

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Державний університет «Житомирська політехніка»
Кафедра механічної інженерії

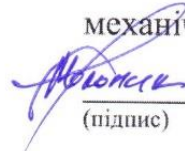
«На правах рукопису»

УДК 621

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

механічної інженерії


(підпис)

Мельник О. Л.
(прізвище, ініціали)

БАКАЛАВРСЬКА
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему:

Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі
«Матриця» за рахунок застосування електроерозійної
обробки

МІ 131.00.1/Б 90/с 001 00-ПЗ

Студент групи

ПМ-139

(шифр групи)

Бондар Дарина Сергіївна

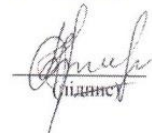
(прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

Керівник

к.т.н., доц. Балицька Н.О.

(науковий ступінь та вчене звання, прізвище, ініціали)


(підпис)

Житомир – 2022 рік

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра механічної інженерії
Освітньо-кваліфікаційний рівень: «бакалавр»
Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Завідувач кафедри
механічної інженерії
Мельник О.Л.
(підпис) (прізвище, ініціали)

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТКИ

Бондар Дарини Сергіївни

1. Тема роботи: «Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Матриця» за рахунок застосування електроерозійної обробки».

Керівник роботи: к.т.н. доц. Балицька Н. О.

Затверджено наказом по університету від «31» 01 2022 р. № 90/с

2. Термін подання студентом роботи - згідно графіку захисту.

3. Вихідні дані до виконання роботи: матеріали підручників, довідників з машинобудування, наукових статей, державних, галузевих стандартів, стандартів та навчально-методичних видань університету, креслення деталі.

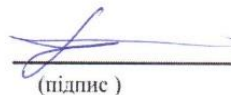
4. Зміст пояснювальної записки: (перелік питань, що їх належить розробити) особливості та призначення деталі; хімічний склад та характеристика механічних властивостей матеріалу; загальні відомості про матриці та пуансони;

аналіз технологічності деталі; визначення програми випуску деталей та типу виробництва; вибір конструкції заготовки та способу його виготовлення; вибір технологічного обладнання; вибір технологічного оснащення; розрахунок режимів різання; технологічне нормування технологічного процесу; основні конструювання штампів; визначення основних та допоміжних деталей для створення штампу; формування складального креслення штампу; аналітичний розрахунок максимального напруження для матриці і пуансону; розрахунок максимального напруження і коефіцієнту запасу міцності за допомогою програми Solidworks; сучасні можливості електроерозійної обробки; метод електроерозійної обробки; порівняння методів електроерозійної та механічної обробки; типові операції ЕЕО; розробка керуючої програми для електроерозійної операції на верстаті з ЧПК; вибір верстату з числовим програмним керуванням; розробка керуючої програми для на верстаті WI-30E для операції 055; експериментальне дослідження обробки конусних вирізів на електроерозійному верстаті Wi-30E (на прикладі деталі «Фільєра»); аналіз та службове призначення деталі «Фільєра; загально-технологічна характеристика конусного методу ЕЕО; методика проведення експериментального дослідження.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Креслення матриці – 2 арк. формату А3. Креслення пуансонів – 3 арк. формату А4. та 1 арк. формату А3. Ланка шарніра (деталь для якої призначений штамп) – 1 арк. формату А3. Вставка – 1 арк. формату А3. Виштовхувач – 1 арк. формату А3. Креслення штампу – 1 арк. формату А2. Технологія виготовлення деталі – 3 арк. формату А2.

6. Дата видачі завдання 17 лютого 2022 року.

Студентка


(підпис)

Бондар Д. С.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Балицька Н. О.
(прізвище та ініціали)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

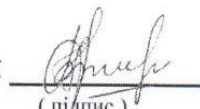
№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання	Примітка
1.	Виконання загально-технічного розділу	20.03.22 р.	
2.	Виконання конструкторського розділу	20.04.22 р.	
3.	Виконання спеціального розділу	12.05.22 р.	
4.	Кінцеве оформлення змісту, висновків, графічної частини бакалаврської роботи	22.05.22 р.	
5.	Підготовка доповіді, ілюстративного матеріалу та презентації	20.65.22 р.	
6.	Подання бакалаврської роботи на кафедру	24.06.22 р.	
7.	Захист кваліфікаційної роботи в ЕК	Згідно графіка	

Студентка


(підпис)

Бондар Д. С.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Балицька Н. О.
(прізвище та ініціали)

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
			<u>Документація</u>			
A 4			MI 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Пояснювальна записка	1	89 с
			<u>Конструкторська документація</u>			
A 3			MI 131.00.2/Б 90/с 001 01-КЛ	Матриця	1	
A 3	1		MI 131.00.2/Б 90/с 001 02-КЛ	Матриця	1	
A 4			MI 131.00.2/Б 90/с 001 03-КЛ	Пуансон	1	
A 4			MI 131.00.2/Б 90/с 001 04-КЛ	Пуансон	1	
A 4			MI 131.00.2/Б 90/с 001 05-КЛ	Пуансон	1	
A 3	3		MI 131.00.2/Б 90/с 001 06-КЛ	Пуансон	1	
A 3			MI 131.00.2/Б 90/с 001 07-КЛ	Пуансон		
A 3	4		MI 131.00.2/Б 90/с 001 08-КЛ	Вставка	1	
A 3			MI 131.00.2/Б 90/с 001 09-КЛ	Вставка	1	
A 3			MI 131.00.2/Б 90/с 001 010-КЛ	Виштовхувач	1	
A 4			MI 131.00.2/Б 90/с 001 00-СП	Специфікація	1	
A 3			MI 131.00.2/Б 90/с 001 011-КЛ	Ланка шарніра	1	
A 2	6		MI 131.00.2/Б 90/с 001 00-СК	Штамп СК	1	
			<u>Технологічна документація</u>			
A 4			MI 131.00.2/Б 90/с 001 01-КЕ	Карта ескізів	2	
A 4			MI 131.00.2/Б 90/с 001 02-МТ	Маршрутна ТП	2	
A 4			MI 131.00.2/Б 90/с 001 03-ОТ	Операційна карта	3	
A 2			MI 131.00.2/Б 90/с 001 04-КН	Карта налагодження	3	
			MI 131.00.2/Б 90/с 001 00-ВР			
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		
Разра	Бондар Д.				Лит.	Л
Переві	Балицька Н.					Лис
						1
Н.конт					Житомирська політехніка ПМ-139	
Затве	Балицька Н.					
Відомість бакалаврської роботи						

АНОТАЦІЯ
кваліфікаційної бакалаврської роботи
студентки факультету комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і
робототехніки
групи ПМ-139
Бондар Дарини Сергіївни
на тему:

Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Матриця» за рахунок застосування електроерозійної обробки

Кваліфікаційна робота представлена в обсязі 89 аркушів формату А4 пояснювальної записки, в тому числі 39 рисунків, 27 таблиць, 9 технологічних карт, 2 аркуші специфікації, 5 аркуша креслень формату А3, 3 аркуша креслень формату А4 та 3 аркуша креслень формату А2 графічної частини.

В кваліфікаційній роботі проведено аналіз службового призначення та технічних умов на виготовлення деталі, конструкція деталі «Матриця» відпрацьована на технологічність, обґрунтовано форму та спосіб виготовлення заготовки.

Розроблено робочий маршрутно-операційний технологічний процес виготовлення деталі, вибрано технологічне обладнання та засоби технологічного оснащення. Розраховані режими різання та норми часу. Розроблено та оформлено комплект технологічної документації.

Виконано аналітичний розрахунок максимального напруження і коефіцієнту запасу міцності матриці і пуансону за допомогою програми Solidworks.

Досліджено основні та допоміжні деталі для складального креслення штампу.

Розроблено керуючу програму для електроерозійної операції на верстаті з ЧПК.

Проведено експериментальне дослідження можливості одночасної обробки конусних вирізів на електроерозійному верстаті Wi-30E (на прикладі деталі «Фільєра»).

Проведено аналіз виконаних розробок та зроблені висновки щодо підвищення ефективності виготовлення деталі.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	12
1.1. Особливості, призначення і характеристика об'єкта виробництва	12
1.2. Хімічний склад та характеристика механічних властивостей	15
матеріалу деталі «Матриця»	15
1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі	17
1.4. Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі	20
1.5. Визначення програми випуску деталей та типу виробництва	23
1.6. Вибір конструкції заготовки та способу її виготовлення	24
1.7. Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі	25
1.8. Розробка та обґрунтування технологічних операцій технологічного процесу	27
1.9. Вибір технологічного обладнання.....	29
1.10. Вибір технологічного оснащення (різальний, допоміжний та контрольно-вимірювальні інструменти)	40
1.11. Розрахунок режимів різання	43
1.12. Технологічне нормування технологічного процесу	47
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	54
2.1. Основи конструювання штамів	54
2.2. Визначення основних та допоміжних деталей для створення штампу	56
2.3. Формування складального креслення штампу	59
2.4. Аналітичний розрахунок максимального напруження для матриці і пуансону	60
2.5. Розрахунок максимального напруження і коефіцієнту запасу міцності за допомогою програми Solidworks	62
РОЗДІЛ 3. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	70
3.1. Сучасні можливості електроерозійної обробки	70
3.1.1. Метод електроерозійної обробки металів	70
3.2.2. Порівняння методів електроерозійної та механічної обробки.....	72
3.1.3. Типові операції ЕЕО	73

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						8
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3.2. Розробка керуючої програми для електроерозійної операції на верстаті з ЧПК.....	74
3.2.1. Вибір верстату з числовим програмним керуванням.....	74
3.2.2. Розробка керуючої програми для на верстаті WI-30E для операції 055	75
3.3. Експериментальне дослідження обробки конусних вирізів на електроерозійному верстаті Wi-30E (на прикладі деталі «Фільєра»).....	78
3.3.1. Аналіз та службове призначення деталі «Фільєра»	78
3.3.2. Загально-технологічна характеристика конусного методу ЕЕО	79
3.3.3. Методика проведення експериментального дослідження.....	82
ВИСНОВКИ	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	87
ДОДАТКИ.....	89

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						9
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ВСТУП

Машинобудування – важлива галузь промисловості. Його головне завдання – забезпечити всі галузі високоефективними машинами та обладнанням. Необхідно, щоб продуктивність нових машин була вищою, а вартість одиниці потужності знижувалася. Зростання промисловості, а також темпи переозброєння її новою технікою в значній мірі залежать від рівня розвитку машинобудування. Одночасно з впровадженням нової техніки і подальшого зростання кваліфікації кадрів будуть збільшуватися масштаби виробництва з переходом до масово-поточного, безперервного, автоматизованого виробництва, заснованого на широкому використанні вирішальних пристроїв і механізмів програмного управління. Комплексна механізація та автоматизація є головними, вирішальними засобами, що забезпечують подальший технічний прогрес у народному господарстві.

Для забезпечення найважливіших напрямів науково-технічного процесу машинобудівної промисловості необхідно:

- створювати якісно нові знаряддя праці, нові матеріали та досконалішу технологію;
- прискорювати темпи оновлення та заміни застарілої техніки;
- механізувати трудомісткі роботи для максимально можливої заміни ручної праці машинним;
- широко впроваджувати автоматизовані системи управління.
- одним з основних напрямків у машинобудуванні є вибір такого оснащення за допомогою якого скоротимо час на обробку деталі та замінимо ручну роботу машинною.

Мета та завдання роботи. Метою роботи є удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Матриця» за рахунок застосування електроерозійної обробки.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						10
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Для досягнення поставленої мети в роботі були встановлені та вирішені наступні завдання:

1. Розглянути та проаналізувати базовий технологічний процес.
2. Вдосконалити та розробити на базі існуючого новий технологічний процес.
3. Розглянути переваги застосування використання ЕЕО.
4. Розробити керуючу програму для електроерозійної обробки.

Об'єктом дослідження є технологічний процес виготовлення деталі «Матриця».

Предмет дослідження – теоретичні та практичні аспекти технологічного процесу виготовлення деталі «Матриця» та його удосконалення.

Методи дослідження. Результати роботи отримані на основі теоретичних та експериментальних досліджень. Геометричну модель збірки матриці і пуансону розроблено в програмі Solidworks. Розробки керуючих програм для ЕЕО виконано із використанням пакету автоматизованого проектування Siemens NX 11.

Практичне значення отриманих результатів полягає у тому, що на основі теоретичних та експериментальних досліджень сформульовано рекомендації щодо вдосконалення базового технологічного процесу виготовлення деталі. Отримані результати можуть бути використані на машинобудівних підприємствах при виготовленні деталей штампів та пресформ.

Апробація роботи. За результатами досліджень у травні 2022 р. були подані та опубліковані тези на Всеукраїнській науково-практичній on-line конференції «Перспективи розвитку машинобудівної інженерії та транспортних технологій» (Житомирська політехніка, м. Житомир).

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, 3-х розділів, загальних висновків, переліку використаних посилань з 23 найменувань, 89 сторінок основного тексту, 39 рисунків та 27 таблиць.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						11
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Особливості, призначення і характеристика об'єкта виробництва

Деталь «Матриця» є спеціальним металевим коробом, що надає форму для майбутньої деталі чи виробу. У ній повністю відсутня кришка, а стінки суворо паралельні (рис.1.1).

Розрізняють прості (тільки одного виду виробів) і складні чи комбіновані (для двох і більше) матриці.

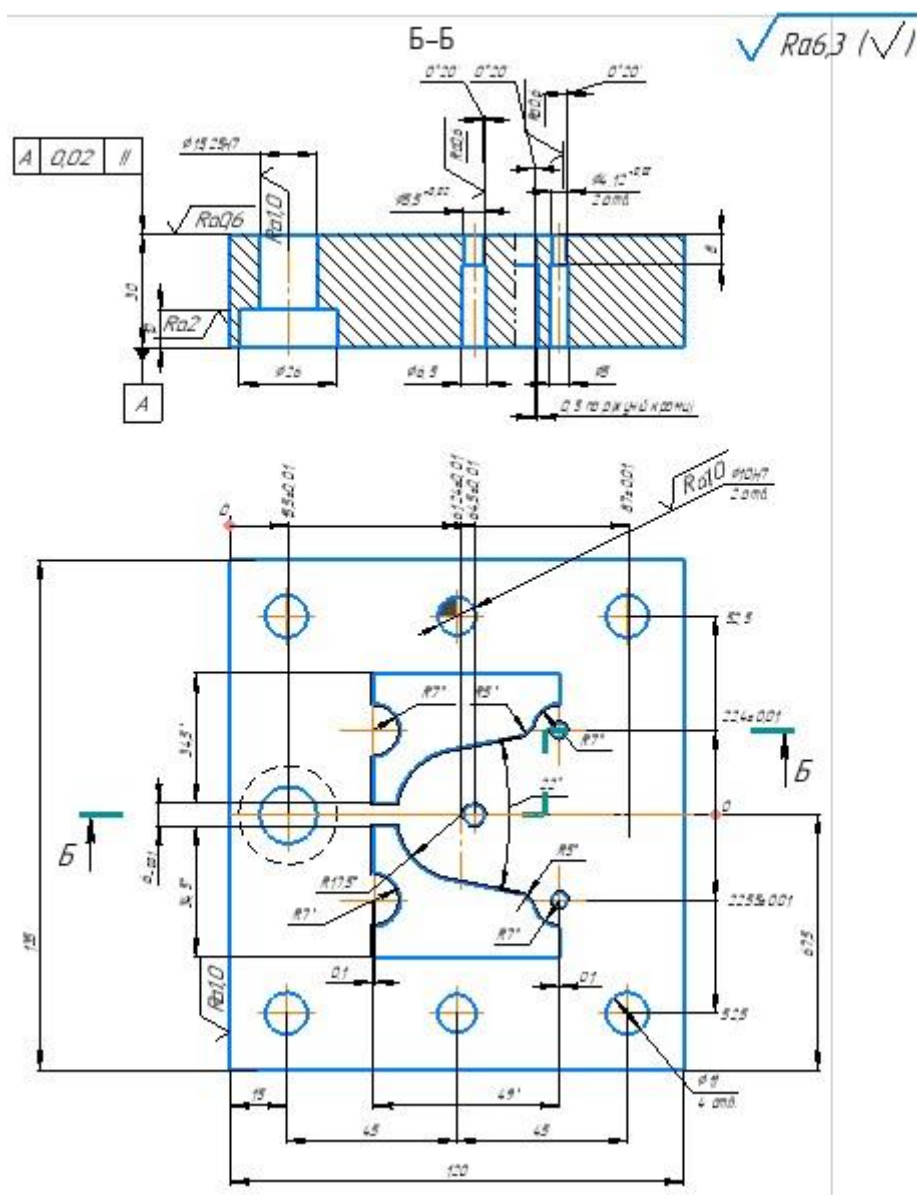


Рис. 1.1. Кресленик деталі «Матриця»

Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ

Арк.
12

Деталь має два фігурних вікна, які служать формою для створення майбутньої деталі та отвори для закріплення короба.

Матриця призначена для утворення деталі (рис.1.2). Утворена деталь виготовляється з сталі 10 ГОСТ 1050-88.

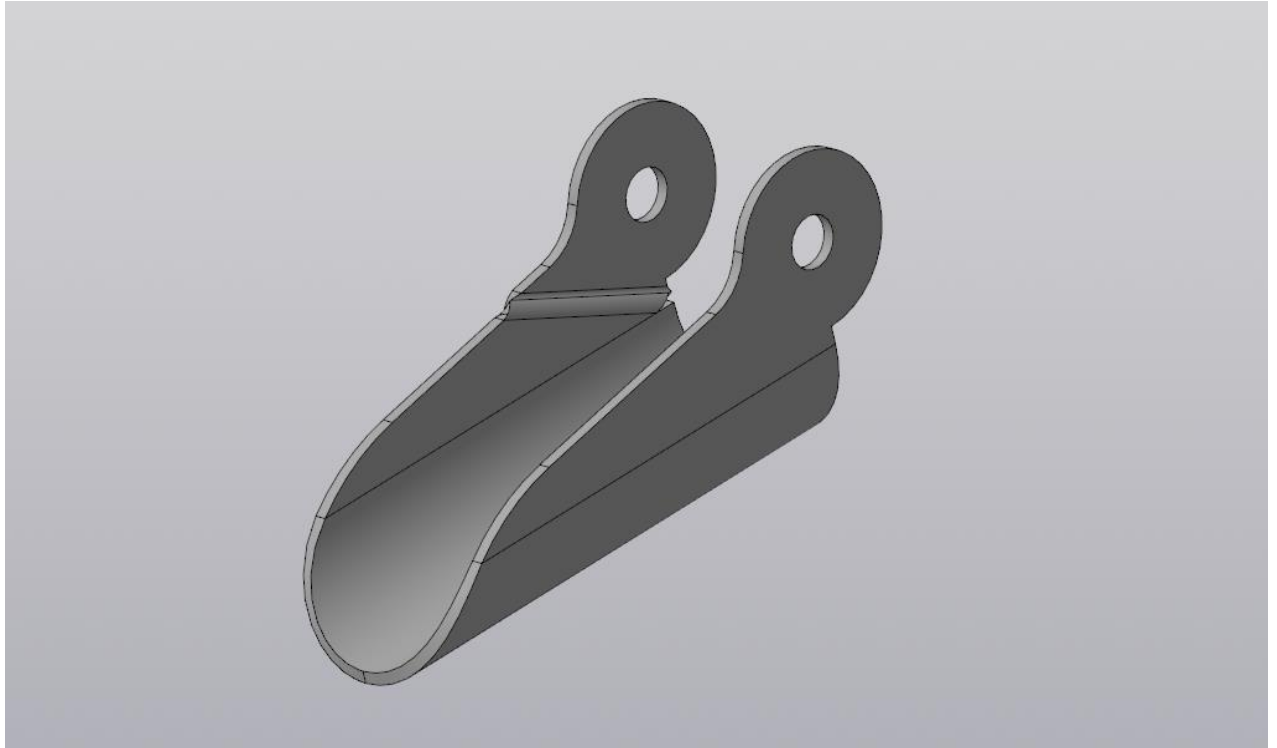


Рис. 1.2. 3-D модель деталі для якої призначена матриця

Матриця призначена для деталі з вузла сушарки (рис. 1.3). Вона є з'єднувальним компонентом для регулювання стійкості ніжок сушарки під час роботи.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						13
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



Рис. 1.3. Одна з видів сушарок для якої призначена деталь

Сталь 10 є якісною конструкційною вуглецевою сталлю, яка використовується для виробництва пластичних деталей і конструкцій, що експлуатуються при температурах до 350°C. Гарячекатаний і кований сортовий прокат зі сталі 10 випускається відповідно до вимог стандарту ДСТУ 7809 і ГОСТ 1050, хімічний склад за даними стандартам поширюється і на інші види прокату.

Хімічний склад сталі 10 відповідно до ДСТУ 7809 представлено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Хімічний склад сталі 10,% [15]

C	Si	Mn	S	P	Cr	Mo	V	Fe
0.07-0.14	0.17-0.37	0.35-0.65	≤0.30	≤0.035	≤0.040	≤0.15	≤0.30	0.07-0.14

Механічні властивості сталі 10 після нормалізації представлено в таблиці 1.2.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						14
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 1.2

Механічні властивості сталі 10 після нормалізації [15]

Межа плинності, Н/мм ² , не менше	Межа короточасної міцності, Н/мм ² , не менше	Мінімальне відносне подовження, %, не менше	Відносне звуження, %, не менше
205	330	31	55

Сталь марки 10 поширена через низьку вартість і високі експлуатаційні якості. Область застосування сталі марки 10 досить широка: листовий прокат для холодного штампування; деталі, від яких вимагається висока пластичність і збереження характеристик при температурі до +350°C.

Деталі після хіміко-термічної обробки з високими показниками твердості поверхні і зносостійкості (втулки, гвинти і т.д.); електрозварні труби для трубчастих електронагрівачів і деяких машинобудівних виробів, безшовні холоднодеформовані труби для котлів, нафто- і паропідігрівачів, основний шар при виробництві гарячекатаних двошарових корозійностійких листів, труби для гідравлічних систем автомобілів, комбайнів, тракторів, холодильників і т. п.

1.2. Хімічний склад та характеристика механічних властивостей матеріалу деталі «Матриця»

Сталь X12M - інструментальна штампова, яка використовується для виготовлення накатних роликів, волочильних дошок, для калібрування металу; матриць та пуансонів вирубних штампів; пуансонів та матриць холодного видавлювання, що експлуатуються з робочими тисками до 1400-1600 Па.

Хімічні властивості сплаву X12M ГОСТ 4784-97 наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

Хімічний склад в % сталі X12M [16]

C	Si	Mn	S	P	Cr	Mo	V	Fe
1,45- 1,65	0,15- 0,35	0,15- 0,4	до 0,03	до 0,03	11-12,5	0,4-0,6	0,15-0,3	85*

Примітка: Fe є основою, тому дане значення вказано приблизно

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ			Арк.
								15
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				

Фізичні властивості сталі Х12М ГОСТ 4784-97 наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4

Фізичні властивості в % сталі Х12М [16]

Т (Град)	$\alpha \cdot 10^6$ (1/Град)	ρ (кг/м ³)	R 10 ⁹ (Ом·м)
20	-	7700	500
100	10.9	-	-

Застосування сталі Х12М та термообробка виробів: для виготовлення штампів холодного штампування застосовують наступні марки сталей: вуглецеві та леговані Х12, Х12М, Х, ХГ, ХВГ, 9ХС, Х09, 5ХВГ, 5ХВ2С, 6ХВ2С.

Штампи для холодного штампування повинні мати високу твердість та достатню в'язкість.

Відпал поковок провадиться за тими ж режимами, що і відпал поковок для штампів гарячого штампування.

При загартуванні штампів найбільше часто утворюються тріщини, що проходять по допоміжних отворах. Застосовувані зазвичай заходи як заповнення отворів глиною і азбестом не оберігають повністю від утворення тріщин. Значно більш ефективним є переривчасте охолодження, яке здійснюється так: штамп, нагрітий під загартування на 20-30 ° вище нормальної температури, опускають у воду однією стороною до потемніння допоміжних отворів, а потім іншою стороною, після чого штамп повністю охолоджують у воді до температури 150-180° і переносять у олію. Охолодження допоміжних отворів виробляють уривчасто. При такому способі "небезпечні" місця не піддають загартування, що виключає появу тріщин.

При загартуванні висадкових та інших штампів, де робочою частиною є отвір, охолодження виробляють під струменем води у спеціальному пристрої, що дозволяє охолоджувати тільки робочу частину. Після потемніння всього штампу його негайно переносять у нагріту для відпустки піч.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						16
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Для отримання більш глибокого прожарювання, рекомендують температуру нагрівання під загартування штампів зі сталей для холодного штампування доводити до 900 °. Така висока температура викликає перегрів, особливо для сталі з великим природним зерном, і знизить в'язкість. Межею, до якої можна нагрівати штампи зі сталі У10 без побоювання перегріву, є температура 820-830 °.

Штампи великих розмірів, а також складної форми та працюють у важких умовах, виготовляють із легованої сталі. Найкращою леговою сталлю для холодних штампів є сталь Х12М. Для зменшення деформації при загартуванні штампи з цієї сталі польотів у розплавленій солі або струмені сухого повітря. Твердість штампів має бути в межах $R_c = 56-60$.

1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

Під технологічністю конструкції розуміється сукупність її характеристик, вона забезпечує найменші трудові, ресурсні, матеріальні та тимчасові витрати в даних виробничо-експлуатаційних умовах і використовується для технічної підготовки виробництва, виготовлення та обслуговування продукції.

Технологічність конструкції обумовлюється:

- раціональним вибором заготовки, матеріалу та виду термічної обробки;
- вказанням оптимальної точності розмірів поверхні, форми, взаємного розташування та параметрів шорсткості;
- правильним розташуванням розмірів тощо.

Залежно від методів оцінювання деталі використовуємо кількісне і якісне оцінювання (рис. 1.4).

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						17
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

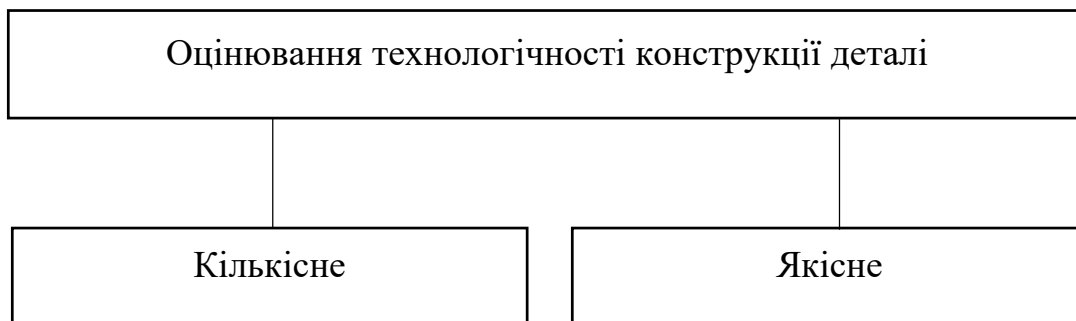


Рис. 1.4 Види оцінювання технологічності конструкції деталі

Ретельно вивчивши креслення деталі, технічні вимоги на її виготовлення, параметри точності і шорсткості, властивостей матеріалу, установив, що:

- конструкція деталі допускає можливість застосування продуктивного й економічного способу отримання заготовки, наприклад, деталь має поверхні не зручні для обробки;
- деталь дозволяє застосувати високопродуктивні методи обробки, наприклад, використання електроерозійної обробки при вирізанні фігурних вікон та отворів;
- деталь дозволяє використовувати прогресивні режими різання;
- на кресленні нанесені всі необхідні для виготовлення деталі розміри з параметрами точності і шорсткості, а їх безпосередній вимір можливо здійснити звичайними засобами виміру;
- необхідні точності розмірів, точність геометричної форми і взаємного розташування поверхонь не викликають технологічних труднощів, проте деякі операції потрібно виконувати на верстатах підвищеної точності;
- твердість деталі достатня.

Оброблювані поверхні деталі «Матриця» мають просту геометричну форму, що виключає необхідність використання складних фасонних ріжучих інструментів. Конструкція деталі досить жорстка, що дозволяє використовувати високопродуктивні режими різання.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						18
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

При кількісній оцінці технологічності розраховується комплексний показник технологічності K , який враховує усереднене значення часткових показників з урахуванням коефіцієнтів, які характеризують їх значимість при розрахунку.

