розриві	%	40	7	72	11	10	40
Модуль пружності при розтягуванні	кДж/ м ²	3000	2200	1380	3600	3200	3100
Ударна в'язкість по Шарпі надрізом	кДж/ м ²		2,5		3,4		11
Твердість по Шору	Шкала D	81	77	74	80	81	84

Основні характеристики ПОМ:

- міцний і твердий
- зберігає пружність і міцність навіть в умовах сухого тертя
- хороші ковзаючі властивості
- стійкий до гарячої води, розбавлених кислот, різних розчинників
- пружний
- легко обробляється, полірується
- складно склеюється
- легко зварюється

Застосовується для наступних деталей:

- підшипники і втулки, що працюють у вологому середовищі
- шестерні
- напрямні ролики в ліфтах
- пружини
- кулачкові перемикачі
- затискачі
- деталі насосів
- елементи ковзання
- замки
- деталі насосів для перекачування крові
- тонкостінні втулки.

Лавсан, або поліетилентерефталат (ПЕТ)

Це напівкристалічний термопластичний поліестер на основі поліетилентерефталату. Цей матеріал має гарну розмірну стійкість, оскільки на нього практично не впливає волога. Низький коефіцієнт тертя і відмінна стійкість до зношування в поєднанні з низькою текучістю і високим модулем пружності роблять цей матеріал найбільш підходящим для рухомих частин [3].

Таблиця 2.4 - Механічні властивості

Властивість	Одиниця вимірювання	1400, 1400SW (ПЕТ-С)	1400НІ (ПЕТ-С високо удароміцний)	1400Т (ПЕТ-С+тверда змазка ПТФЕ)	1400ПБТ
Міцність на розрив	МПа	80	85	75	56
Подовження при розриві	%	20	23	5	>50
Модуль пружності при розтягуванні	кДж/м ²	3200	3250	2230	2600

Ударна в'язкість по Шарпі з надрізом	кДж/м ²	14	3,9	10	6
Твердість по Шору	Шкала D	81	84	81	80

До основних характеристик цього типу лавсану відносять:

- високу міцність;
- підвищену жорсткість;
- хороші властивості ковзання;
- зносостійкість;
- стабільність розмірів підвищеної вологості;
- добре клеїться і зварюється, полірується, а також легко піддається будь-якому іншому обробленню;
- прекрасний електричний ізолятор;
- не схильний до дії кислот, миючих засобів, а також розчинників.

Застосовується для виготовлення:

- підшипників ковзання;
- зубчастих коліс;
- пробок;
- ущільнювачів;
- валків;
- деталей машин, які використовуються в харчовій промисловості;
- деталей вимірювальних приладів для газоподібних речовин і рідин.

Поліефірефіркетон (ПЕЕК)

ПЕЕК є високотемпературостійким термопластиком і може довго використовуватися при температурі аж до 260 ° С і в гарячій воді або під

впливом пара. Він володіє особливо високими механічними властивостями як при високій температурі, так і в криогенних умовах [3].

Таблиця 2.5 - Механічні властивості

Властивість	Од.	1500 (ПЕЕК)	1500T (ПЕЕК мод.)	1500X (ПЕЕК)	1500GF30 (+30% скловолокно)	1500C20 (з керам. наповнюв ачем)	1500CA30 (+30% вуглеволок но)
Міцність на розрив	МПа	97	141	95	155	95	240
Подовження при розриві	%	25	2	30	2	20	1,7
Модуль пружності при розтягуванні	кДж/м ²	3600	9000	3500	11000	4100	25
Ударна в'язкість по Шарпі надрізом	кДж/м ²			6,5	8,9	7 розривів	6,4
Твердість по Шору	Шкала D	88	85	87	91		

Основні характеристики ПЕЕК [3]:

- дуже високі максимально допустимі температури використання (260°C довго, до 310°C на короткий період);
- відмінна хімічна і гідролізна стійкість;
- відмінні зносостійкі і фрикційні властивості (особливо у 1500T);
- хороші електроізоляційні і діелектричні властивості (крім 1500T);
- відмінні механічні властивості при високих температурах;
- висока механічна міцність, жорсткість і твердість, в тому числі при високих температурах;
- хороша розмірна стійкість;
- низька займистість;
- відмінна стійкість до активного випромінювання (гамма і рентген);
- стійкість до розтріскування.

Призначення ПЕЕК:

- шестерні;
- зносостійкі стрічки;
- насосне обладнання;
- деталі обладнання для харчової промисловості;
- частини запірних механізмів для газів і рідин;
- підшипники ковзання;
- сидла кулькових клапанів;
- опорні диски;
- оправлення, сердечники;
- деталі в електротехніці.

Полієфірімідов

ПЕІ є високоміцним аморфним термопластичним полімером, який може довго використовуватися в режимі до 170 ° С. Він володіє чудовим опором полум'я (UL 94 V-0) і низьким показником димоутворення [3].

Таблиця 2.6 - Механічні властивості

Властивість	Од.	1000 (ПЕІ)	1000GF30 (+30% скловолокно)
Міцність на розрив	МПа	105	169
Подовження при розриві	%	60	1,9
Модуль пружності при розтягуванні	кДж/м ²	3200	9300
Твердість по Шору	Шкала D	86	93

Основні характеристики:

- висока допустима максимальна робоча температура на повітрі;
- дуже хороша стійкість до гідролізу;
- висока міцність і жорсткість в широкому діапазоні температур;
- низька займистість і димоутворення;

- хороша стабільність розмірів;
- підходить для контакту з харчовими продуктами;
- підвищена стійкість до радіаційної енергії (гамма і рентгенівському випромінюванню);
- відмінні електроізоляційні і діелектричні властивості.

Призначення:

- компоненти навантажених підшипників;
- мікрохвильові печі;
- заміна скла в медичних лампах;
- медичні деталі багаторазового застосування;
- предмети, стійкі до щоденної санітарної обробки;
- високовольтні вимикачі;
- електричні ізолятори;
- негорючі роз'єми;
- високотемпературні котушки;
- деталі реактивних двигунів.

Поліфенілсульфід (ПФС)

ПФС є більш дешевою альтернативою ПEEK і застосовується при дещо нижчих температурах. ПФС є частково кристалічним термопластичним інженерним пластиком, для деталей, що вимагають термічної стабільності до 200°C, високим ступенем стабільності розмірів і має підвищену стійкість до хімічних речовин. ПФС має гарний опір текучості при підвищених температурах [3,5].

Таблиця 2.7 - Механічні властивості

Властивість	Од.	1900 (ПФС)	1000GF40 (+40% скловолокно)
-------------	-----	---------------	--------------------------------

Міцність на розрив	МПа	33	185
Подовження при розриві	%	>60	
Модуль пружності при розтягуванні	кДж/м ²	4200	14000

Основні характеристики:

- дуже висока максимально допустима робоча температура на повітрі (220 С при постійному впливі і до 260°С при короткочасному впливі)
- висока механічна міцність, жорсткість і опір повзучості, в тому числі і при підвищених температурах
- чудова стійкість до гідролізу і впливу хімікатів
- чудову поведінку в додатках, пов'язаних з тертям і зносом
- дуже хороша стабільність розмірів
- фізіологічна інертність (підходить для контакту з харчовими продуктами)
- чудова стійкість до високих рівнів радіаційної енергії (гамма і рентгенівське випромінювання)
- хороша стійкість до УФ-випромінювання
- низька горючість.

Призначення:

- компоненти високонапірної рідинної хроматографії
- деталі для електричних печей
- корпусу насосів і клапанів
- компоненти компресорів
- кільця центрифуг
- хімічні і гірничодобувні насоси
- датчики двигунів

- електронні роз'єми і фіксатори
- кулачкові затискачі для полірування
- датчиків в корпусах
- важко навантажені деталі двигуна для автоспорту.

Поліфенілсульфона (ПФСУ)

ПФСУ є аморфним високотехнологічним термопластиком з дуже хорошими механічними, електричними і тепловими властивостями для використання при більш високих операційних температурах з низькими механічними навантаженнями.

Володіє чудовою стійкістю до гідролізу в порівнянні з іншими аморфними термопластика, що вимірюється паровими циклами автоклавування. Це робить його відмінним варіантом вибору для медичного обладнання. Він також стійкий до кислот і лугів, працює в широкому діапазоні температур. Він витримує температури до 210°C. Частини, виготовлені з ПФСУ, мають дуже високу стабільність розмірів. ПФСУ має кращу ударної і хімічну стійкість, ніж ПЕІ, і має практично необмежені можливості стерилізації паром [3, 5].

Таблиця 2.8 - Механічні властивості

Властивість	Од.	2100 (ПФСУ)
Міцність на розрив	МПа	70
Модуль пружності при розтягуванні	кДж/м ²	2300
Твердість по Шору	Шкала D	84

Основні характеристики:

- висока допустима максимальна робоча температура на повітрі (постійна температура 180°C);
- хороша хімічна стійкість і висока стійкість до гідролізу;
- відмінна жорсткість в широкому діапазоні температур;

- дуже висока ударостійкість;
- фізіологічна інертність (підходить для контакту з харчовими продуктами);
- висока стабільність розмірів;
- підвищена стійкість до високих рівнів радіаційної енергії (гамма і рентгенівському випромінюванню);
- хороші електроізоляційні і діелектричні властивості.

Призначення:

- ємкості для стрелізації;
- стоматологічні та хірургічні інструменти;
- наконечники ендоскопічного зонда;
- медичні палички;
- гідромурфи для обробки і установки запчастин;
- заглушки;
- ручки стоматологічних та хірургічних інструментів.

Високомолекулярний поліетилен Polystone D

Спеціальні властивості [3]:

- чудові механічні показники;
- висока стійкість до утворення порізів і подряпин;
- біологічна нейтральність;
- практично повна відсутність абсорбції;
- низький коефіцієнт поверхневого тертя;
- стійкість до впливу кислот і лугів.

Сфера застосування:

- машинобудування;

- медицина;
- харчова промисловість;
- ядерна промисловість.

Polystone M

Спеціальні властивості [3]:

- низький коефіцієнт поверхневого тертя;
- висока ударна міцність;
- стійкість до впливу хімічно агресивних середовищ і корозії;
- наявність «самозмащувального» ефекту;
- практично повна відсутність абсорбції;
- збереження механічних властивостей при температурах до - 200°C;
- стійкість до високих динамічних навантажень;
- чудова стійкість до утворення тріщин.

Сфера застосування:

- обладнання для хімічної промисловості;
- конвеєрні системи;
- направляючі ланцюгів і роликів;
- машинобудування;
- харчова промисловість;
- індустрія упаковки;
- облицювання;
- підйомно-транспортне обладнання;
- ядерна промисловість.

Таблиця 2.9 - Механічні властивості

Властивість	Од.	М	Д
Міцність на розрив	Н/мм ²	40	36
Подовження при розриві	%	350	600
Модуль пружності при розтягуванні	Н/мм ²	600	1200
Ударна в'язкість по Шарпі з надрізом	мДж/мм ²	100	20
Твердість по Шору	Шкала D	61	64

Політетрафторетилен (ПТФЕ)

Політетрафторетилен є полімером етилену, у якого всі атоми водню заміщені фтором. Завдяки цьому зв'язку полімер володіє прекрасним поєднанням фізичних і хімічних властивостей, які неможливо знайти ні в одному іншому матеріалі [3].

Спеціальні властивості:

- безпрецедентно низький коефіцієнт тертя (до 0,02);
- чудова хімічна стійкість;
- стійкість до високих температур - до 300°C і вище (робоча температура до 250°C);
- найвища стійкість до впливу радіації;
- відмінні електроізоляційні властивості;
- дуже низька теплопровідність;
- стійкість до агресивних факторів навколишнього середовища;
- морозостійкість;
- абсолютна гідрофобність;
- не крихкий;
- схильність до залишкової деформації і рекристалізації;
- високий коефіцієнт лінійного температурного розширення;
- неможливість отримувати вироби литтям;
- високий ступінь стирання.

Додавання вторинної сировини при виробництві фторопласту в два рази погіршує його зносостійкість.

Властивості політетрафторетилену визначають сфери його застосування в якості фрикційних і антипригарних покриттів, прокладок, ущільнювачів, термостійких насадок та ін.

Сфера застосування:

- хімічна промисловість
- трубопровідний транспорт
- машинобудування
- автомобілебудування
- медицина та лабораторне обладнання

Таблиця 2.10 - Механічні властивості

Властивість	Од.	ПТФЕ
Міцність на розрив	кг/см ²	250
Міцність при згині	кг/см ²	120
Питома ударна в'язкість	кг/см ²	>100
Коефіцієнт тертя		0,07
Твердість по Шору	Шкала D	55-65

Obomodulan

Ці матеріали мають високу стійкість до стирання і розмірну точність - Економічність, швидкість і точність - вимоги, що пред'являються до виробництва ливарних моделей, форм і зразків [3, 4].

Властивості:

- однорідна і гладка поверхня;
- рівномірنا і дрібна структура спінювання;
- висока міцність краю;
- мінімальний коефіцієнт теплового розширення;
- простота обробки і низьке пилоутворення;
- фізіологічно нейтральний;
- без запаху.

Сфера застосування:

- дизайн-моделі;
- архітектурні моделі;
- робочі моделі;
- моделі для випробувань;
- ливарні моделі;
- копії;
- шаблони;
- оснащення для ламінування;
- прес форми;
- штампи.

2.2 Загальні поняття про обробку інженерних пластиків

Більшість пластмас можуть бути оброблені із застосуванням методів, використовуваних для обробки м'якої латуні. Для обробки інженерних пластиків може застосовуватися будь-яке обладнання для металообробки.

Заготовки інженерних пластиків можуть бути легко оброблені на металообробних і деревообробних верстатах за допомогою HSS (швидкорізальної сталі) або твердих металевих інструментів. Що стосується обробки циркулярними пилами, то рекомендується використовувати дискові пилки з твердих металів.

Основна відмінність в обробці металів і пластмас в більш низьку теплопровідність, меншій температурі плавлення і модулі пружності. Ці відмінності зумовлюють необхідність дотримання наступних правил [2, 3 ,5]:

1. Використовуйте дуже гострий інструмент, переважно з полірованою поверхнею, щоб знизити нагрівання і забезпечити легкість різання.

Застосування охолоджуючих рідин не обов'язково, але з їх застосуванням можна забезпечити більш високу швидкість обробки

заготовки. Коли потрібні охолоджувачі, рекомендується використовувати стиснене повітря. Стиснене повітря має додаткову перевагу видалення стружки з робочої зони, що запобігає її потрапляння в деталь, ріжучий інструмент і заготовку.

Звичайні бурові емульсії також можуть бути використані, вони особливо рекомендуються при свердлінні глибоких отворів і довгих різьб. Крім того, можливе досягнення більш високої швидкості подачі, що призводить до скорочення часу обробки. Якщо використовуються бурові емульсії, потрібно приділити увагу подальшому очищенню для запобігання забруднення будь-якого додаткового процесу, таких як зрощення або полірування.

2. Так як модуль пружності пластиків не такий великий, необхідно забезпечити фіксацію заготовки по всій її поверхні, для уникнення локальних деформацій.

3. Уникнення вібрації.

Утворення рівномірної стружки служить гарним показником правильної обробки. Швидке видалення стружки необхідно для того, щоб уникнути її потрапляння на ріжучу кромку і забезпечити швидке відведення тепла. Тому при грубій обробці, швидкість подачі і глибина різання не повинні бути занадто малими. Гладка поверхня заготовки досягається зняттям верхнього шару у вигляді безперервної стружки, при обробці з такими параметрами - передній кут $20-30^\circ$, швидкості подачі $0,05 - 0,1$ мм/об і глибина різання $1-2$ мм. Довга стружка повинна бути видалена, щоб уникнути намотування її на оброблювану деталь. Швидке видалення стружки проводиться регулярним видаленням дрібних частин при обробці з такими параметрами - передній кут $30-40^\circ$, швидкості подачі $0,5$ мм/об і глибині різання $4-8$ мм (цей метод повинен бути використаний тільки досвідченими працівниками)

Швидкість різання повинна бути в межах $200 - 500$ м/хв, щоб уникнути надмірного перегріву. Незалежно від типу або кількості етапів обробки найкраще спочатку зробити грубу обробку до приблизних розмірів, а потім провести фінішну обробку для отримання точних розмірів і гладкої поверхні.

Коли необхідно просвердлити отвори великого діаметру необхідно спочатку просвердлити половину від отвору необхідного діаметра, а потім

розточити. Рекомендується часто прибирати свердло для забезпечення охолодження і видалення стружки з отвору і свердла. Після попередньої обробки заготовка повинна охолонути для забезпечення точності розмірів на другому етапі обробки. У тих випадках, коли був знятий великий об'єм матеріалу заготовка повинна зберігатися кілька днів до наступного етапу обробки для дотримання точності розмірів. Це також дозволяє уникнути появи внутрішніх напружень. Якщо готова деталь повинна містити певну вологість, то її необхідно кондиціонувати до фінішної обробки.

Слід зазначити, що допуски розмірів для пластиків не можуть відповідати допускам для металів, тому що:

1. Термічний коефіцієнт розширення пластмас в 7-10 разів вище, ніж сталі. (для досягнення максимальної точності, завжди вимірюйте при кімнатній температурі)

2. Пружне відновлення деталі після фіксації при обробці може привести до неточностей.

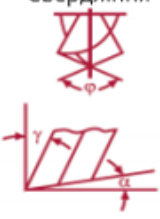
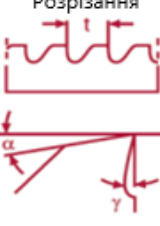
3. Розміри можуть мінятися в залежності від поглинання вологи.

4. Релаксація залишкових напруг може привести до деформації. В цілому очікувані допуски повинні бути не більше ніж $\pm 0,05$ мм. Так як це той же порядок, що і зміни, що виникають в результаті кліматичних впливів, таких як вологість і температура, прагнення до найвищої точності безпідставні.

При збільшенні вологості деталі на 1% лінійна зміна розмірів складе 0,25%. Це означає що, наприклад, 3% вбраної вологи, дасть лінійну зміну 0,75% в насиченому матеріалі (не в сухій основі матеріалу).

Види обробки інженерних пластиків та геометрія інструментів для кожного виду обробки представлена в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Види обробки інженерних пластиків та геометрія інструментів

	Свердління  α: задній кут γ: передній кут φ: кут при вершині V: швидкість різання (м/хв) S: подача (мм/об) кут обертання β в межах 12-14 градусів	Токарна обробка  α: задній кут γ: передній кут φ: кут при вершині V: швидкість різання (м/хв) S: подача (мм/об) Радіус кромки мінімум 0,5 мм																																																																																																														
<table><tr><td>ZELLAMID®</td><td>α</td><td>γ</td><td>φ</td><td>V</td><td>S</td><td>α</td><td>γ</td><td>χ</td><td>V</td><td>S</td></tr><tr><td>202 (ПА 6), 202 MO (ПА 6 + MoS₂), 1100 (ПА 6 C)</td><td>5-15</td><td>5-20</td><td>90</td><td>50-150</td><td>0,1-0,3</td><td>6-10</td><td>0-5</td><td>45-60</td><td>250-500</td><td>0,1-0,5</td></tr><tr><td>250 (ПА 6.6)</td><td>5-15</td><td>10-20</td><td>90</td><td>50-150</td><td>0,1-0,3</td><td>6-10</td><td>0-5</td><td>45-60</td><td>200-500</td><td>0,1-0,5</td></tr><tr><td>900, 900 H, 900 XU ELS, 900 AS</td><td>5-10</td><td>15-30</td><td>90</td><td>50-200</td><td>0,1-0,3</td><td>6-8</td><td>0-5</td><td>45-60</td><td>300-600</td><td>0,1-0,4</td></tr><tr><td>1400, 1400 H, 1400 ПБТ</td><td>5-10</td><td>10-20</td><td>90</td><td>50-100</td><td>0,2-0,3</td><td>5-15</td><td>0-5</td><td>45-60</td><td>300-400</td><td>0,2-0,4</td></tr><tr><td>1500 (ПЭЭК)</td><td>5-10</td><td>10-30</td><td>90-120</td><td>70-200</td><td>0,1-0,3</td><td>6-8</td><td>0-5</td><td>45-60</td><td>250-500</td><td>0,1-0,4</td></tr><tr><td>1000 (ПЭН)</td><td>3-10</td><td>10-20</td><td>90</td><td>20-80</td><td>0,1-0,3</td><td>6</td><td>0</td><td>45-60</td><td>350-400</td><td>0,1-0,3</td></tr><tr><td>1900 (ПФС)</td><td>5-10</td><td>10-30</td><td>90</td><td>50-200</td><td>0,1-0,3</td><td>6-8</td><td>0-5</td><td>45-60</td><td>250-500</td><td>0,1-0,5</td></tr><tr><td>2100 (ПФСУ)</td><td>3-10</td><td>10-20</td><td>90</td><td>20-80</td><td>0,1-0,3</td><td>6</td><td>0</td><td>45-60</td><td>350-400</td><td>0,1-0,3</td></tr><tr><td></td><td>6</td><td>5-10</td><td>120</td><td>80-100</td><td>0,1-0,3</td><td>6-8</td><td>2-8</td><td>45-60</td><td>150-200</td><td>0,1-0,5</td></tr></table>	ZELLAMID®	α	γ	φ	V	S	α	γ	χ	V	S	202 (ПА 6), 202 MO (ПА 6 + MoS ₂), 1100 (ПА 6 C)	5-15	5-20	90	50-150	0,1-0,3	6-10	0-5	45-60	250-500	0,1-0,5	250 (ПА 6.6)	5-15	10-20	90	50-150	0,1-0,3	6-10	0-5	45-60	200-500	0,1-0,5	900, 900 H, 900 XU ELS, 900 AS	5-10	15-30	90	50-200	0,1-0,3	6-8	0-5	45-60	300-600	0,1-0,4	1400, 1400 H, 1400 ПБТ	5-10	10-20	90	50-100	0,2-0,3	5-15	0-5	45-60	300-400	0,2-0,4	1500 (ПЭЭК)	5-10	10-30	90-120	70-200	0,1-0,3	6-8	0-5	45-60	250-500	0,1-0,4	1000 (ПЭН)	3-10	10-20	90	20-80	0,1-0,3	6	0	45-60	350-400	0,1-0,3	1900 (ПФС)	5-10	10-30	90	50-200	0,1-0,3	6-8	0-5	45-60	250-500	0,1-0,5	2100 (ПФСУ)	3-10	10-20	90	20-80	0,1-0,3	6	0	45-60	350-400	0,1-0,3		6	5-10	120	80-100	0,1-0,3	6-8	2-8	45-60	150-200	0,1-0,5		
ZELLAMID®	α	γ	φ	V	S	α	γ	χ	V	S																																																																																																						
202 (ПА 6), 202 MO (ПА 6 + MoS ₂), 1100 (ПА 6 C)	5-15	5-20	90	50-150	0,1-0,3	6-10	0-5	45-60	250-500	0,1-0,5																																																																																																						
250 (ПА 6.6)	5-15	10-20	90	50-150	0,1-0,3	6-10	0-5	45-60	200-500	0,1-0,5																																																																																																						
900, 900 H, 900 XU ELS, 900 AS	5-10	15-30	90	50-200	0,1-0,3	6-8	0-5	45-60	300-600	0,1-0,4																																																																																																						
1400, 1400 H, 1400 ПБТ	5-10	10-20	90	50-100	0,2-0,3	5-15	0-5	45-60	300-400	0,2-0,4																																																																																																						
1500 (ПЭЭК)	5-10	10-30	90-120	70-200	0,1-0,3	6-8	0-5	45-60	250-500	0,1-0,4																																																																																																						
1000 (ПЭН)	3-10	10-20	90	20-80	0,1-0,3	6	0	45-60	350-400	0,1-0,3																																																																																																						
1900 (ПФС)	5-10	10-30	90	50-200	0,1-0,3	6-8	0-5	45-60	250-500	0,1-0,5																																																																																																						
2100 (ПФСУ)	3-10	10-20	90	20-80	0,1-0,3	6	0	45-60	350-400	0,1-0,3																																																																																																						
	6	5-10	120	80-100	0,1-0,3	6-8	2-8	45-60	150-200	0,1-0,5																																																																																																						
	Розрізання  α: задній кут γ: передній кут V: швидкість різання (м/хв) T: крок (мм)	Фрезерування  α: задній кут γ: передній кут V: швидкість різання (м/хв)																																																																																																														
<table><tr><td>ZELLAMID®</td><td>α</td><td>γ</td><td>V</td><td>T</td><td>α</td><td>γ</td><td>V</td></tr><tr><td>202 (ПА 6), 202 MO (ПА 6 + MoS₂), 1100 (ПА 6 C)</td><td>20-30</td><td>2-5</td><td>500</td><td>3-8</td><td>10-20</td><td>5-15</td><td>250-500</td></tr><tr><td>250 (ПА 6.6)</td><td>20-30</td><td>2-5</td><td>500</td><td>3-8</td><td>10-20</td><td>5-15</td><td>250-500</td></tr><tr><td>900, 900 H, 900 XU ELS, 900 AS</td><td>20-30</td><td>0-5</td><td>500-800</td><td>2-5</td><td>5-15</td><td>5-15</td><td>250-500</td></tr><tr><td>1400, 1400 H, 1400 ПБТ</td><td>15-30</td><td>5-8</td><td>300</td><td>2-8</td><td>5-15</td><td>5-15</td><td>250-400</td></tr><tr><td>1500 (ПЭЭК)</td><td>15-30</td><td>0-5</td><td>500-800</td><td>3-5</td><td>5-15</td><td>6-10</td><td>180-450</td></tr><tr><td>1000 (ПЭН)</td><td>15-30</td><td>0-4</td><td>500</td><td>2-5</td><td>2-10</td><td>1-5</td><td>250-500</td></tr><tr><td>1900 (ПФС)</td><td>15-30</td><td>0-5</td><td>500-800</td><td>3-5</td><td>5-15</td><td>6-10</td><td>250-500</td></tr><tr><td>2100 (ПФСУ)</td><td>15-30</td><td>0-4</td><td>500</td><td>2-5</td><td>2-10</td><td>1-5</td><td>250-500</td></tr><tr><td></td><td>15-30</td><td>10-15</td><td>200-300</td><td>3-5</td><td>15-30</td><td>6-10</td><td>80-100</td></tr></table>	ZELLAMID®	α	γ	V	T	α	γ	V	202 (ПА 6), 202 MO (ПА 6 + MoS ₂), 1100 (ПА 6 C)	20-30	2-5	500	3-8	10-20	5-15	250-500	250 (ПА 6.6)	20-30	2-5	500	3-8	10-20	5-15	250-500	900, 900 H, 900 XU ELS, 900 AS	20-30	0-5	500-800	2-5	5-15	5-15	250-500	1400, 1400 H, 1400 ПБТ	15-30	5-8	300	2-8	5-15	5-15	250-400	1500 (ПЭЭК)	15-30	0-5	500-800	3-5	5-15	6-10	180-450	1000 (ПЭН)	15-30	0-4	500	2-5	2-10	1-5	250-500	1900 (ПФС)	15-30	0-5	500-800	3-5	5-15	6-10	250-500	2100 (ПФСУ)	15-30	0-4	500	2-5	2-10	1-5	250-500		15-30	10-15	200-300	3-5	15-30	6-10	80-100																																
ZELLAMID®	α	γ	V	T	α	γ	V																																																																																																									
202 (ПА 6), 202 MO (ПА 6 + MoS ₂), 1100 (ПА 6 C)	20-30	2-5	500	3-8	10-20	5-15	250-500																																																																																																									
250 (ПА 6.6)	20-30	2-5	500	3-8	10-20	5-15	250-500																																																																																																									
900, 900 H, 900 XU ELS, 900 AS	20-30	0-5	500-800	2-5	5-15	5-15	250-500																																																																																																									
1400, 1400 H, 1400 ПБТ	15-30	5-8	300	2-8	5-15	5-15	250-400																																																																																																									
1500 (ПЭЭК)	15-30	0-5	500-800	3-5	5-15	6-10	180-450																																																																																																									
1000 (ПЭН)	15-30	0-4	500	2-5	2-10	1-5	250-500																																																																																																									
1900 (ПФС)	15-30	0-5	500-800	3-5	5-15	6-10	250-500																																																																																																									
2100 (ПФСУ)	15-30	0-4	500	2-5	2-10	1-5	250-500																																																																																																									
	15-30	10-15	200-300	3-5	15-30	6-10	80-100																																																																																																									

Особливості обробки Obomodulan

Для обробки Obomodulan рекомендується використовувати високошвидкісні обробні верстати з ЧПУ і традиційні деревообробні верстати. Традиційні металообробні верстати також підходять для цієї мети. Тим не менш, вони зазвичай не досягають таких високих обертів і швидкості подачі і тому можуть бути менш ефективними.

Для обробки плит необхідно застосовувати твердосплавні фрези.

Нижче наведені рекомендовані режими обробки, які оптимізовані для пластика Obomodulan. Режими різання повинні коректуватися залежно від типу обробки, інструменту та заготовки. Параметри обробки не повинні перевищувати максимальні величини, рекомендовані виробником обладнання, на якому буде виготовлятися виріб [3, 5].

При використанні верстатів для обробки дерева або пластика обробка виконується твердосплавною фрезою діаметром 10мм, а також торцеве фрезерування. При цьому:

- Швидкість обертання - $n = 2000-15000$ об/хв
- Швидкість подачі - $f = 3-5$ м/хв
- Глибина різання: чорнове 10-15 мм, чистове до 3 мм макс.

При виконанні високошвидкісної обробки використовується обробка твердосплавною фрезою діаметром 20 мм з наступними режимами:

- Швидкість обертання - $n > 20000$ об/хв
- Швидкість подачі - $f = 12-15$ м/хв
- Глибина різання: 1 мм.

Використовуючи металорізальні верстати швидкість різання не повинна перевищувати 250 м/хв для інструменту зі швидкорізальної сталі і 1000 м/хв для твердосплавних фрез [6, 7].

1. Чорнова обробка: фреза з циліндричним хвостовиком, твердосплавна або інструмент з швидкорізальної сталі:

- діаметр інструменту - 25-40 мм
- Швидкість обертання - $n = 1500-2000$ об/хв
- Швидкість подачі - $f = 2-3$ м/хв
- Глибина різання: 10-15 мм, до 100 мм

2. Чистова обробка: твердосплавная сферична фреза

- Діаметр інструменту - 6 мм
- Швидкість обертання - $n = 3000-6000$ об/хв
- Швидкість подачі - $f = 0,8-2$ м/хв
- Швидкість обертання - $n = 2000-5000$ об/хв
- Швидкість подачі - $f = 1-2$ м/хв

2.3 Типові проблеми при обробці інженерних пластиків та способи їх вирішення.

Токарна обробка [6]

Шорстка поверхня:

- дуже швидка подача - зменшити швидкість подачі
- не правильний кліренс інструмента – виправити позиціонування інструменту
- дуже гострий інструмент - збільшити радіус ріжучої кромки
- інструмент невідцентрований - відцентрувати інструмент

Плавлена поверхня:

- подача дуже повільна - збільшити подачу
- дуже велика швидкість різання - зменшити швидкість різання
- інструмент торкається деталі не тільки ріжучою кромкою - змінити позиціонування інструменту

Задири на краю зрізу:

- нерівна заточка інструменту – правильно заточити інструмент
- затуплений інструмент – заточити інструмент
- не зрізанні крайки – зрізати крайки
- недостатньо місця збоку – змістити інструмент

Тріщини на краях:

- повздовжня насічка на інструменті – використовувати поперечну насічку
- затуплений інструмент – заточити інструмент
- інструмент невідцентрований - відцентрувати інструмент

Вібрації:

- великий радіус закруглення ріжучої кромки – зменшити радіус кромки

- заготовка не правильно встановлена – виправити встановлення заготовки
- дуже велика глибина різання – зменшити глибину різання

Фрезерування [6]

Шорстка поверхня:

- дуже швидка подача - зменшити швидкість подачі
- інструмент не правильно заточений – переточити інструмент

Плавлена поверхня:

- Перегрівання - збільшити кількість МОР
- інструмент затуплений – заточити інструмент
- не правильний кліренс інструмента – виправити позиціонування інструменту

Вібрації:

- не правильний кут заточки – переточити інструмент
- велика ширина фрезерування – зменшити ширину фрезерування
- не правильно встановлена заготовка – коректувати встановлення заготовки
- не правильно закріплений інструмент – змінити кріплення інструменту

Свердління [6]

Конічний отвір:

- дуже швидка подача - зменшити швидкість подачі
- інструмент не правильно заточений – переточити інструмент
- інструмент затуплений – заточити інструмент

Плавлена поверхня:

- інструмент не правильно заточений – переточити інструмент
- дуже повільна подача - збільшити швидкість подачі

- не правильно вибраний інструмент – використати рекомендований інструмент

Вібрації:

- дуже швидка подача - зменшити швидкість подачі
- не правильний кліренс інструмента – виправити заточку інструменту
- не правильно вибраний інструмент – використати рекомендований інструмент

Сліди подачі або спіральні сліди:

- дуже швидка подача - зменшити швидкість подачі
- інструмент невідцентрований - відцентрувати інструмент
- нахил інструменту дуже великий – зменшити виліт інструменту та зменшити швидкість подачі
- не правильно вибраний інструмент – використати рекомендований інструмент

Інструмент швидко затуплюється :

- дуже повільна подача - збільшити швидкість подачі
- великі оберти заготовки – зменшити оберти заготовки
- перегрівання – збільшити подачу MOP

2.4 Порівняння характеристик різних типів інженерних пластиків

Експлуатаційні та/або технологічні характеристики часто оцінюються категоріальними змінними, такими як «добре», «погано», «дуже добре» та ін., тому для більш об'єктивної оцінки цим характеристикам повинна бути поставлена у відповідність конкретна фізична властивість, виражена чисельно.

Для порівняння характеристик пластиків різних типів у співставних величинах було проведено нормалізацію даних, що дозволяє наявні

характеристики, такі як механічні, термічні, діелектричні та ін. оцінити в балах від 0 до 10, де 0 балів відповідає найгіршому показнику, а 10 балів - найкращому. На рисунку 2.1 приведена порівняльна характеристика пластиків різних типів.

Розглянуті характеристики та відповідні фізичні властивості наведені в таблиці 2.12. Фізичні властивості деяких інженерних пластиків для співставлення їх характеристик наведені в таблиці 2.13.