Знаходимо коефіцієнт технологічності по точності обробки:

$$K_{\text{Тч}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{ср}}} > 0,8$$

де $A_{\text{ср}}$ – середній квалітет точності обробки деталі

$$A_{\text{ср}} = 1 - \frac{\sum T_{ni}}{\sum T_{ni}} = \frac{n_i + 2n_2 + 3n_3 + \dots + T_{ni}}{n_i + n_2 + n_3 + \dots n_i}$$

де T – квалітет точності;

n_i – число розмірів відповідного квалітету.

Відповідно до креслення, на деталі є розміри 7-го та 14-го квалітетів точності.

Визначимо середній квалітет:

$$A_{\text{ср}} = \frac{7 * 3 + 14 * 15}{3 + 15} = 12,83$$

$$K_{\text{Тч}} = 1 - \frac{1}{13} = 0,92 > 0,8$$

Висновок: По коефіцієнту точності, ми можемо сказати, що деталь є технологічною.

По коефіцієнту шорсткості:

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{B_{\text{ср}}}$$

де $B_{\text{ср}}$ – середня шорсткість, яка обумовлена в значеннях параметра, R_a мкм

$$B_{\text{ср}} = \frac{1}{B_{\text{ср}}} = \frac{\sum n_{i\text{ш}}}{\sum B n_{i\text{ш}}}$$

де B_i – шорсткість поверхні по одному із показників R_z або R_a , мкм;

$n_{i\text{ш}}$ – число поверхонь відповідні числу поверхні відповідної шорсткості.

Відповідно до креслення деталі, оброблювані поверхні мають шорсткість R_a 6,3 мкм, R_a 2 мкм, R_a 1 мкм та R_a 0,6 мкм.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						19
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Знаходимо середнє значення шорсткості:

$$K_{\text{ш}} = \frac{0,6 * 4 + 1 * 4 + 6,3 * 8}{4 + 4 + 8} = 3,55 \text{ мкм}$$

Отже, коефіцієнт шорсткості поверхні дорівнює:

$$K_{\text{ш}} = 1 - \frac{1}{3,55} = 0,72$$

Висновок: Дане значення показника знаходиться в межах від 0,6 до 0,95, отже, базуючись на довідникових таблицях деталей по коефіцієнту шорсткості є технологічною.

1.4. Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі

Базовий технологічний процес був наданий на підприємстві ПП "ЄВРОГОЛД ІНДЕСТРІЗ ЛТД". При виготовленні деталі «Матриця» використовується велика кількість переходів, застосування великої кількості ріжучих інструментів та верстатів, що нераціональним при її обробці та займає більшу затрату часу.

Зміст операцій і переходів базового технологічного процесу виготовлення деталі «Матриця», наведено в таблиці 1.5. Ескізи операцій технологічного процесу виготовлення деталі наведено в додатках.

Таблиця 1.5

Карта операційного технологічного процесу

№ операції та її назва	Зміст переходів операції
1	2
005 Заготівельна	1. Вирізати заготовку: 30(5)*120(8)*135(8)
010 Термічна	1. Відпалити

1	2
015 Фрезерна	1. Фрезерувати заготовку: 30,8*120,8*135,8
020 Плоскошліфувальна	1. Шліфувати заготовку: 30,4*120,8*135,8
025 Координатно-розточувальна	1. Центрувати заготовку; 2. Свердлити заготовку: • 2 отв. Ø2, h=11 мм у 2-х отв. Ø4,12^{+0,02}; • 1 отв. Ø2, , h=11 мм у 1 отв. Ø5,5^{+0,02}; • 2 отв. Ø2, , h=11 мм у 2-х фігурних вікнах; • 3 отв. Ø11; 3. Свердлити, розточити: • 2 отв. Ø9,6 (Ø10H7); • 1 отв. Ø14,6 (Ø15H7), h=22 мм. 4. Перевстановити деталь; 5. Розташувати поглиблення під фігурні вікна в 2-х фігурних вікнах; 6. Центрувати, свердлити: • 1 отв. Ø6,5 (Ø5,5); • 2 отв. Ø5 (Ø4,12) до розміру 8,3 (8) мм; 7. Розточити: • 1 отв. Ø26 * 10 (Ø15H7).
030 Фрезерна	1. Фрезерувати 2 поглиблення під фігурні вікна у 2-х фігурних вікнах до розміру 8,3 (8) мм.
035 Свердлильна	1.Свердлити 4 отв. Ø11.

1	2
040 Термічна	1. Гартувати, відпустити 56...60 HRC.
045 Плоскошліфувальна	1. Шліфувати розміри: 30*120*135 мм, припуск снять 0.5 мм
050 Слюсарна	1. Зачистити 1 отв. Ø11H7 9 (базове для електроерозійної обробки).
055 Електроерозійна	1. Вирізати 2 фігурних вікна 2 отв. Ø4,12 ^{+0,02} і 1 отв. Ø5,5 ^{+0,02} з припуском на добавку по вказівці слюсаря.
060 Слюсарна	1. Зачистити 2 фігурних вікна: • 2 отв. Ø4,12 і 1 отв. Ø5,5
065 Координатно-розточувальна	1. Розточити: • 2 отв. . Ø10H7 і 1 отв. Ø15H7.
070 Слюсарна	1. Довести 2 фігурних вікна, • 2 отв. Ø4,12 і 1 отв. Ø5,5 до розмірів креслення.
075 Контроль	1. Контролювати розміри.

Як вже зазначалося раніше, в заводському технологічному процесі використовується велика кількість різноманітних ріжучих інструментів, виходячи з цього, зростають затрати часу та точність обробки на виготовлення даної деталі. Зокрема, у проектованому технологічному процесі механічної обробки деталі «Матриця» слід ширше використовувати електроерозійні верстати з ЧПК, що зменшить кількість переходів по операціях та попереднє ручне розмічування, особливо на координатно-розточувальних та свердлильних операціях, підвищить продуктивність та точність обробки, знизить її собівартість та час на дану обробку.

1.5. Визначення програми випуску деталей та типу виробництва

При дослідженні даної деталі врахуємо кількість деталей, які входять до її складу, програму випуску протягом року та які можливі технологічні втрати виробництва від браку.

Дана річна програма деталей $N_B=2$ шт.

Річну програму випуску деталей розраховуємо за формулою:

$$N_p = N_B * m \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right) * \left(1 + \frac{\beta}{100}\right),$$

де N_p – річна програма випуску виробів до складу яких входить деталь;

m – кількість деталей, що входять до складу одного виробу, шт;

α – відсоток запасних деталей, %;

β – відсоток технологічних втрат від браку, %.

Розраховуємо річну програму зі значеннями $m = 8$; $\alpha = 2\%$; $\beta = 2\%$.

$$N_p = 2 * 8 \left(1 + \frac{2}{100}\right) * \left(1 + \frac{2}{100}\right) = 17 \text{ шт.}$$

Для визначення типу виробництва скористуємося таблицею 1.6.

Таблиця 1.6

Визначення типу виробництва [1]

Максимальна маса деталі, кг.	Тип виробництва				
	одиничне	малосерійне	серійне	багатосерійне	масове
	Програма випуску деталей, шт.				
менше 200	менше 1000	від 1000 до 5000	від 5000 до 10000	від 10000 до 100000	більше 1000000
менше 2000	менше 20	від 20 до 500	від 500 до 1000	від 1000 до 5000	більше 5000

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5	6
менше 3000	менше 5	від 5 до 100	від 100 до 300	від 300 до 1000	більше 1000
менше 30000	менше 3	від 3 до 10	від 10 до 50	-	-

Отже, виходячи з інформації з таблиці, ми можемо сказати, що наше виробництво одиничне. Також виходячи з того, що це матриця, ми можемо сказати, що виробництво її є одиничним тому, що деталі такого типу створюються малою кількістю так, як виготовляються для штампування великої кількості багатосерійних деталей для вузла сушарки.

1.6. Вибір конструкції заготовки та способу її виготовлення

Заготовка на деталь «Матриця» обирається таким чином, що закупляється необхідний матеріал у вигляді листу і вирізається за заданими параметрами. Для вирізання заготовки була обрана лазерна різка.

Лазерна різка металу в останні роки стала одним з провідних напрямків в області обробки матеріалів. Використання цього методу дозволяє виконувати складні вироби з нерівними лініями, отримуючи при цьому якісно оформлені краю. Для застосування методу лазерного різання використовують тільки обладнання з високою продуктивністю.

При лазерному різанні металу лазерний промінь впливає на оброблювану поверхню, нагріваючи і розрізаючи її. В даному випадку отримуємо дуже високу якість розрізу. На поверхні не залишається жодних дефектів і не відбувається деформацій. Це все завдяки невеликому розміру лазерного променя. Безконтактність цього методу дозволяє працювати з дуже тонкими матеріалами. Використовуючи лазерну різку, можна виготовити геометрично складні вироби

з гострими кутами. Цей варіант отримав широке застосування в промисловості, маючи ряд переваг перед механічною обробкою.

Переваги лазерної різки:

- висока точність виконання;
- при роботі деталі не нагріваються;
- можливість створювати складні конструкції;
- відсутність пилу при роботі з лазером;
- лазером легко управляти;
- не виникає механічного контакту з поверхнею виробу;
- завдяки безконтактності методу, лазер можна використовувати у роботі з крихкими і деформованими матеріалами;
- можна використовувати лазер для різання виробів з твердих сплавів;
- можливість автоматизувати всі процеси розрізу;
- виготовлення деталей цим способом займає мало часу.

При такій кількості переваг метод має також і деякі недоліки:

- технологія не підходить для різання товстостінних металів;
- має обмеження за габаритами розрізання листа;
- можливості лазера не дозволяють проводити деякі види робіт (витяжні роботи, тощо);
- висока вартість обладнання.

Схема вирізання заготовки методом лазерної різки представлено на карті налагодження операції 005 в додатках.

1.7. Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі

У базовому технологічному процесі обробки деталі «Матриця» застосовується значна кількість верстатів за допомогою яких виготовляється

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						25
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

дана деталь. У даному підрозділі пропонується зменшити загальну кількість операцій шляхом введення операцій ЕЕО.

Розроблений маршрутний технологічний процес обробки деталі «Матриця» представлено в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7

Розроблений Технологічний маршрут обробки деталі «Матриця»

№ операції	Назва та зміст операції	Обладнання
1	2	3
005	Заготівельна	Рейковий стіл
010	Термічна	Піч для відпалювання
015	Фрезерна	Верстат консольно-фрезерний вертикальний BM127M
020	Плоскошліфувальна	Верстат плоскошліфувальний з горизонтальним шпинделем універсальний 3E711B
025	Координатно-розточувальна	Верстат координатно-розточний 2Д450
030	Фрезерна	Широкоуніверсальний 6720
040	Термічна	Гартувальна СНЗ Відпускна ОКБ 2056
045	Плоскошліфувальна	Верстат плоскошліфувальний з горизонтальним шпинделем універсальний 3E711B
050	Слюсарна	Стіл Верстак WOKER WB 2000.525
055	Електроерозійна	Електроерозійний верстат Wi-30E
070	Слюсарна	Стіл Верстак WOKER WB 2000.525
075	Контроль	Стіл контролера ОТК

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						26
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1.8. Розробка та обґрунтування технологічних операцій технологічного процесу

Вимоги, що представлено до технологічних процесів відповідають тому, щоб його було використано всі можливості верстату, інструменту, при найменших втратах по часі та щоб собівартість була найменшою.

Зміст операцій і переходів технологічного процесу виготовлення деталі «Матриця», наведено в таблиці 1.8.

Ескізи операцій технологічного процесу виготовлення деталі наведено в додатках.

Таблиця 1.8

Операційна карта технологічного процесу

№ операції та її назва	Зміст переходів операції
1	2
005 Заготівельна	1. Вирізати заготовку: 30(5)*120(8)*135(8)
010 Термічна	1. Відпалити
015 Фрезерна	1. Фрезерувати заготовку: 30,8*120,8*135,8
020 Плоскошліфувальна	1. Шліфувати заготовку: 30,4*120,8*135,8

1	2
025 Координатно-розточувальна	1. Центрувати заготовку; 2. Свердлити заготовку: • 2 отв. Ø2, h=11 мм у 2-х отв. Ø4,12^{+0,02}; • 1 отв. Ø2, , h=11 мм у 1 отв. Ø5,5^{+0,02}; • 2 отв. Ø2, , h=11 мм у 2-х фігурних вікнах; • 4 отв. Ø11; 3. Перевстановити деталь; 4. Розташувати поглиблення під «фонарі» в 2-х фігурних вікнах; 5. Центрувати, свердлити: • 1 отв. Ø6,5 (Ø5,5); • 2 отв. Ø5 (Ø4,12) до розміру 8,3 (8) мм; 6. Розточити: • 1 отв. Ø26 * 10 (Ø15H7).
030 Фрезерна	1. Фрезерувати 2 поглиблення під фігурні вікна у 2-х фігурних вікнах до розміру 8,3 (8) мм.
040 Термічна	1. Гартувати, відпустити 56...60 HRC.
045 Плоскошліфувальна	1. Шліфувати розміри: 30*120*135 мм, припуск снять 0.5 мм
050 Слюсарна	1. Зачистити 1 отв. Ø11H7 9 (базове для електроерозійної обробки).
055 Електроерозійна	1. Вирізати 2 фігурних вікна, 2. 2 отв. Ø4,12^{+0,02} і 1 отв. Ø5,5^{+0,02} з припуском на добавку по вказівці слюсаря 3. 2 отв. . Ø10H7 і 1 отв. Ø15H7

1	2
070 Слюсарна	1. Довести 2 фігурних вікна, 2. 2 отв. Ø4,12 і 1 отв. Ø5,5 до розмірів креслення. 3. 2 отв. . Ø10H7 і 1 отв. Ø15H7
075 Контроль	1. Контролювати розміри.

Аналіз показав, що шляхом додавання електроерозійної обробки ми зменшили кількість переходів та перенесли операцію 065 на електроерозійну обробку.

1.9. Вибір технологічного обладнання

Вибір верстатного обладнання є однією з найважливіших задач при розробці технологічного процесу виготовлення заготовки. Від правильного його вибору залежить продуктивність виготовлення деталі, економне використання виробничих площ, механізації і автоматизації ручної праці, електроенергії і в підсумку собівартість виробу.

Залежно від обсягу випуску виробів вибирають верстати за ступенем спеціалізації і високої продуктивності, а також верстати з числовим програмним управлінням (ЧПК), здатні поєднувати в одній технологічній операції різноманітні методи і види обробки.

Вибір кожного виду верстата повинен бути економічно і технічно обгрунтованим.

При виборі необхідно дати короткий опис моделей верстатів, що застосовуються в технологічному процесі, вказати перевагу обраної моделі верстата в порівнянні з іншими аналогічними.

При виборі верстатного обладнання враховували наступне:

- характер виробництва;

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						29
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- методи досягнення заданої точності при обробці;
- необхідну змінну (або годинну) продуктивність;
- відповідність верстата розмірам деталі;
- потужність верстата;
- зручність управління і обслуговування верстата;
- габаритні розміри і вартість верстата;
- можливість оснащення верстата високопродуктивними пристосуваннями і засобами автоматизації та механізації;
- кінематичні дані верстата (діапазони подачі, частота обертання шпинделя і т. д.).

Вибір технологічного обладнання (верстатів), що потрібні для виконання технологічного процесу обробки деталі обирається в залежності від технологічних та конструкційних особливостей, її габаритних розмірів.

Відомість вибраного технологічного обладнання представлено в таблиці 1.9.

Таблиця 1.9

Відомість технологічного обладнання

№ операції	Назва операції	Назва верстата	Модель верстата	Потужність, квт
1	2	3	4	5
005	Заготівельна	Рейковий стіл	-	-
010	Термічна	Піч для відпалювання	СНЗ	2,3
015	Фрезерна	Верстат консольно-фрезерний вертикальний	ВМ127М	11
020	Плоскошліфувальна	Верстат плоскошліфувальний	3Е711В	4
025	Координатно-розточувальна	Верстат координатно-розточувальний	2Д450	2,2

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						30
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Продовження таблиці 1.9

1	2	3	4	5
030	Фрезерна	Верстат універсально- фрезерний	6720	2,2
040	Термічна	Піч гартувальна, Піч відпускна	СНЗ, ОКБ-2056	2,3
045	Плоскошліфувальна	Верстат плоско- шліфувальний	3Е711В	4
050	Слюсарна	Верстак слюсарний	Верстак WOKER WB 2000.525	-
055	Електроерозійна	Верстат електроерозійний	Wi-30E	8
070	Слюсарна	Верстак слюсарний	Верстак WOKER WB 2000.525	-
075	Контроль	Стіл контролера	ВТК	-

Для того, щоб перевірити правильність вибору устаткування розглянемо коротку характеристику деяких верстатів, які використані при обробці даної деталі.

Вертикально-фрезерний верстат моделі ВМ127М

Для фрезерної операції 015 використовуємо вертикально-фрезерний вертикальний верстат моделі ВМ127М (рис.1.5). Він призначений для фрезерування різноманітних деталей зі сталі, чавуну та кольорових металів та сплавів торцевими, кінцевими, циліндричними, радіусними та іншими фрезами в умовах індивідуального, дрібносерійного та серійного виробництва. Маса деталі з пристосуванням – до 800 кг.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						31
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



Рис. 1.5. Вертикально-фрезерний верстат моделі BM127M

Верстат плоскошліфувальний з горизонтальним шпинделем універсальний 3Е711В

Для операції 020 використовуємо плоскошліфувальний з горизонтальним шпинделем універсальний моделі 3Е711В (рис.1.2). Він призначений для шліфування плоских поверхонь різних виробів, закріплених на дзеркалі столу, магнітній або електромагнітній плиті або пристрої. У межах, допустимих кожухом, можливе шліфування пазів та фасонних поверхонь.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						32
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



Рис.1.6. Верстат плоскошліфувальний з горизонтальним шпинделем
універсальний моделі 3Е711В

За спеціальним замовленням за окрему плату разом зі верстатом може бути поставлена низка пристроїв, що розширюють технологічні можливості верстата.

Із застосуванням різних пристроїв можливе профільне шліфування різних деталей. Точність профілю при цьому залежить від методу заправки профілю кола і від пристосування, що застосовується для кріплення деталей.

Верстат 3Е711В використовується в одиничному, дрібносерійному та серійному виробництві. Він комплектується стандартною електромагнітною плитою.

Непаралельність оброблених поверхонь зразка розмірами 120 x 240 мм не більше 0,004 мм.

Клас точності верстата за ГОСТ 8—77. Шорсткість обробленої поверхні Ra 0,16 мкм.

Основні технологічні характеристики верстату представлено в таблиці 1.10

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						33
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Основні технологічні характеристики верстату 3Е711В

Характеристика	Параметри
Розміри робочого столу (довжина х ширина), мм	630 х 200
Граничні розміри оброблюваної поверхні (довжина х ширина), мм	630 х 200
Гранична висота оброблюваної заготовки, мм	325
Найбільша маса деталі, що обробляється, кг	220
Розміри стандартного шліфувального круга, мм	Ø 250 х 40 х 76
Діаметр кінця шліфувального шпинделя за ГОСТ 2323, мм	40 мм
Потужність електродвигуна, кВт	4
Вага верстата, т	2,5

Верстат координатно-розточувальний моделі 2Д450

Для операцій 025, 035, 065 використовуємо верстат координатно-розточувальний моделі 2Д450 (рис.1.7). Він призначений для обробки отворів стічних розташуванням осей, розміри між якими задані в прямокутній системі координат.



Рис.1.7. Координатно-розточувальний верстат 2Д450

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						34
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Координатно-розточувальний верстат 2Д450 з оптичною системою відліку координат по осях Х та Y призначений для обробки отворів з точним розташуванням осей, розміри між якими задані у прямокутній системі координат.

На верстаті 2Д450 можна виконувати свердління, легке (чистове) фрезерування, розмітку та перевірку лінійних розмірів, зокрема міжцентрових відстаней. Верстат забезпечений поворотними столами, що дає можливість проводити обробку отворів, заданих в системі полярної координат, похилих і взаємно перпендикулярних отворів і проточку торцевих площин.

Верстат 2Д450 використовується для робіт в інструментальних цехах (обробка кондукторів та пристосувань) та у виробничих цехах для точної обробки деталей без спеціального оснащення.

Верстат 2Д450 обладнаний оптичними екранними відліковими пристроями, що дозволяють відраховувати цілу та дробову частини координатного розміру. В умовах нормальної експлуатації верстат забезпечує точність установки міжцентрових відстаней у прямокутній системі координат – 0,004 мм та у полярній системі – 5 кутових секунд. Точність відстаней між осями отворів, оброблених у нормальних для координатного розточування умовах, 0,006 мм.

Основні технологічні характеристики верстату представлено в таблиці 1.11

Таблиця 1.11

Основні технологічні характеристики верстату 2Д450

Характеристика	Параметри
Розміри робочого столу (довжина x ширина), мм	1000 x 630
Найменша відстань від робочої поверхні столу до торця шпинделя, мм	200
Найменша відстань від робочої поверхні столу до торця шпинделя, мм	800
Величина швидкості прискореного переміщення столу, мм/хв	1500
Швидкість столу (виробу) при фрезеруванні, мм/хв	30-300
Спосіб відліку по екрану	Оптичний

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						35
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Продовження таблиці 1.11

1	2
Ціна поділу відліку по екрану, мм	0,001
Виліт шпинделя, мм	710
Найбільший хід гільзи шпинделя, мм	270
Приймальний конус шпинделя	7:24
Найбільший конус закріплюваного інструменту	Морзе 4
Зовнішній діаметр гільзи, мм	120
Найбільший діаметр свердління, мм	30
Найбільший діаметр розточування, мм	250
Межі розмірів діаметра розточування, мм	10-250
Межі чисел оборотів шпинделя, об/хв	50-100-250-400-500-2000
Потужність електродвигуна головного приводу, кВт	2,2
Вага верстата, кг	7800

Верстат широкоуніверсальний фрезерний 6720

Для операції 030 використовуємо широкоуніверсальний фрезерний верстат моделі 6720 (рис.1.8). Він призначений для виконання різноманітних фрезерних робіт у різних площинах та під різними кутами нахилу у широкому діапазоні режимів різання. Наявність горизонтального та вертикального шпинделів та великої кількості приладдя дозволяє проводити такі операції: свердління, довбання, шліфування, розточування, підрізування торців, нанесення рисок, фрезерування гвинтових поверхонь.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						36
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



Рис.1.8. Верстат широкоуніверсальний фрезерний 6720

Фрезерний верстат моделі 6720 призначений для фрезерування деталей циліндричними, дисковими та фасонними фрезами за допомогою горизонтального шпинделя, та торцевими, кінцевими та шпонковими фрезами за допомогою поворотного вертикального шпинделя, який при необхідності може бути повернутий під кутом.

Верстат 6720 застосовується в одиничному та дрібносерійному виробництві в інструментальних та механічних цехах машинобудівних підприємств.

Широкі технологічні можливості верстата дозволяють найефективніше застосовувати його в інструментальному виробництві.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						37
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Основні технологічні характеристики верстату представлено в таблиці 1.12

Таблиця 1.12

Основні технологічні характеристики верстату 6720

Характеристика	Параметри
Граничні розміри заготовки, що встановлюється, на горизонтальному столі, (довжина x ширина x висота), мм	700 x 200 x 300
Розміри робочої поверхні основного вертикального столу, мм	280 x 600
Найбільші розміри оброблюваних з однієї установки зовнішніх поверхонь, мм (довжина x ширина x висота)	300 x 230 x 300
Найбільша маса заготовки, що встановлюється, кг	300
Найбільше переміщення основного вертикального столу	Поздовжнє 320 Вертикальне 320
Найбільше поперечне переміщення шпиндельної бабки, мм	250
Кут повороту вертикальної голівки, град.	+/-90
Кількість керованих осей координат	3
Межі частот обертання горизонтального та вертикального шпинделів, мін-1	40...2240
Межі робочих подач основного вертикального столу та шпиндельної бабки	М/с 0,00017...0,017 Мм/хв 10...1000
Межі швидкостей швидких (установних) переміщень основного вертикального столу та шпиндельної бабки,	М/с 0,02...0,03 Мм/хв 1200...1800
Найбільший крутний момент у шпинделі, кНм	0,2
Потужність приводу головного руху, кВт	2,2
Сумарна потужність встановлених на верстаті електродвигунів, кВт	3,31
Габаритні розміри верстата (довжина x ширина x висота), мм	3700 x 1975 x 1580
Маса верстата, кг	1470

Операції 010 та 040 виконуються за допомогою термічної обробки.

Термічна обробка сталі дозволяє надати виробам, деталям та заготовкам необхідні якості та характеристики. Залежно від того, на якому етапі проводилася термічна обробка, у заготовок підвищується оброблюваність, з деталей знімаються залишкові напруги, а у деталей підвищуються експлуатаційні якості.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						38
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Сутність термічної обробки сталей – зміна розміру зерна внутрішньої структури стали. Суворе дотримання температурного режиму, часу та швидкості на всіх етапах, які безпосередньо залежать від кількості вуглецю, легуючих елементів та домішок, що знижують якість матеріалу. Під час нагрівання відбуваються структурні зміни, які при охолодженні протікають у зворотній послідовності. На малюнку видно, які перетворення відбуваються під час термічної обробки.

Операція 010 виконується відпалюванням заготовки. Застосування дозволяє отримати однорідну внутрішню структуру без напруги кристалічної решітки. Процес проводять у наступній послідовності:

- нагрівання до температури трохи вище за критичну точку залежно від марки сталі;
- витримка із постійною підтримкою температури;
- повільне охолодження (зазвичай остигання відбувається разом піччю).

Операція 040 виконується гартування та відпускання. Відпустка в машинобудуванні використовується для зменшення сили внутрішньої напруги, яка з'являється під час загартування. Висока твердість робить вироби крихкими, тому відпусткою домагаються збільшення ударної в'язкості та зниження жорсткості та крихкості сталі.

Якщо говорити про гартування то його суть полягає в тому, що максимально швидке охолодження прогрітої наскрізь деталі в різних середовищах. Гартування виробляється з поліморфними змінами та без них. Поліморфні зміни можливі лише у тих сталях, у яких присутні елементи, здатні до перетворення.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						39
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1.10. Вибір технологічного оснащення (різальний, допоміжний та контрольно-вимірювальні інструменти)

Під технологічним оснащенням прийнято розуміти засоби виробництва, які доповнюють технологічне обладнання для виконання даної частини технологічного процесу. Вони включають в себе допоміжні і різальні інструменти, затискні пристрої та засоби контролю.

Вибір технологічного оснащення представлено в таблиці 1.13.

Таблиця 1.13

Технологічне оснащення

№ операції та її назва	Зміст переходів операції	Різальний інструмент	Вимірювальний інструмент
1	2	3	4
005 Заготівельна	1. Вирізати заготовку: 30(5)*120(8)*135(8)	Сопло лазерної різки D32 H15	Лінійка Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,02 ГОСТ166-89
010 Термічна	1. Відпалити	-	-
015 Фрезерна	1. Фрезерувати заготовку: 30,8*120,8*135,8	фреза торцева Ø50 2210–0063 Р6М5 ГОСТ 9304–69, тип 2 Перехідна втулка 191831054, ТУ 2035-762-80 (конус Морзе 4, конус 50)	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,02 ГОСТ166-89
020 Плоскошліфувальна	1. Шліфувати заготовку: 30,4*120,8*135,8	Круг шліфувальний 1А1-1-250 Л20 ГОСТ 17123	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,02 ГОСТ166-89

1	2	3	4
025 Координатно - розточувальн а	2. Свердли заготовку: • 2 отв. Ø2, h=11 мм у 2-х отв. Ø4,12 ^{+0,02} ;	Свердло ø2 2300-0415-A1 ГОСТ 10902-77 Свердло ø4,1 2300-6548- A1 ГОСТ 10902-77	Шаблон спеціальний Шаблон спеціальний
	• 1 отв. Ø2, , h=11 мм у 1 отв. Ø5,5 ^{+0,02} ;	Свердло ø2 2300-0415-A1 ГОСТ 10902-77	Шаблон спеціальний
	• 2 отв. Ø2, , h=11 мм у 2-х фігурних вікнах;	Свердло ø2 2300-0415-A1 ГОСТ 10902-77	Шаблон спеціальний
	• 4 отв. Ø11;	Свердло ø11 2300-0214-A1 ГОСТ 10902-77	Калібр - пробка 8133- 0924-A3 ГОСТ 14810- 69
	3. Свердли, розточити: • 2 отв. Ø9,6 (Ø10H7);	Свердло ø9,6 2300-0206- A1 ГОСТ 10902-77	Шаблон спеціальний
	• 1 отв. Ø14,6 (Ø15H7), h=22 мм.	Свердло ø14,5 2300-0208- A1 ГОСТ 10902-77	Шаблон спеціальний
	4. Перевстановити деталь; 5. Розташувати поглиблення під «фонарі» в 2-х фігурних вікнах; 6. Центрувати, свердли: • 1 отв. Ø6,5 (Ø5,5);	Свердло ø6,5 2300-0185- A1 ГОСТ 10902-77	Калібр - пробка 8133- 0915-A3 ГОСТ 14810- 69
	7. Розточити: • 1 отв. Ø26 * 10 (Ø15H7).	Свердло ø26 2301-0089-A1 ГОСТ 10903-77	Калібр - пробка 8133- 0940/001-A3 ГОСТ 14810- 69

1	2	3	4
030 Фрезерна	1. Фрезерувати 2 поглиблення під «фонарі» у 2-х фігурних вікнах до розміру 8,3 (8) мм.	Фреза дискова Ø100 P6M5 B12 ГОСТ 28527-90	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,02 ГОСТ166-89
040 Термічна	1. Гартувати, відпустити 56...60 HRC.		Нанотвердомір «НаноСкан-4D»
045 Плоскошліфувальна	1. Шліфувати розміри: 30*120*135 мм, припуск снять 0.5 мм	Круг шліфувальний 1A1-1 Л20-250 ГОСТ 17123	Зразки шорсткості ГОСТ 9378-75
050 Слюсарна	1. Зачистити 1 отв. Ø11H7 (базове для електроерозійної обробки).	Напильник напівкруглий ГОСТ 1465-80	Калібр - пробка 8133-0924-A3 ГОСТ 14810-69
055 Електроерозійна	1. Вирізати 2 фігурних вікна 2. 2 отв. Ø4,12 ^{+0,02} і 1 отв. Ø5,5 ^{+0,02} з припуском на добавку по вказівці слюсаря. 3. 2 отв. . Ø10H7 і 1 отв. Ø15H7.	Дріт 0,25 мм	Шаблон спеціальний
070 Слюсарна	1. Зачистити 2 фігурних вікна: • 2 отв. Ø4,12 і 1 отв. Ø5,5 • 2 отв. . Ø10H7 і 1 отв. Ø15H7.	Напильник напівкруглий ГОСТ 1465-80	Візуально

1	2	3	4
075 Контроль	1. Контролювати розміри.		Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,02 ГОСТ166-89, Зразки шорсткості ГОСТ 9378-75

Аналіз показує, що в технологічному процесі використовується різноманітна кількість ріжучих та вимірювальних інструментів.

1.11. Розрахунок режимів різання

Операція 015

Фрезерування деталі по контуру проводимо за два переходи . Після визначення припусків на механічну обробку розміри заготовки для отримання на установці плазмового різання складає 125х140 мм. з припуском на сторону 2,5 мм.

Операцію фрезерування деталі по контуру проводимо за два переходи :

1) чорнове фрезерування

Глибина різання = 1,6 мм.

2) чистове фрезерування

Глибина різання = 0,7 мм.

При цьому шар металу 0,2 мм. видаляється з деталі в наступній операції плоскошліфувальній , забезпечуючи необхідну шорсткість поверхні.

Отже для фрезерної операції обираємо:

1. Ріжучий інструмент – фреза торцева Ø50 2210–0063 P6M5 ГОСТ 9304–69. Стор.129 табл.34 [9]

2.Геометричні параметри фрези: D=50 мм., d=22 мм., d1=32 мм., L=36 мм., l=20 мм., z=12.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						43
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3. Глибина фрезерування: $t = 1,6$ мм;

4. Подача $S_z = 0,2$ мм/зуб [2].

5. Швидкість різання визначаємо за формулою, (стор.265 [8]):

$$V = \frac{C_V * D^q}{T^m * t^x * S_z^y * B^u * Z^p} * K_V,$$

де $C_V = 245$ – табличний коефіцієнт;

$q=0,25$; $x = 0,1$; $y = 0,2$; $u=0,12$; $p=0,1$; $m = 0,2$ – показники степені;

$T = 180$ хв – середнє значення періоду стійкості фрези;

K_V – узагальнюючий коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання.

$$K_V = K_{MV} * K_{PV} * K_{IV},$$

K_{MV} – коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання; $K_{MV}=0,8$;

K_{PV} – коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання; $K_{PV}=0,9$;

K_{IV} – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання; $K_{IV}=1$.

$$K_V = 0,8 * 0,9 * 1 = 0,72$$

Тоді швидкість різання

$$V = \frac{245 * 50^{0,25}}{180^{0,2} * 1,6^{0,1} * 0,2^{0,2} * 30^{0,15} * 12^0} * 0,72 = 182,485 \text{ (м/с)}$$

6. Розраховуємо число обертів шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * D},$$

де D – діаметр фрези, мм.

$$n = \frac{1000 * 182,485}{3,14 * 50} = 1161,77 \text{ об/хв.}$$

7. Приймаємо $n=1200$ хв⁻¹ та перерахуємо швидкість різання з обраним числом за формулою:

$$V = \frac{\pi * D * n}{1000},$$

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						44
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Отже:

$$V = \frac{3.14 * 50 * 1200}{1000} = 188,49 \text{ м/хв.}$$

8. Сила різання фрезерування визначається за формулою:

$$P_z = \frac{10C_p * t^x * s_z^y * B^u * z}{D^q * n^w} * K_{MP},$$

де z – число зубів фрези;

n – частота обертання фрези;

$C_p = 82,5$ – коефіцієнт;

$x = 0,95$; $y = 0,8$; $u = 1,1$; $q = 1,1$; $w = 0$ – показники степені;

K_{MP} – коефіцієнт, що враховує вплив якості матеріалу, який обробляється на силові залежності; $K_{MP} = 1$.

$$P_z = \frac{10 * 82,5 * 1,6^{0,95} * 0,2^{0,8} * 30^{1,1} * 12}{50^{1,1} * 1200^0} * 0,25 = 608,629 \text{ Н}$$

9. Крутий момент різання розраховуємо за формулою:

$$M_{кр} = \frac{P_z * D}{2 * 1000},$$

Підставляємо значення:

$$M_{кр} = \frac{608,629 * 50}{2 * 1000} = 15,218 \text{ Н * м.}$$

10. Потужність різання розраховуємо за формулою:

$$N = \frac{P_z * V}{1020 * 60},$$

$$N = \frac{608,629 * 188,49}{1020 * 60} = 1,875 \text{ кВт}$$

Результати занесені в таблицю 1.14.

Таблиця 1.14

Режими різання фрезерної операції 015

Перехід	t , мм	s , мм/об	n , хв ⁻¹	V , м/хв	P_z , Н	$M_{кр}$, Н * м	N , кВт
1	1,6	0,2	1200	188,49	608,629	15,218	1,875
2	0,7	0,2	1200	188,49	277,5205	6,938	0,854

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						45
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Розрахунок режимів для операції 035 в якій виконуються 4 отв. Ø 11 проводимо за два переходи ,при цьому в першому переході виконуються 4 отв. Ø 8 , які в наступному переході розсвердлюються до Ø 11 мм. , забезпечуючи при цьому необхідну шорсткість Ra 6,3 мкм .

Розрахунок проводимо табличним методом , дані розрахунків заносимо в табл.1.15

Таблиця 1.15

Режими різання свердлильної операції 035

Перехід	t , мм	s , мм/об	n , хв ⁻¹	V , м/хв	P , Н	$M_{кр}$, Н * м	N , кВт
1	4	0,12	600	15,0792	2538,89	5,9482	0,6256
2	4	0,12	600	15,0792	2538,89	5,9482	0,6256
3	4	0,12	600	15,0792	2538,89	5,9482	0,6256
4	4	0,12	600	15,0792	2538,89	5,9482	0,6256
5	1,5	0,18	1000	34,5565	747,0723	4,2592	0,4218
6	1,5	0,18	1000	34,5565	747,0723	4,2592	0,4218
7	1,5	0,18	1000	34,5565	747,0723	4,2592	0,4218
8	1,5	0,18	1000	34,5565	747,0723	4,2592	0,4218

В операції 065 проводимо зенкерування двох отворів Ø10H7 після попереднього свердління в операції 025 до Ø9,6 , та зенкерування і розвертання отвору Ø 15,25 після попереднього свердління в операції 025 до Ø14,6 мм. Результати розрахунків заносимо в таблицю 1.16.

Таблиця 1.16

Режими різання свердлильної операції 065

Перехід	Зміст операції	t , мм	s , мм/об	n , хв ⁻¹	V , м/хв	P , Н	$M_{кр}$, Н * м	N , кВт
1	Зенкерування отв. Ø9,6 до Ø9,8	0,1	0,18	1000	30,7867	28,9755	0,329	0,0145
2	Розвертання отв. Ø9,8 до Ø10	0,1	0,85	530	16,6499	79,353	1,1717	0,0216
3	Зенкерування отв. Ø14,6 до Ø15	0,2	0,21	800	37,698	73,557	1,071	0,045
4	Розвертання отв. Ø15 до Ø15,25	0,125	1,0	355	17,007	114,8	2,4878	0,032

1.12. Технологічне нормування технологічного процесу

Після того, як виконано всі необхідні роботи по розробці технологічного процесу виготовлення заданої деталі та розрахунку режимів різання виконуємо технічне нормування операцій технологічного процесу

Для розрахунку технологічного нормування використовуємо такі вихідні дані:

- марка матеріалу, який оброблюється та його технічні характеристики;
- спосіб виготовлення заготовки;
- розміри поверхонь, які оброблюються, шорсткість обробки та необхідна точність;
- схеми базування на технологічних операціях та метод забезпечення точності деталі, що встановлюється в пристрої;
- маса оброблюваної деталі;
- яка кількість партійних деталей;
- технічні характеристики верстатних пристроїв та їх рівень спеціалізації;
- паспортні дані верстатів, які використовуємо в технологічному процесі;
- відомості про різальний та вимірювальний інструмент, які використовуємо в технологічному процесі.

Проведемо розрахунок нормування часу на операції 005.

У багатосерійному виробництві при обробці деталей на верстатах з ЧПК нормування штучного часу розраховується за формулою:

$$T_{шт} = (T_{ца} + T_{в} * K_{ТВ}) * \left(1 + \frac{\alpha_{тех} + \alpha_{орг} + \alpha_{від}}{100}\right)$$

де $T_{ца}$ – час циклу автоматизації (основної) роботи за програмою, хв;

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						47
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

T_B – час виконання ручної допоміжної роботи, що не перекривається часом автоматичної роботи верстату, хв;

K_{TB} – коефіцієнт на допоміжний час, що залежить від характеру серійності роботи.

$\alpha_{\text{тех}}$ – час на технічне обслуговування робочого місця, хв;

$\alpha_{\text{орг}}$ – час на організаційне обслуговування робочого місця, хв;

$\alpha_{\text{від}}$ – час на відпочинок, хв.

Його знаходимо за формулою:

$$T_{\text{ца}} = T_o + T_{\text{дч}},$$

де $T_{\text{оа}}$ – основний час на обробку однієї деталі, хв;

$T_{\text{мв}}$ – допоміжний час роботи верстату за програмою, хв.

Звідки:

$$T_o = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{L_i}{S_n},$$

де L_i – довжина шляху, який пройде інструмент або деталь в напрямку подачі, мм;

n – частота обертання шпинделя, об/хв;

S – подача, мм/об;

n – число технологічної частини обробки.

Також з формули виділяємо $T_{\text{дч}}$ для обрахунку за формулою:

$$T_{\text{дч}} = T_x + T_{\text{зуп}},$$

де T_x – час автоматичної допоміжної роботи на підведення деталі або інструментів від вихідних точок в зони обробки та відведення, встановлення інструменту на розмір, зміна величини напрямку подачі, хв;

$T_{\text{зуп}}$ – час технологічних пауз подачі та обертання для перевірки розмірів, огляду або зміни інструменту, закріплення деталі, хв;

Допоміжний час складається з втрат часу на окремі прийоми і визначається за формулою:

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						48
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$T_{дч} = T_{чв} + T_{доп.ч} + T_{д.вим},$$

де $T_{чв}$ - час на встановлення і зняття деталі.

Цей час передбачає виконання наступних робіт:

- встановлення;
- вивірка (у разі потреби);
- закріплення деталі;
- зняття деталі;
- очищення пристрою від стружки.

$T_{доп.ч}$ – допоміжний час, який пов'язаний з виконанням операції.

Цей час передбачає наступний комплекс прийомів:

- включення та виключення верстату;
- встановлення заданого взаємного положення деталі та інструменту;
- налаштування (у разі потреби);
- включення механізму відтворення програми;
- підведення (відведення) деталі або інструменту в зону обробки.

$T_{д.вим}$ – допоміжний час на контрольні вимірювання оброблених поверхонь.

Цей час передбачає виконання таких робіт:

- взяття вимірювального інструменту;
- встановлення розміру виміру;
- очищення поверхонь, які вимірюються (при необхідності).

Сума основного та допоміжного часу називається оперативним. Він розраховується за формулою:

$$T_{оп} = T_o + T_{дч},$$

Час на технічне організаційне обслуговування робочого місця розраховується за формулою:

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						49
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$\alpha_{\text{тех}} = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{T_{\text{осн}}}{T},$$

де $T_{\text{осн}}$ – час обробки технічної частини, мм;

T – період стійкості інструмента, хв.

Час на організаційне обслуговування робочого місця дано в відсотках від операційного часу $T_{\text{оп}}$:

$$\alpha_{\text{орг}} = 1,4\% T_{\text{оп}},$$

Час на відпочинок дано у відсотках від операційного часу $T_{\text{оп}}$:

$$\alpha_{\text{від}} = 3\% T_{\text{оп}},$$

Розрахунок основного часу для кожного переходу на операції 015:

Фрезерування деталі проводимо в два переходи : 1) фрезерування в розмір 136,8 x 121,8 мм. та 2) фрезерування в розмір 135,2 x 120,2 мм.

1. Фрезерувати деталь по контуру витримуючи розмір 136,8 x 121,8 мм. Довжина оброблюваної поверхні $l=(140+125) \times 2=530$ мм, довжина врізання інструмента рівна 25 мм, довжина перебігу 25 мм, $S=0,2 \times 12=0,24$ мм/об, $n=1200$ об/хв, $i=1$.

Отже:

$$T_{01} = \frac{530 + 25 + 25}{1200 * 0,24} * 1 = 2,01 \text{ хв.}$$

2. Фрезерувати деталь по контуру витримуючи розмір 135,2 x 120,2 мм. Довжина оброблюваної поверхні $l=(135,9+120,9) \times 2=513,6$ мм, довжина врізання інструмента рівна 25 мм, довжина перебігу 25 мм, $S=0,2 \times 12=0,24$ мм/об, $n=1200$ об/хв, $i=1$.

Отже:

$$T_{02} = \frac{513,6 + 25 + 25}{1200 * 0,24} * 1 = 1,957 \text{ хв.}$$

Виконаємо розрахунок основного часу для кожного переходу на операції 035:

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						50
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

В операції 035 виконання 4 отв. Ø 11 проводимо за два переходи ,при цьому в першому переході виконуються 4 отв. Ø 8 , які в наступному переході розсвердлюються до Ø 11 мм.

1. Свердлити отвір на прохід, витримуючи розмір Ø8 мм. Довжина оброблюваної поверхні $l=30$ мм, довжина врізання інструмента дорівнює 2 мм, довжина перебігу 3 мм, $S = 0,12$ мм/об, $n=600$ об/хв, Кількість отворів (i) = 4 .

$$T_{01} = \frac{30 + 3 + 3}{600 * 0,12} * 4 = 1,833 \text{ хв}$$

2.Розсверлювання отворів до Ø11 мм. Довжина оброблюваної поверхні $l=30$ мм, довжина врізання інструмента дорівнює 2 мм, довжина перебігу 2 мм, $S = 0,18$ мм/об, $n=1000$ об/хв, $i = 4$

$$T_{02} = \frac{30 + 2 + 2}{1000 * 0,18} * 4 = 0,756 \text{ хв.}$$

Сума часу основної роботи по програмі на операції 015 складає:

$$\sum T_{0005} = 2,01 + 1,957 = 3,967 \text{ хв.}$$

Також розраховуємо на операції 010:

$$\sum T_{0035} = 1,833 + 0,756 = 2,589 \text{ хв.}$$

Далі знаходимо час допоміжної роботи T_x , яке включає час на підведення і відведення інструменту в зону обробки деталі 0,06 (1 раз) та зміни ріжучих інструментів 0,05 хв (1 раз).

На операції 015:

$$T_x = 2 * 0,06 + 1 * 0,05 = 0,17 \text{ хв.}$$

На операції 035:

$$T_x = 8 * 0,06 + 8 * 0,05 = 0,88 \text{ хв.}$$

Розраховуємо $T_{зуп}$, на операції 015 дорівнює 0,065 (1 раз):

$$T_{зуп} = 1 * 0,065 = 0,065 \text{ хв.}$$

На операції 035:

$$T_{зуп} = 7 * 0,065 = 0,455 \text{ хв.}$$

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						51
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Розраховуємо допоміжний час роботи верстату на операції 015 за формулою:

$$T_{\text{дч}} = 0,17 + 0,065 = 0,235 \text{ хв.}$$

Аналогічно для операції 035:

$$T_{\text{дч}} = 0,88 + 0,435 = 1,315 \text{ хв}$$

Знаходимо час автоматичної роботи $T_{\text{ца}}$ на операції 005 $T_{\text{ца}}$ за формулою:

$$T_{\text{ца}} = 3,967 + 0,17 = 4,137 \text{ хв}$$

На операції 035:

$$T_{\text{ца}} = 2,589 + 0,88 = 3,469 \text{ хв}$$

Знаходимо час ручної допоміжної роботи $T_{\text{в}}$:

Час на встановлення і зняття деталі 0,029 хв., закріплення і відкріплення деталі 0,085 хв.

$$\text{Загальне } T_{\text{вз}} = 0,029 + 0,085 = 0,114 \text{ хв.}$$

$T_{\text{в}}$ для операції 015 складається з часу на контроль лінійних розмірів 135 мм, 120 мм - штангенциркулем $0,12 \cdot 4 = 0,48$ хв.;

$T_{\text{в}}$ для операції 035 складається з часу на контроль діаметру отворів - штангенциркулем 0,12 (хв.). 4 отв. $\varnothing 8$ і 4 отв. $\varnothing 11$

$$T_{\text{в}} = 0,12 \cdot 8 = 0,96 \text{ хв.};$$

Так, як контролюється 40 % деталі з партії, то:

Для операції 015:

$$T_{\text{в}} = \frac{0,48 \cdot 40}{100} = 0,192 \text{ хв.}$$

Для операції 035:

$$T_{\text{в}} = \frac{0,96 \cdot 40}{100} = 0,384 \text{ хв.}$$

Загальний час ручної допоміжної роботи знаходимо за формулою:

Операція 015:

$$T_{\text{в}} = 0,114 + 0,04 + 0,192 = 0,346 \text{ хв.}$$

Операція 035:

$$T_{\text{в}} = 0,114 + 0,04 + 0,384 = 0,538 \text{ хв.}$$

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						52
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Операційний час рівний сумі T_a і T_v і знаходиться за формулою:

Операція 015:

$$T_{оп} = 4,137 + 0,346 = 4,483 \text{ хв}$$

Операція 035:

$$T_{оп} = 3,469 + 0,538 = 4,007 \text{ хв}$$

Час на організація обслуговування робочого місця складає 1,4% від операційного часу; час на відпочинок складає 3% від операційного часу.

Час на технологічне обслуговування робочого місця розраховується по формулі:

Для операції 015:

$$Q_{тех} = \frac{2,01}{180} + \frac{1,957}{180} = 0,0219 = 2,19\%$$

Для операції 035:

$$Q_{тех} = 4 * \frac{1,833}{180} + 4 * \frac{0,756}{180} = 0,0575 = 5,75\%$$

Штучний час на операцію 0,15 знаходимо:

$$T_{шт} = 4,483 * \left(1 + \frac{2,19 + 0,235 + 3}{100} \right) = 4,726 \text{ хв.}$$

Аналогічно для операції 010:

$$T_{шт} = 4,007 * \left(1 + \frac{5,75 + 1,315 + 3}{100} \right) = 4,41 \text{ хв.}$$

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						53
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1. Основи конструювання штамів

Штапи зазвичай проектується з нерухомої (нижньої) та рухомої (верхньої) частин, на кожній з яких закріплені матриця та пуансон відповідно. Проектувальник штапу повинен мати інформацію про: креслення виробу з технічними умовами технологічного процесу виготовлення даної деталі та операційні карти цього процесу. Потім по даній інформації вибирається тип штапу. Вибір штапу виконується залежно від геометрії виробу, необхідної точності, економічного фактору, форми та матеріалу заготівлі, обладнання, а також можливостей цеху, де буде виготовлятися штап, причому велика увага приділяється економічному фактору (можливість виготовлення придатного для експлуатації та найбільш дешевого штапу). Конструкція штапу має забезпечувати якісне штампування, високу продуктивність та стійкість у разі його використання.

Потім проводяться технологічні розрахунки:

- знаходження величини зусилля, вибір величини зазору між матрицею та пуансоном;
- підбір деталей штапу;
- перевірка основних деталей штап на міцність.

Наступним етапом з розрахованих навантажень та величині роботи вибирається необхідний прес. Проводиться специфікація на деталі штапу та деталювання із проставленням величин деталей на кресленнях, обробки, зазначення посадок та допусків на виготовлення. Фінальною сходинкою проектування штапу є складання пояснювальної записки та заповнення паспорта штапу [6].

Зазвичай штапи проектується у своєму нижньому робочому положенні. В цьому становище краще показує взаємодію всіх частин штапу.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						54
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Особливістю проектування згинальних штампів є необхідність обліку спотворення заготівлі після вигину. Для цього штампують деталь зі смуги з припуском застосовуючи покращену фіксацію заготівлі перед штампуванням, а після операції штампування вводять відповідну механічну обробку для зменшення спотворення. Зазвичай процес пластичної деформації заготівлі при згинанні супроводжується пружною деформацією, тобто, після згинання відбувається зміна розмірів виробу порівняно з розмірами, що задаються матрицею та пуансоном. Тому конструктор повинен враховувати при розрахунку основних розмірів штампів зміна розмірів. [3, стор. 171].

При проектуванні пуансону та матриці повинні виконуватись умови:

- простота конструкції та легкість її виготовлення;
- міцність та точність закріплення деталей між собою;
- стійкість у роботі, легкість складання та розбирання.

Пуансон – деталь штампів, що збігається із профілем матриці. Пуансон виконує функцію преса, у результаті утворюється сам виріб. Вибір типу пуансона часто залежить від особливостей деталі, що штампується. Пуансони малих розмірів зазвичай виготовляють разом з хвостовиком. Пуансони для згинальних операцій виконують із спеціальних виливків. Зазвичай пуансони кріпляться по посадці в пуансонотримач. При підборі методу та місця посадки конструктори прагнуть до того, щоб посадочні місця були простою формою, були доступні для обробки та вимірювань інструментом [7].

Матриця – деталь штампів, яка безпосередньо впливає на вигляд майбутнього виробу. Класифікують прості (для одного виду виробу) та складні/комбіновані (для двох та більше видів виробів) матриці. Форма та розмір матриці безпосередньо залежить від конструкції деталі, що штампується.

При проектуванні матриці конструктор повинен враховувати фактор зазору між матрицею та пуансоном. Тому що при малому зазорі буде утворюватися ламаність і шаруватість поверхні зрізу, у той час як при занадто великому зазорі є ймовірність втягування матеріалу в верстат подальшим

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						55
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

розривом, в результаті чого деталь може мати задирки. Відстань між матрицею та пуансоном залежить від товщини використовуваного при штампуванні матеріалу [7].

2.2. Визначення основних та допоміжних деталей для створення штампу

Для створення штампу, однією з деталей якого є досліджувальна матриця, нам потрібні ряд деталей.

До складу штампу, крім матриці, входять також дві вставки та виштовхувач для згинання (рис. 2.1). Описані деталі представлено на рисунках 2.2 та 2.3.

Також дана матриця містить в собі два пуансони (рис. 2.4).