Таблиця 2.12 – Відповідність характеристик матеріалу і фізичних властивостей

№	Експлуатаційна/Технологічна характеристика	Фізична властивість
1	Стійкість до стирання	Твердість матеріалу
2	Демпфування	Ударна в'язкість
3	Електроізоляційна характеристика	Діелектрична проникність
4	Температуростійкість	Температура плавлення
5	Погана оброблюваність	Міцність на розрив

Таблиця 2.13 – Фізичні властивості деяких інженерних пластиків

Властивість	Од.	202 (ПА6)	250SW (ПА6.6)	900 (ПОМ-С)	1400 (ПЕТ-С)	1500 (ПЕЕК)	1000 (ПЕІ)	1900 (ПФС)	2100 (ПФСУ)
Міцність на розрив	МПа	80	80	70	80	97	105	33	70
Діелектрична проникність	1МГц	3,5	3,5	3,8	3,3	3,2	3,4	3,2	3,2
Ударна в'язкість по Шарпі	кДж/м ²	70	80	32	14	4	5	8	60
Твердість по Шору	Шкала D	75	80	81	81	88	86	82	84
Температура плавлення	°С	220	255	164	255	340	340	280	225

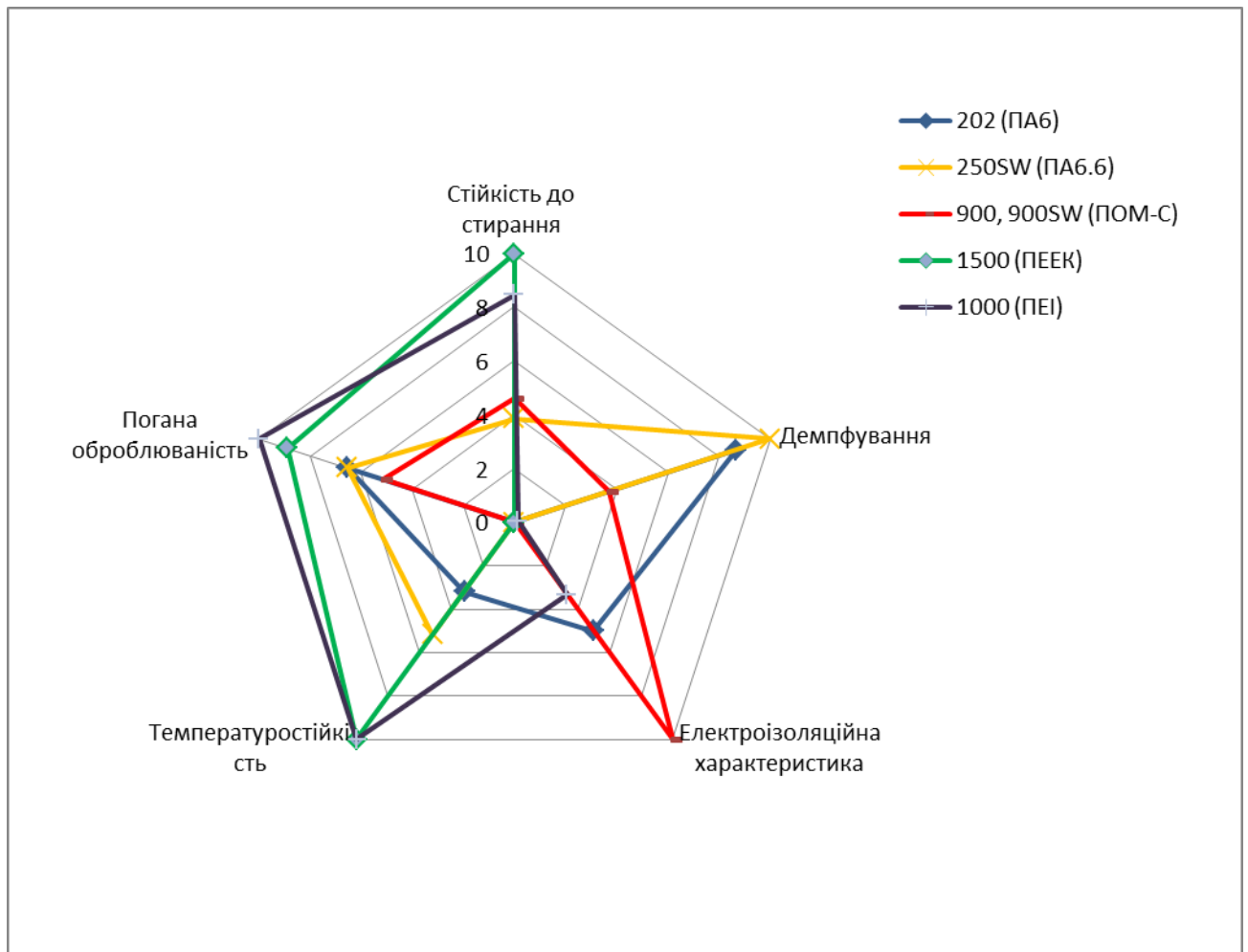


Рисунок 2.1 – Діаграма порівняльної характеристики пластиків різних типів.

Нормалізація проводиться за формулою:

$$X_{\text{норм.}} = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \cdot 10 \quad (2.1)$$

Де X - це значення фізичної характеристики конкретного матеріалу

$X_{\min}$ - мінімальне значення характеристики серед всіх розглянутих матеріалів

$X_{\max}$ - максимальне значення характеристики серед всіх розглянутих матеріалів

Проведені розрахунки показують, що нормалізовані дані та «категоріальні» показники співпадають. Після проведення нормалізації для деяких матеріалів було побудовано радіальну діаграму (див. рис.2.1) у співставних одиницях. За допомогою діаграми одразу можна співставити різні матеріали та обрати матеріал для забезпечення необхідних результатів.

Для того щоб визначитись з вибором того чи іншого матеріалу для виготовлення певних вузлів та елементів конструкції в таблиці 2.14 наведено узагальнення областей застосування інженерних модельних матеріалів .

Таблиця 2.14 – Области застосування інженерних модельних матеріалів

	Медичне та лабораторне обладнання	Паритертя	Елементи підшипників	Шестерні	Деталі електричних елементів	Механізми конвеєрів
Поліамід		+	+	+		+
Поліоксиметилен			+	+	+	
Левсан		+		+	+	
Полієфірефіркетон		+	+	+		
Поліефірімід	+		+		+	
Поліфенілсульфід	+				+	
Поліфенілсульфон	+					
Високомолекулярний поліетилен	+			+		+
Політертафторетилен	+			+		
Obomodulan	дизайн-моделі; архітектурні моделі; робочі моделі; моделі для випробування пресс-форми; штампи					

3 ІНСТРУМЕНТЛЬНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБРОБКИ МОДЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ.

Головним критерієм якості інструменту є термін його служби. Хороший інструмент служить довго, за умови дотримання рекомендацій і технології обробки матеріалів. Такі параметри як швидкість обертання шпинделя, швидкість подачі, глибина різання, значення кроку, впливають не тільки на працездатність фрези, а й на якість різу. Отже від застосування правильних режимів фрезерування безпосередньо залежить якість обробки протягом усього терміну служби інструменту.

На верстаті Woodpecker CP - 1208 застосовують сучасні фрези і гравери, які виготовляються з ультрадрібними карбідами вольфраму.

Інструмент можна розділити на 4 основних групи (серії), в залежності від твердості матеріалу з якого він виготовлений і, відповідно, зносостійкості і терміну служби:

1. Серія N - Як матеріал заготовки для інструменту використовується дрібнозернистий твердий сплав K10. Серія N для тих, хто тільки вчиться фрезерувати і гравірувати різні матеріали, але побоюється зламати дорожчі аналоги.
2. Серія A - інструмент серії A виготовляється з дрібнозернистого твердого сплаву K55, виготовленого в Німеччині. Радіальне биття інструмента не перевищує величини в $\pm 0,005$ мм, що дозволяє отримувати в результаті обробки поверхні високої якості з високим ступенем точності.
3. Серія AA - Твердість сплаву K55UF становить 94 HRC, що забезпечує прекрасні властивості опору вигину і руйнування інструменту.
4. Серія 3A - сплав TSF44, більш твердий сплав, що дозволяє збільшити продуктивність процесу фрезерування

2LX - двохзаходні торцеві фрези по пластику

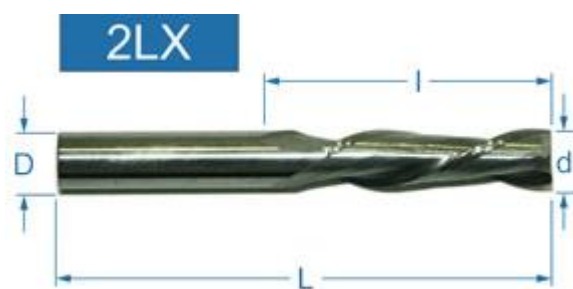


Рисунок 3.1 - Двохзахідна торцева фреза

Спіральні торцеві фрези з двома ріжучими кромками. Застосовуються при обрізанні виробів по контуру, початкової чорновій обробці, вибірці пазів і інших варіантів фрезерування і розкрою різних матеріалів. Оброблювані матеріали: дерево, МДФ, ДСП, ПВХ, ABS та інші м'які матеріали. Завдяки кільком зубцям і глибоким канавкам утворює більш дрібну стружку, ніж однозахідні фрези. Це дозволяє отримати якісну поверхню і забезпечити гладкий, рівний зріз. Конструкція фрези дозволяє виробляти вертикальне врізання.

Таблиця 3.1 - Вихідні дані

Артикул	D, мм	L, мм	d, мм	l, мм
2LX3.0.803	3.175	38	0.8	3
2LX3.103	3.175	38	1	3
2LX3.1.204	3.175	38	1.2	4
2LX3.1.505	3.175	38	1.5	5
2LX3.206	3.175	38	2	6
2LX3.2.411	3.175	38	2.4	11
2LX3.12	3.175	38	3.175	12
2LX412	4	40	4	12
2LX425	4	50	4	25
2LX6312	6	45	3	12
2LX6317	6	50	3	17
2LX825	8	60	8	25
2LX835	8	75	8	35
2LX845	8	9	8	45

2QX - двохзахідні радіусні фрези

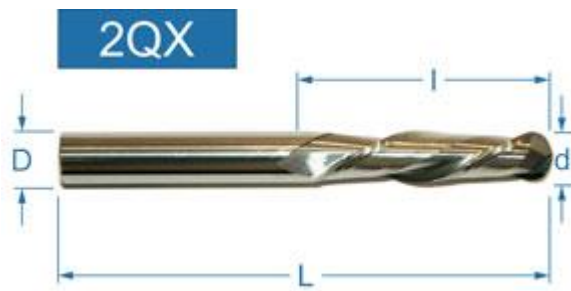


Рисунок 3.2 - Двохзахідна радіусна фреза

Спіральні двохзахідні радіусні фрези з видаленням стружки вгору. Застосовуються як для чорнової, так і для чистової обробки, нанесення U-подібної гравіювання, а так само для обробки 3D моделей. Оброблювані матеріали: ПВХ, ABS, дерево, в тому числі твердих порід, МДФ, ДСП, полікарбонат, алюміній і ін. При обробці твердих порід деревини поверхня виходить гладкою і не вимагає додаткового чистового доопрацювання.

Таблиця 3.2 - Вихідні дані

Артикул	D, мм	L, мм	d, мм	l, мм
2QX3.0.803	3.175	38	0.8	3
2QX3.103	3.175	38	1	3
2QX3.1.204	3.175	38	1.2	4
2QX3.1.505	3.175	38	1.5	5
2QX3.206	3.175	38	2	6
2QX412	4	40	4	12
2QX417	4	40	4	17
2QX425	4	55	4	25
2QX432	4	60	4	32
2QX442	4	70	4	42
2QX6312	6	50	3	12
2QX6417	6	50	4	17
2QX6522	6	50	5	22
2QX612	6	50	6	12
2QX625	6	55	6	25

2ZX - двохзахідні кінцеві фрези

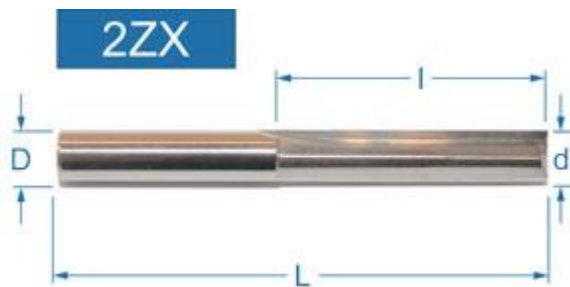


Рисунок 3.3 - Двохзахідна кінцева фреза

Двохзахідні кінцеві фрези з прямою кромкою. Застосовуються для 2D гравірування і розкрою. Оброблювані матеріали: сендвіч-панелі, ABS, ПВХ, дерево, в тому числі твердих порід, коркове дерево, фанера. Забезпечують при обробці рівний край без сколювання, що не задирають волокна. Стружка не видаляється із зони різання, що дає можливість розкрою дрібних деталей без зсуву при закінченні різі.

Таблиця 3.3 - Вихідні дані

Артикул	D, мм	L, мм	d, мм	l, мм
2ZX3.0.803	3.175	38	0.8	3
2ZX412	4	40	4	12
2ZX612	6	45	6	12
2ZX825	8	60	8	25

2ZQX – двохзахідні радіусні фрези

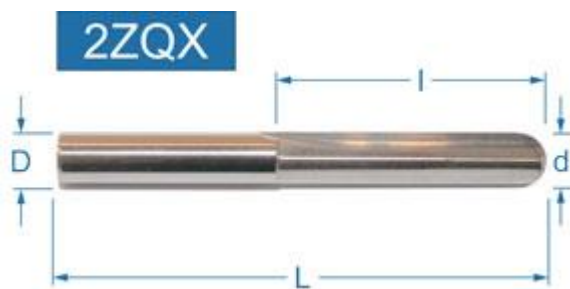


Рисунок 3.4 - Двохзахідна радіусна фреза

Двохзахідні радіусні фрези з прямою кромкою. Застосовуються для 3D фрезерування і розкрою. Оброблювані матеріали: сендвіч - панелі, ABS, ПВХ, дерево, в тому числі твердих порід, коркове дерево, фанера.

Таблиця 3.4 - Вихідні дані

Артикул	D, мм	L, мм	d, мм	l, мм
---------	-------	-------	-------	-------

2ZQX3.0.825	3.175	38	0.8	2.5
2ZQX412	4	40	4	12
2ZQX612	6	45	6	12
2ZQX825	8	60	8	25

S2LX - Твердосплавні кінцеві фрези



Рисунок 3.5 - Твердосплавна кінцева фреза

Спіральні кінцеві фрези для обробки сталі. Застосовуються при обрізанні виробів по контуру, початкової чорновій обробці, вибірці пазів і інших варіантів фрезерування сталі і м'яких металів. Забезпечують утворення більш дрібної стружки з меншим зніманням матеріалу в перерахунку на 1 зуб фрези, що сприятливо позначається на якості поверхні і зрізу. Дають можливість виробляти вертикальне врізання.

Таблиця 3.5 - Вихідні дані

Артикул	D, мм	L, мм	d, мм	l, мм
S2LX01	4	50	1	2.5
S2LX045	6	50	4.5	12
S2LX07	8	60	7	18

S2QX - твердосплавні радіусні фрези



Рисунок 3.6 - Твердосплавна радіусна фреза

Спіральні радіусні фрези для обробки сталі. Застосовуються для чорнового і чистового 3D фрезерування сталі і м'яких металів. Оброблювані матеріали: А-серія - сталі твердістю до 45 HRC, АА - серія - сталі твердістю до 50 HRC, ААА - серія - сталі твердістю до 60 HRC. Забезпечують

утворення більш дрібної стружки з меншим зніманням матеріалу в перерахунку на 1 зуб фрези, що сприятливо позначається на якості поверхні і зрізу. Дають можливість робити вертикальне врізання.

Таблиця 3.6 - Вихідні дані

Артикул	D, мм	L, мм	d, мм	l, мм
S2QX01	4	50	1	3
S2QX045	6	50	4.5	11
S2QX07	8	60	7	16

Y1LX - однозахідні фрези по пластику



Рисунок 3.7 - Однозахідна фреза

Спиральні фрези з однією ріжучою кромкою і гострим кутом заточки. Застосовуються для фрезерування і розкрою всіляких м'яких матеріалів. Оброблювані матеріали: ПВХ, ABS, дерево, МДФ, ДСП, акрил, поліуретан та інші термопластичні матеріали. Створені спеціально для високих швидкостей обертання. Глибока, полірована канавка утворює досить велику стружку і сприяє швидкому видаленню стружки вгору із зони різання, не допускає плавлення і налипання матеріалу.

Таблиця 3.7 - Вихідні дані

Артикул	D, мм	L, мм	d, мм	l, мм
Y1LX3.103	3.175	38	1	3
Y1LX3.104	3.175	38	1	4
Y1LX3.105	3.175	38	1	5
Y1LX412	4	45	4	12
Y1LX415	4	45	4	15
Y1LX417	4	45	4	17

Y1LX612	6	50	6	12
Y1LX615	6	50	6	15
Y1LX617	6	50	6	17
Y1LX825	8	60	8	25
Y1LX828	8	65	8	28
Y1LX835	8	75	8	35

J - Гравери конічні торцеві

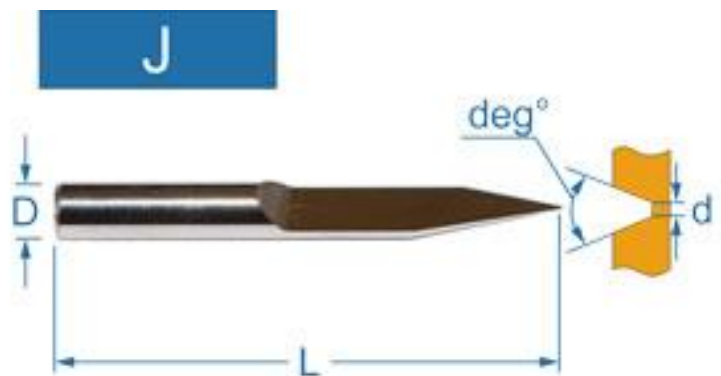


Рисунок 3.8 - Гравер конічний торцеві

Застосовуються для 3D фрезерування рельєфів з високою деталізацією, гравіювання на поверхні матеріалу, зняття фаски. Оброблювані матеріали: двошаровий пластик, акрил, ПВХ, тверді породи деревини, МДФ.