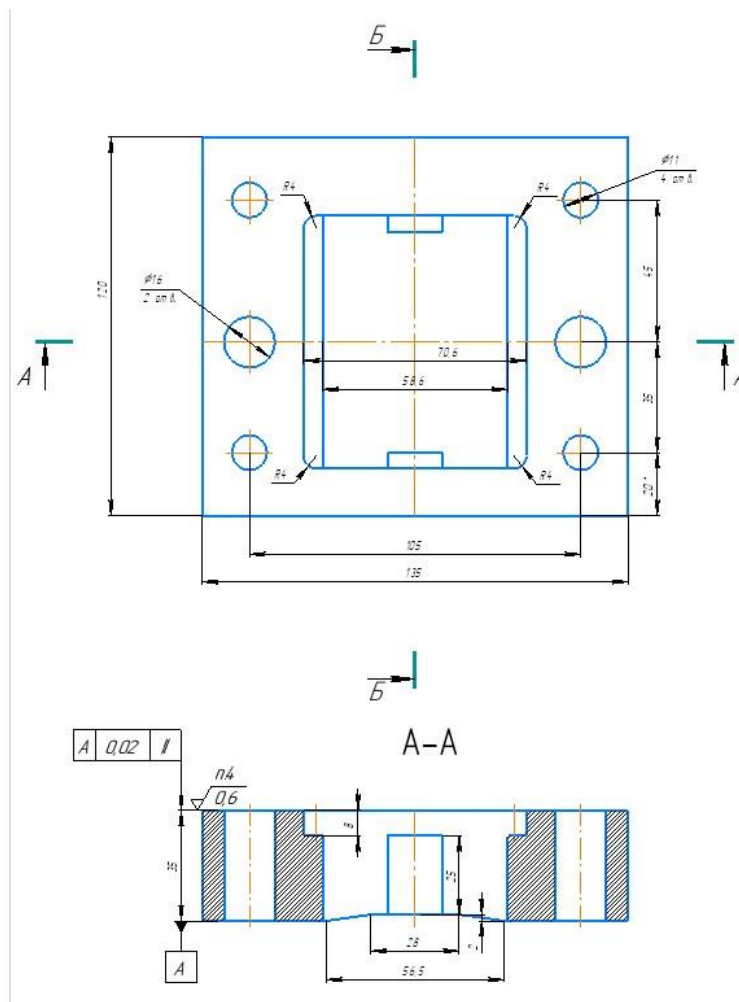


Рис. 2.1. Кресленик допоміжної матриці

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						56
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

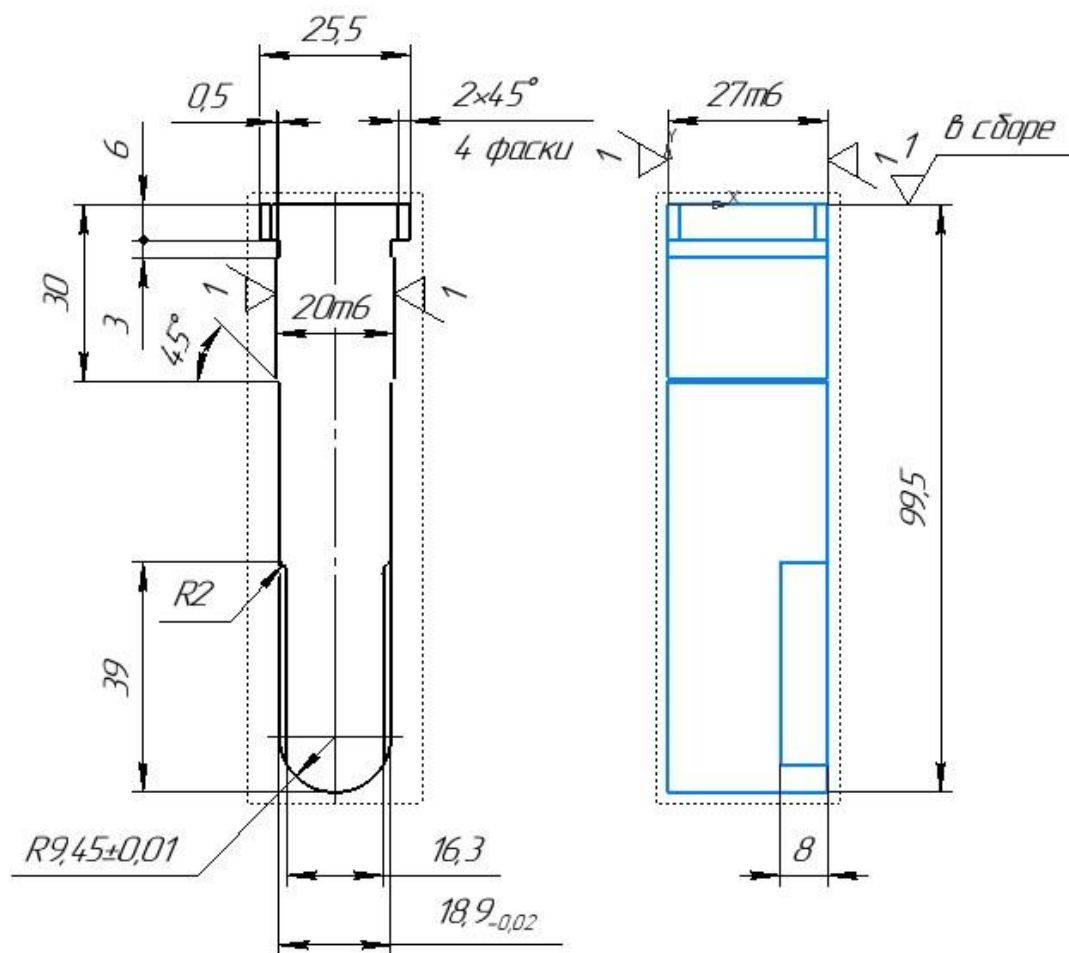


Рис. 2.3. Пуансон для згинання деталі

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						57
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

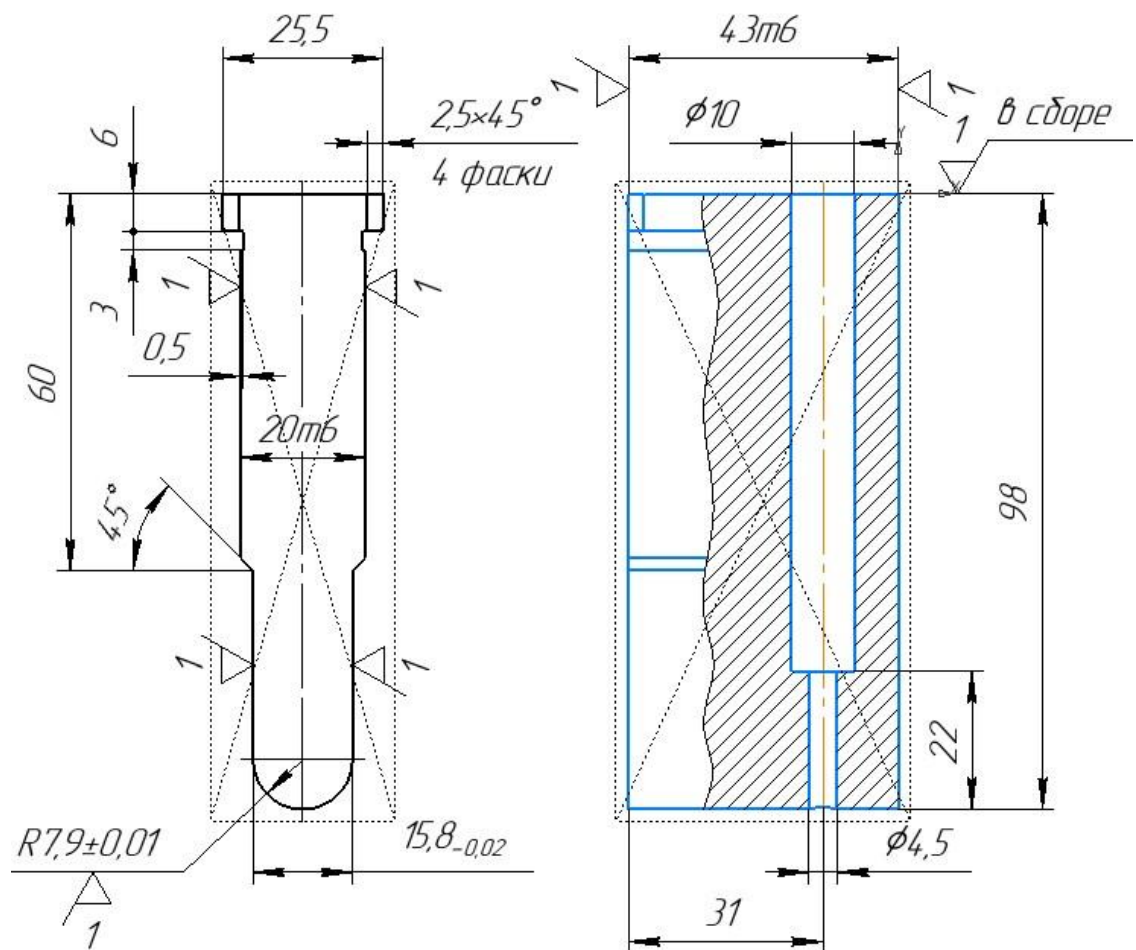


Рис. 2.5. Пуансон допоміжний для згинання деталі

Для вирізання форми деталі буде використовуватися пуансон з фігурними вікнами, показано на рисунку 2.6.

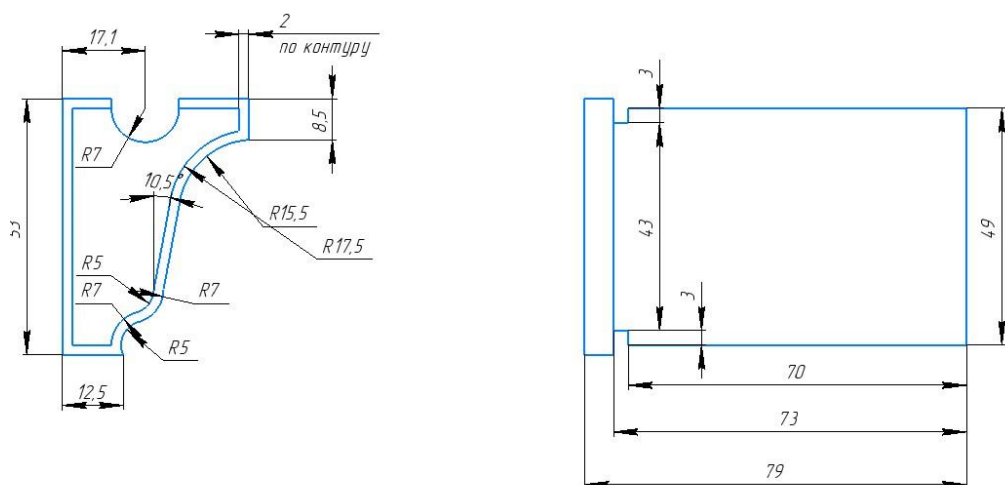


Рис. 2.6. Кресленик пуансону для фігурних вікон

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк. 58
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Для пробивання центрального отвору між фігурними вікнами використовується чеканочний пуансон (рис. 2.7).

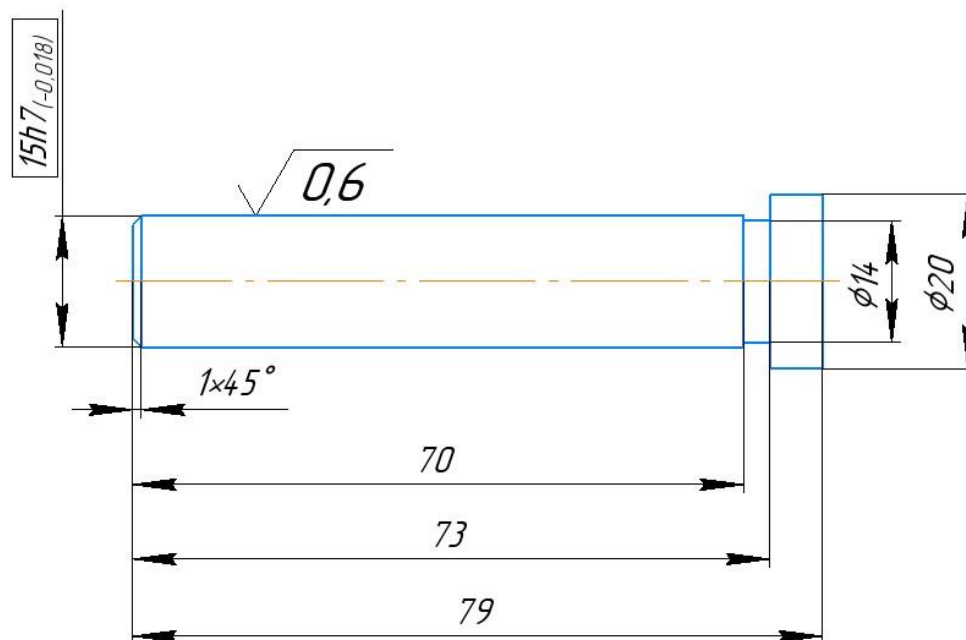


Рис. 2.7. Чеканочний пуансон

2.3. Формування складального креслення штампу

Потім після вибору необхідних деталей штампу проводиться складання штампу та закріплення в нього пуансонів та інших додаткових деталей. Штмп збирається у наступній послідовності: перша матриця закріплюється на верстаті, в неї закріплюють вставки та виштовхувач, потім до першої матриці закріплюється інша, за тим у них запресовуються пуансони.

Збірку штампу представлено на рисунку 2.8.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						59
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

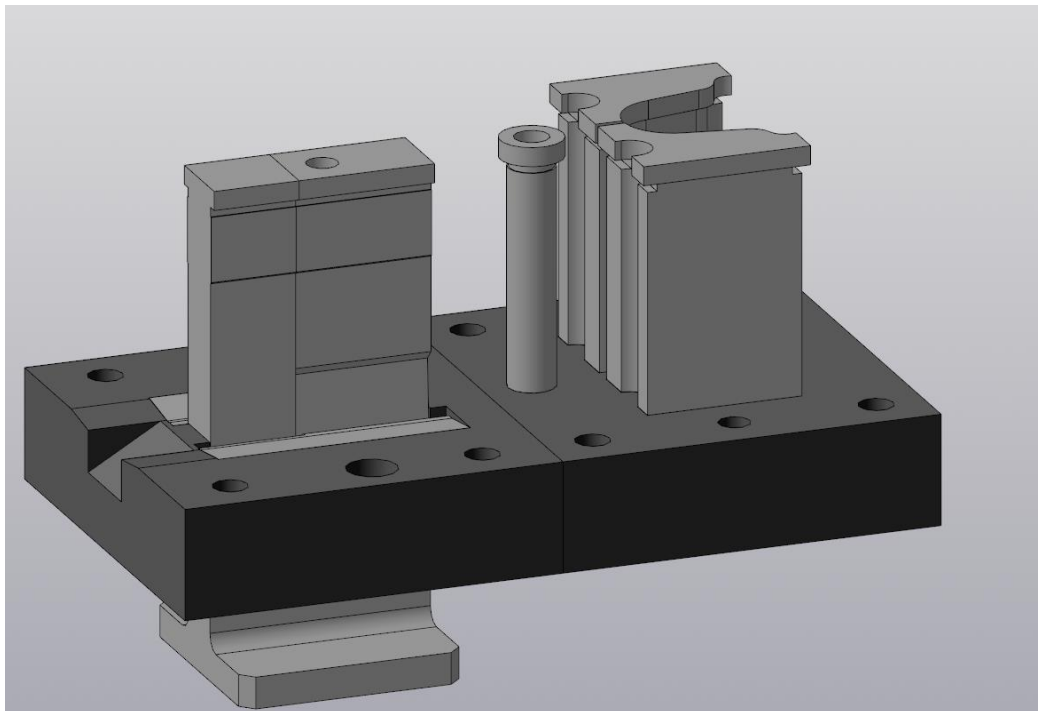


Рис. 2.8. Збірка штампу

2.4. Аналітичний розрахунок максимального напруження для матриці і пуансону

Довговічність штамсів вимірюється кількістю деталей відштампованих до повного зносу робочих частин, що визначається неможливістю їх відновлення та отриманням розмірного браку деталей, що штампуються.

Повна стійкість штампів знаходиться у прямій залежності від якісної стійкості, так як кількість допустимих перешліфувань та зачисток обмежена повним використанням робочих деталей штампів.

Стійкість штампів залежить від наступних факторів:

- сорти та механічних властивостей штампованого матеріалу;
- конфігурації деталі;
- відносної товщини матеріалу;
- конструкції штампів і типу операції;
- величини зазору;
- матеріалу та термообробки робочих деталей штампів;

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						60
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- стани преса; способу та типу мастила.

Розрахунок матриці та пуансону на міцність виконується аналітично за допомогою наступних формул.

Для матриці:

$$[\sigma_p] \geq \frac{0,4 * P}{F},$$

де $[\sigma_p]$ – межа міцності на розтяг, що допускається на розрив (для сталі X12M $[\sigma_p] = 250$ МПа);

P- технологічне зусилля, Н;

F- площа небезпечного перерізу, мм² [3, стр. 79];

Отже:

$$[\sigma_p] \geq \frac{0,4 * 76940}{59,94 * 40} = \frac{30776}{2397,6} = 128,4 \text{ МПа}$$

Для пуансону:

$$[\sigma_p] \geq \frac{P}{(\varphi * F_{\text{роб}})},$$

где φ – коефіцієнт зниження напруги, що допускається, який залежить від умовної гнучкості пуансона (μ) [3, стр. 102];

Гнучкість пуансону з некруглим перетином обчислюємо за такою формулою:

$$\mu = \frac{0,7 * h_{\text{п}} \sqrt{F_{\text{роб}}}}{\sqrt{I}},$$

де I – мінімальний осьовий момент інерції, мм⁴;

$F_{\text{роб}}$ – площа перерізу робочої частини пуансону, мм².

Осьовий момент інерції обчислюємо для прямокутного перерізу пуансону сторонами a = 49 мм, b = 34,5 мм:

$$I = b * a^3 / 12,$$

$$I = a * b^3 / 12,$$

Отже:

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						61
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$I = 34,5 * \frac{49^3}{12} = 338\,240 \text{ мм}^4,$$

$$I = 49 * \frac{34,5^3}{12} = 167\,676 \text{ мм}^4,$$

Обираємо мінімальний момент інерції $I = 167\,676 \text{ мм}^4$

$$\mu = \frac{0,7 * 34\sqrt{49} * 34,5}{\sqrt{167\,676}} = 13,8$$

За залежності по $\mu=13,8$ обраний коефіцієнт зниження $\phi=0,72$ [3, стор 102];

$$[\sigma_{сж}] \geq \frac{76940}{1 * 49 * 34,5} = 49,5 \text{ МПа}$$

2.5. Розрахунок максимального напруження і коефіцієнту запасу міцності за допомогою програми Solidworks

Для підтвердження виконаних аналітично розрахунків пуансону та матриці проведемо розрахунок на міцність матриці та пуансону у програмі Solidworks 2021 за допомогою інженерного модулю для проведення лінійно-статистичного аналізу.

Порядок розрахунку наступний: створюємо 3D модель пуансону у програмі Solidworks (рис. 2.9).

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						62
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

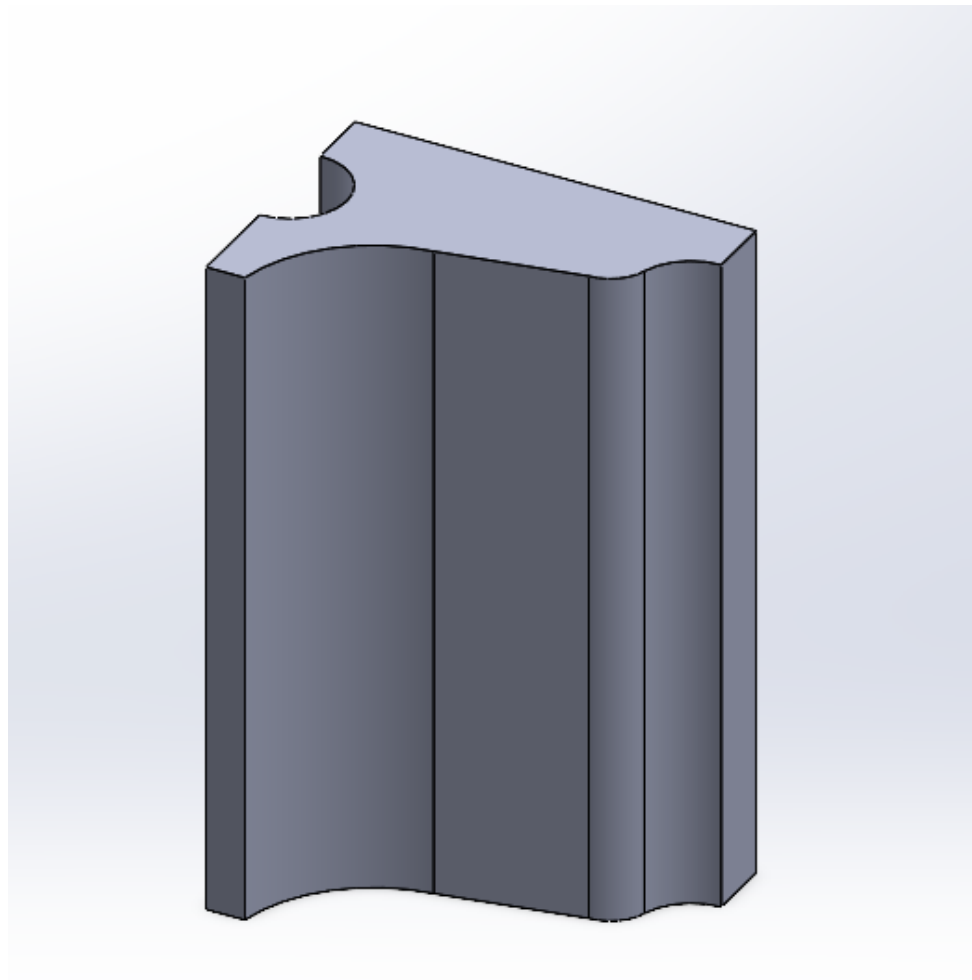


Рис.2.9. 3D модель пуансону

У меню програми додаємо модуль Simulation, натискаємо «Нове дослідження» за тим обираємо тип дослідження «Статичний». Потім встановлюємо закріплення для верхнього майданчика по поверхні кріплення пуансонотримач та розподілену силу, рівну за величиною зусилля гнуття $P=76940$ Н на нижню поверхню пуансону, після даних операцій показана на рисунку 2.10.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						63
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

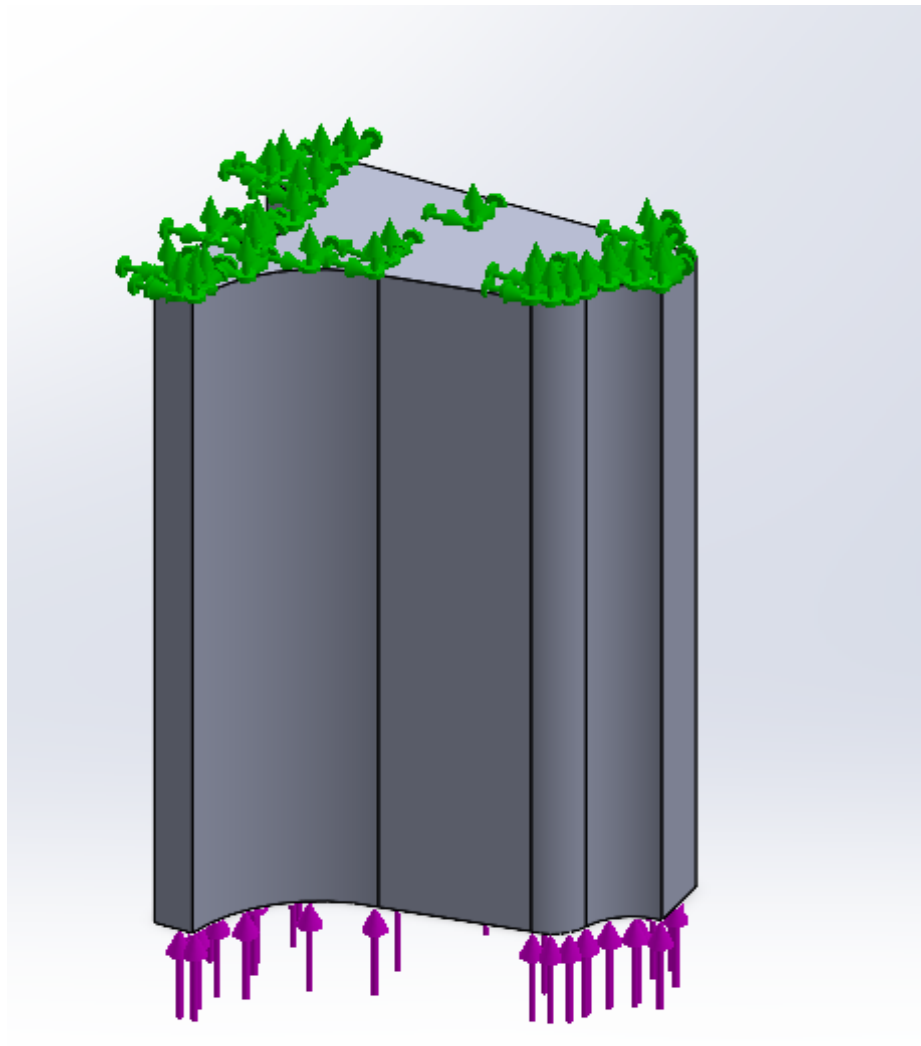


Рис.2.11. Модель пуансону до розрахунків

Наступним кроком – задаємо параметри матеріалу пуансону У8А та генеруємо сітку з кінцевих елементів з максимальною стороною елемента 5 мм, сама сітка, кількість вузлів та скінченних елементів показана на рисунку 2.12.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						64
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

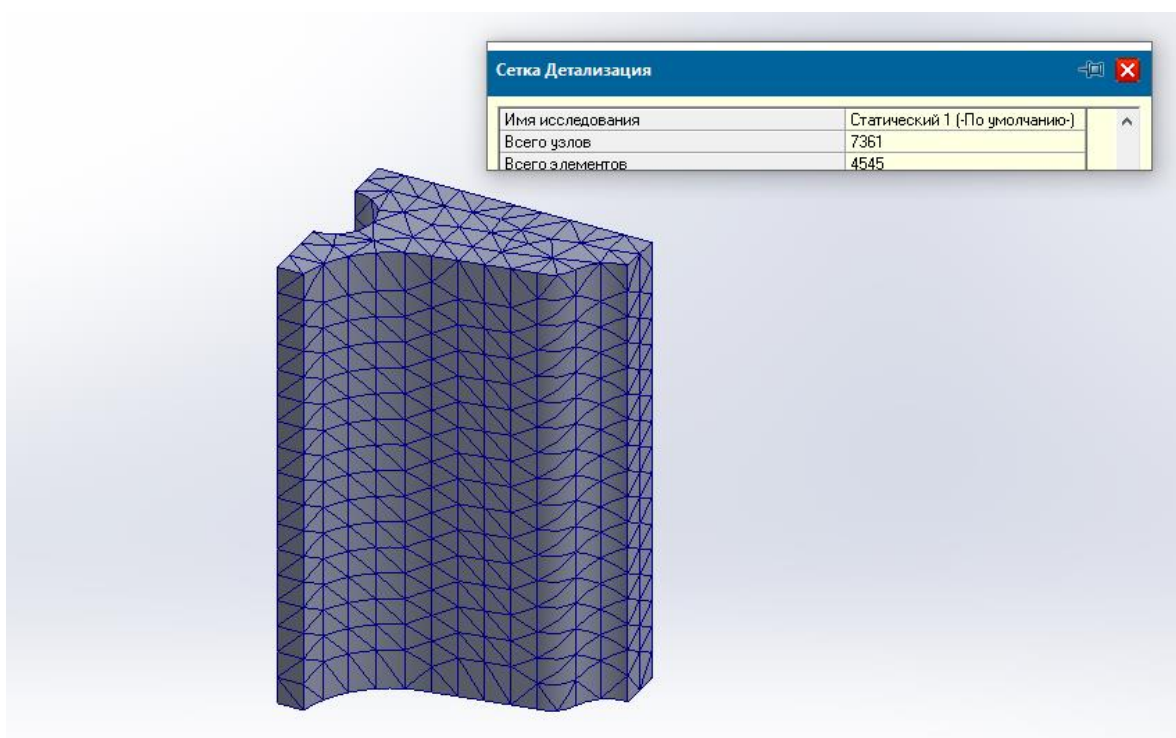


Рис. 2.12. Генерация сітки

Потім відправляємо пуансон на лінійний статичний розрахунок та виводимо карти результатів для напруги та коефіцієнта запасу міцності, показані на рисунках 2.13 та 2.14.

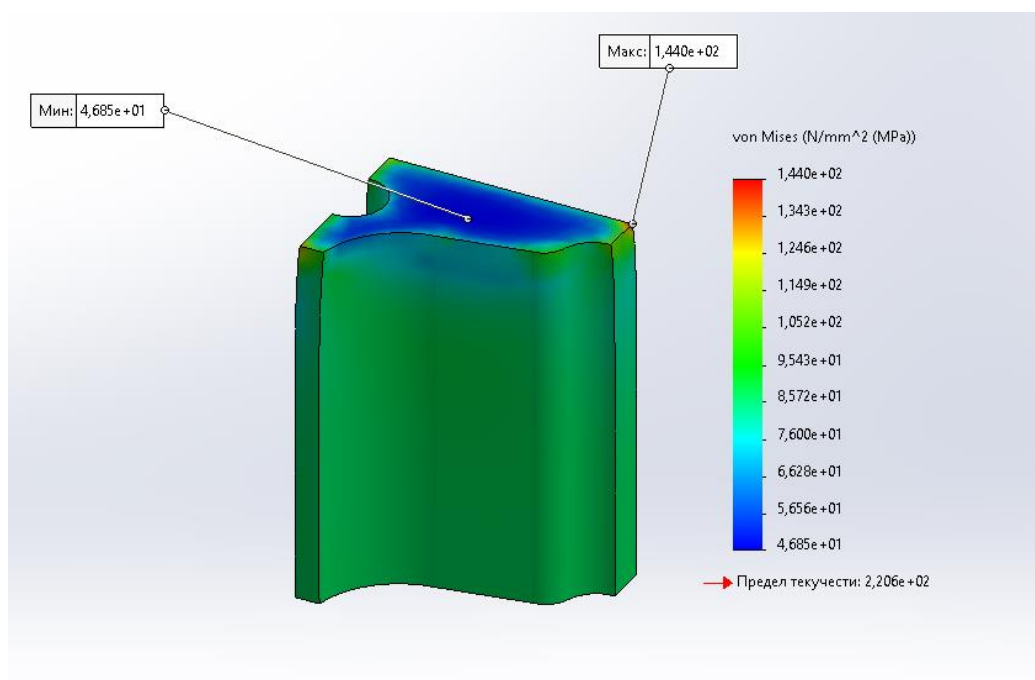


Рис.2.13. Карта результатів напружень пуансону

З розрахунку видно, що максимальна напруження виникає на бічній грані пуансону, у місці переходу розмірів і становить 1,440 МПа, що не перевищує допустиму напругу для матеріалу У8А.