Таблиця 3.8 - Вихідні дані

Артикул	D, мм	L, мм	d, мм	l, мм	deg °
J3.0502	3.175	38	0.2	-	5
J42001	4	40	0.1	-	20
J61502	6	40	0.2	-	15

YDJ - Гравери конічні радіусні

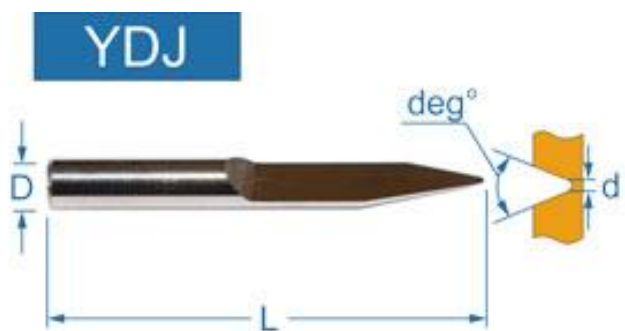


Рисунок 3.9 - Гравер конічний радіусний

Застосовуються для 3D фрезерування рельєфів з високою деталізацією, гравіювання на поверхні матеріалу, зняття фаски. Оброблювані матеріали: двошаровий пластик, акрил, ПВХ, тверді породи деревини, МДФ. Дозволяють отримати гладку поверхню, яка потребує подальшої шліфовки.

Таблиця 3.9 - Вихідні дані

Артикул	D, мм	L, мм	d, мм	l, мм	deg °
YDJ3.1004	3.175	38	0.4	16	10
YDJ41505	4	40	0.5	13.2	15
YDJ61505	6	50	0.5	20.5	15

JS - Гравери конічні по стали



Рисунок 3.10 - Гравер конічний

Застосовуються спеціально для 3D фрезерування, гравірування, зняття фаски на сталевих заготовках. Оброблювані матеріали: сталь, чавун, дюраль, латунь, мідь.

Таблиця 3.10 - Вихідні дані

Артикул	D, мм	L, мм	d, мм	l, мм	deg °
JS3.2002	3.175	38	0.2	-	20
JS42502	4	38	0.2	-	25
JS64502	6	40	0.2	-	45

3J - Гравери конічні «пірамідка»



Рисунок 3.11 - Гравер конічний «пірамідка»

Конічні гравери з трьома ріжучими гранями і плоским торцем. Застосовуються для широкого спектра гравірувальних завдань. Відрізняються підвищеною стійкістю до зламу. Оброблювані матеріали: мідь, алюміній, сталь, граніт, мармур та інші непластичні матеріали. Дають гладку поверхню.

Таблиця 3.11 - Вихідні дані

Артикул	D, мм	L, мм	d, мм	l, мм	deg °
3J3.1001	3.175	38	0.1	-	10
3J43001	4	40	0.1	-	30
3J63001	6	40	0.1	-	30

L1LX - однозахідні фрези для алюмінію



Рисунок 3.12 - Однозахідна фреза

Спіральні фрези з однієї ріжучої кромкою і спеціальним кутом заточки для м'яких металів. Застосовуються для фрезерування і розкрою на високих швидкостях обертання. Оброблювані матеріали: алюміній, дюраль, мідь, латунь, композитні панелі і інші термопластичні матеріали.

Таблиця 3.12 - Вихідні дані

Артикул	D, мм	L, мм	d, мм	l, мм	deg °
---------	-------	-------	-------	-------	-------

L1LX3.102	3.175	38	1	2	-
L1LX408	4	40	4	8	-
L1LX6204	6	50	2	4	-
L1LX820	8	60	8	20	-

L2LX - двохзахідні фрези для алюмінію



Рисунок 3.13 - Двохзахідна фреза

Спіральні кінцеві фрези з двома ріжучими кромками і спеціальним кутом заточки для м'яких металів. Застосовуються для фрезерування і розкрою на високих швидкостях обертання. Оброблювані матеріали: алюміній, дюраль, мідь, латунь, композитні панелі і інші термопластичні матеріали. Забезпечують утворення більш дрібної стружки з меншим зніманням матеріалу в перерахунку на 1 зуб фрези, дозволяючи збільшити швидкість подачі.

Таблиця 3.13 - Вихідні дані

Артикул	D, мм	L, мм	d, мм	l, мм	deg °
L2LX02	4	40	2	5	-
L2LX05	6	50	5	11	-
L2LX08	8	60	8	20	-

2FLX - двохзахідні компресійні фрези



Рисунок 3.14 - Двохзахідна компресійна фреза

Спиральні двохзахідні фрези з зустрічно спрямованими ножами. Застосовуються для розкрою ламінованих матеріалів. Дозволяють уникати сколювання країв і отримувати при обробці рівну і гладку кромку на верхній і нижній поверхні матеріалу. Оброблювані матеріали: ламіновані МДФ, ДСП, фанера.

Таблиця 3.14 - Вихідні дані

Артикул	D, мм	L, мм	d, мм	l, мм	deg °
2FLX3.06	3.175	38	3.175	6	-
2FLX408	4	40	4	8	-
2FLX610	6	50	6	10	-
2FLX820	8	60	8	20	-

MDRX - Трьохзахідні шейперні фрези

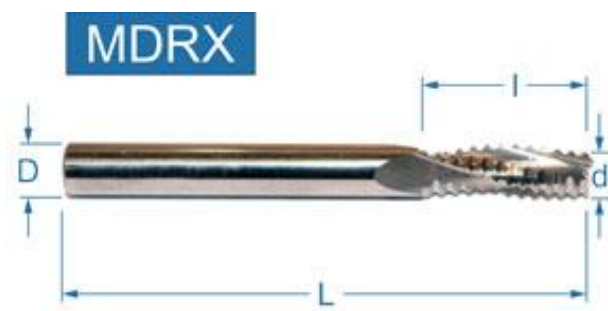


Рисунок 3.15 - Трьохзахідна шейперна фреза

Спиральні трьохзахідні кінцеві фрези зі стружколомом. Призначені для чорнового і напівчистового фрезерування, необхідного перед наступною чистовою обробкою. Оброблювані матеріали: текстоліт, МДФ, ДСП, фанера, штучний камінь, м'які метали.

Трьохзахідні фрези - з трьома ріжучими кромками, збільшують кут підйому витка, застосовуються для чорнової і напівчистової обробки. Мають підвищену жорсткість. Оснащення фрез стружколомом забезпечує утворення більш дрібної стружки і підвищує швидкість роботи без шкоди для якості поверхні і зрізу.

ST- Фрези торцеві «кукурудза»

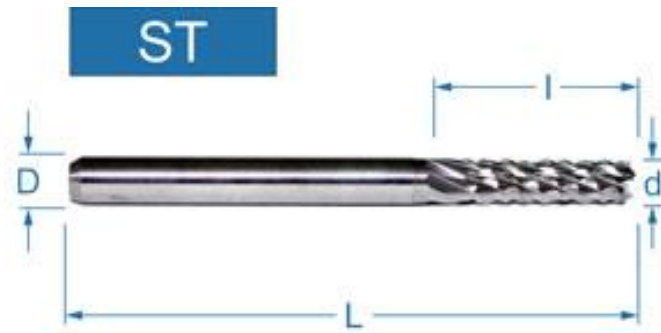


Рисунок 3.16 - Фреза торцева «кукурудза»

Кінцеві фрези з подвійним заточуванням. Застосовуються для обробки абразивних матеріалів. Оброблювані матеріали: текстоліт, склотекстоліт, гетинакс, МДФ, тверді породи дерева. Утворюють в процесі обробки максимально дрібну стружку, схожу на пил, яка дуже легко видаляється і не заважає подальшій роботі. Дозволяють уникати сколювання країв і отримувати при обробці рівну і гладку кромку.

Таблиця 3.15 - Вихідні дані

Артикул	D, мм	L, мм	d, мм	l, мм	deg °
ST3.102	3.175	38	1	2	-
ST408	4	40	4	8	-
ST612	6	45	6	12	-
ST820	8	60	8	20	-

ZHX - фрези для композиту (гнучкі)

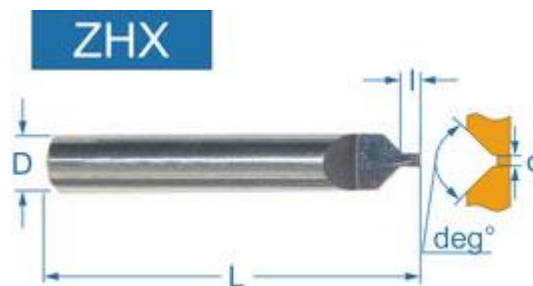


Рисунок 3.17 - Фреза для композиту

Застосовуються для створення паза зі спеціальним профілем на композитних панелях, а так само для розкрою листового матеріалу зі

створенням фаски. Оброблювані матеріали: композитні панелі, алюміній, акрил, дерево, МДФ.

Таблиця 3.16 - Вихідні дані

Артикул	D, мм	L, мм	d, мм	l, мм	deg °
ZHX3.0.81	3.175	38	0.8	1	90
ZHX411.2	4	38	1	1.2	90
ZHX60.81	6	40	0.8	1	90

2V - двохзахідні конусні V-подібні фрези

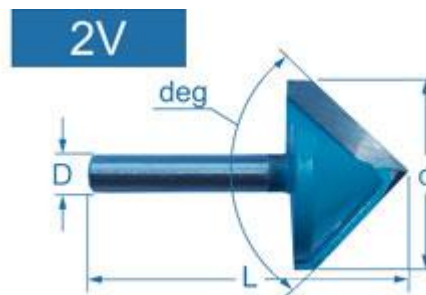


Рисунок 3.18 - Двохзахідна конусна V- подібна фреза

Застосовуються для зняття фаски, фрезерування по лінії і гравірування. Оброблювані матеріали: дерево, ДСП, МДФ та ін.

Таблиця 3.17 - Вихідні дані

Артикул	D, мм	L, мм	d, мм	l, мм	deg °
2V61045	6	-	10	0.2	45
2V61660	6	-	16	0.2	60

RD - фасонні фрези



Рисунок 3.19 - Фасонна фреза

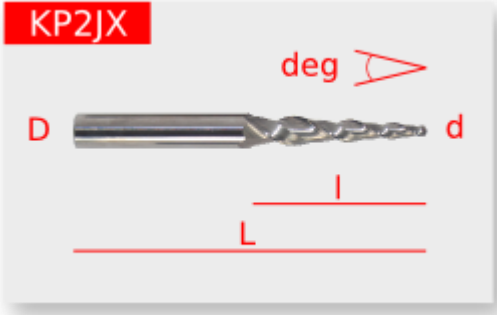
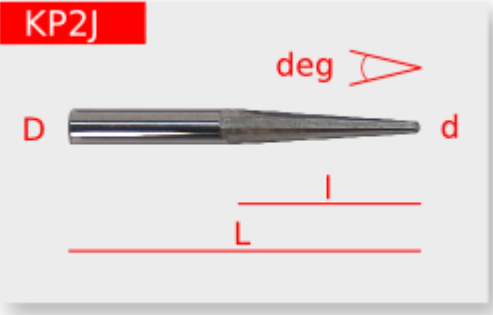
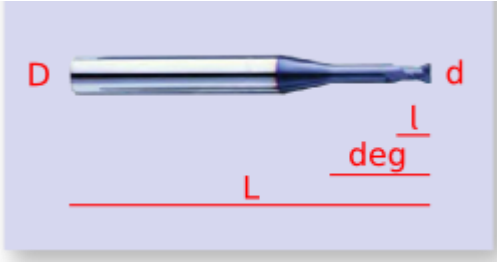
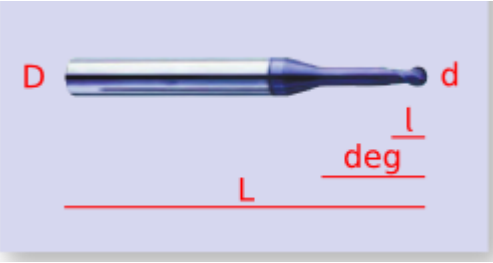
Застосовуються для створення фігурної фаски і гравірування. Оброблювані матеріали: МДФ, ПВХ, акрил і ін.

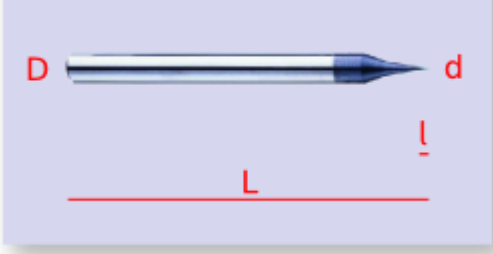
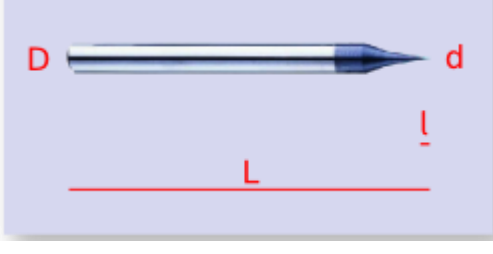
Таблиця 3.18 - Вихідні дані

Артикул	D, мм	L, мм	d, мм	l, мм	deg °
---------	-------	-------	-------	-------	-------

RD610	6	40	10	-	-
RD616	6	40	16	-	-

Таблиця 3.19 - Види фрез, що застосовуються

1. KP2JX – фрези двохзахідні, конусні, радіусні.  KP2JX мають спіральні ножі. Дані фрези ідеально підходять для фінішного гравіювання складних 3D рельєфів по дереву.	2. KP2J – фрези двухзаходная, конусні, радіусні.  KP2J мають прямі ножі. Дані фрези ідеально підходять для фінішного гравіювання складних 3D рельєфів по дереву.
3. KEN - фрези кінцеві з довгою шийкою  Фрези кінцеві з довгою шийкою - спеціальний інструмент для виконання завдань глибокої високоточної фрезерування. Твердість оброблюваного матеріалу до 60HRC.	4. KBN - фрези сферичні з довгою шийкою  Фрези сферичні з довгою шийкою - спеціальний інструмент для виконання завдань глибокої високоточної фрезерування. Твердість оброблюваного матеріалу до 60HRC.
5. КМЕА-фрези кінцеві з мікродіаметром.	6. КМВА-фрези сферичні з мікродіаметром.

 Професійні 2-х західні, кінцеві фрези з мікродіаметром для фрезерування твердих матеріалів.	 Професійні 2-х західні, сферичні фрези з мікродіаметром для фрезерування твердих матеріалів.
---	---

Рекомендації з вибору фрез:

Вибір "ідеального" типу фрези завжди залежить від оброблюваного матеріалу:

При фрезеруванні "м'яких" матеріалів: м'яких пластмас (ПВХ, плексиглас, пінопласти), дерев'яних матеріалів (деревина, волокниста плита, фанера, ДСП), м'яких сортів алюмінію і сендвічів (алюміній / пластмаси) у вигрaші гострі 1-західні фрези. Так як тут проблема скорішого затуплення краще ніж небезпека засмічення і поломки фрези.

Для жорстких пластмас придатні гострі 2-західні, з профілем риb'ячого хвоста. При обробці більш жорстких металів таких як латунь можна рекомендувати 2-західні фрези з плоскою заточкою. При фрезеруванні вкрай жорсткої конструкційної сталі або високоякісної сталі, використовують трьох-чотирьох західні фрези [6].

Таблиця 3.20 - Рекомендації з вибору фрез

Яка фреза для якого матеріалу	1-заходная		2-заходная		3-заходная	
	грубо	чисто	грубо	чисто	грубо	чисто
Деревні матеріали:						
М'яка деревина (сосна)	++	0	+ (+)	0	0	-
Тверда (дуб, бук), фанера, МДФ	+ (+)	0	++	0	+ (-)	-
Пластмаси:						
ПВХ, Полістирол, Тефлон, Піни	++	+	+	0	-	-
Дюропласт, Матеріали з бакелітом (ДСП)	+	+	++	+	+	-
Плексиглас налитой	++	+	+ (+)	-	0	-
Метали:						
М'який алюміній (Alucobond)	++	+	+	0	-	-
Жорсткий алюміній (Floxal)	0	+	+	++	0	+

Латунь, бронза, мідні сплави	-	-	0	+ (-)	+	++
Конструкційна сталь	-	-	-	+	-	++
Високоякісна сталь	-	-	-	-	-	+
	++ Дуже добре + Хорош 0 Удовлетв.			- Плохо-- Не підходить		

4 ПРИКЛАД СТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ МАЙСТЕР МОДЕЛІ

Модель представляє собою барельєфне зображення гербу Національного університету «Запорізька політехніка». Максимальна глибина профілю 6 мм. Габаритні розміри деталі 140x120x6 мм. У якості матеріалу для виготовлення майстер моделі у відповідності з табл. 2.14 було обрано Obomodulan.



Рисунок 4.1 – Майстер модель «Герб»

4.1 Обладнання для обробки майстер-моделі.

Аналіз конструкції і характеристика 3D фрезерно-гравірувального верстата Woodpecker серії CAMARO -1208

Верстат має робочою областю - 1200x800x110 мм і шпинделем потужністю 1500 Вт, оснащений високоточними кульково-гвинтовими парами і серводвигунами по всіх осях, що забезпечує високу швидкість і точність фрезерування [11].



Рисунок 4.2 - Фрезерний верстат з ЧПУ Woodpecker CAMARO

Області застосування:

1. Візуальна реклама: фрезерування об'ємних букв, рельєфних зображень, покажчиків, табличок, логотипів, гербів з широкого спектру матеріалів, фрезерування композитних панелей і т.д .;
2. Деревообробне виробництво: 3Д-4Д різьблення по дереву і МДФ, ДСП; розкрій, виробництво ексклюзивних меблів, дверей, фасадів та ін;
3. Поліграфія: штампи для тиснення та конгріву;
4. Ювелірна справа: інкрустації, медалі, брошки, воскові моделі, форми для лиття;
5. Приладо- і машинобудування: форми для лиття, штампи і прес-форми, технічні прокладки, приладові дошки, панелі управління, маркування, швидке створення прототипів;
6. Взуттєва промисловість: виготовлення форм для лиття, для формування взуття, шаблонів, лекал.

7. Таропакувальне виробництво: моделі, форми для виробництва пластикової тари, корексів, кліше для тиснення і ін.

Верстати Woodpecker серії CAMARO оснащені останньою розробкою компанії - контролером ЧПУ, що базується на DSC процесорі, LCD дисплеєм з високою роздільною здатністю і дружнім інтерфейсом [11].

Дана система має можливість повністю автономної роботи (немає необхідності постійного підключення зовнішніх носіїв інформації). Для передачі даних в новій системі ЧПУ використовується інтерфейс USB 2.0, що дозволяє передавати дані зі швидкістю 12 Мб/хв. Також дана стійка ЧПУ оснащена Ethernet інтерфейсом і великою вбудованою пам'яттю, що дозволяє з легкістю передавати дані з зовнішніх джерел.

Новий високочастотний перетворювач дозволяє зручніше змінювати швидкість обертання шпинделя безпосередньо зі стійки ЧПУ. Використання в контролері DSC технології дозволяє збільшити швидкість обробки даних. Швидкість переміщення може досягати 25 м/хв.

При роботі з контурами, що містять прямі лінії і дуги, переходи від елемента до елемента стали більш гладкими. Новий контролер підтримує всі функції попередніх поколінь, такі як незалежне запам'ятовування поточної позиції обробки, запуск виконання програми з будь-якого рядка і багато інших.

Нові функції системи управління включають в себе професійні режими роботи «Обробка з постійною швидкістю різання», «Режим 2D», «Режим 3D», «Користувацький Режим» (користувач може встановити свої власні параметри для кожного типу робіт і зберегти їх), який дозволяє з легкістю використовувати призначені для користувача настройки різання в майбутньому.

Новий контролер дозволяє реалізувати велику кількість високорівневих функцій, таких як, «Режим копіювання», «Режим віддзеркалювання», «Режим свердління» та інші.

Особливості гравіювання - фрезерних машин Woodpecker [11]:

- Широкий модельний ряд з різною робочою областю і шпинделями для різноманітного спектра завдань;
- Можливість 2D і 3D обробки широкого спектру матеріалів (пластик, оргскло, дерево, кольорові метали);
- Високошвидкісні крокові двигуни постійного струму по всіх осях.
- Цанговий патрон стандартного діаметра, що дозволяє встановлювати всі типи стандартних фрез;
- Прецизійні кульково-гвинтові пари по всіх осях.
- Сталеві станина, рухливі частини з високоякісного алюмінієвого сплаву забезпечують міцність конструкції, високу швидкість і точність.

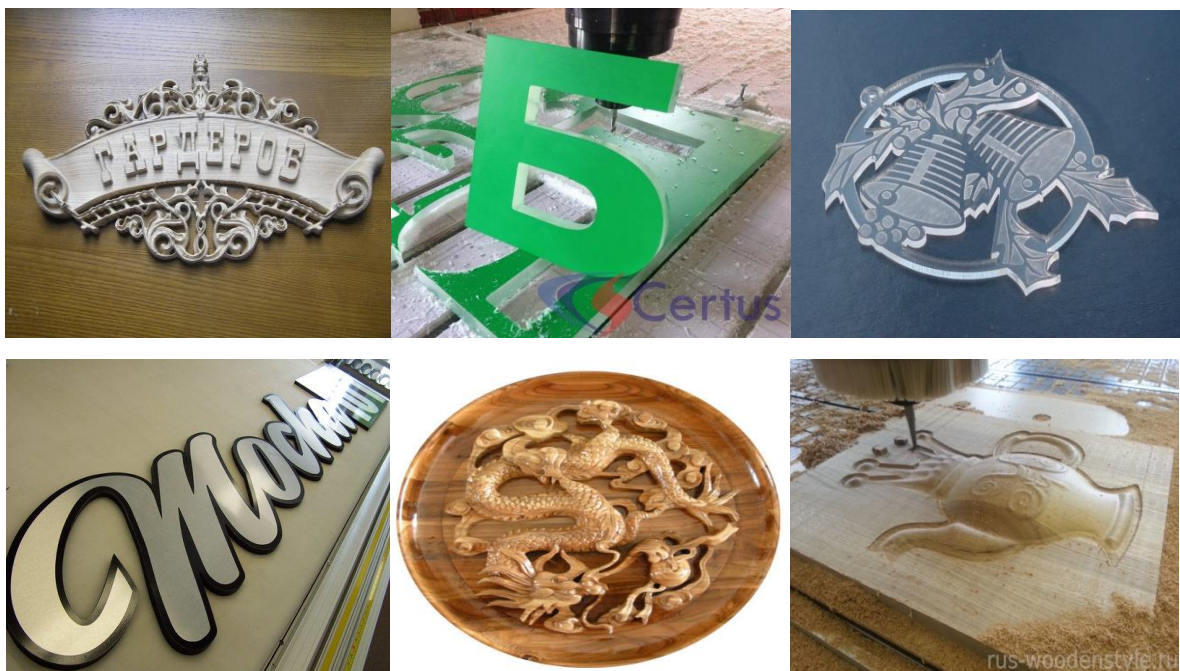


Рисунок 4.3 - Приклади фрезерування

Технічні характеристики модельної серії CAMARO:

Робочий стіл X, Y, мм	1325 × 1280
Опрацьований обсяг, мм	1200x800x110
Макс. швидкість подачі, мм / хв	7200/25000
Потужність шпинделя, Вт	1500
Макс частота обертання шпинделя, об / хв	24000
Спосіб кріплення інструменту - Цанга, стандарт	ER16
Діаметр інструменту, мм	3,175 / 4/6/8
Тип приводу мотора	мікрошаговий / Серво
Дозвіл (з дистанційним управлінням), мм	0.01
Архітектура станини	зварна

Тип ЧПУ	3.5 "DSC controller
Харчування	АС 220 В ± 10%, 50 Гц
Габаритні розміри, мм	1525x1710x1420
Вага, кг	480
Потужність, КВт	1.8

4.2 Вибір та опис заготовки

Вибираємо тестову деталь більш складної конфігурації - «ГЕРБ». На фрезерно-гравірувальному верстаті Woodpecker CP-1208 відтворюємо розроблений постпроцесор на цій деталі рисунок 4.3.

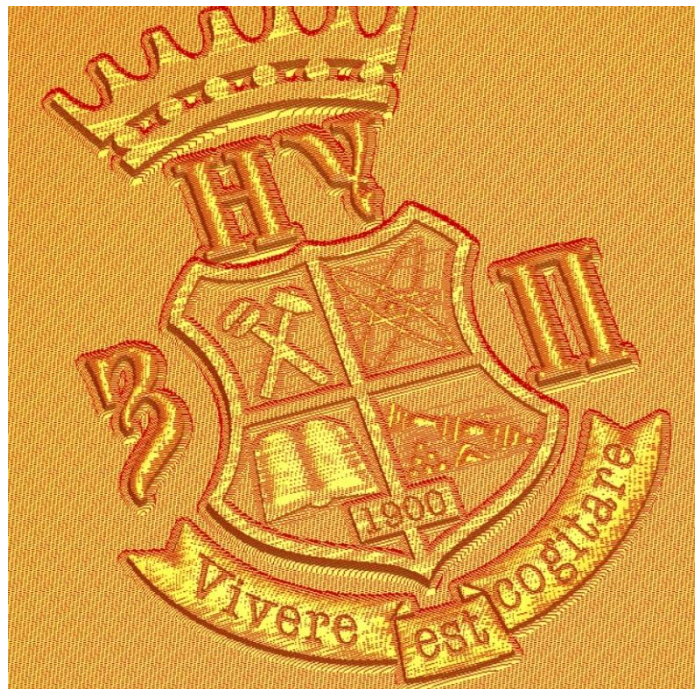


Рисунок 4.4 - Геометрія тестової деталі «ГЕРБ»

З огляду на особливості конструкції деталі заготовкою для її виготовлення може бути блок. Загальні припуски і розміри заготовки визначаються табличним методом і представлені у таблиці 4.1

Таблиця 4.1 - Загальні припуски на обробку поверхонь деталі «ГЕРБ»

Розмір деталі, мм	Точність розмірів, квалітет	Шорсткість Ra, мкм	Припуск на розміри заготовки, мм	Розмір заготовки, мм
140	h14	12,5	16,5x2	173 ± 0,5
120	h14	12,5	0,5x2	121 ± 0,5
18	h14	12,5	6	18 ± 0,5

Маса заготовки розраховується за формулою 4.1:

$$M = a \cdot h \cdot l \cdot \rho \quad (4.1)$$

де а – ширина заготовки, см, а = 12,1;

h – висота заготовки, см, h = 1,8;

l – довжина заготовки, см, l = 17,3;

ρ – щільність матеріалу, г / см³, ρ = 1,6.

$$M = \frac{12,1 \cdot 1,8 \cdot 17,3 \cdot 1,6}{1000} = 0,60 \text{ кг}$$

Для гравірування на верстаті Woodpecker CP-1208 вибираємо заготовку з матеріалу - Obomodulan.



Рисунок 4.5 - Встановка заготовки на верстаті

Obomodulan – це модельний пластик на базі поліуретану. Пластик випускається у вигляді блоків різних розмірів, ідеально рівна поверхня яких і

ідеально стабільні розміри по товщині формують заготовку, з якої буде виконуватися виріб з мінімальними відходами.

Властивості:

- однорідна і гладка поверхня;
- рівномірنا і дрібна структура спінювання;
- висока міцність краю;
- мінімальний коефіцієнт теплового розширення;
- простота обробки і низьке пилоутворення;
- фізіологічно нейтральний;

Таблиця 4.2 - Технічні характеристики матеріалу заготовки

Тип	Колір	Щільність, кг/м ³	Міцність на стиск, МПа DIN EN ISO 604	Міцність на вигин, МПа DIN EN ISO 178	Коеффіц. лінійн. тепл. розшир., 10-5xK -1 25-70 ° DIN53752	Твёр- дість по Шору DIN 53505	Макс роб. темп .,°C
1600	Пісоч- ний	1600	116	75	49	88-89	94

4.3. Маршрут обробки поверхонь

При проектуванні технологічного процесу виготовлення деталі вирішують головне завдання технології - забезпечити потрібну якість, максимальну продуктивність, мінімальну собівартість і мінімум шкідливих впливів на навколишнє середовище [10].

Технологічні основи вирішення цього завдання закладаються при призначенні навігації маршрутів обробки поверхонь (МОП), організаційні основи – при формуванні операцій маршруту виготовлення деталі (МВД).

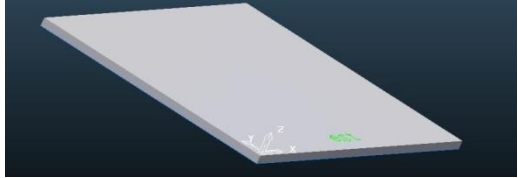
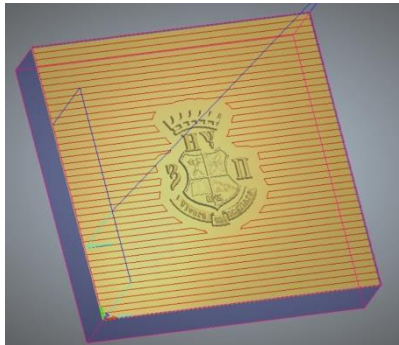
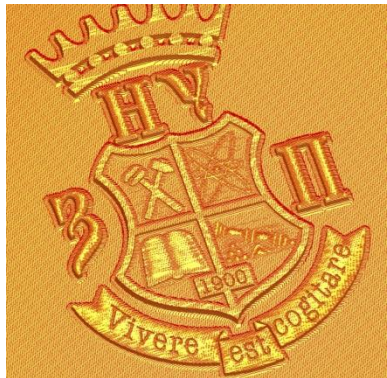
Основні етапи маршруту

Складаємо загальну етапну схему виготовлення деталі – етапний маршрут виготовлення деталі:

- 1 етап – отримання заготовки,
- 2 етап – механічна обробка:
 - фрезерно-гравірувальна
- 3 етап - контроль

У таблиці 4.3 представлений маршрут виготовлення деталі «ГЕРБ».

Таблиця 4.3 - Маршрут обробки деталі «ГЕРБ»

№ операції	№ переходу	Зміст переходу	Ескіз
005	1	Встановити і закріпити деталь	
010	2	Фрезерувати деталь начорно	
	3	Фрезерувати деталь начисто	

4.4 Обґрунтування вибору технологічних баз і розрахунок сили затиску

Базою називають поверхню, вісь, точку деталі або складальної одиниці, по відношенню до яких орієнтується інші деталі, вироби або поверхні деталі, які обробляються. При проектуванні технологічного процесу для забезпечення необхідної точності велике значення має вибір баз [8, 10].

При виборі технологічних баз для обробки заготовок необхідно застосовувати принцип суміщення баз, тобто для технологічної бази необхідно брати поверхню, яка є вимірною базою. При розробці маршруту обробки необхідно дотримуватися принципу сталості баз; на всіх

основних технологічних операціях використовувати для технологічних баз одні і ті ж поверхні.

Тобто, розробляючи технологічний процес механічної обробки деталі, для кожної операції необхідно вибирати бази, керуючись наступними положеннями.

Бажано, щоб вимірювальна і технологічна бази співпадали, треба вибирати в якості технологічної бази поверхню, від якої заданий розмір. При цьому похибка базування буде дорівнювати нулю і відпаде необхідність в перерахунку операційних розмірів.

Кожна зміна настановної бази в ході технологічного процесу вносить нові похибки, які залежать від неточності взаємного розташування баз; тому доцільно виконувати обробку від однієї постійної бази; якщо для виконання наступної операції колишня база не може бути використана, то нової установчої базою повинна бути оброблена поверхня.

У всіх випадках установча база повинна забезпечити жорсткість установки заготовки, яка досягається відповідними розмірами поверхонь базування і їх взаємним розташуванням;

Чорнова установча база може бути прийнята тільки для чорнових операцій, так як повторне її використання може в значній мірі порушити взаємне розташування оброблюваних поверхонь.

Прийняті бази, методи бази і методи базування повинні забезпечувати більш просту і надійну конструкцію пристосування. Зручність установки і зняття деталі.

Конструкторською базою є зовнішні поверхні заготовки, які протягом техпроцесу використовуються в якості технологічних баз. На першій чорновій операції деталь затискається по зовнішній поверхні заготовки - чорнова база призначається один раз.

Похибка установки заготовки в пристосування $\Delta_{\text{сб}}$, обчислюють з урахуванням похибок, і визначається за формулою (4.2)

- $\Delta_{\text{сб}}$ – базування;
- $\Delta_{\text{зз}}$ – закріплення заготовок;
- $\Delta_{\text{епр}}$ – виготовлення і зносу опорних елементів пристосування.

Похибка установки визначають як граничне поле розсіювання положень вимірювальної поверхні відносно поверхні відліку в напрямку розміру, який витримується.

Оскільки зазначені вище похибки є випадковими величинами [8],

$$\Delta\varepsilon_y = \sqrt{(\Delta\varepsilon_6)^2 + (\Delta\varepsilon_3)^2 + (\Delta\varepsilon_{\text{пр.}})^2} \quad (4.2)$$

Похибка пристосування не пов'язана з процесом установки заготовок у пристроях; тому часто її враховують при розрахунках точності окремо.

Тоді розраховуємо за формулою [8]:

$$\Delta\varepsilon_y = \sqrt{(\Delta\varepsilon_6)^2 + (\Delta\varepsilon_3)^2}. \quad (4.3)$$

При укрупнених розрахунках точності обробки похибка $\Delta\varepsilon_y$, відповідна останній формулі, можна визначити по [4, с. 42, табл. 13].

Похибки установки при затиску прихватами:

$\Delta\varepsilon_y = 120\text{мкм}$ – радіальна; $\Delta\varepsilon_y = 80\text{мкм}$ – осьова;

$\Delta\varepsilon_y = 0,120\text{ мм} < TL = 0,57\text{ мм}$; $\Delta\varepsilon_y = 0,080\text{ мм} < Td = 0,39\text{ мм}$.

Дане пристосування забезпечує обробку із заданою точністю. Протягом всього техпроцесу виготовлення тестової деталі «ГЕРБ» принципи призначення технологічних і вимірювальних баз дотримується.