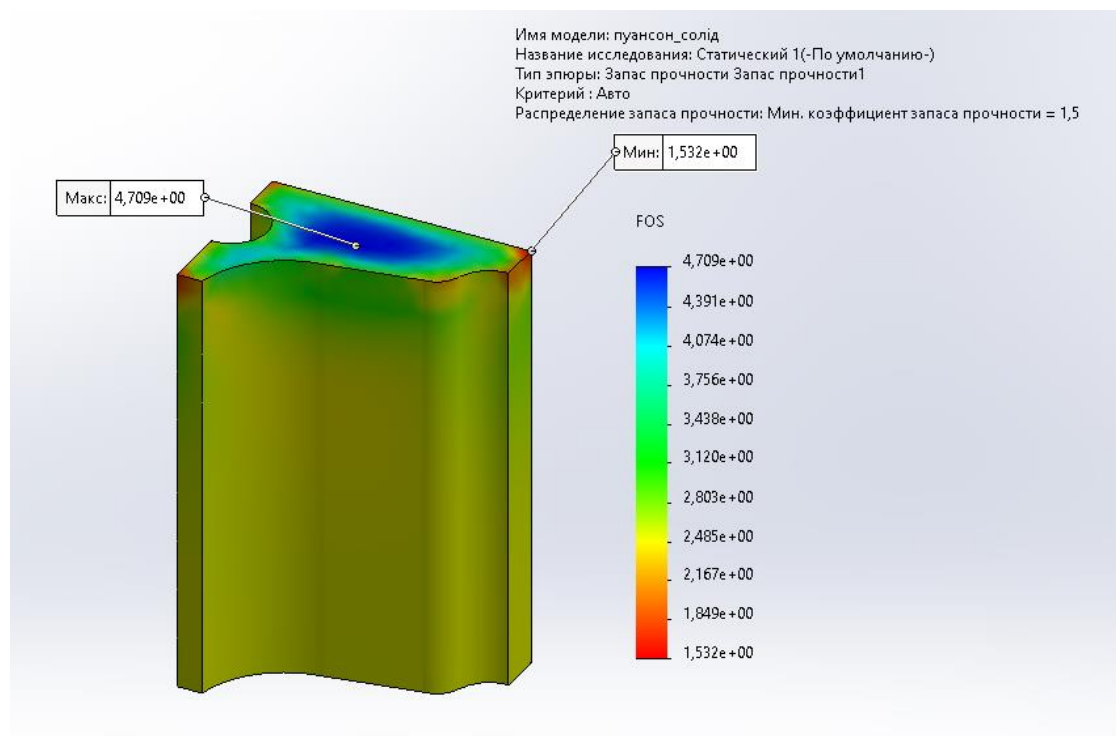


Рис.2.14. Запас міцності пуансону

Мінімальне значення коефіцієнта запасу $n=1,5$ — величина якого розташована так само на верхній бічній кромці пуансону, тобто в місці небезпечного перерізу;

Для розрахунку матриці проводимо такі операції:

Створюємо в програмі Solidworks 2021 3D модель матриці (рис. 2.15).

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						66
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

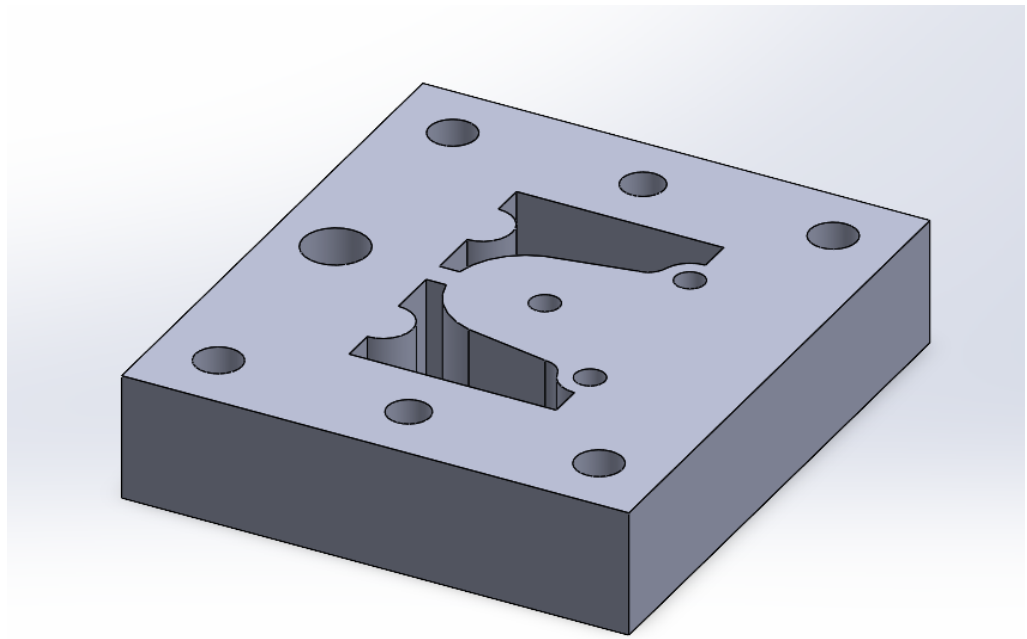


Рис. 2.5. 3D модель матриці

Задаємо закріплення на нижньому майданчику в місцях кріплення гвинтами матриці до нижньої плити. Потім прикладаємо діюче навантаження, що діє на матрицю, рівну за величиною зусилля згинання $P = 76940$ Н. Виділяємо поверхню, на яку прикладатимемо силу і задаємо величину, як показано рисунку 2.16.

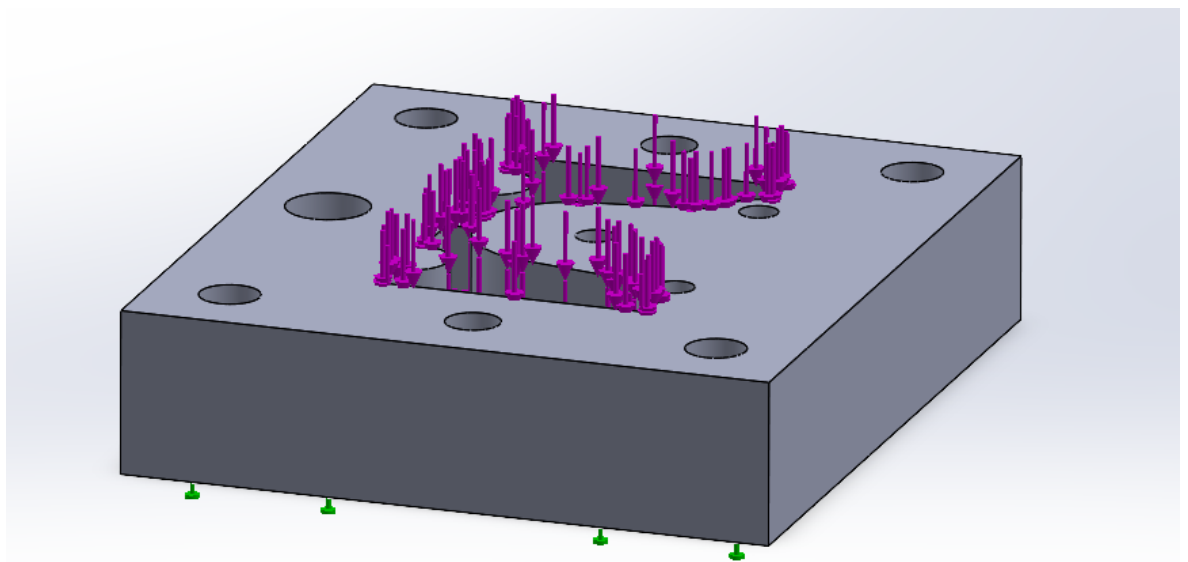


Рис. 2.17. Матриця до розрахунків

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						67
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Наступним кроком задаємо параметри інструментальної сталі Х12М для матриці та генеруємо сітку з максимальною стороною елемента 10 мм, де вказується кількість скінченних елементів, сама сітка представлена на рисунку 2.18.

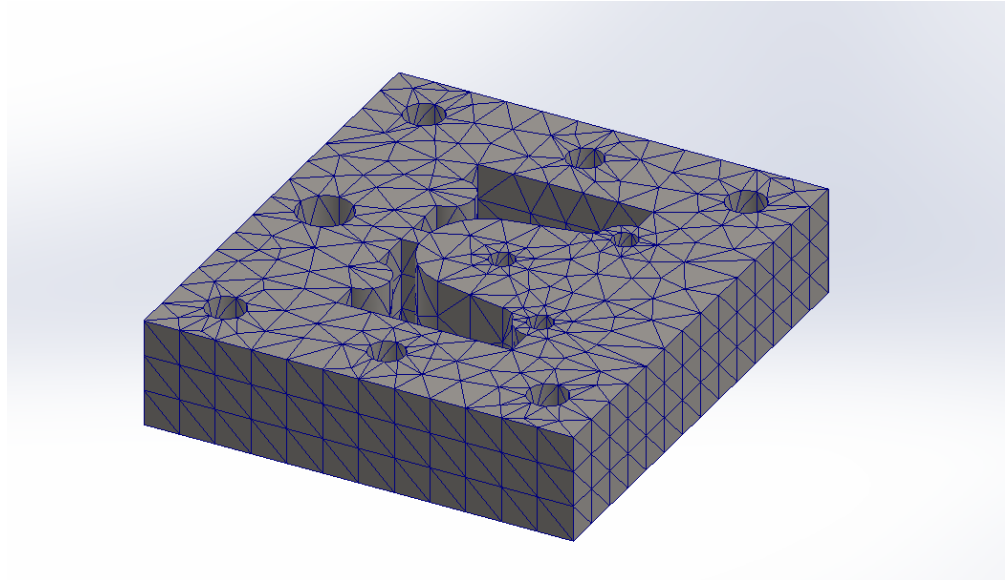


Рис.2.18. Сітка матриці

Потім розраховуємо матрицю, вибираємо тип розрахунку – лінійний статичний, і отримуємо карти результатів для напружень та коефіцієнта запасу міцності, які можна побачити на рисунках 2.19 та 2.20.

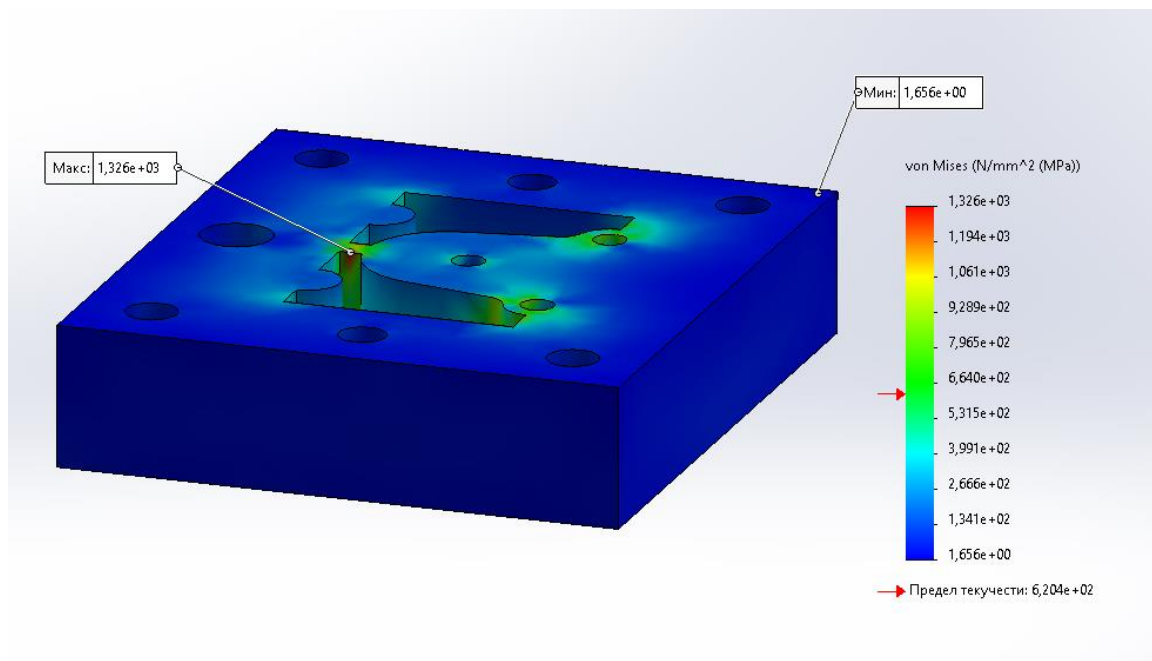


Рис. 2.19. Результати розрахунку напруження матриці

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						68
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

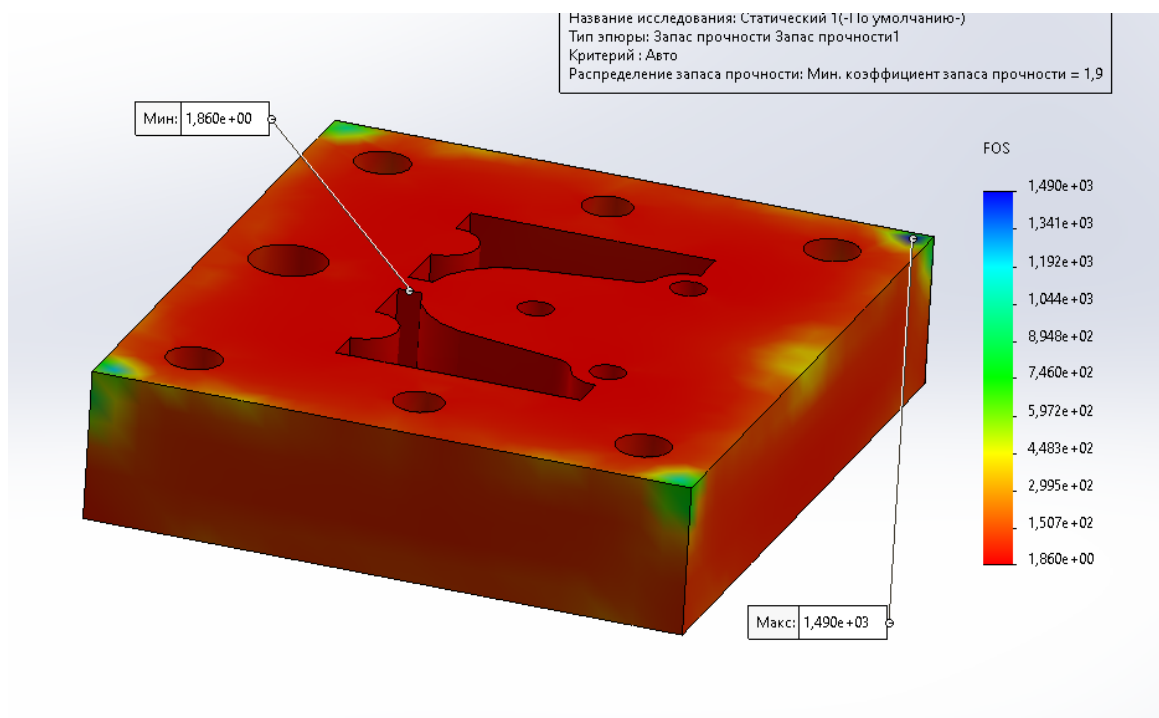


Рис. 2.20. Результаты розрахунку коефіцієнта запаса матриці

Визначено за отриманими для матриці картами результати: мінімальний коефіцієнт запаса міцності склав 1,9. Отже в результаті дослідження можна зробити висновок, що деталь витримає навантаження.

Величини, які отримані аналітично та за допомогою програми Solidworks 2021 відрізняються з наступних причин:

- відмінність методів розрахунків параметрів;
- похибки, що виникли за аналітичного розрахунку;
- величина сторони скінченного елемента, взятого у програмі під час розбиття була недостатньою великою, бо чим менша сторона скінченного елемента – тим точніше розрахунок.

Таким чином, виникає необхідність більш глибоких подальших досліджень.

РОЗДІЛ 3. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

3.1. Сучасні можливості електроерозійної обробки

3.1.1. Метод електроерозійної обробки металів

Електроерозійна обробка ґрунтується на вириванні частинок матеріалу з поверхні імпульсом електричного розряду. Якщо задана напруга (відстань) між електродами, зануреними в рідкий діелектрик, то при їх зближенні (збільшенні напруги) відбувається пробій діелектрика – виникає електричний розряд, у каналі якого утворюється плазма з високою температурою.

Найпростіша схема видалення металу в галузі обробки за допомогою електроерозії представлено на рисунку 3.1.

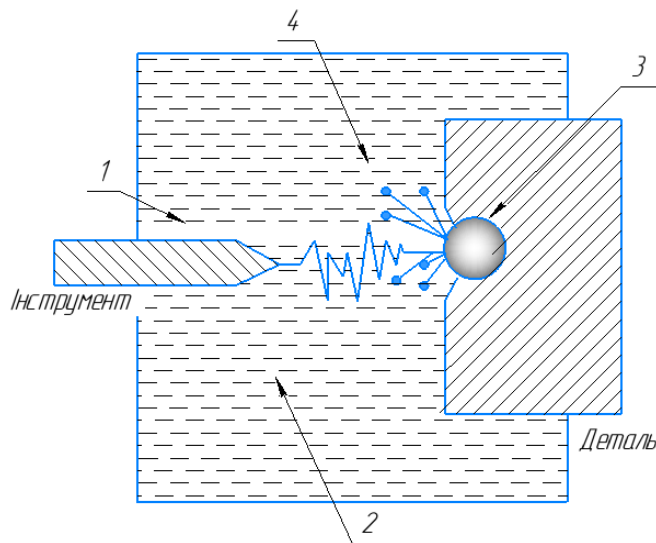


Рис. 3.1 Режим електроерозійної обробки

1 – електроди, 2 – рідина, 3 – сталевий підшипник, 4 – предмети ерозії

До електрода 1 підведено напругу, яка створює електричне поле у міжелектродному проміжку. При зближенні електродів на критичну відстань, виникає електричний розряд у вигляді провідного каналу. Для підвищення інтенсивності розряду електроди занурюють у діелектричну рідину 2 (гас,

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						70
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

мінеральна олія та ін.) На поверхні електродів є мікронерівності різної величини. Напруженість електричного поля буде найбільшою між двома найближчими один до одного виступами на поверхні електродів, тому саме тут виникають провідні містки з частинок рідини. Струм по містках нагріває рідину до випаровування та утворюється газовий міхур (4), усередині якого і розвивається потужний іскровий або дуговий розряд, що супроводжується ударною хвилею.

Виникають потоки електронів та іонів (позитивні та негативні стримери), які бомбардують електроди. Утворюється плазмовий канал розряду. Завдяки високій концентрації енергії в зоні розряду температура досягає тисячі та десятків тисяч градусів. Метал на поверхні електродів плавиться та випаровується. Краплі розплавленого металу внаслідок руху потоку рідини у робочій зоні викидаються за межі електродів і застигають у навколишньому електроди рідини як дрібних частинок сферичної форми. Від взаємодії рідини з ділянками електродів, нагрітих до температури 1000 - 4000 С, на межах плазмового каналу розряду відбувається піроліз діелектричної рідини. В результаті в рідині утворюються гази, а також смолисті речовини. З газового середовища виділяється вуглець, що відкладається на нагрітих поверхнях електродів у вигляді тонкої плівки кристалічного графіту. У місці дії імпульсу струму на поверхнях електродів залишаються невеликі поглиблення - лунки, що утворилися внаслідок видалення розрядом деякої кількості металу.

Після розряду протягом деякого часу відбувається охолодження стовпа каналу та деіонізація речовини плазми у міжелектродному проміжку. Електрична міцність міжелектродного проміжку відновлюється. Час деіонізації рідкого діелектрика становить 10^{-2} - 10^{-6} с. Наступний розряд зазвичай виникає вже у новому місці, між двома іншими найближчими точками електродів.

Тривалість інтервалів між імпульсами має бути достатньою для видалення із зони розряду продуктів ерозії, а також газового міхура, є головною перешкодою виникнення наступного розряду.

У зв'язку з цим частота розрядів зі зростанням їхньої енергії знижується.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						71
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Так відбувається поки розряди не видаляють з поверхні електродів всі ділянки металу, що знаходяться на відстані пробую при величині прикладеної напруги. Коли відстань між електродами перевищить пробивне, для відновлення розрядів електроди мають бути зближені. Зазвичай електроди зближують протягом усього часу обробки те щоб електричні розряди не припинялися [1].

При електроерозійній обробці застосування отримали низькомолекулярні вуглеводневі рідини різної в'язкості; вода та у незначній мірі органічні рідини, а також водні розчини атомних спиртів.

Робочі рідини повинні відповідати таким вимогам:

- забезпечення високих технологічних показників електроерозійної обробки;
- термічна стабільність фізико-хімічних властивостей при впливі електричних розрядів з параметрами, що відповідають застосовуваним при електроерозійній обробці;
- низька корозійна активність до матеріалів електрода-інструменту та оброблюваної заготовки;
- висока температура спалаху та низька випаровуваність;
- хороша фільтрованість;
- відсутність запаху та низька токсичність.

Для кожного виду електроерозійної обробки застосовують робочі рідини, що забезпечують оптимальний режим обробки.

3.2.2. Порівняння методів електроерозійної та механічної обробки

При порівнянні механічного та електроерозійного метода обробки виникає ряд переваг, одного методу над іншим. Виготовлення форми деталей, при сучасних вимогах конструкцій, не завжди можливо обійтись лише механічним

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						72
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

способом обробки. Завдяки електроерозійного методу обробки стало можливо виготовляти деталі різної форми.

Однією із переваг ЕЕО є час. Завдяки такій обробці набагато зменшується час обробки, що не можливо домогтися від механічного способу. А також при обробці немає відходів у вигляді стружки, бо залишковий метал відрізається одразу великими частками, що спрощує збір залишкового металу. Ріжучу частину верстату набагато легше змінювати ніж пластини та цілі фрези або різці. Для заміни дроту достатньо прокрутити котушку, щоб відмотати наступний відрізок.

3.1.3. Типові операції ЕЕО

Типові операції ЕЕО, які виконуються на верстаті представлено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Типові операції ЕЕО

Операція	Зміст операції
Прошивання отворів	При електроерозійній обробці прошивають отвори на глибину до 20 діаметрів з використанням стрижневого електрода-інструменту і до 40 діаметрів - трубчастого електрода-інструменту. Глибина отвору, що прошивається, може бути значно збільшена, якщо обертати електрод-інструмент, або оброблювану поверхню, або й те й інше з одночасним прокачуванням робочої рідини через електрод-інструмент або з відсмоктуванням її із зони обробки. Швидкість електроерозійного прошивання досягає 2-4 мм/хв.
Маркування	Маркування виконується нанесенням на виріб цифр, літер, фірмових знаків та ін. Електроерозійне маркування забезпечує високу якість, не викликає деформації металу і не створює зони концентрації внутрішньої напруги, що виникає при маркуванні ударними клеймами. Операція може виконуватися одним електродом-інструментом та за багатеелектродною схемою. Виготовляються електроди-інструменти із графіту, міді, латуні, алюмінію.

1	2
Вирізання	В основному виробництві електроерозійне вирізання застосовують при виготовленні деталей електровакуумної та електронної техніки, ювелірних виробів і т.д. в інструментальному виробництві, при виготовленні матриць, пуансонів, пуансонодержателів та інших деталей, а також вирубних штампів, копирів, шаблонів, цанг, лекал, фасонних різців та ін.
Шліфування	Процес електроерозійного шліфування застосовують для чистової обробки матеріалів, магнітних і твердих сплавів. Відхилення розмірів профілю після електроерозійного шліфування знаходиться в межах від 0,005 до 0,05 мм, шорсткість $Ra = 2,5 \text{ } 0,25$, продуктивність - 260 мм ² /хв. З появою електричних способів обробки виявилось в принципі можливим здійснення методами електротехнології всього комплексу операцій, необхідних для перетворення заготовки на готову деталь, включаючи і її термічну обробку.

3.2. Розробка керуючої програми для електроерозійної операції на верстаті з ЧПК

3.2.1. Вибір верстату з числовим програмним керуванням

Для виготовлення деталі «Матриця» використовуємо електроерозійний дрото-вирізний верстат струменевого типу Wi-30E (рис. 3.2). Верстат призначений для вирізання електроерозійним методом запрограмованої форми в різноманітних електропровідних матеріалах (мідь, алюміній, сталь, твердий сплав тощо). Важливим чином використовується при виготовленні штампів, деталей форм та різноманітного технологічного оснащення. Головною особливістю даного верстата є наявність числового програмного керування, яке дає можливість більш продуктивно і якісно виготовляти деталі. Сучасне виробництво оснащено ЧПК для того, щоб спростити керування та виготовлення деталей так, як в цьому випадку достатньо написати код керуючої програми під необхідну систему, яка керує верстатом і перенести його із цифрового носія на пульт керування верстату.

Технічні характеристики верстату Wi-30E представлено в таблиці 3.2.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						74
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Технічні характеристики верстату Wi-30E [16]

Характеристика	Значення
Метод промивання	Струменевий
Розмір робочого столу, мм	640 x 500
Макс. розмір заготовки, мм	760x520x295
Вид приводу	5 осей, серводвигуни
Кількість одночасно керуючих осей	X/Y/U/V (4 осі)
Макс. вага заготівлі, кг	500
Переміщення по осях X/Y/Z	400x300x300
Максимальний кут різання, град	+/- 22,5
Іонізація діелектрика	автоматична
Об'єм діелектрика, л	270
Вага станка, кг	1950
Дріт	Латунь
Діаметр проволки, мм	0,25
Розмір верстату, мм	2300x2200x2150



Рис. 3.2. Електроерозійний дрото-вирізний верстат струменевого типу Wi-30E

3.2.2. Розробка керуючої програми для на верстаті WI-30E для операції 055

Для написання програм на верстат використовуємо систему автоматизованого проектування Siemens NX11 (рис. 3.3). Дана програма має як окреме робоче місце для програмування обробки, а також може включати систему управління технологічними даними та бібліотеками інструментів. NX

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						75
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

підтримує спільну роботу з програмами конструкторського проектування, утворюючи єдине рішення. Програма має вбудовані засоби візуалізації обробки, редактори постпроцесорів.

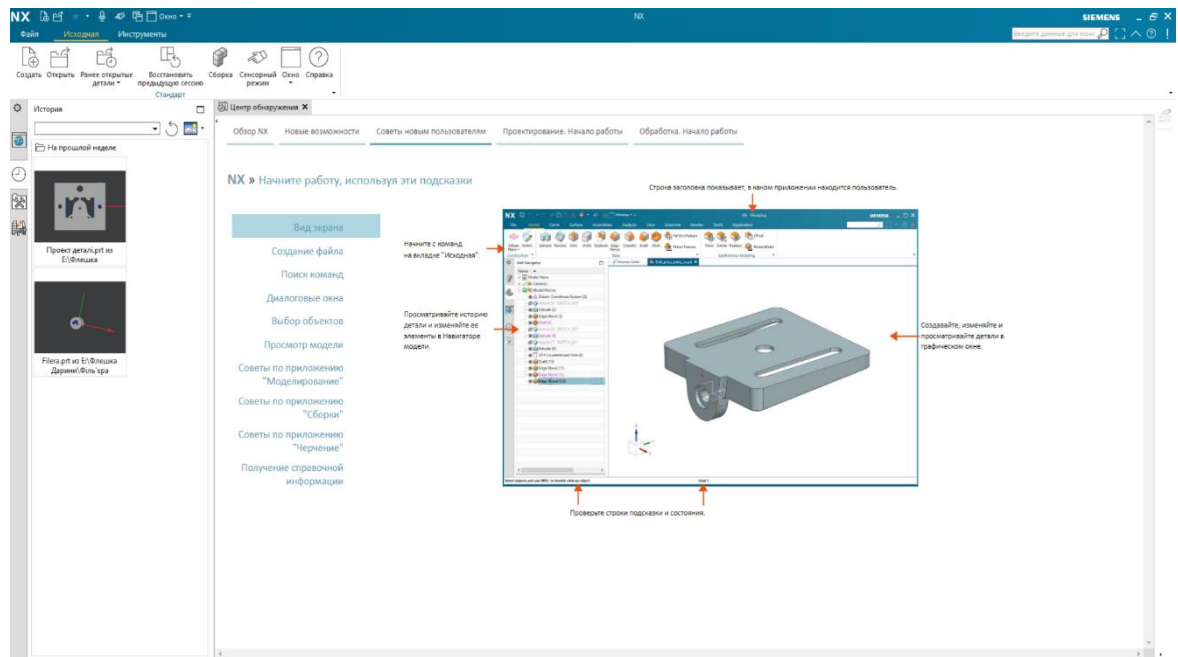


Рис. 3.3. Інтерфейс програми Siemens NX11

Виготовлення виробів зі складною геометрією зовнішніх обводів потребує відповідного програмного забезпечення для розрахунку керуючої програми для верстата з ЧПК. Залежно від складності деталі застосовується токарна обробка, фрезерна обробка на верстатах із трьома-п'ятьма керованими осями, токарно-фрезерна, електроерозійна обробка дротом. Система Siemens NX CAM має всі можливості для формування траєкторій інструменту для відповідних типів обробки.

NX CAM має широкий набір вбудованих засобів автоматизації – від майстрів та шаблонів до можливостей програмування обробки типових конструктивних елементів.

У даній програмі для представленої деталі у роботі було написано 8 програм, тобто на 6 отворів деталі та 2 фігурних вікна (рис. 3.4).

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						76
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

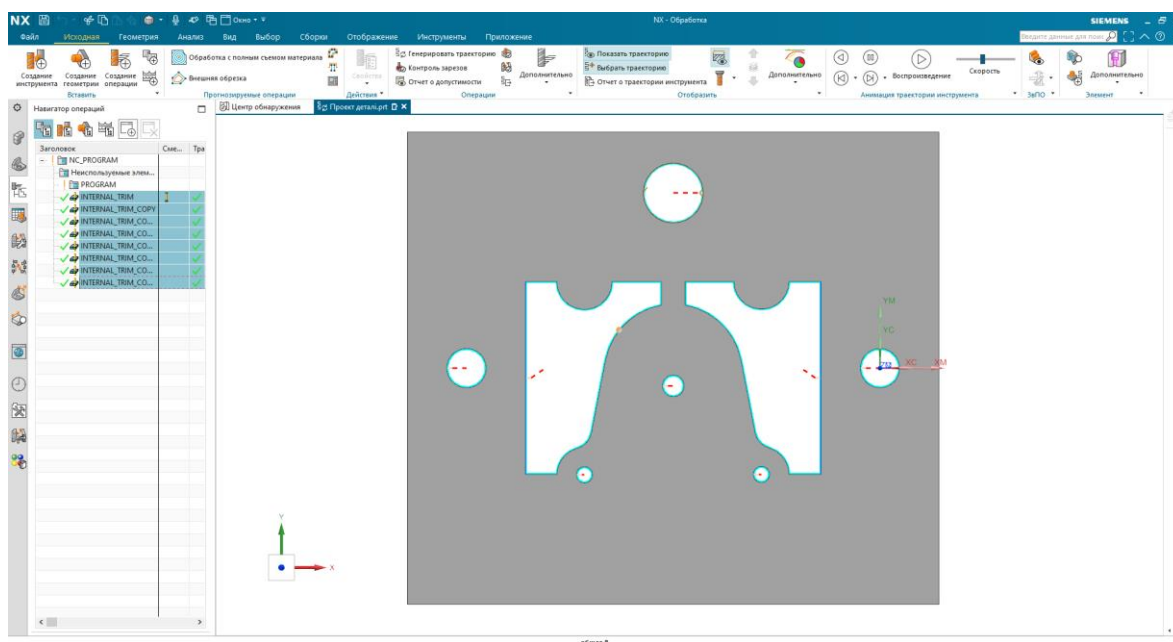


Рис. 3.4. Проект матриці у програмі Siemens NX11

Обрану геометрію, інструмент методи та всі інші параметри, які було вибрано при написанні програми можна побачити на рисунку 3.5.

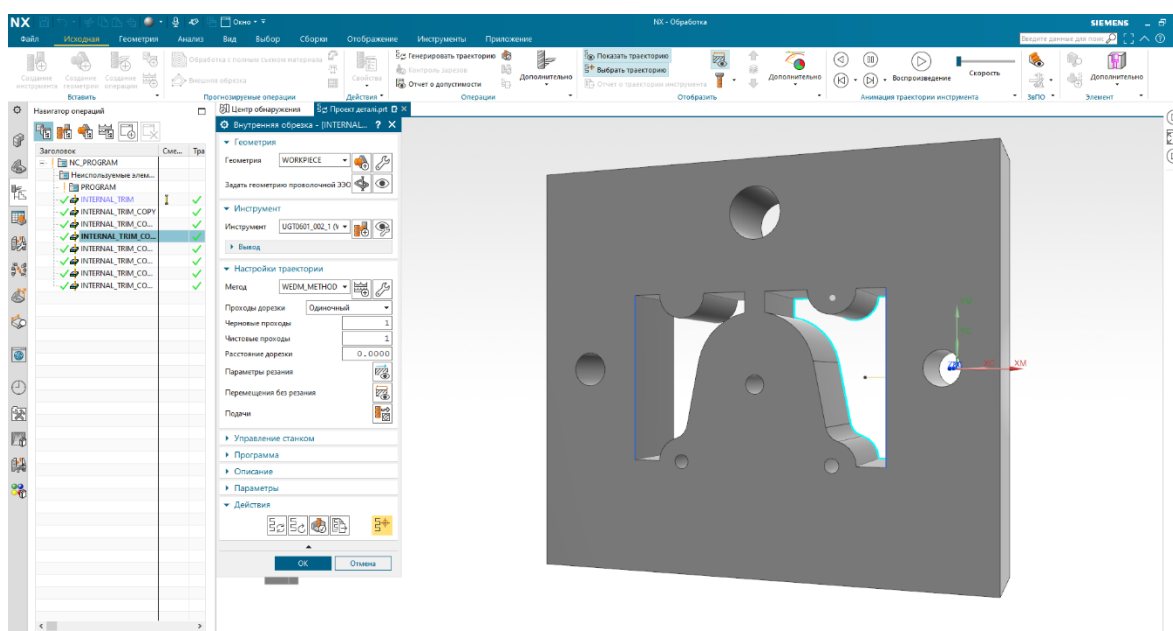


Рис. 3.5. Вибір параметрів та вид інструменту

Програми написані до удосконалення технологічного процесу деталі «Матриця» представлені у додатках.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк. 77
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3.3. Експериментальне дослідження обробки конусних вирізів на електроерозійному верстаті Wi-30E (на прикладі деталі «Фільєра»)

3.3.1. Аналіз та службове призначення деталі «Фільєра»

Фільєра - калібрувальна деталь екструзійних або волочильних машин (рис. 3.6). Дана деталь використовується для виробництва хімічних волокон виготовляється з тугоплавких металів (платини, нержавіючої сталі та ін.) у формі циліндричного ковпачка або диска з тонкими отворами. Через ці отвори продавлюють розплавлену масу і отримують нитки.

Фільєри високопродуктивних ливарних автоматів для масового виробництва свинцевих плombs і цинкових ронделів виготовляють з бронзи (переважно олов'янистої). Вони використовуються при виготовленні порошкового дроту, який виробляють з тонкої сталевий стрічки шляхом згортання її в трубку і протягування через калібрований отвір-фільєри.



Рис. 3.6. Вигляд деталі «Фільєра»

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						78
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Дана деталь містить в собі внутрішній переріз, який і є головним для виконання його призначення.

3.3.2. Загально-технологічна характеристика конусного методу ЕЕО

Обробка цих матеріалів традиційними механічними способами викликає численні технологічні проблеми, а деякі з них взагалі не підлягають механічній обробці. Тому актуальним є застосування електроерозійного способу, який відкрив нові технологічні можливості в галузі струмопровідних матеріалів. Технологія електроерозійної обробки (ЕЕО) розвивається завдяки інтенсивному зростанню випуску магнетронів.

Електроерозійні верстати економічно вигідно застосовувати при обробці деталей складної форми. За допомогою ЕЕО можна отримати поверхні, які принципово неможливо виготовити іншими методами.

Не дивлячись на широке застосування електроерозійної обробки даний процес потребує подальших ґрунтовних досліджень.

Актуальною проблемою під час ЕЕО є обробка малогабаритних деталей криволінійного профілю. Оскільки електрод-інструмент має невеликий діаметр (порядку 0,25 мм), він знаходиться під високими навантаження під час процесу різання.

Спосіб обробки конусного розрізу відрізняється від способу обробки вертикального. Незважаючи на те, що товщина заготовки незмінна, умови обробки та налаштування верстата відрізняються. Під час різання конуса верхня і нижня напрямні дроту не знаходяться на одній вертикальній лінії (рис. 3.7), це зменшує тиск води на заготовку. Дріт має набагато більший натяг. В результаті це призводить до ускладнення видалення шламу та легкого розриву дроту.

Коли кут конуса збільшується, розрив ріжучого дроту під час виконання роботи трапляється частіше. Збільшення змивного стакану також зменшує тиск води на заготовку. Відмінність технологічних налаштувань електроерозійного

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						79
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

верстату мод. WI-30E для конічного різання порівняно із вертикальним різанням наведено в таблиці 1.

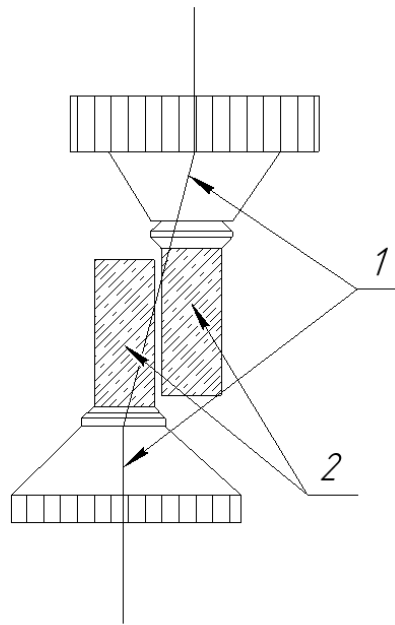


Рис. 3.7. Приклад протягу дроту через верхню і нижню машини.

1-дріт; 2-верхня та нижня головки

Коли кут конуса збільшується, розрив ріжучого дроту, під час виконання роботи, трапляється частіше. Збільшення змивного стакану також зменшить тиск води на заготовку.

Технічні показники верстату для конічного різання наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Технічні показники верстату для конічного різання

Час ввімкнення	Час вимкнення	Час на ввімкнення дуги	Час на вимкнення дуги	Напруга сервоприводу	Напруга дроту	Швидкість подачі дроту	Тиск води
-2~-3	+3~+4	-2~-3	+3~+4	+5~+7	-1~-3	Без змін	Без змін

Для великого кута конусність торкається краю головки (кут дорівнює 15°).

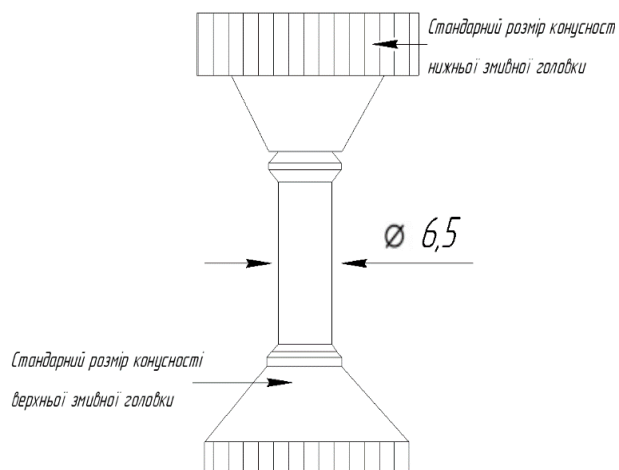


Рис. 3.8. Стандартний вибір верхньої та нижньої змивної головки (Конус менше 15°)

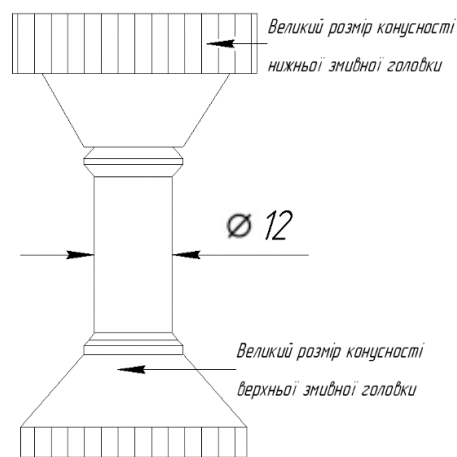


Рис. 3.9. Вибір верхньої та нижньої змивної головки (Конус більше 15°)

Незважаючи на те, що кут конусності (15°) призначено в програмі, кут буде більше 15° в області кутового зрізу.

Якщо говорити про максимальний кут то дослід показує, що чим товстіше заготовка, тим менший кут конусності можна обробляти. У таблиці 3.4 наведено максимальний кут на основі зазору 0,2 мм між головкою та заготовкою. Якщо зазор збільшується, робочий кут зменшується.

У таблиці 3.4 наведено співвідношення між товщиною заготовки та оброблюваним кутом конусності.

Таблиця 3.4

Співвідношення між товщиною заготовки та оброблюваним кутом конусності

Товщина заготовки	Кут конусності	Товщина заготовки	Кут конусності
80 мм і	±30°	200 мм	±14°
100 мм	±25°	250 мм	±12°
120 мм	±20°	300 мм	±10°
150 мм	±18°		

3.3.3. Методика проведення експериментального дослідження

З метою перевірки можливості створення конусних вирізів було проведено дослідження на верстаті Wi-30E (Тайвань).

Для початку дослідження в першу чергу було налаштовано верстат на дану обробку (технічні значення, вибір пристосування для закріплення) та створено 3D деталь (рис. 3.7). Після цього було написано програму, на базі якої було проведено даний експеримент (рис. 3.8).

Для кращого розуміння внутрішніх вирізів зробимо розріз (рис. 3.9).

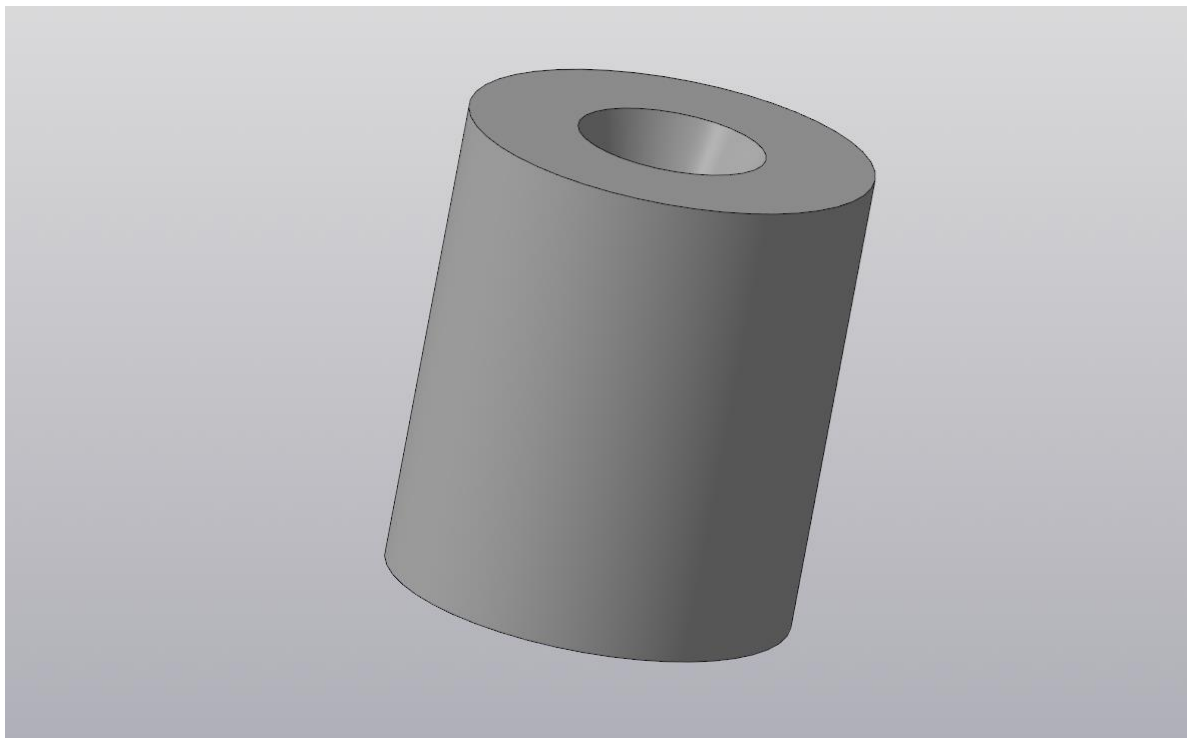


Рис. 3.10. 3D модель деталі для дослідження

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						82
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

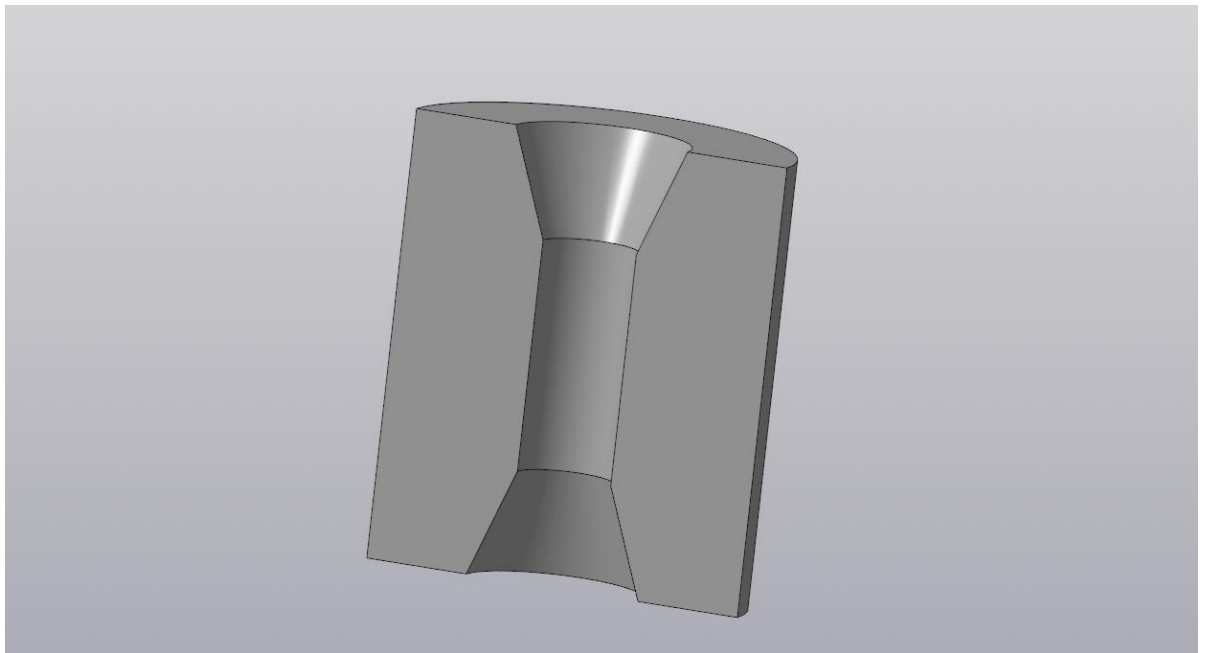


Рис. 3.11. Внутрішній розріз деталі

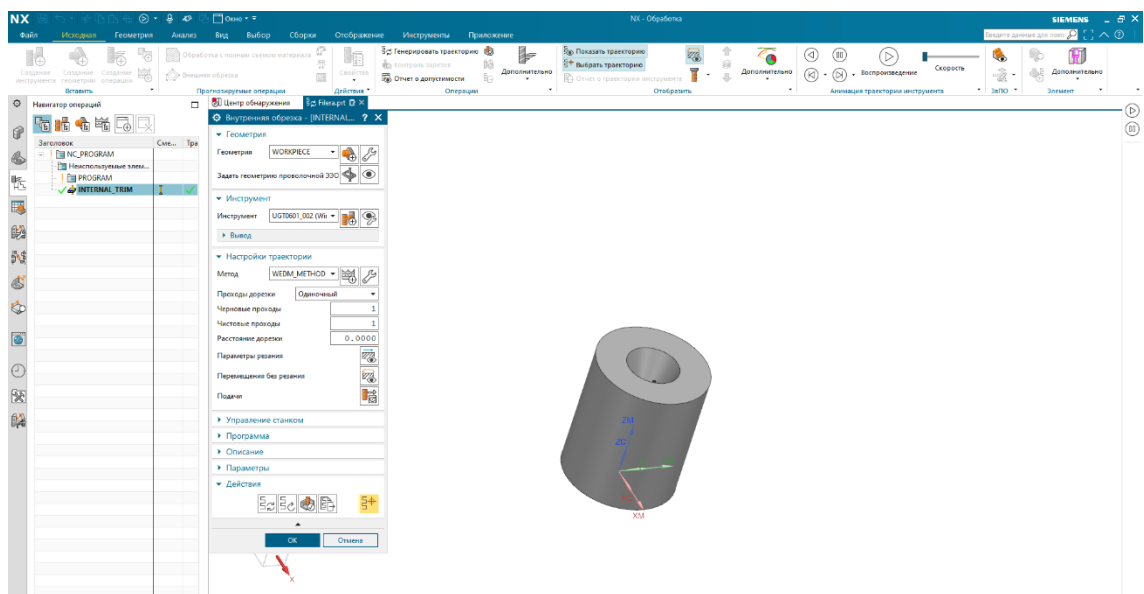


Рис. 3.12. Вибір параметрів та вигляд інструменту

На початку роботи було взято циліндричну заготовку з підготовленим отвором, для можливості просування дроту, встановлено та зафіксовано її за допомогою закріплювачів. Далі пультом керування або на робочому екрані встановлено систему початку координат на 0, для правильного відображення параметрів в подальшій роботі. Наступний крок налаштування та перевірка правильності розташування та ходу дроту через її центральний отвір, таким

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						83
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

чином, щоб дріт проходив через верхню та нижню машину. Після механічних кроків дослідження за центральною робочою машиною, слідувало введення в програмне керування значень, які було використано в експерименті.

В ході роботи було виявлено один суттєвий недолік даної обробки - велика конусність деталі, через яку утворився сильний натяг дроту, що в результаті призводило до його розірвання. Не дивлячись на ці недоліки дослідження було проведено вдало.

Цілями проведення даного дослідження є:

- перевірка можливості електроерозійного верстату для створення даної деталі;
- можливість використання експерименту на машинобудівних підприємствах при виготовленні деталей штампів та пресформ;
- перевірка можливості роботи дроту при вирізанні під кутом;
- складність виконання обробки на звичайному універсальному верстаті;
- можливість скоротити час на подальшу обробку деталей з конусністю.

Основним недоліком проведення експерименту був великий час на налаштування розірваного дроту. Розірвання дроту є звичайною справою у ЕЕО, але це відбувається частіше на чорновій обробці ніж на чистовій, так і було в даному дослідженні.

Метою проведення дослідження було визначення можливості обробки вирізів під кутом на електроерозійному обладнанні. В ході роботи експерименту було отримано позитивний результат роботи. За рахунок введення ЕЕО підвищилася ефективність обробки та удвічі зменшився основний час обробки.

У подальшій роботі з іншими деталями конусне вирізання можна використовувати та виконувати електроерозійною обробкою. Потрібність даного експерименту для штампування полягає в тому, що деталі основи штампу також мають невеликий кут. Це потрібно, щоб під час штампування зайві деталі

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						84
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

мали змогу випадати і не заважали подальшій роботі тому, що це може створити поломку та збільшення браку матеріалу.

Якщо розглядати креслення деталі «Матриця», яке досліджується в роботі, то видно, що в основі деталь містить також невеликі кути.

Отже, ми можемо зробити висновок, що завдяки проведеному дослідженню кути при обробці деталі можна досягти шляхом ЕЕО.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						85
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ВИСНОВКИ:

У технологічному розділі було проведено аналіз службового призначення деталі «Матриця», визначено хімічний склад та механічні властивості матеріалу, досліджено існуючі варіанти технологічного процесу, розроблено технологічний маршрут виготовлення деталі, обґрунтовано вибір обладнання, розраховано режими різання та виконано технологічне нормування процесу.

У конструкторській частині було проведено дослідження напруженого стану матриці та пуансона у програмі SolidWorks за допомогою модулю Simulation. В результаті дослідження встановлено, що при діючих навантаженнях не досягаються критичні значення допустимих навантажень. Також в ході роботи було представлено збірку штампу, де використовується обрана деталь.

У спеціальній частині роботи було проведено аналіз електроерозійної обробки на електроерозійному струменевому верстаті Wi-30E. Наведено приклади його роботи, а також основні характеристики верстата. На основі електроерозійної обробки було удосконалено технологічний процес виготовлення деталі «Матриця», розроблено керуючі програми для вирізання фігурних вікон та отворів, що підвищило ефективність технологічного процесу. Було описано експериментальне дослідження можливості отримання конусних вирізів шляхом застосування ЕЕО.

На цьому можна вважати цілі та завдання роботи досягнутими та виконаними.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						86
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Яновський В. А., Полонський Л. Г., Мельничук П. П., Ковальов В. В. Дипломне проектування з спеціальності «Технологія машинобудування» – Житомир: ЖІТІ, 2001;
2. Дипломное проектирование по технологии машиностроения / Под ред. В.В.Бабука - Минск, Высшая шк. 1979.
3. В. П. Романовский. Справочник по холодной штамповке. – 6 изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1979.
4. Справочник технолога-машиностроителя, т.1. под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.
5. Допуски й посадки: Справочник. 4.2 / Под ред. В.Д.Мягкова. – Машиностроение, 19825. Мещерякова - 4-е изд. перераб. й доп.- М: машиностроение, 1985.
6. Проектирование штампов листовой штамповки [Электронный ресурс] URL: <https://proizvodim.com/proektirovanie-shtampov-listovoj-shtampovkiporyadok-proektirovaniya-shtampov.html>
7. Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ: Навчальний посібник / під ред. Кириловича – Житомир: ЖІТІ, 2001.
8. Яновський В. А., Сніцар В. Г.. Технологічна оснастка. Практичні заняття. Навчально-методичний посібник. – Житомир: ЖДТУ, 2005.
9. Производственная компания кабеленесущие системы [Электронный ресурс] URL: <https://pkks.ru/nesushchie-konstruktsii/item/pryamougolnaya-skobadlya-profilya-st41h41-sst-631>.
10. Л.И. Рудман. Справочник конструктора штампов/ Под общ. ред. Л.И. Рудман. – М.: Машиностроение, 1988. 496 с.
11. Е. И. Семенов, Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т./Ред. совет: К56. Е.И. Семенов (пред.) и др.- М.: Машиностроение, 1985 – Т.1.
12. Матрица и пуансон [Электронный ресурс]

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						87
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

URL:<https://promexcute.ru/matricza-i-puanson>

13. Штампы для листовой штамповки. Блоки с направляющими скольжения/ Под ред. В.Н. Шалаев – М.: Москва.

14. Лазерная прошивка отверстий [Электронный ресурс] // Лазер форум – лазерное оборудование и технологии: URL: <http://laserform.ru/technologies/lacetrim.html>.

15. Характеристика сталі 10. [Электронный ресурс] URL:<https://metinvestholding.com/ua/products/steel-grades/10>

16. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: П. А. Руденко. ; учебное пособие: В. школа 1991.

17. П.Гуляев А. П. Металоведення. М., "Металургія", 1977.

18. Збірник задач і вправ з технології машинобудування: Навчальний посібник /

19. Під ред. В. І. Аверченкова та П. П. Мельничука. – Житомир: ЖІТІ, 2001.

20. Егоров М. Е. и др. Технология машиностроения. Учебник для втузов. Изд. 2-е, доп. М. «Высш. школа», 1976.

21. Металорежущие станки. Учеб. Пособие для втузов Н. С. Колев – 2-е издание – М: Машиностроение, 1980.