4.5 Вибір інструменту та оснащення

Технологічне оснащення – це сукупність пристосувань для установки і закріплення заготовок і інструментів. Точність і якість продукції в першу чергу визначаються якістю спеціального технологічного оснащення, що використовується.

Застосування верстатних пристосувань дозволяє [8]:

- надійно базувати і закріплювати оброблювану деталь із збереженням її жорсткості в процесі обробки;
- стабільно забезпечувати високу якість оброблених деталей при мінімальній залежності якості від кваліфікації робітника;

- підвищити продуктивність і полегшити умови праці в результаті механізації пристосувань;
- розширити технологічні можливості використовуваного обладнання.

Пристосування для закріплення заготовки на столі верстата:

Для кріплення заготовок передбачено:

1. Робочий стіл фрезерного верстата, який має поздовжні пази стандартної форми;
2. Спеціальні механічні притиски болтами (або струбцинами).

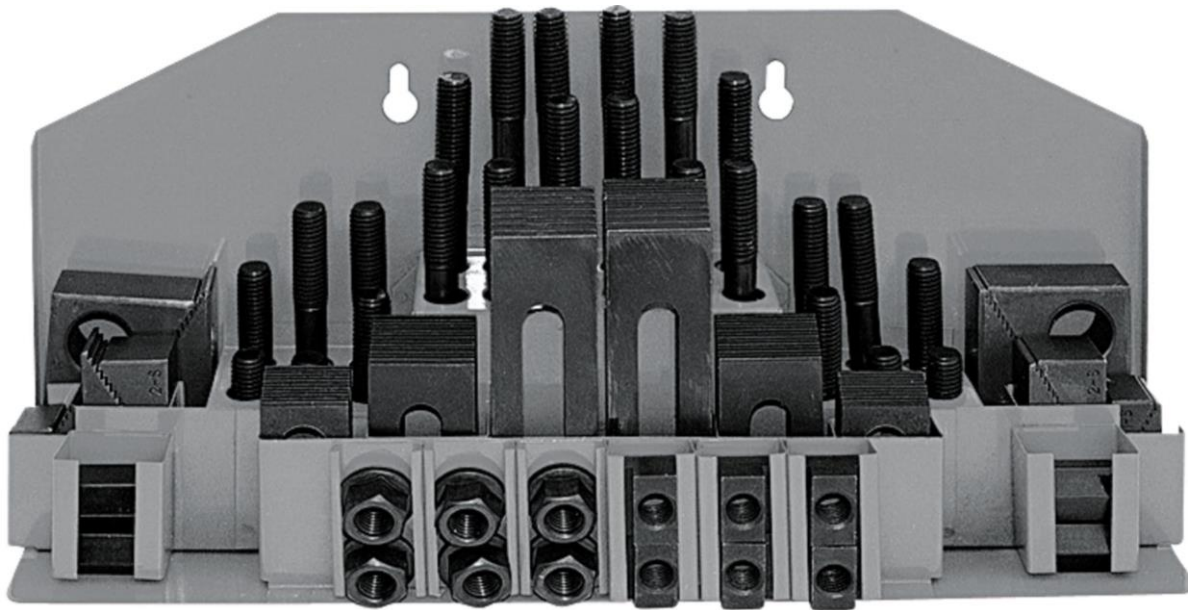


Рисунок 4.6 - Набір затискних пристосувань

Шпиндельне оснащення:

Верстати з числовим програмним керуванням обладнані шпиндельним вузлом, призначеним для передачі обертання ріжучому інструменту [8]. Для надійного закріплення на ньому фрез і граверів потрібен певне обладнання, а саме: цанги і гайки. Інструмент вставляється в цангу, цанга - в шпиндель. Зверху на цангу за допомогою гайкового ключа загвинчується накидна гайка.

Цанга – це пристосування, що є пружною втулкою. Має осьові прорізи, що розділяють затискачі. Призначення цанги – затискання інструмента з циліндричним хвостовиком (фрези або гравера). Найбільш поширений вид цанг для фрезерно-гравірувального устаткування – цанги ER.

Цанги розрізняються за типами та розмірами. Дуже важливо для надійної фіксації підбирати максимально відповідні інструменти, щоб вони

могли найбільш щільно примикати один до одного і тим самим, забезпечувати виконання своїх основних функцій максимально якісно.

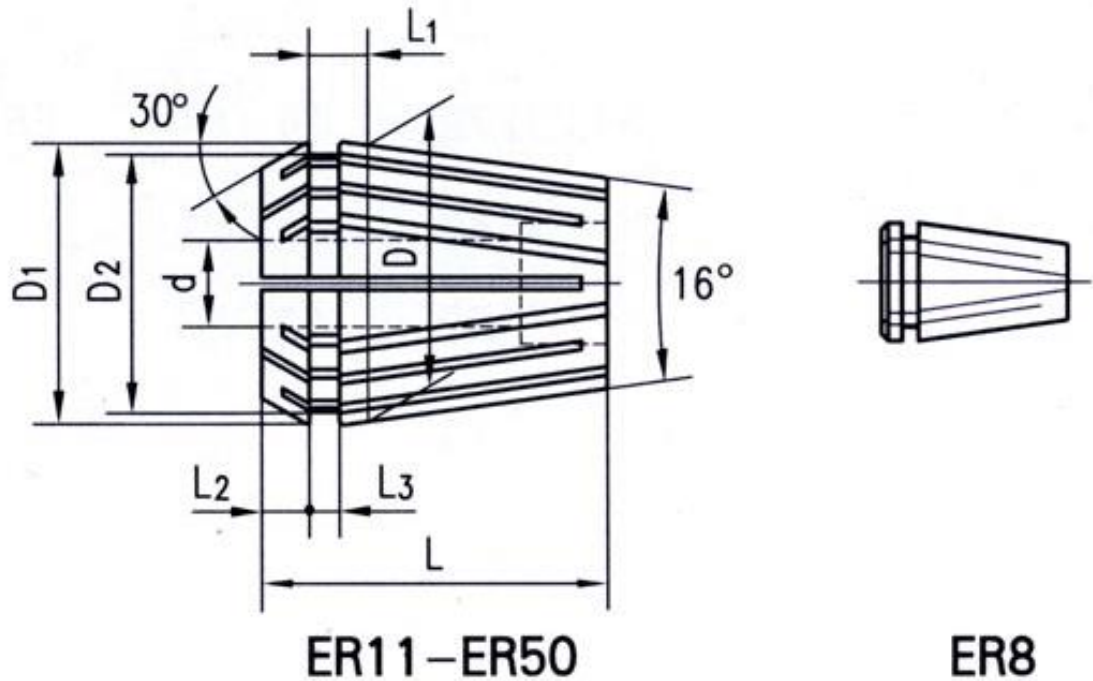


Рисунок 4.7 - Цанга ER



Рисунок 4.8 - Набір цанг ER (10 шт)

Гайки для цангових патронів – другий важливий елемент в системі фіксації ріжучих інструментів на верстатах з ЧПУ. Гайка надійно утримує цангу, перешкоджаючи її зриву і поломці інструменту.



Рисунок 4.9 - Накидна гайка M22x1.5 типу А

Гайка постійно піддається впливу пилу, стружки, яка постійно потрапляє під різьбу і неминуче зношує її. Необхідно ретельно стежити за тим, щоб гайка накручувалася рівномірно, без перекосів, так як це призведе до детонації. Якщо ви помітили, що гайка погано затягується через зношене різьблення, то її краще замінити на нову, так як вона може розкрутитися під час роботи, а в цьому випадку завжди ламається цанга, ріжучий інструмент і псується заготовка.

Вимірювальне оснащення:

Це власне вимірювальний вузол, призначений для безпосереднього вимірювання відхилення оброблюваного розміру шляхом контактного або безконтактного "дотику" оброблюваної поверхні або поверхні ріжучого інструменту і передачі отриманої інформації на вхід первинного вимірювального перетворювача. Вимірювальне оснащення представлене різноманітними механічними конструкціями, залежними від призначення верстата, оброблюваної деталі, технологічного процесу і т.п.



Рисунок 4.10 - Координатно-вимірювальна рука MicroScribe G2X

MicroScribe G2X – новітня і найбільш точна модель. Має найкращу точність з усіх координатно-вимірювальних машин.

Таблиця 4.4 - Характеристики 3d сканера MicroScribe G2X

Точність	0,23 мм
Розмір робочого простору	1270 мм
Програмне забезпечення	Стандартні драйвери - MicroScribe G2 функціонують в межах популярних графічних пакетів 3D моделювання
Поеднання	PC та Macintosh
Інтерфейс	RS-232 або 1.1 USB

Інструменти для обробки деталі:

Для ОБРОБКИ деталі був обраний комплект фрез ГОСТ 17025-71 і фірми «Глобус», що приведені на рисунку 4.8



Рисунок 4.11 - Набір фрез для обробки заданої деталі

Ріжучі інструменти для виконання операцій технологічного процесу виготовлення деталі «ГЕРБ» призначаються в залежності від виду обробки, оброблюваного матеріалу деталі, вимоги щодо якості поверхонь. Допоміжні інструменти вибираються в залежності від виду верстата, ріжучого інструменту і розмірів їх приєднувальних елементів. Засоби контролю й виміру вибираються в залежності від точності контрольованих розмірів, їх величини і типу виробництва.

Таблиця 4.5 - Технологічне оснащення для виготовлення деталі «ГЕРБ»

Перехід	Оснащення	
1	Ріжучий інструмент: Фреза D5 ГОСТ 17025-71 	Додатковий інструмент: Цанга ER8 d6  Вимірювальний інструмент: Вимірювальна рука MicroScribe G2X; ШЦ-I-160-0,05 ГОСТ 166-89
2	Гравер спеціальний 	

4.6 Вибір режимів різання та хронометраж часу

Режими різання для обраного матеріалу і виду обробки не розраховуються, а приймаються в залежності від діаметра відповідно до рекомендації цього матеріалу.

Таблиця 4.6 - Режими різання

Номер переходу	Діаметр фрези, мм	Глибина різання, мм	Подача, мм / хв	Швидкість різання, м / хв	Частота обертів, об / хв	Основне технологічне час, хв.
1	5	1	720	125,7	5000	1,16
2	0,1	0,1	960	125,7	5000	2,05

Хронометраж часу

Після визначення змісту операцій, вибору обладнання, інструментів і розрахунку режимів різання хронометраж часу визначаються в такій послідовності [9, 10]:

1. На підставі розрахованих режимів різання і роботи обладнання по кожному переходу обчислюється основний (технологічний) час T_0 ;
2. За змістом кожного переходу встановлюється необхідний комплекс прийомів допоміжної роботи і визначається допоміжний час T_b з урахуванням можливих і доцільних поєднань і перекриттів;
3. За нормативами в залежності від операцій і обладнання встановлюється час на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби $T_{обсл}$ і $T_{отд}$;

4. Визначається норма штучного часу $T_{шт.}$;
5. Для сирійного виробництва встановлюється склад підготовчо-заключної роботи, вимірюється підготовчо-заключний час $T_{п.з.}$ і штучно-калькуляційний $T_{шт.к.}$.

Оскільки попереднє визначення типу виробництва показало, що ми маємо сирійне виробництво, то нормою часу буде штучно-калькуляційний час $T_{шт.к.}$ [10].

$$T_{шт.к.} = \frac{T_{п.з.}}{n} + T_{шт.} \quad (4.4)$$

$$T_{шт.} = T_o + T_{всп.} + T_{т.о.} + T_{перер.} \quad (4.5)$$

Час на обслуговування і відпочинок беру у відсотках від суми додаткового і основного часу [10].

$$T_{отд} = 0,06 \cdot (T_o + T_{в.}) \quad (4.6)$$

$$T_{обс} = 0,08 \cdot (T_o + T_{в.}) \quad (4.7)$$

Фрезерування деталі [10]:

$$T_o = 76,03 + 125,92 = 201,95 \text{ хв}$$

Час на додаткові переходи при обробки деталі складає [10]:

$T_{вст} = 4,59$ – час на встановлення деталі на верстаті, хв;

$T_{ин} = 1,01$ – час на установку одного інструмента на верстаті, хв;

$T_{перин} = 1,33$ – час на переустановку інструменту на верстаті, хв;

$T_{вк} = 0,21$ – час на включення станка, хв;

$T_{зав} = 1,01$ – час на завантаження керуючої програми, хв.

$$T_{дод} = 0,21 + 4,59 + 1,01 + (1,33 \cdot 2) + (1,01 \cdot 2) = 10,49 \text{ мин}$$

$$T_{отд} = 0,06 \cdot (201,95 + 10,49) = 12,75 \text{ мин}$$

$$T_{обс} = 0,08 \cdot (201,95 + 10,49) = 16,99 \text{ мин}$$

Таким чином отримаємо норму штучного часу на операцію, згідно з формулою (4.5) [10]:

$$T_{\text{ш}} = 201,95 + 10,49 + 12,75 + 16,99 = 242,18 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляційний час на одну деталь [10]:

$$T_{\text{штк}} = \frac{10,87}{1} + 242,18 = 253,05 \text{ мин}$$

Таблиця 4.7 - Основні розрахункові норми часу на обробку деталі

Номер операції	Основний час T_0 , .мін	Додаткове T_v , хв	Час на обслуг., хв.	Час на відпочино к, хв.	Норма штучного часу, хв	Штучно-років наполегливої роботи. час, хв
010	201,95	22,08	16,99	13,13	242,18	253,05

4.7 Розрахунок сили затиску

Після визначення похибки установки необхідно визначити силу затиску пристосування для обробки заданої деталі. У якості заготовки для деталі був обраний прямокутний паралелепіпед, який затискається за допомогою притискної планки приведеної на рисунку 4.9.

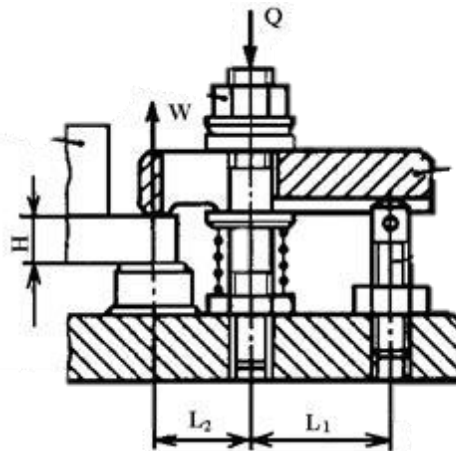


Рисунок 4.12 - Схема установки заготовки в пристосуванні

Для розрахунку величини Q , H , визначається виходячи з умови, що максимальна потужність різання може бути 1,5 кВт [8].

$$Q = \frac{W \cdot L_2}{L_1 \cdot \eta} \quad (4.8)$$

де, η – коефіцієнт тертя між притискною планкою і її опорою; $\eta = 0,95$

$L_1 = 30$ – величина між опорою планки і осі затискного гвинта, мм;

$L_2 = 20$ – величина між точкою затиску деталі і осі затискного гвинта, мм;

W – сила затіску деталі, Н, розраховується за формулою [8]:

$$W = k \cdot P_Z \quad (4.9)$$

де, P_Z – сила різання при фрезеруванні, Н розраховується за формулою [8]:

$$P_Z = \frac{N_{\text{різ}} \cdot 60 \cdot 1020}{V} \quad (4.10)$$

$$P_Z = \frac{1,5 \cdot 60 \cdot 1020}{753,6} = 121,8 \text{ Н}$$

k - коефіцієнт запасу сили затіску розраховується за формулою

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \quad (4.11)$$

де, $k_0 = 1,5$ – коефіцієнт гарантованого запасу сили затіску;

$k_1 = 1,2$ - для чорнової обробки, коефіцієнт враховуючи тип обробки;

$k_2 = 1,1$ - для фрезерної обробки, коефіцієнт враховуючи вид механічної операції;

$k_3 = 1,2$ - для перерівчастом фрезеруванні, коефіцієнт враховуючи способ обробки;

$k_4 = 1,3$ - для ручного затіску, коефіцієнт враховуючи постійність розвіяемого сили затіску;

$k_5 = 1,0$ - для Зручне Розташування, коефіцієнт враховуючи способ розміщення рукояток затіску;

$k_6 = 1,5$ - для Великої площі контакту, коефіцієнт враховуючи наявність моментів, Які повертаються заготовку.

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 4,63$$

$$W = 4,63 \cdot 121,8 = 563,9 \text{ Н}$$

$$Q = \frac{563,9 \cdot 20}{30 \cdot 0,95} = 395,72 \text{ Н}$$

4.8 Розрахунок шпинделя

4.8.1 Аналіз вихідних даних

а) тип верстата - фрезерно-гравірувальний;

- б) діаметри базових шийок шпинделя в передній і задній опорах:
 $d_п = 20 \text{ мм}$ і $d_з = 15 \text{ мм}$;
- в) межопорна відстань і виліт консолі шпинделя:
 $b = 147 \text{ мм}$ і $a = 29 \text{ мм}$;
- г) наявність центрального отвору в шпинделі - є;
- д) підшипники - кулькові радіально - упорні 4 шт. (С7004, С7002), Р4 клас;
- е) Найбільша сила різання $P_z = 91,7 \text{ Н}$.

4.8.2 Розрахунок шпинделя на вигин

Вузол шпинделя верстата є кінцевою ланкою приводу головного руху і призначений для кріплення в ньому ріжучого інструменту. Якість шпиндельного вузла надає вирішальне значення на якість і точність різання. В процесі експлуатації на шпиндельний вузол діють відцентрові сили, що виникають від невірноваженості обертових деталей, і погано впливають на точність обертання шпинделя [8].