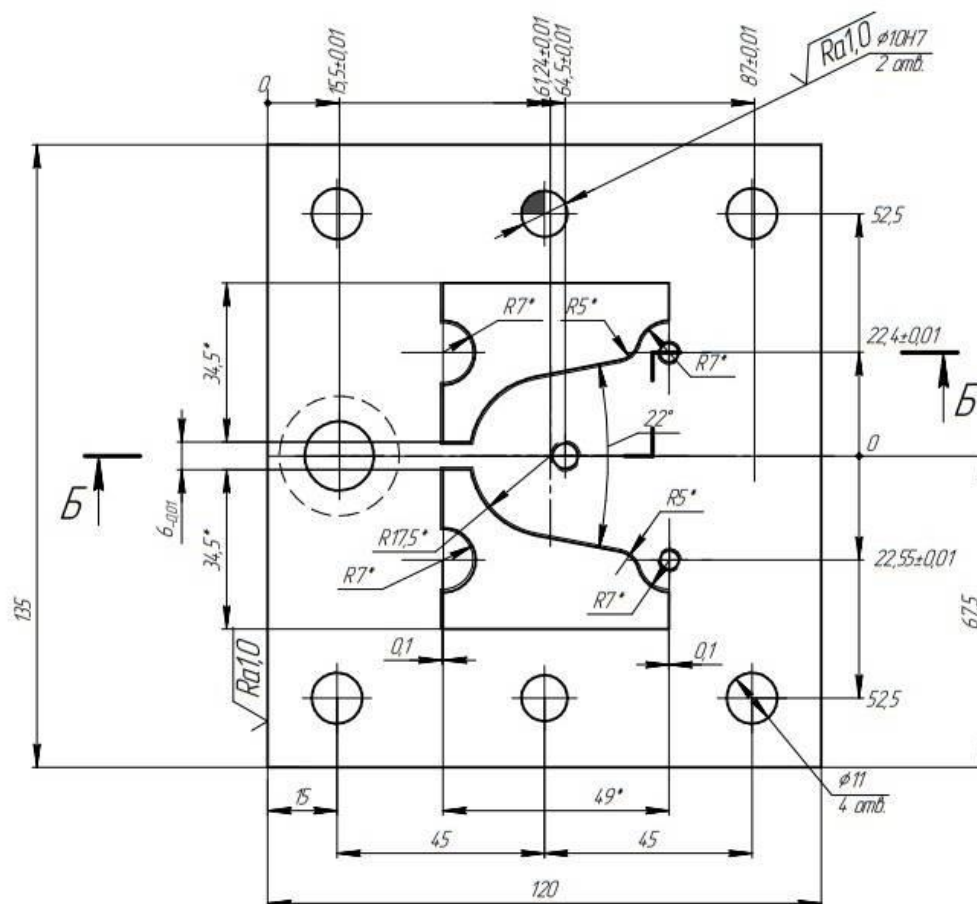
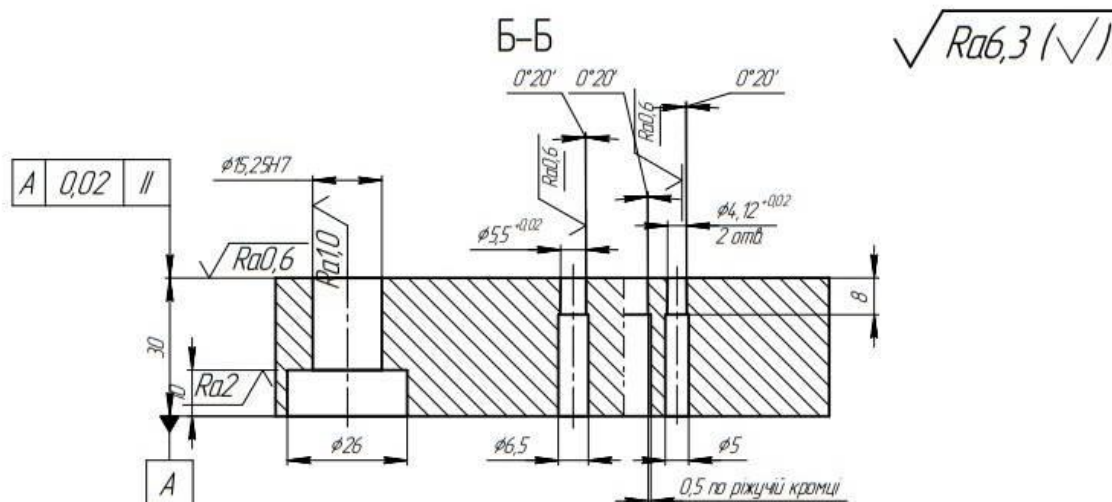
22. Инструмент для станков с ЧПУ, многоцелевых станков и ГПС/ И. Фадюшин, Я. А. Музыкант, – М: машиностроение, 1990.

23. Робочі процеси технологій у машинобудуванні: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / А. І. Грабченко, Г. М. Виговський. – Житомир: ЖДТУ, 2003

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						88
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ДОДАТКИ

					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 00-ПЗ	Арк.
						89
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



155.60HRC3

2 * Пригнати по пунсону з зазором 0,03-0,05 мм по ріжучій кромці

3 H14; h14; $\pm 1T14/2$

4 Шорсткість забезпечити в зібраному виді

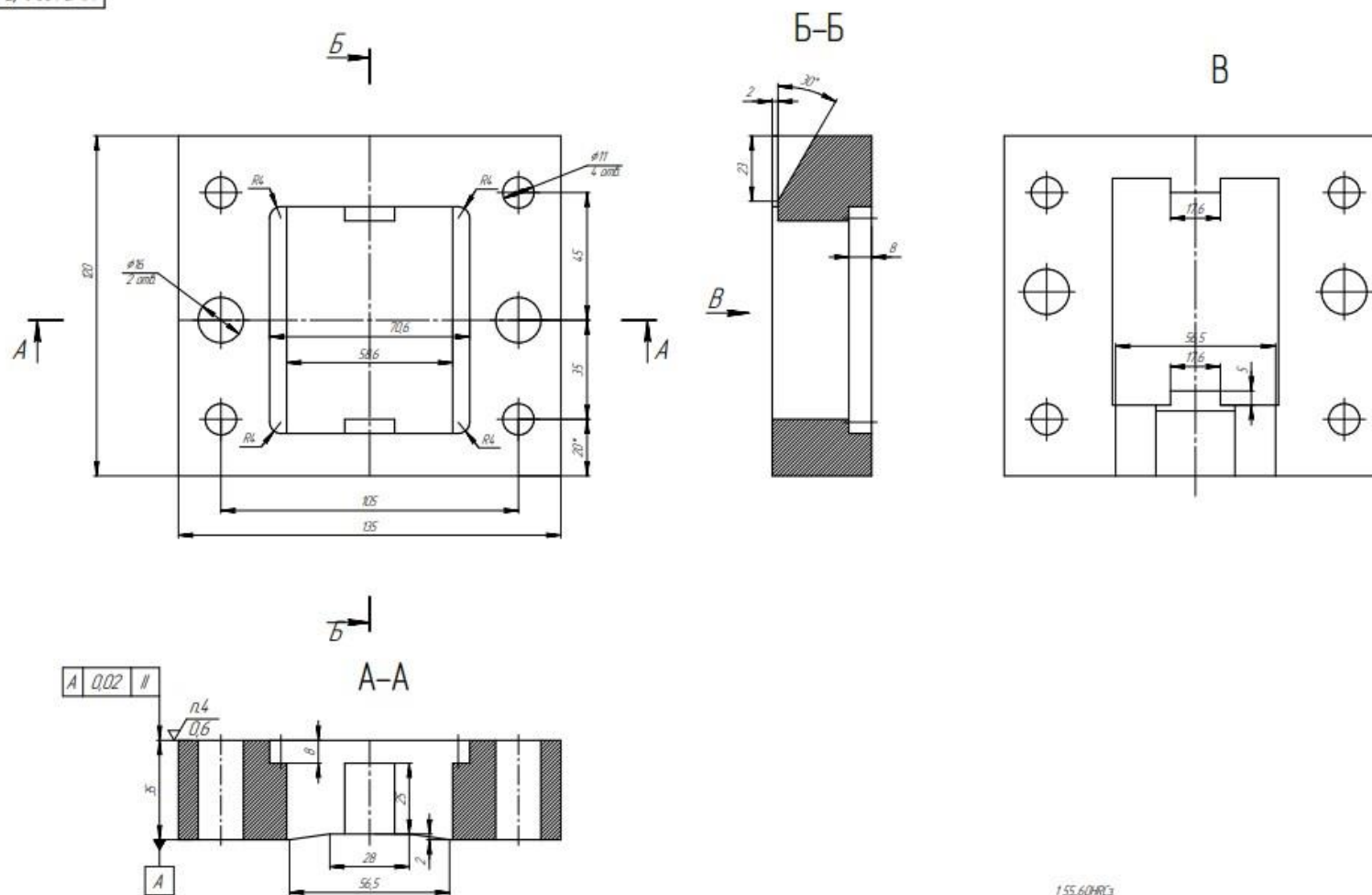
						МІ 131.00.2/Б 90/Є 001 01-КД			
Ім'я/Іст	№ докум	Підп	Дата	Матриця		Лист	Маса	Масштаб	
Розроб	Бондар Д.С							3,14	1:1
Проб	Балицька НО								
Г.кантр.						Лист	Масштаб	1	
Н.кантр.				Сталь Х12 ГОСТ 5950-2000		Житомирська політехніка			
Читб						ПМ-139			

Капулов

Формат А3

М 13100.2/Б 90/с 001 02

√6,3(√)



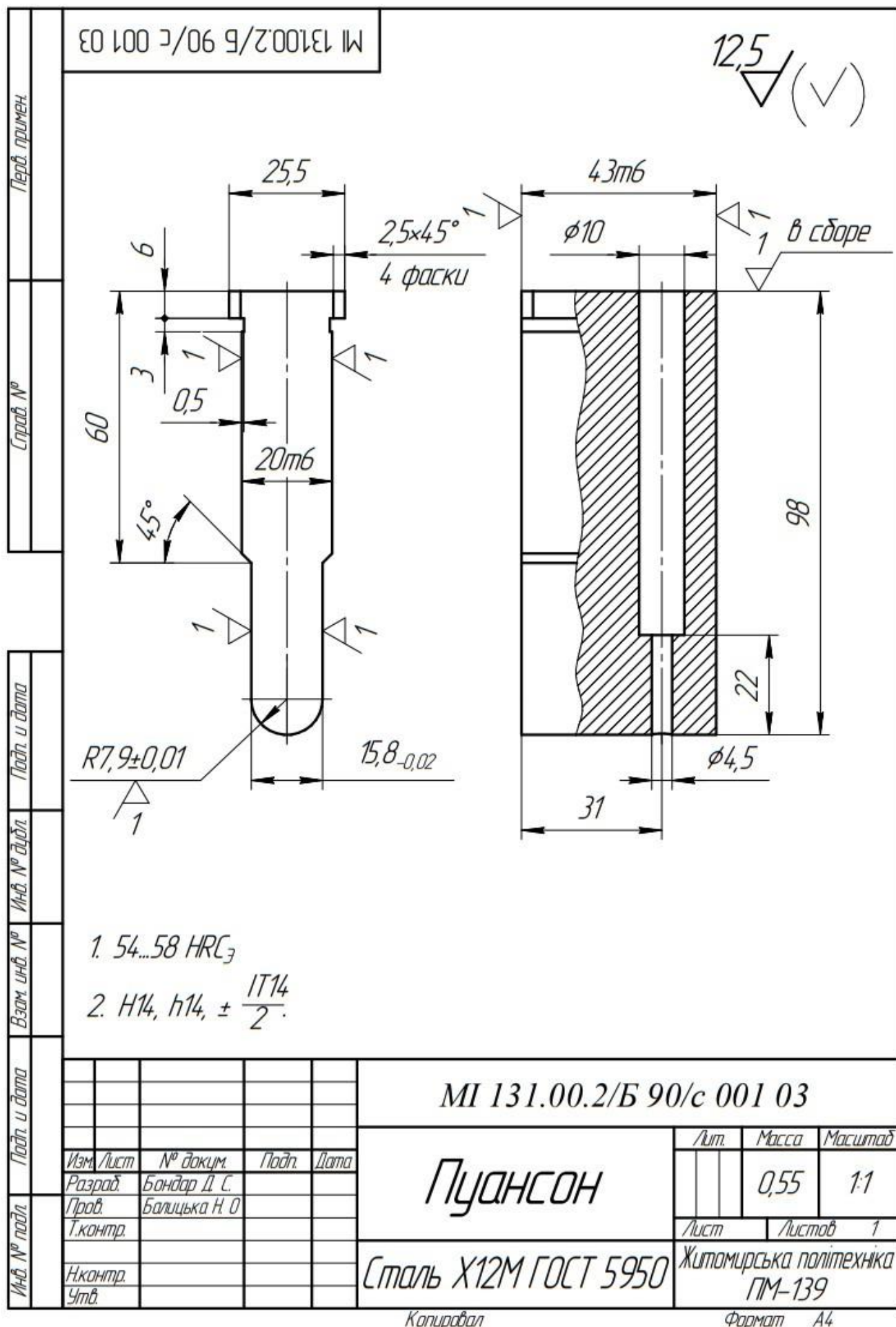
- 1 SS.60HRC
- 2 * Размер для выбора
- 3 H4, H4, ±IT4/2
- 4 Шерошность обозначены в зигзагообразном виде

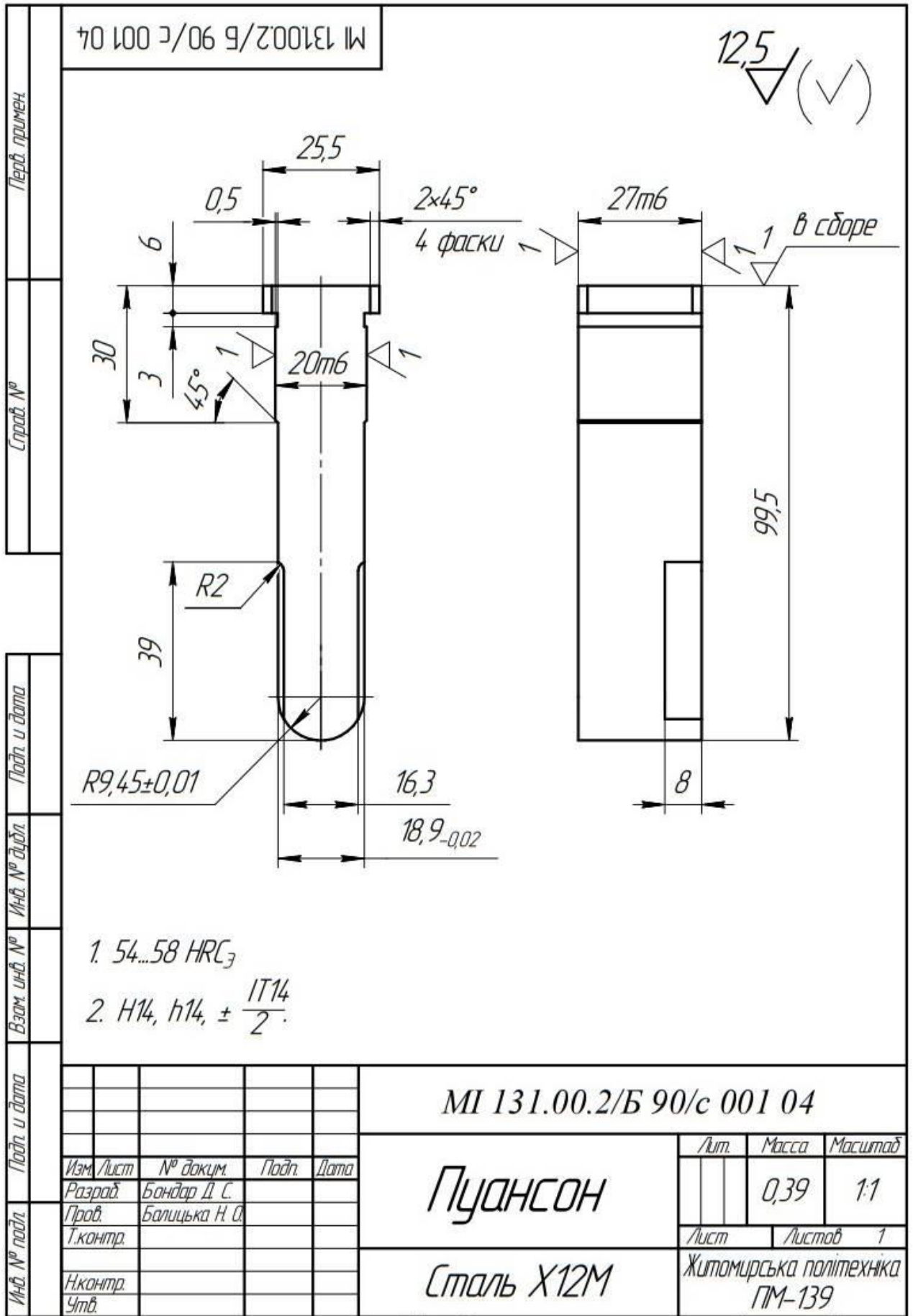
М 13100.2/Б 90/с 001 02			
Матрица			
Сталь Х12 ГОСТ 5950-2000			
Житомирська політехніка ПМ-БЗ			
Калікубат			
Формат А2			

Лист	Масса	Масштаб
11	2,86	11

Лист	Листов	Т
11	11	1

Лист 11 из 11



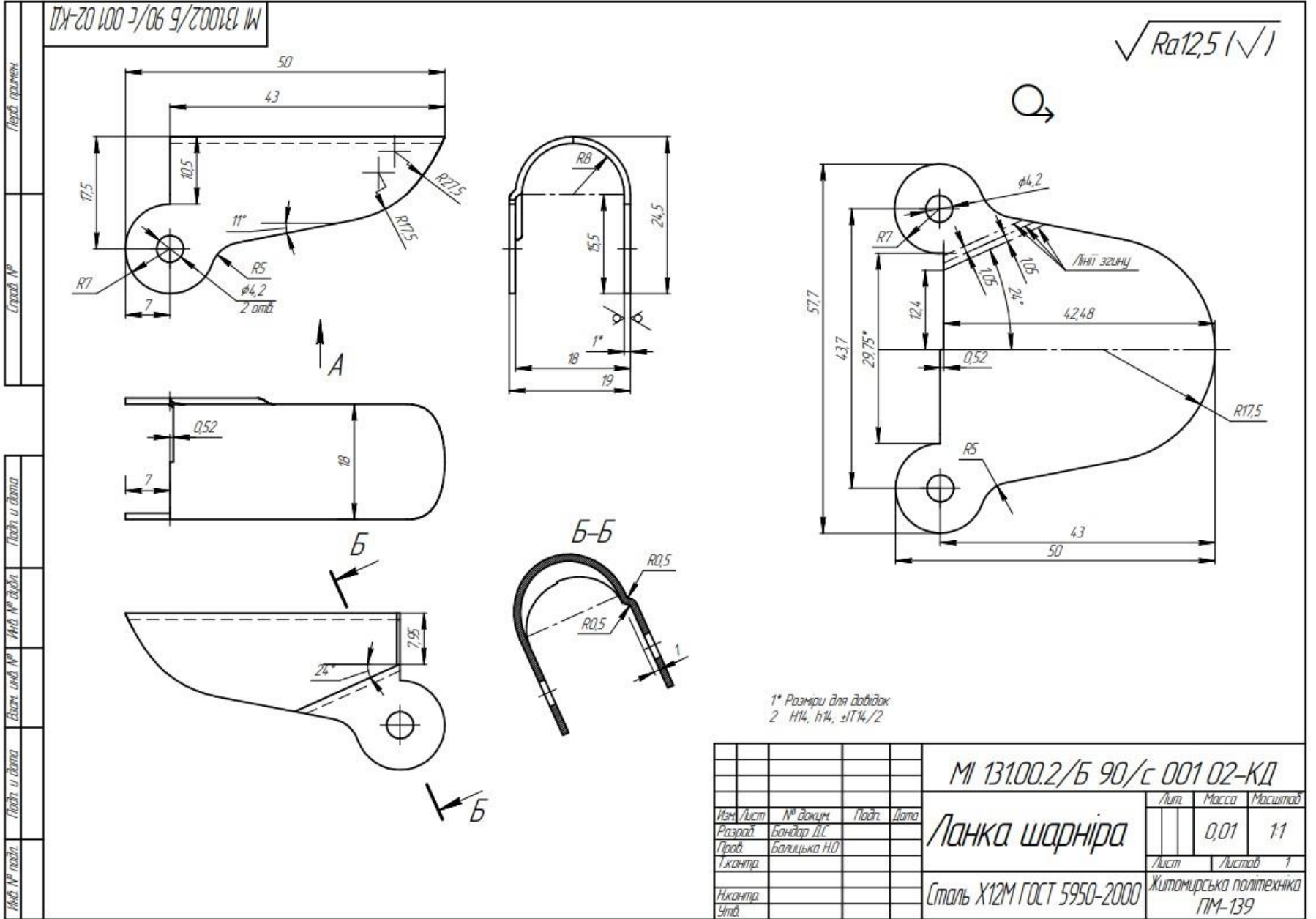


Перв. примен.		MI 131.00.2/Б 90/с 001 06		√ 6,3 (√ 1)																															
Спроб. №																																			
Подп. и дата		155..60HRCз																																	
Инв. № дцл		2 h14, ±IT14/2																																	
Взам. инв. №		MI 131.00.2/Б 90/с 001 06																																	
Подп. и дата		<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подп.</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td>Разраб.</td> <td></td> <td>Бондар ДС</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Проб.</td> <td></td> <td>Балицька Н.О</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Т.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разраб.		Бондар ДС			Проб.		Балицька Н.О			Т.контр.					Н.контр.					Утв.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата																															
Разраб.		Бондар ДС																																	
Проб.		Балицька Н.О																																	
Т.контр.																																			
Н.контр.																																			
Утв.																																			
Инв. № подл.		Пуансон чеканочний		<table border="1"> <tr> <td>Лист</td> <td>Масса</td> <td>Масштаб</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,09</td> <td>1:1</td> </tr> </table>		Лист	Масса	Масштаб		0,09	1:1																								
Лист	Масса	Масштаб																																	
	0,09	1:1																																	
		Сталь Х12 ГОСТ 5950-2000		<table border="1"> <tr> <td>Лист</td> <td>Листов</td> <td>1</td> </tr> </table>		Лист	Листов	1																											
Лист	Листов	1																																	
				Житомирська політехніка ПМ-139																															

Копіювати

Формат А4

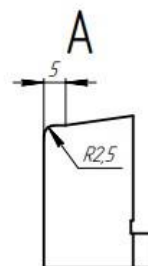
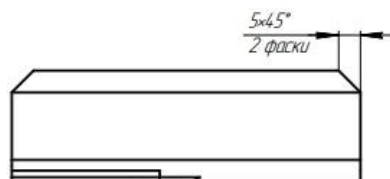
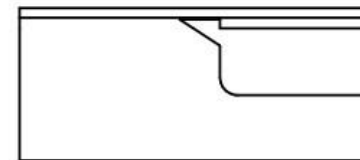
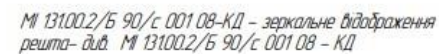
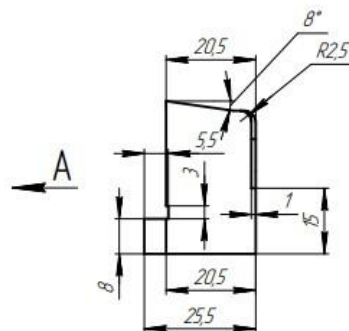
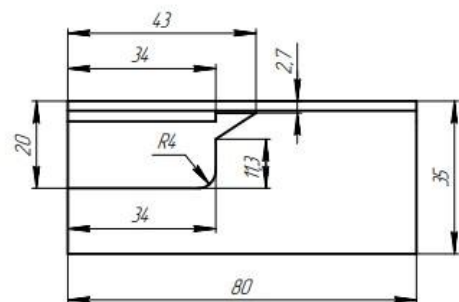
						МІ 131.00.2/Б 90/с 001 06					
						Луансон			Лист	Масса	Масштаб
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата						0,68	1:1	
Разработ.	Бондар ДС										
Пров.	Балицька НО										
Констр.								Лист	Листов	1	
						Сталь Х12М ГОСТ 5950-2000			Житомирська політехніка ПМ-139		
Нконтр.											
Утв.						Копировав		Формат А3			



					МІ 13100.2/Б 90/с 001 02-КД				
Изм/Лист	№ докум	Подп	Дата	Ланка шарніра		Лист	Маска	Масштаб	
Розроб	Бондар ДС							0,01	1:1
Проб	Балицька НО								
І.контр.									
І.контр.									
Чит				Сталь Х12М ГОСТ 5950-2000		Житомирська політехніка			
						ПМ-139			

MI 131002/5 90/c 001 08-K11

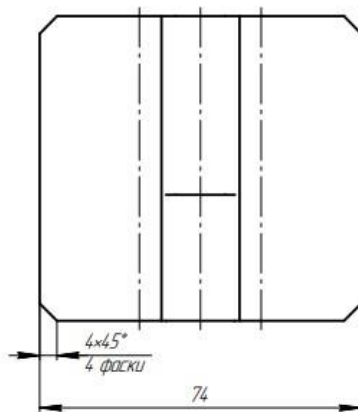
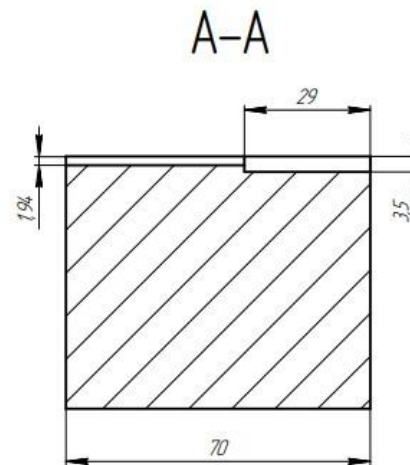
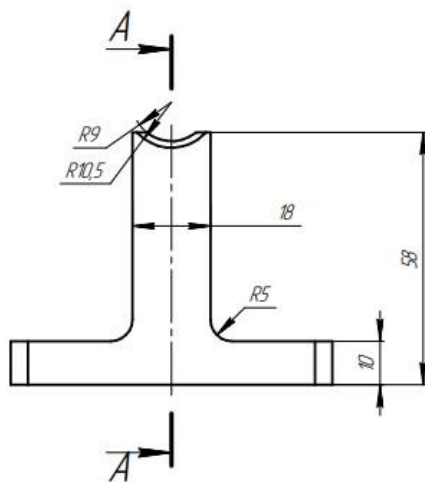
№ 13100.2/Б 90/с 001 08-КД- забрачено

$$\sqrt{Ra_{3,2}(\sqrt{I})}$$


1* Розміри для довідок
2 H14; h14; $\pm IT14/2$

						МІ 131.00.2/Б 90/с 001 08-КД				
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вставка			Лист	Масса	Масштаб	
Разраб.	Бандар ДС								0,46	1:1
Проб.	Балицька НО									
Техн.пр.										
Нконтр.				Сталь Х12М ГОСТ 5950-2000			Лист			
Умб.							Лист			
							Житомирська політехніка			
							ПМ-139			

Wm. A. No. 1000

 $\sqrt{Ra_{3,2}(\sqrt{I})}$ 

1* Розміри для довідок
2 H14; h14; $\pm IT14/2$

						МІ 131.00.2/Б 90/с 001 10 - КД			
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Виштовхувач		Лист	Масса	Масштаб	
Разраб.	Бандар ДС							0,87	1:1
Проб.	Балицька НО					Лист	Листов 1		
Технпр.									
Нконтр.				Сталь Х12М ГОСТ 5950-2000		Житомирська політехніка			
Зміа						ПМ-139			

Копиробан

Формат А3

М 13100.2/Б 90/с 000 00 - СК

Лист 1/1

Стор. №

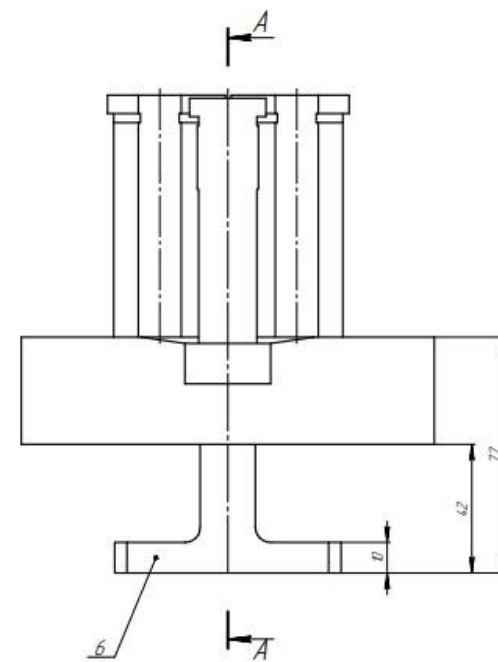
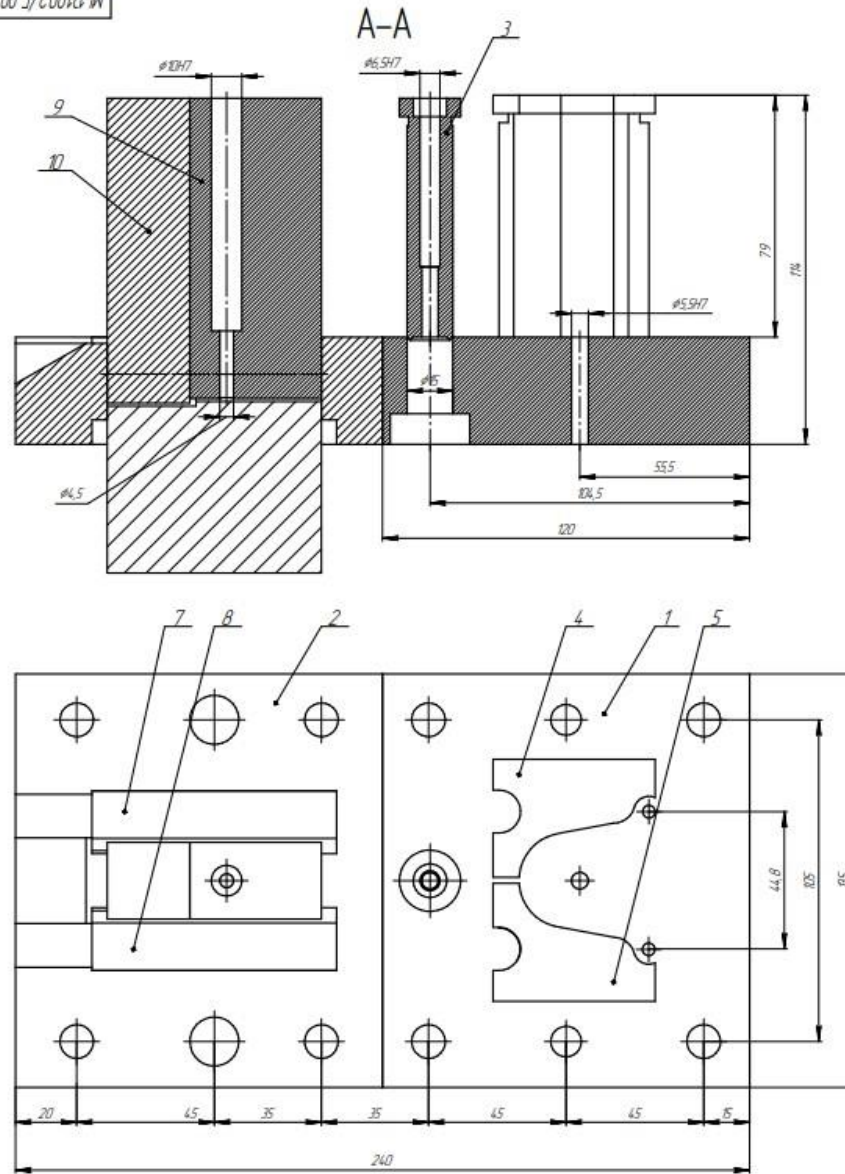
Лист 1/1