Розрахунок і конструкторське оформлення шпинделів має свою специфіку в порівнянні зі звичайними валами. На конструкцію шпинделя впливають вимоги жорсткості і точності його обертання, що визначає його розміри, розташування і вид опор, наявність отвору в шпинделі.

Шпинделі розраховують на жорсткість. При розрахунку на жорсткість розрахункову схему шпинделя представляють у вигляді балки, тип якої залежить від типу і кількості підшипників у них [8].

Сумарний прогин розраховується як сума прогину консолі і прогину між двома опорами в обох осях.

P_z -найбільша сила різання, $P_z = 91,7 \text{ Н}$.

$$P_y = (0,3 \dots 0,4) P_z = 0,3 \cdot 91,7 = 27,5 \text{ Н}$$

Сумарне навантаження становить:

$$P = \sqrt{P_z^2 + P_y^2} = \sqrt{91,7^2 + 27,5^2} = 95,73 \text{ Н}$$

$$Y = P \left[\frac{a^2}{3E} \left(\frac{a}{j_1} + \frac{l(1-\varepsilon)}{j_2} \right) + \frac{1}{j_a} \left(\frac{l+a(1-\varepsilon)}{l} \right)^2 + \frac{a^2(1-\varepsilon)}{j_b l^2} + \frac{a}{GS_1} + \frac{a^2(1-\varepsilon)}{GS_2 l} \right],$$

де P – сумарне навантаження;

$a = 29$ мм – довжина переднього кінця шпинделя;

$E = 2,1 \cdot 10^5$ Мпа – модуль пружності;

$j_1 = 7854 \text{ мм}^4$ – середнє значення осьового моменту інерції перерізу консолі;

$j_2 = 51472 \text{ мм}^4$ – середнє значення осьового моменту інерції між опорами;

$S_1 = 314 \text{ мм}^2$ – площа перетину переднього кінця шпинделя;

$S_2 = 804 \text{ мм}^2$ – площа перетину між опорною частини шпинделя;

$\varepsilon = 0,25$ – коефіцієнт зацмлення в передній опорі;

$j_a = 14000 H$ – жорсткість в передній опорі;

$j_b = 15000 H$ – жорсткість в задній опорі;

$b = 147$ мм – відстань між опорами;

G – модуль зсуву матеріалу шпинделя; $G = 0,4E = 84000$

Визначаємо прогин шпинделя [8]:

$$Y = 96 \cdot \left[\frac{29^2}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5} \left(\frac{29}{7854} + \frac{147(1-0,25)}{51472} \right) + \frac{1}{14000} \left(\frac{147+29(1-0,25)}{147} \right)^2 + \frac{29^2(1-0,25)}{15000 \cdot 147^2} + \frac{29}{84000 \cdot 314} + \frac{29^2(1-0,25)}{84000 \cdot 804 \cdot 147} \right] = 0,01 \text{ мм}$$

Кут повороту шпинделя в передній опорі [8]:

$$\theta = \frac{Pal}{3Ej_2}$$

$$\theta = \frac{96 \cdot 29 \cdot 147}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 51472} = \frac{409248}{3,24 \cdot 10^{10}} = 0,000013$$

$$0,000013 \text{ рад.} \leq [\theta] = 0,001 \text{ рад.} - \text{ умова}$$

виконується.

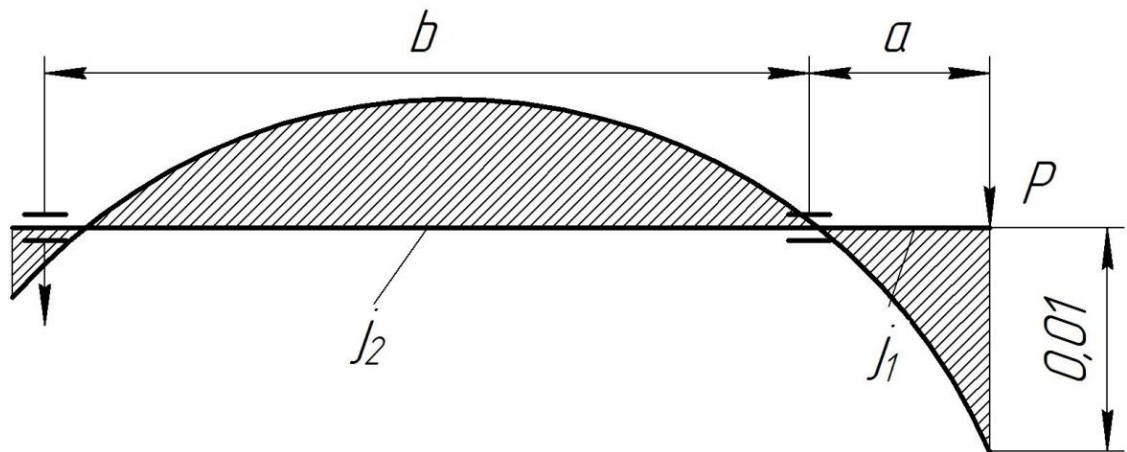


Рисунок 4.13 - Схема навантаження шпинделя.

4.8.3 Захисне огородження

Насадка на шпиндель GDZ для підключення системи видалення стружки (аспірація). Насадка має жорстку щітину (32 мм) по краях контакту з виробом забезпечуючи якісне видалення стружки і перешкоджає її "розльоту" [12].



Рисунок 4.14 - Насадка на шпиндель для видалення стружки

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Оскільки тема дипломного проекту – «Оцінка технологічних можливостей сучасних модельних матеріалів та інструментальне забезпечення їх лезової обробки», передбачає проведення розрахунків у приміщенні (лабораторії) обладнаному персональними комп'ютерами (далі ПК) з візуальними дисплейними терміналами (далі ВДТ), тому нижче розглянемо заходи по забезпеченню безпеки, виробничої санітарії, гігієни праці і пожежної безпеки для приміщення (лабораторії) обладнаного візуальними дисплейними терміналами, у відповідності з методичними вказівками. Заходи розроблено на базі нормативних документів основні з яких наведено нижче:

- ГОСТ ГОСТ 12.0.003-74 (1999) «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»;
- ПУЕ («Правила устройю електроустановок»)
- ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление»
- НПАОП40.1-1.32-01 «Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок»
- ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения»
- НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок»
- НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів»
- ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин»

- НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями»
- ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ « Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»
- Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу»
- ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень»
- ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
- ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»

Розроблені заходи див. у Додатку А.

ВИСНОВОК

У дипломному проекті виконано аналіз сучасних модельних матеріалів для створення майстер-моделей. Розглянуті типові проблеми при роботі з модельними пластиками. Проведена порівняльна характеристика модельних матеріалів та обраний матеріал для майстер-моделі. У розробленому дипломному проекті було розглянуто технічні характеристики верстата Woodpecker CP-1208, описані матеріали та інструменти, що застосовуються на цьому верстаті. Розроблено приклад створення технології обробки деталі «Герб»; вибрано технологічне обладнання, оснащення, ріжучий і допоміжний інструмент; проведені розрахунки режимів різання, трудове нормування, зроблені заходи по техніці безпеки при роботі за комп'ютером.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Изготовление мастер-моделей [Электронный ресурс] // <https://www.polyester.com.ua/ru/catalog/101>.
2. Расходные материалы для моделирования методом послойного наплавления (FDM/FFF) [Электронный ресурс] // <http://3dprofy.ru/raskhodnye-materialy-dlya-modelirovan/>.
3. Плиты из полиуретана для моделирования, инструментального производства, термоформовки и литья. Промышленные пластики, Plastics [Электронный ресурс] // <https://plastics.ua/industrial/products/plastik-dlya-modelno/modulan/>.
4. Модельный пластик ОБОМОДУЛАН (OBOMODULAN) [Электронный ресурс] // <http://shlif.by/index.php?mact=News,cntnt01,detail,0&cntnt01articleid=34&cntnt01returnid=20>. Исследовательский центр Мо
5. Модельные пластики RAMPF на GIFA 2019 [Электронный ресурс] // <https://on-v.com.ua/novosti/biznes/modelnye-plastiki-rampf-na-gifa-2019/>.
6. Треком. Фрезеровка пластика [Электронный ресурс] // <http://korpusa-trekom.ru/frezerovka-plastika.html>.
7. 3D ФРЕЗЕРОВАНИЕ. [Электронный ресурс] // <http://www.skb-mami.ru/uslugi/3d-frezerovanie/1344414964.html>.
8. Конструювання і розрахунок металорізальних верстатів і верстатних комплексів, під реда. Кочергін А.І. Курсове проектування: Учеб. Посібник для вузів. - Мн: Виш. шк., 1991.-382 с.
9. Обладнання та нормативи режимів різання для технічного нормування робіт на металорізальних верстатах. Частина 1 - М.: Машинобудування, 1967.
10. Довідник технолога-машинобудівника. Том 2 / За редакцією А. Г. Косилової - М.: Машинобудування, 1986. 4. Устаткування і нормативи часу допоміжного.

Фрезерний верстат з ЧПУ Woodpecker CAMARO [Електронний ресурс] // <https://www.prostanki.com/board/item/55746>

12. Насадка на шпиндель для видалення стружки [Електронний ресурс] // <https://cnc.prom.ua/g40480575-schetki-nasadki-shpindeli>

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

А.1 Аналіз потенційних небезпек

На основі аналізу роботи існуючого обладнання і технологічних процесів у приміщенні (лабораторії) обладнаному ПК з ВДТ, згідно ГОСТ 12.0.003-74 (1999) «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», виявлені наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, здатні привести до травм або ушкодження здоров'я працівників:

- ураження електричним струмом, у наслідок несправності електродобладнання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм або летального наслідку;
- механічне травмування в наслідок застосування меблів, що не відповідають ергономічним вимогам;
- нервово-психічні навантаження в наслідок специфіки виконуваних робіт, що призводить до захворювань загального характеру;
- довготривалий дискомфорт в умовах недостатньої фізичної активності сприяє передчасному розвитку загального втомлення, зниженню працездатності, а при систематичній безперервній роботі призводить до захворювань периферичної нервової системи: невритів, радикулітів;
- негативний вплив електромагнітних, в тому числі і рентгенівських випромінювань при використанні моніторів персональних комп'ютерів (далі ПК) з електронно-променевою трубкою, що призводить до погіршень зору, зниження імунітету;
- недостатнє освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з несправністю освітлювальних приладів, що призводить до погіршення зору;
- підвищений рівень шуму, що створюється людьми, які працюють у приміщенні, призводить до їх роздратованості, втомленню;

- незадовільні параметри мікроклімату робочого місця, у зв'язку із відсутністю приладів, що забезпечують необхідний повітрообмін та опалювальної системи, які можуть викликати загальні захворювання;
- вірогідність загоряння, у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що призводить до пожежі;
- неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, які призводять до паніки та загибелі людей.

A.2 Заходи по забезпеченню безпеки

У приміщенні лабораторії застосовується широке різноманіття електроприладів: персональні комп'ютери, принтери, ксерокси, факси, освітлювальні прилади, кондиціонери, побутові електроприлади тощо. Небезпека ураження електричним струмом при використанні цих приладів з'являється при недотриманні заходів обережності, а також при відмові або несправності цього обладнання. Наслідки ураження електричним струмом залежать від багатьох факторів: опору організму, величини, тривалості дії, роду і частоти струму, шляхів його проходження через життєво важливі органи, умов зовнішнього середовища.

Для запобігання ураження електричним струмом встановлено електроустаткування, яке відповідає вимогам: ПУЕ («Правила устрою електроустановок») і ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», величина опору захисного заземлення електрообладнання приміщення – 4 Ом; НПА ОП40.1-1.32-01 «Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок». Приміщення відноситься до класу пожеже небезпечної зони П-Па, тому передбачений мінімальний ступінь захисту ізоляції обладнання IP44; ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения».

По способу захисту людини від ураження електричним струмом, обладнання належить до I класу, оскільки має подвійну ізоляцію, елемент для заземлення та провід для приєднання до джерела живлення, що має заземлюючу жилу і вилку з заземлюючим контактом, що відповідає вимогам НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» та НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

Ймовірність механічного травмування може виникнути внаслідок нерационального розташування робочих місць, захаращення робочих місць або у зв'язку з недбалістю та неуважністю обслуговуючого персоналу. Для виключення травматизму відстань між робочими столами становить не менше 2 метрів, а відстань між боковими поверхнями моніторів - не менше 1,2 метра. Для забезпечення комфортних та безпечних умов праці, згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», площа на одне робоче місце не менше 6 м^2 , а об'єм – не менше 20 м^3 .

У зв'язку із стресовими ситуаціями та нервово-емоційними навантаженнями у працівників може виникнути ймовірність захворювань загально-невротичного характеру. Згідно рекомендаціям НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» та з метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втоми, передбачені перерви у роботі – 15 хвилин кожні дві години, а також спеціально обладнане приміщення – кімната відпочинку. Також обов'язковим є проходження медичного огляду один раз на два роки за рахунок роботодавця відповідно Наказ міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій».

Для запобігання кістково-м'язових порушень у зв'язку з тривалим статичним напруженням м'язів спини, шиї, рук і ніг необхідно передбачити перерви в роботі та виконувати фізичні вправи 2-3 рази протягом робочого часу. Застосування меблів та організація робочого місця згідно рекомендацій ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ « Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» дає можливість не тільки уникнути прояву захворювань але і забезпечує гарний настрій та високий рівень працездатності.

А.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МІОУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці»).

Метеорологічні умови в приміщенні – температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Роботи в приміщенні з ПК, належать до категорії Іб - легка робота, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року:

- температура 21 -23°C;

- відносна вологість: 40-60%;

- швидкість переміщення повітря: 0,1 м/с;

- у теплий період року:

- температура 22-24°C;

- відносна вологість: 40-60%;

швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Забезпечення таких параметрів мікроклімату досягається оснащенням приміщень пристроями кондиціонування, вентиляції та дезодорації повітря, системами опалювання відповідно до рекомендацій ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування». Оптимальні рівні позитивних (n+) і негативних (n-) іонів у повітрі приміщення з ВДГ відповідають вимогам ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень» і становить:

$$n+ = 1500-30000 \text{ (шт. на } 1\text{см}^3\text{)};$$

$$n- = 3000-5000 \text{ (шт. на } 1\text{см}^3\text{)}.$$

Підтримку оптимального рівня легких позитивних і негативних аерофонів у повітрі на робочих місцях забезпечуються за допомогою біполярних коронних аероіонізаторів. Повітрообмін – процес заміни відпрацьованого і забрудненого повітря у виробничому приміщенні свіжим за допомогою природної і (або) механічної вентиляції. Величина обміну повітря, м/год, – один з головних показників, необхідних для проектування будь-якої з систем вентиляції виробничого приміщення. Обмін повітря повинен розраховуватись так, щоб концентрація шкідливостей (пари, гази, волога, пил або аерозолі та ін.) в приміщенні під час роботи вентиляції не перевищувала допустимих рівнів чи гранично допустимих концентрацій (ГДК). ГДК деяких шкідливих речовин встановлюються згідно ГОСТ 12.1.005- 88 і ДСН 3.3.5.042 — 99 "Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень".

Внаслідок роботи за ПК, на фізіологію людини негативно впливають електромагнітні випромінювання. Щоб зменшити наслідки впливу на людину та знизити негативні показники у робочій зоні до допустимих значень, згідно з ГОСТ 12.2.007.0-75 «Изделия электротехнические. Общие требования безопасности», вироби, які створюють електромагнітні поля, повинні мати захисні елементи (екрани, поглиначі і т.д.). Вимоги до захисних елементів повинні бути вказані в стандартах та технічних умовах на конкретні види

виробів. Згідно з НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин» та ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», на робочих місцях обладнаних ПК встановлені рідкокристалічні монітори, які не є джерелами рентгенівського та електромагнітного випромінювань.

Основними причинами недостатньої або нераціональної освітленості робочих місць є несправність або нераціональний вибір освітлювальних приладів. Незадовільна освітленість на робочому місці або на робочій зоні може бути причиною зниження продуктивності та якості праці, отримання травм. Недостатнє освітлення викликає зоровий дискомфорт, що виражається у відчутті незручності або напруженості. Тривале перебування в умовах зорового дискомфорту призводить до розсіювання уваги, зменшення зосередженості, зоровій і загальній втомі.

У приміщенні, згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски на поверхні екранів і клавіатури, передбачено сонцезахисні пристрої, на вікнах встановлені жалюзі або штори. Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Як джерела штучного освітлення в приміщенні застосовані люмінесцентні лампи типу ЛБ. При застосуванні яких дотримались наступних умов:

- температура навколишнього повітря не повинна бути нижче, ніж 5°C;
- напруга на освітлювальних приладах повинна бути не менше, ніж 90% номінальної.

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приміщення відповідають

вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою:

- використання більш сучасного обладнання;
- розташування принтерів та різноманітного устаткування колективного користування на значній відстані від більшості робочих місць працівників;
- переведення жорсткого диска в режим сну (Standby), якщо комп'ютер не працює протягом визначеного часу;
- використання блоків живлення ПК з вентиляторами на гумових підвісках.

Неправильне проектування або несправність систем опалення та вентиляції в приміщенні може призвести до негативних впливів на здоров'я працівників у вигляді простудних захворювань, перегрівань, проблем із дихальними шляхами тощо.

Для запобігання ризиків захворювання інфекційними хворобами підприємство чи окрема установа має індивідуальну програму забезпечення робітників належними умовами праці та впроваджує профілактичні заходи. Це можуть бути як сезонні (профілактичні) так і планові заходи. Плановими чи попередніми (при вступі на роботу) заходами можуть бути медичні огляди з урахуванням загальних протипоказань, індивідуальної чутливості, прогностичних ризиків розвитку захворювань. Сезонними заходами можуть бути проведення додаткових ін'єкцій чи оздоровчі програми для визначеної групи працівників що підлягають найбільшому впливу негативних факторів виробництва. Додатковими заходами попередження захворюваності є навчання адміністрації та працівників організацій (підприємств) основам медичних знань, способам збереження здоров'я на робочому місці; нормалізація санітарно-гігієнічних і психофізіологічних умов праці;

залучення працівників до занять фізичною культурою, туризмом і спортом, підвищення доступності цих видів оздоровлення.

У разі виявлення алергічних реакцій у робітників на визначені матеріали меблів (ДСП,ДВП, МДФ, ратан, бамбук, пластмаса) необхідно мінімізувати перебування працівників у приміщенні де знаходиться подразник. Необхідно забезпечити регулярне провітрювання для нейтралізації алергічних подразників і ретельно дотримуватись санітарних норм. Працівник може власноруч за необхідності обробити робочу панель комп'ютера чи стола вологою ганчіркою та провітрити робочу кімнату. За можливості встановити сучасну систему кондиціонування та зволоження повітря. Якщо віддалення робітника від подразника неможливе можна меблі що іонізують шкідливі речовини та є подразниками обгорнути плівкою для мінімізації розповсюдження алергічного запаху.

А.4 Заходи з пожежної безпеки

Горінням називається складний фізико-хімічний процес взаємодії горючої речовини та окиснювача, який супроводжується виділенням тепла та випромінюванням світла. Горюча речовина і окиснювач, за певних умов, утворюють горюче (вибухонебезпечне) середовище. Залежно від агрегатного стану та ступеня подрібненості речовин, горюче середовище може утворюватися твердими речовинами, легко займистими, та горючими рідинами горючим пилом та горючими газами за наявності окиснювача. Процес горіння призводить до пожежі.

Пожежа – неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що розповсюджується в часі і просторі. Для ліквідації пожежі у початковій стадії їх розвитку силами персоналу об'єктів застосовуються первинні засоби пожежогасіння. До них відносяться: вогнегасники, пожежний інвентар(покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати, ломи, сокири тощо), системи автоматичного пожежогасіння. Первинні засоби пожежогасіння, в

залежності від категорії приміщень, можуть розташовуватись як окремо, так і в складі пожежних щитів.

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин й матеріалів пожежі згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» приміщення відноситься до класу можливої пожежі А – пожежі твердих речовин, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір), та класу Е - пожежі, пов'язані горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В.

Згідно із методикою визначення категорій приміщень та будівель за вибухо-пожежною та пожежною безпекою, який регламентується ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухо-пожежною та пожежною безпекою» та СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» приміщення (лабораторія) відповідає категорії Д – наявність незаймистих речовини і матеріали в холодному стані.

Відповідно до категорії виробництва з пожежної безпеки і вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», ступінь вогнестійкості дослідницької лабораторії – II. В приміщення (лабораторія) пожежний інвентар з пожежним інструментом і вогнегасниками розташовано на двох спеціальних пожежних щитах (стендах), відповідно до "Правил пожежної безпеки в Україні". Серед первинних засобів пожежогасіння особливе місце займають вогнегасники, які відзначаються високою ефективністю дії. В приміщення (лабораторія) встановлено 2 вуглецевих вогнегасника, місткістю 5 л. Доцільність використання даного вогнегасника пояснюються його властивостями. Вогнегасник ВВК-3 призначений для гасіння загорання різних речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря, загорання електроустановок, що знаходяться під напругою, загорання в офісних приміщеннях при наявності оргтехніки.

Головною особливістю вуглекислотний вогнегасників є відсутність слідів гасіння так як вуглекислота після використання не залишає слідів і бруду. Також, для адміністративних приміщень рекомендується використання сповіщувачів пожежі, тому в офісне приміщення буде обладнане адресованим автоматичним сповіщувачем ДПП-1, який буде реагувати на дим. Своєчасне виявлення ознак займання й виклик пожежних підрозділів дає змогу швидко локалізувати осередки пожежі та вжити заходи що до її ліквідації, а отже, створює можливість суттєво зменшити обсяги заподіяної шкоди. Адресований сповіщувач постійно або періодично активно формує сигнал про стан пожежонебезпечності у захищуваному приміщенні та про власну працездатність із зазначенням свого номера (адреси). Автоматичні пожежні сповіщувачі реагують на фактори, що супроводжують пожежу: підвищення температури, дим, полум'я. Для адміністративних приміщень використовуються димові пожежні сповіщувачі.

A.5 Евакуація людей при пожежі

Під час пожежі або стихійного лиха переміщення людей в приміщенні має вирішальне для їх життя значення. При виникненні пожежі на початковій стадії виділяється тепло, токсичні продукти згорання, знижується концентрація кисню у повітрі, можливі обвалення конструкцій. Термін, коли небезпека для людей стає смертельною дуже обмежений і не перевищує 3-4 хвилин. Тому, слід враховувати необхідність евакуації людей у визначені терміни.

Показником ефективності евакуації є час, протягом якого люди можуть при необхідності залишити окремі приміщення і будівлю загалом. Безпека евакуації досягається тоді, коли тривалість евакуації людей в окремих приміщеннях і будівлях загалом не перевищує критичної тривалості пожежі, яка становить небезпеку для людей. Критичною тривалістю пожежі є

час досягнення при пожежі небезпечних для людини температур і зменшення вмісту кисню у повітрі.

Основним критерієм переміщення людей при евакуації є ступінь свободи під час руху, яка, в свою чергу, залежить від кількості осіб, що переміщуються одночасно, від габаритів людини (антропометричних характеристик людини, виду одягу, наявності вантажу, його габаритів та маси), нервово-емоційного стану людей, конфігурації та площі приміщення. На швидкість евакуації також впливає ступінь свободи переміщення людей відносно один одного.

Дослідження показали, що щільність розміщення людей під час руху може змінюватись в широкому інтервалі: від нуля до $1,14 - 1,15 \text{ м}^2/\text{м}^2$. При щільності до $0,05 \text{ м}^2/\text{м}^2$ людина має повну свободу, як по швидкості руху, так і в напрямку. При щільності до $0,15 \text{ м}^2/\text{м}^2$ – вже не можливо вільно змінювати напрямок свого переміщення та необхідно враховувати швидкість переміщення оточуючих людей. При щільності понад $0,15 \text{ м}^2/\text{м}^2$ – вже не можливо йти вільно, а при щільності понад $1 \text{ м}^2/\text{м}^2$ – спостерігається силовий тиск однієї людини на іншу, частина людей може не торкатися ногами підлоги, їх може знести основним потоком людей, є ймовірність отримання травм під час руху.

Конкретне значення щільності руху при розробці схем евакуації залежить від призначення приміщення, економічних можливостей організації, але його значення повинно бути менше критичного з точки зору безпеки і не перевищувати $0,92 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

Швидкість руху по сходах донизу в окремих випадках може бути вищою ніж по горизонталі (людина витрачає менше енергії, а сходи визначають загальний темп руху). Але, у випадку коли людина перестає бачити підлогу, боїться впасти, панікує швидкість суттєво зменшується.

Відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою», ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів

будівництва. Загальні вимоги» і проектуванні приміщення повинні бути передбачені заходи щодо забезпечення безпеки під час пожежі. Всі шляхи евакуації повинні бути забезпечені природним та штучним освітленням, яке повинно працювати як від звичайної електромережі так і від мережі аварійного живлення (ДБН В.2.5. – 28 – 2006 «Природне і штучне освітлення»).

Згідно вимог НАПБ А.01.001-14 «Правил пожежної безпеки в Україні» в усіх закладах та установах повинні бути передбачені евакуаційні виходи. Виходи вважаються евакуаційними, якщо вони ведуть:

- приміщень першого поверху назовні безпосередньо або через коридор, вестибюль, сходову клітку;
- з приміщень будь-якого поверху, крім першого, в коридори, що ведуть на сходову клітку, яка має вихід назовні;
- з приміщень в сусідні приміщення на цьому ж поверсі, забезпечене виходами, вказаними вище.

Евакуаційні виходи повинні розташовуватись розосереджено. Їх кількість повинна бути не менше двох. Евакуаційні виходи, коридори, сходи не повинні заставлятися будь-якими предметами і обладнанням. Враховуючи, що при евакуації в одному напрямку переміщується значна кількість людей, то згідно НАПБ А.01.001-2004 «Правила пожежної безпеки в Україні» висота походу повинна бути не менше 2 метрів, мінімальна ширина шляхів евакуації повинна бути не менше 1 метра, дверей - не менше 0.8 метра. Двері на шляху евакуації повинні відчинятися в напрямку виходу з будівель.

При наявності людей у приміщенні двері евакуаційних виходів можуть замикатись лише на внутрішні запори (засувки,крючки тощо), котрі легко відмикаються (СНиП 2.01.02-85. «Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений», ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту»). Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу із приміщення безпосередньо назовні або

на сходову клітину не повинна перевищувати значень зазначених в СНиП 2.09.02-85.

Для забезпечення організованого руху під час евакуації та попередження паніки технічні рішення повинні бути доповнені організаційними заходами, до яких, передусім, належать інструктаж та навчання персоналу. З цією ж метою розробляють плани евакуації з будівель та місць масового перебування людей.

План евакуації складається з двох частин: графічної і текстової. Графічна частина являє собою план поверху або приміщення, на який нанесено пронумеровані евакуаційні шляхи і виходи з маршрутами руху. Маршрути руху до основних евакуаційних виходів зображуються суцільними лініями зі стрілками зеленого кольору, маршрути до запасних виходів – пунктирними зеленими лініями зі стрілками. Окрім маршруту руху на плані позначаються місця розташування засобів оповіщення та пожежогасіння. Текстова частина плану евакуації, яка являє собою таблицю з переліком та послідовністю дій у разі пожежі для конкретних посадових осіб і працівників, затверджується керівником об'єкту. План евакуації вивішується на видному місці, а його положення повинні систематично відпрацьовуватись на практиці.

Дуже важливо для безпеки людей створити поти димний захист приміщення і особливо шляхів евакуації. Протидимний захист забезпечується обмеженням розповсюдження продуктів горіння в будівлях та приміщеннях, ізоляцією можливих місць виникнення пожежі, примусовим видаленням диму. Ці задачі вирішуються за допомогою об'ємно-планувальних та конструктивних рішень при проектуванні об'єктів, деякими технологічними прийомами в процесі будівництва, завдяки використанню спеціальних пристроїв і вентиляційних систем, які призначені для видалення диму, зниження температури і конденсації продуктів горіння.

Для своєчасного здійснення заходів з евакуації людей, включення стаціонарних установок пожежогасіння, виклику пожежної охорони тощо,

вибухопожежонебезпечні об'єкти обладнуються системами пожежної сигналізації, запуск яких може здійснюватись автоматично або вручну.

A.6 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Єдина державна система цивільного захисту та її складові

Стаття 8. Єдина державна система цивільного захисту

1. Забезпечення реалізації державної політики у сфері цивільного захисту здійснюється єдиною державною системою цивільного захисту, яка складається

з функціональних і територіальних підсистем та їх ланок.

2. Положення про єдину державну систему цивільного захисту, типові положення про функціональну і територіальну підсистеми затверджуються Кабінетом Міністрів України.

3. Основними завданнями єдиної державної системи цивільного захисту є:

1) забезпечення готовності міністерств та інших центральних та місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, підпорядкованих їм сил і засобів до дій, спрямованих на запобігання і реагування на надзвичайні ситуації;

2) забезпечення реалізації заходів щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій;

3) навчання населення щодо поведінки та дій у разі виникнення надзвичайної ситуації;

4) виконання державних цільових програм, спрямованих на запобігання надзвичайним ситуаціям, забезпечення сталого функціонування підприємств, установ та організацій, зменшення можливих матеріальних втрат;

5) опрацювання інформації про надзвичайні ситуації, видання інформаційних матеріалів з питань захисту населення і територій від наслідків надзвичайних ситуацій;

6) прогнозування і оцінка соціально-економічних наслідків надзвичайних ситуацій, визначення на основі прогнозу потреби в силах, засобах, матеріальних та фінансових ресурсах;

7) створення, раціональне збереження і використання резерву матеріальних та фінансових ресурсів, необхідних для запобігання і реагування на надзвичайні ситуації;

8) оповіщення населення про загрозу та виникнення надзвичайних ситуацій, своєчасне та достовірне інформування про фактичну обстановку і вжиті заходи;

9) захист населення у разі виникнення надзвичайних ситуацій;

10) проведення рятувальних та інших невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, організація життєзабезпечення постраждалого населення;

11) пом'якшення можливих наслідків надзвичайних ситуацій у разі їх виникнення;

12) здійснення заходів щодо соціального захисту постраждалого населення;

13) реалізація визначених законом прав у сфері захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій, в тому числі осіб (чи їх сімей), що брали безпосередню участь у ліквідації цих ситуацій.

Стаття 9. Функціональні підсистеми єдиної державної системи цивільного захисту

1. Функціональні підсистеми єдиної державної системи цивільного захисту (далі - функціональні підсистеми) створюються центральними органами виконавчої влади у відповідній сфері суспільного життя.

2. Положення про функціональні підсистеми розробляються на підставі типового положення про таку підсистему і затверджуються центральними органами виконавчої влади, що їх створили, за погодженням із центральним

органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

У разі якщо діяльність центральних органів виконавчої влади спрямовується і координується Кабінетом Міністрів України через відповідного міністра, зазначені положення затверджуються такими міністрами за погодженням із центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

3. Перелік центральних органів виконавчої влади, що створюють функціональні підсистеми, визначається Положенням про єдину державну систему цивільного захисту.

4. Безпосереднє керівництво функціональною підсистемою покладається на керівника органу, суб'єкта господарювання, що створив таку підсистему.

5. До складу функціональних підсистем входять органи управління та підпорядковані їм сили цивільного захисту, відповідні суб'єкти господарювання, які виконують завдання цивільного захисту.

Стаття 10. Територіальні підсистеми єдиної державної системи цивільного захисту та їх ланки

1. Територіальні підсистеми єдиної державної системи цивільного захисту (далі - територіальні підсистеми) діють в Автономній Республіці Крим, областях, містах Києві та Севастополі.

2. Положення про територіальні підсистеми розробляються на підставі типового положення про таку підсистему і затверджуються відповідно Радою міністрів Автономної Республіки Крим чи місцевими державними адміністраціями за погодженням із центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного

захисту.

3. Ланки територіальних підсистем створюються:

1) Радою міністрів Автономної Республіки Крим - у районах Автономної Республіки Крим;

2) районними, районними у містах Києві та Севастополі державними адміністраціями - у районах, районах у містах Києві та Севастополі;

3) органами місцевого самоврядування - в обласних центрах, у містах обласного і районного значення.

4. Положення про ланку територіальної підсистеми затверджується органом, що її створив.

5. Безпосереднє керівництво територіальною підсистемою, її ланкою покладається на посадову особу, яка очолює орган, що створив таку підсистему, ланку.

6. Безпосереднє керівництво територіальною підсистемою Автономної Республіки Крим покладається на Раду міністрів Автономної Республіки Крим.

7. До складу територіальних підсистем та їх ланок входять органи управління та підпорядковані їм сили цивільного захисту, відповідні суб'єкти господарювання.

Глава 3. Функціонування єдиної державної системи цивільного захисту

Стаття 11. Режим функціонування єдиної державної системи цивільного захисту.

1. Єдина державна система залежно від масштабів і особливостей надзвичайної ситуації, що прогнозується або виникла, функціонує у режимах: повсякденного функціонування; підвищеної готовності; надзвичайної ситуації; надзвичайного стану.

2. Положенням про єдину державну систему цивільного захисту визначається перелік заходів, що здійснюються у відповідному режимі,

завдання та порядок взаємодії суб'єктів забезпечення цивільного захисту під час функціонування зазначеної системи у відповідному режимі.

3. В особливий період єдина державна система цивільного захисту функціонує відповідно до цього Кодексу та з урахуванням особливостей, що визначаються згідно з вимогами законів України "Про правовий режим воєнного стану", "Про мобілізаційну підготовку та мобілізацію", а також інших нормативно-правових актів.

Стаття 12. Режим повсякденного функціонування

1. Режим повсякденного функціонування єдиної державної системи цивільного захисту встановлюється за умов нормальної виробничопромислової, радіаційної, хімічної, сейсмічної, гідрогеологічної, гідрометеорологічної, техногенної та пожежної обстановки та за відсутності епідемій, епізоотій, епіфітотій.

Стаття 13. Режим підвищеної готовності

1. У разі загрози виникнення надзвичайної ситуації за рішенням відповідно Кабінету Міністрів України, Ради міністрів Автономної Республіки Крим, обласних, Київської чи Севастопольської міських державних адміністрацій для єдиної державної системи цивільного захисту у повному обсязі або частково для окремих її територіальних підсистем тимчасово встановлюється режим підвищеної готовності.

Стаття 14. Режим надзвичайної ситуації

1. У разі виникнення надзвичайної ситуації за рішенням відповідно Кабінету Міністрів України, Ради міністрів Автономної Республіки Крим, обласних, Київської чи Севастопольської міських державних адміністрацій для єдиної державної системи цивільного захисту у повному обсязі або частково для окремих її територіальних підсистем тимчасово встановлюється режим надзвичайної ситуації.