Лист 1/1

Лист 1/1

Лист 1/1

Лист 1/1



1 Размеры для справок
2 H14, h14, sIT14/2

				МІ 13100.2/Б 90/с 000 00 - СК			
				Штамп			
				Складальне креслення			
Мен.Лист		№ докум.		Лист		Лист	
Разработ		Бондар Д.С.				10,5	
Проект		Бондар Д.С.				11	
1. Конструктор							
Надзор							
Удобр							
				Житомирська політехніка			
				ПМ-139			
				Формат А2			
				Копирован			

HA-901007/06 9/2/2013 M

операція - об'єкт лазерної різки (заготівельний лист)
 Оснащення - Стіл верстата
 Інструмент - Сопла для лазерної різки

Сопла лазерної різки

Заготівка

Заготівельний лист

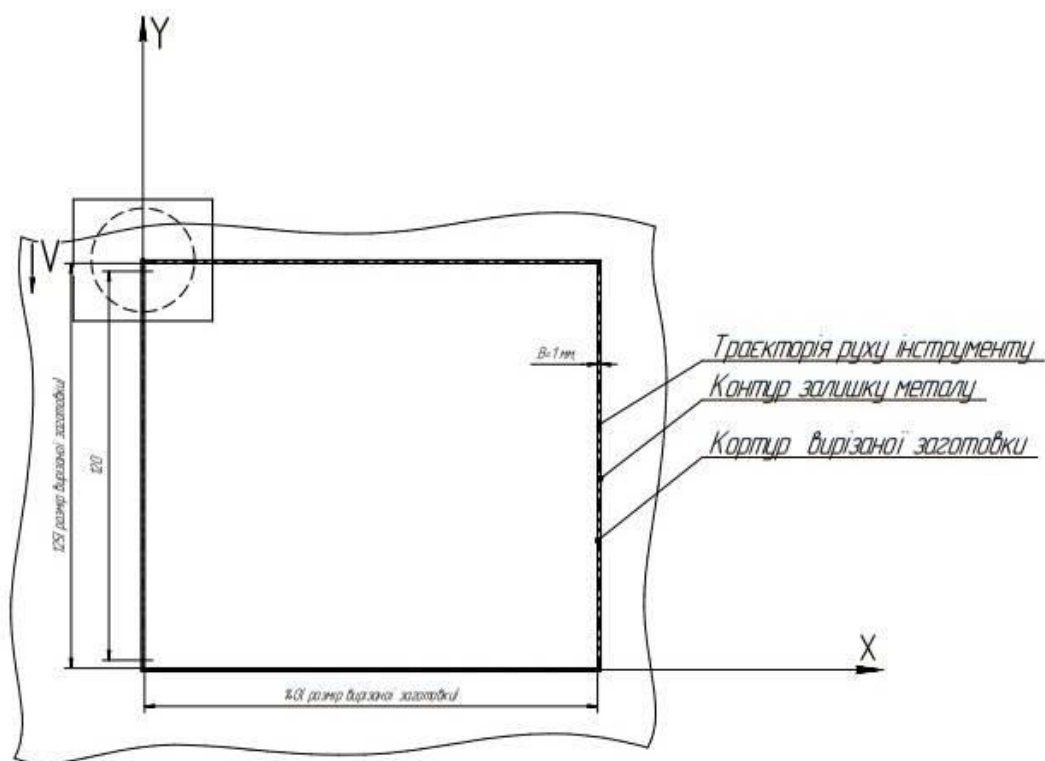
Стіл установки лазерного різання

0,6

30

Z

X

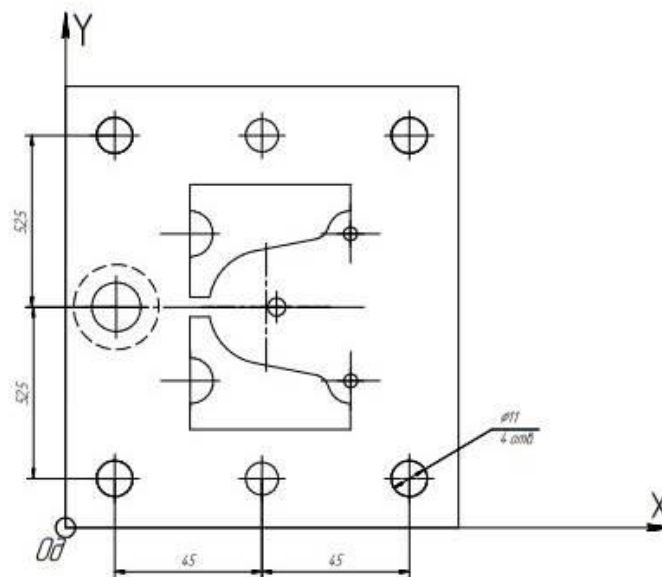


Зміст операції	$V, \text{м/хв}$	$t, \text{мм}$	$B, \text{мм}$	$T_{\text{ох}}$	$T_{\text{опх}}$
Вирізати деталь по контуру - Ø розмір 125х40	0,5	30	0,5	1044	2,37%

				МІ 131.00.2/Б 90/с 001 06-КН		
				Карта налагодження операція 005		
№м/догов		№ докум		Лист	Масш	Масштаб
Розроб		Бондарюк С.		4		1:1
Голов		Бондарюк Н. В.				
Листов						
Начальник				Житомирська політехніка		
Голов				ІРМ-139		

Keywords

42020 A2

[illegible]

Зміст опрацювання	$V, \text{м/хб}$	$n, \text{хб}^{-2}$	t	$S, \text{мм/ад}$	$T, \text{хб}$	$T, \text{хб}$
1 Обработка 1-й обработки № 18	15,0792	600	4	0,12	1,833	4,007
2 Обработка 2-й обработки № 18	15,0792	600	4	0,12		
3 Обработка 3-й обработки № 18	15,0792	600	4	0,12		
4 Обработка 4-й обработки № 18	15,0792	600	4	0,12		
5 Обработка 1-й обработки № 18	34,5565	1000	15	0,18	0,756	
6 Обработка 2-й обработки № 18	34,5565	1000	15	0,18		
7 Обработка 3-й обработки № 18	34,5565	1000	15	0,18		
8 Обработка 4-й обработки № 18	34,5565	1000	15	0,18		

[illegible]

Navigation

187-159
Формато А2

Дубл.									
Зам.									
Підп.					Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
									н

Міністерство освіти і науки України

Державний університет «Житомирська політехніка»

КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Розробив: _____

Бондар Д. С.

Перевірів: _____

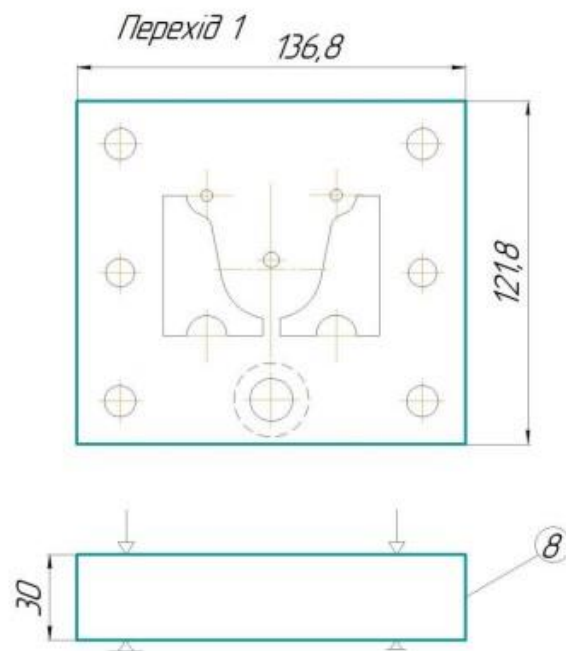
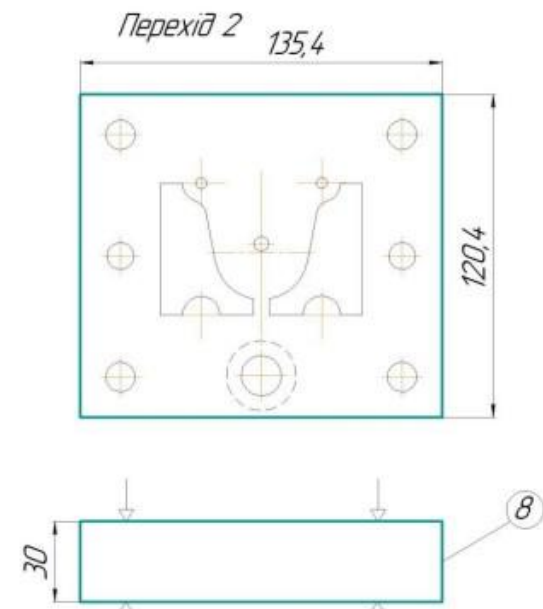
Балицька Н. О.

м. Житомир - 2022 рік

ТЛ	
----	--

ГОСТ 3.1105-84 Форма 7

Дубл.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									</
-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

 $\sqrt{6,3(\sqrt{I})}$  $\sqrt{3,2(\sqrt{I})}$ 

KE

Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
Разроб.	Бондар Д.С			Житомирська політехніка		MI 131.00.2/Б 90/с 001 05-ОТ													
Провер.	Балицька Н.О																		
Т. контр.																			
Н. контр.																			
Утв.																		030	
Найменування операції				Матеріал				Твердість		ЕВ	МД	Профіль і розміри				МЗ	КОИД		
015 Фрезерна				Сталь Х12М ГОСТ 5950-2000				56-60 HRC		мм/ кг	3,1	135x120				4,12	1		
Обладнання				Позначення програми				То	Тв	Тп.з.	Тшт.	СОЖ							
Верстат консольно-фрезерний вертикальний ВМ127М								4,406	0,346	12	4,726	Емульсія							
Р					ПИ	Д или В		L		t	i	S	n	V					
01																			
02	1 Установити і закріпити заготовку																		
03	Пристрій фрезерний					30		530		-	-	-	-	-					
04																			
05	2 Фрезерувати деталь по контуру витримавши					30		530		1,6	1	0,2	1200	188,49					
06	розміри 121,8 x 136,8																		
07																			
08	3 Фрезерувати деталь по контуру витримавши					30		520		0,7	1	0,2	1200	188,49					
09	розміри 120,2 x 135,2																		
10																			
11	4 Відкріпити деталь та зняти з пристосування					30		510		-	-	-	-	-					
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
ОК		Обробка деталей на металоріжучих верстатах														1			

ГОСТ 3.1404-86 Форма 1

Дубл.												
Взам.												
Подл.												
Розроб.	Бондар Д.С			Житомирська політехніка	MI 131.00.2/Б 90/с 001 05-ОТ				035			
Перевір.	Балицька Н.О											
Т. контр.												
Н. контр.												
Утв.												
Найменування операції				Матеріал		Твердість	ЕВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	КОИД
035 Свердлильна				Сталь Х12 ГОСТ 5950-2000		56-60 HRC	мм/ кг	3,1	135x120		4,12	1
Обладнання				Позначення програми		То	Тв	Тп.з.	Тшт.	СОЖ		
Верстат координатно-розточний 2Д450						27,776	0,538	17	4,41	Емульсія		
Р				ПИ	Д або В	L	t	i	S	n	V	
01												
02	1 Установити і закріпити заготовку											
03	Пристрій свердлильний				30	510	-	-	-	-	-	
04												
05	2 Перемістити свердло в перше положення та				8	30	4	1	0,12	600	15,0792	
06	свердлити отвір Ø8 мм.											
07												
08	3 Перемістити свердло в друге положення та				8	30	4	1	0,12	600	15,0792	
09	свердлити отвір Ø8 мм.											
10												
11	4 Перемістити свердло в третє положення та				8	30	4	1	0,12	600	15,0792	
12	свердлити отвір Ø8 мм.											
13												
14	5 Перемістити свердло в четверте положення та				8	30	4	1	0,12	600	15,0792	
15	свердлити отвір Ø8 мм.											
16												
17	6 Відвести інструмент та замінити на свердло Ø11 мм.											
OK	Обробка деталей на металорізучих верстатах										1	

Дубл.																								
Взам.																								
Подл.																								
СПРУТ ТП										-					МІ 131.00.2/Б 90/с 001 05-ОТ				5	1				
Разраб.	Бондар Д.С.					Житомирська політехніка		МІ 131.00.2/Б 90/с 001 05-ОТ																
Проверил	Балицька Н.О.																							
Нормировал																								
Н.контр.						мин		Матриця																
М	Лист 34x1500x3000 ГОСТ 19903-74										/	X12M ГОСТ5950-2000												
М	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код загот.		Профиль и размеры				КД	МЗ										
	0000105	кг.	3.15			0.625	Лист		Лист 34		125x140		1	5.04										
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа														
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.								
А	1	05	2	005	9176	Заготівельна																		
Б	ПЛ-200,Агрегат плазмо-дуговий					16045	50																	
А	2	03	3	010	5050	Термічна																		
Б	Піч для відпалювання					16107	1																	
А	3	03	1	015	4234	Фрезерна																		
Б	ВМ127М, Верстат консольно-фрезерний вертикальний					16045	1																	
А	3	02	4	020	4133	Плоско-шліфувальна																		
Б	3Е711В,Верстат плоско-шліфувальний					19630	1																	
А	3	03	5	025	4232	Координатно-розточувальна																		
Б	2Д450,Верстат координатно-розточний					16045	1																	
А	3	03	7	030	4234	Фрезерна																		
Б	6720, Верстат консольно-фрезерний вертикальний з ЧПК					16045	1																	
МК																								

Дубл.																					
Взам.																					
Подл.																					
-																					
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции										Обозначение документа						
Б	Код, наименование оборудования										СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали, сб. ед. или материала										Обозначение, код				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.		
А	2	03	4	040	5050	Термічна															
Б	Піч гартувальна СНЗ, Піч відпускна ОКБ-2056										16107	1									
А	3	02	4	045	4133	Плоскошліфувальна															
Б	3Е711В,Верстат плоско-шліфувальний										19630	1									
А	3	02	9	050	4232	Слюсарна															
Б	Верстак слюсарний										18355	1									
А	3	02	11	055	4234	Електроерозійна															
Б	Wi-30Е,Верстат електроерозійний										16045	1									
А	3	02	9	070	4232	Слюсарна															
Б	Верстак слюсарний										18355	1									
А	3	02	12	075	0200	Контрольна															
Б	Стіл контролера ВТК										13063	50									
МК																					

Розроблені програми до деталі «Матриця»

N0010 G92 X-52.5 Y44.5
N0020 G01 G90 X-46.29 Y44.5 U0.0 V0.0
N0030 G01 X-45.04
N0040 G02 X-52.5 Y37.04 I-7.46 J0.0
N0050 X-59.96 Y44.5 I0.0 J7.46
N0060 X-52.5 Y51.96 I7.46 J0.0
N0070 X-45.04 Y44.5 I0.0 J-7.46
N0075 M01
N0080 G01 X-46.29
N0090 X-45.
N0100 G02 X-52.5 Y37. I-7.5 J0.0
N0110 X-60. Y44.5 I0.0 J7.5
N0120 X-52.5 Y52. I7.5 J0.0
N0130 X-45. Y44.5 I0.0 J-7.5
N0140 G01 X-46.25
N0150 M02

N0010 G92 X0.0 Y0.0
N0020 G01 G90 X-3.585 U0.0 V0.0
N0030 G01 X-4.835
N0040 G02 X0.0 Y4.835 I4.835 J0.0
N0050 X4.835 Y0.0 I0.0 J-4.835
N0060 X0.0 Y-4.835 I-4.835 J0.0
N0070 X-4.835 Y0.0 I0.0 J4.835
N0075 M01
N0080 G01 X-3.585
N0090 X-4.875
N0100 G02 X0.0 Y4.875 I4.875 J0.0
N0110 X4.875 Y0.0 I0.0 J-4.875
N0120 X0.0 Y-4.875 I-4.875 J0.0
N0130 X-4.875 Y0.0 I0.0 J4.875
N0140 G01 X-3.625
N0150 M02

N0010 G92 X-30.1 Y-27.0
N0020 G01 G90 X-30.745 Y-27. U0.0 V0.0
N0030 G01 X-31.995
N0040 G02 X-30.1 Y-25.105 I1.895 J0.0
N0050 X-28.205 Y-27. I0.0 J-1.895
N0060 X-30.1 Y-28.895 I-1.895 J0.0
N0070 X-31.995 Y-27. I0.0 J1.895
N0075 M01
N0080 G01 X-30.745
N0090 X-32.035
N0100 G02 X-30.1 Y-25.065 I1.935 J0.0
N0110 X-28.165 Y-27. I0.0 J-1.935
N0120 X-30.1 Y-28.935 I-1.935 J0.0
N0130 X-32.035 Y-27. I0.0 J1.935
N0140 G01 X-30.785
N0150 M02

N0010 G92 X-20.0 Y0.0
N0020 G01 G90 X-16.415 Y-2.5 U0.0 V0.0
N0030 G01 X-15.165
N0040 Y-26.835
N0050 X-22.937
N0060 G03 X-28.139 Y-20.109 I-7.163 J-.165
N0070 G02 X-31.561 Y-16.381 I1.324 J4.651
N0080 G01 X-35.16 Y2.131
N0090 G03 X-49.335 Y16.139 I-17.34 J-3.371
N0100 G01 Y21.835
N0110 X-37.263
N0120 G03 X-30.1 Y14.835 I7.163 J.165
N0130 X-22.937 Y21.835 I0.0 J7.165
N0140 G01 X-15.165
N0145 M01
N0150 Y-2.5
N0160 X-16.415
N0170 X-15.125
N0180 Y-26.875
N0190 X-22.976
N0200 G03 X-28.15 Y-20.147 I-7.124 J-.125
N0210 G02 X-31.601 Y-16.389 I1.335 J4.689
N0220 G01 X-35.199 Y2.123
N0230 G03 X-49.375 Y16.106 I-17.301 J-3.363
N0240 G01 Y21.875
N0250 X-37.224
N0260 G03 X-30.1 Y14.875 I7.124 J.125
N0270 X-22.976 Y21.875 I0.0 J7.125
N0280 G01 X-15.125
N0290 Y-2.5
N0300 X-16.375
N0310 M02

N0010 G92 X-85.0 Y0.0
N0020 G01 G90 X-88.585 Y-2.5 U0.0 V0.0
N0030 G01 X-89.835
N0040 Y21.835
N0050 X-82.215
N0060 G03 X-75.05 Y14.735 I7.165 J.065
N0070 X-67.885 Y21.835 I0.0 J7.165
N0080 G01 X-55.665
N0090 Y16.139
N0100 G03 X-69.84 Y2.131 I3.165 J-17.379
N0110 G01 X-73.451 Y-16.443
N0120 G02 X-76.929 Y-20.186 I-4.746 J.923
N0130 G03 X-82.21 Y-26.835 I1.879 J-6.914
N0140 G01 X-89.835
N0145 M01
N0150 Y-2.5
N0160 X-88.585
N0170 X-89.875
N0180 Y21.875
N0190 X-82.175
N0200 G03 X-75.05 Y14.775 I7.125 J.025
N0210 X-67.925 Y21.875 I0.0 J7.125
N0220 G01 X-55.625
N0230 Y16.106
N0240 G03 X-69.801 Y2.123 I3.125 J-17.346
N0250 G01 X-73.411 Y-16.45
N0260 G02 X-76.918 Y-20.224 I-4.786 J.93
N0270 G03 X-82.171 Y-26.875 I1.868 J-6.876
N0280 G01 X-89.875
N0290 Y-2.5
N0300 X-88.625
N0310 M02

N0010 G92 X-52.5 Y-4.5
N0020 G01 G90 X-53.835 Y-4.5 U0.0 V0.0
N0030 G01 X-55.085
N0040 G02 X-52.5 Y-1.915 I2.585 J0.0
N0050 X-49.915 Y-4.5 I0.0 J-2.585
N0060 X-52.5 Y-7.085 I-2.585 J0.0
N0070 X-55.085 Y-4.5 I0.0 J2.585
N0075 M01
N0080 G01 X-53.835
N0090 X-55.125
N0100 G02 X-52.5 Y-1.875 I2.625 J0.0
N0110 X-49.875 Y-4.5 I0.0 J-2.625
N0120 X-52.5 Y-7.125 I-2.625 J0.0
N0130 X-55.125 Y-4.5 I0.0 J2.625
N0140 G01 X-53.875
N0150 M02

N0010 G92 X-75.05 Y-27.1
N0020 G01 G90 X-75.695 Y-27.1 U0.0 V0.0
N0030 G01 X-76.945
N0040 G02 X-75.05 Y-25.205 I1.895 J0.0
N0050 X-73.155 Y-27.1 I0.0 J-1.895
N0060 X-75.05 Y-28.995 I-1.895 J0.0
N0070 X-76.945 Y-27.1 I0.0 J1.895
N0075 M01
N0080 G01 X-75.695
N0090 X-76.985
N0100 G02 X-75.05 Y-25.165 I1.935 J0.0
N0110 X-73.115 Y-27.1 I0.0 J-1.935
N0120 X-75.05 Y-29.035 I-1.935 J0.0
N0130 X-76.985 Y-27.1 I0.0 J1.935
N0140 G01 X-75.735
N0150 M02

N0010 G92 X-105.0 Y0.0
N0020 G01 G90 X-108.585 U0.0 V0.0
N0030 G01 X-109.835
N0040 G02 X-105. Y4.835 I4.835 J0.0
N0050 X-100.165 Y0.0 I0.0 J-4.835
N0060 X-105. Y-4.835 I-4.835 J0.0
N0070 X-109.835 Y0.0 I0.0 J4.835
N0075 M01
N0080 G01 X-108.585
N0090 X-109.875
N0100 G02 X-105. Y4.875 I4.875 J0.0
N0110 X-100.125 Y0.0 I0.0 J-4.875
N0120 X-105. Y-4.875 I-4.875 J0.0
N0130 X-109.875 Y0.0 I0.0 J4.875
N0140 G01 X-108.625
N0150

Розроблені програми до деталі «Фільєра»

N0010 G92 X0.0 Y0.0
N0020 G01 G90 X3.255 U-6.581 V0.0
N0030 G01 Y-.035 V.07
N0040 X3.253 Y-.104 U-6.578 V.211
N0050 X3.25 Y-.174 U-6.572 V.352
N0060 X3.246 Y-.243 U-6.563 V.492
N0070 X3.24 Y-.313 U-6.551 V.632
N0080 X3.232 Y-.382 U-6.536 V.772
N0090 X3.223 Y-.451 U-6.518 V.912
N0100 X3.213 Y-.52 U-6.497 V1.051
N0110 X3.201 Y-.588 U-6.473 V1.19
N0120 X3.188 Y-.657 U-6.446 V1.328
N0130 X3.173 Y-.725 U-6.416 V1.465
N0140 X3.157 Y-.792 U-6.383 V1.602
N0150 X3.139 Y-.86 U-6.348 V1.738
N0160 X3.12 Y-.926 U-6.309 V1.873
N0170 X3.1 Y-.993 U-6.268 V2.008
N0180 X3.078 Y-1.059 U-6.223 V2.141
N0190 X3.054 Y-1.124 U-6.176 V2.274
N0200 X3.03 Y-1.19 U-6.126 V2.405
N0210 X3.004 Y-1.254 U-6.073 V2.536
N0220 X2.976 Y-1.318 U-6.018 V2.665
N0230 X2.947 Y-1.381 U-5.959 V2.793
N0240 X2.917 Y-1.444 U-5.898 V2.92
N0250 X2.885 Y-1.506 U-5.834 V3.045
N0260 X2.853 Y-1.568 U-5.768 V3.17
N0270 X2.818 Y-1.628 U-5.699 V3.292
N0280 X2.783 Y-1.688 U-5.627 V3.413
N0290 X2.746 Y-1.747 U-5.553 V3.533
N0300 X2.708 Y-1.805 U-5.476 V3.65
N0310 X2.669 Y-1.863 U-5.397 V3.767
N0320 X2.629 Y-1.919 U-5.315 V3.881
N0330 X2.587 Y-1.975 U-5.231 V3.994
N0340 X2.544 Y-2.03 U-5.144 V4.105
N0350 X2.5 Y-2.084 U-5.055 V4.214
N0360 X2.455 Y-2.137 U-4.964 V4.321
N0370 X2.409 Y-2.189 U-4.871 V4.426
N0380 X2.361 Y-2.24 U-4.775 V4.529
N0390 X2.313 Y-2.29 U-4.677 V4.63
N0400 X2.264 Y-2.339 U-4.577 V4.729
N0410 X2.213 Y-2.387 U-4.475 V4.826
N0420 X2.161 Y-2.434 U-4.371 V4.921
N0430 X2.109 Y-2.479 U-4.264 V5.013
N0440 X2.055 Y-2.524 U-4.156 V5.103
N0450 X2.001 Y-2.567 U-4.046 V5.191
N0460 X1.945 Y-2.609 U-3.934 V5.276
N0470 X1.89 Y-2.65 U-3.821 V5.359
N0480 X1.832 Y-2.69 U-3.705 V5.439
N0490 X1.774 Y-2.729 U-3.588 V5.517
N0500 X1.716 Y-2.766 U-3.469 V5.593
N0510 X1.656 Y-2.802 U-3.349 V5.666
N0520 X1.596 Y-2.837 U-3.227 V5.736
N0530 X1.535 Y-2.87 U-3.104 V5.803
N0540 X1.473 Y-2.902 U-2.979 V5.869
N0550 X1.411 Y-2.933 U-2.853 V5.931

N0560 X1.348 Y-2.963 U-2.725 V5.991
N0570 X1.284 Y-2.991 U-2.597 V6.047
N0580 X1.22 Y-3.018 U-2.467 V6.102
N0590 X1.155 Y-3.043 U-2.336 V6.153
N0600 X1.09 Y-3.067 U-2.203 V6.201
N0610 X1.024 Y-3.09 U-2.07 V6.247
N0620 X.958 Y-3.111 U-1.936 V6.29
N0630 X.891 Y-3.131 U-1.802 V6.33
N0640 X.824 Y-3.149 U-1.666 V6.367
N0650 X.756 Y-3.166 U-1.529 V6.401
N0660 X.688 Y-3.181 U-1.392 V6.432
N0670 X.62 Y-3.195 U-1.254 V6.461
N0680 X.552 Y-3.208 U-1.116 V6.486
N0690 X.483 Y-3.219 U-.977 V6.508
N0700 X.414 Y-3.228 U-.838 V6.528
N0710 X.345 Y-3.237 U-.698 V6.544
N0720 X.276 Y-3.243 U-.558 V6.558
N0730 X.206 Y-3.248 U-.417 V6.568
N0740 X.137 Y-3.252 U-.277 V6.575
N0750 X.067 Y-3.254 U-.136 V6.58
N0760 X-.002 Y-3.255 U.004 V6.581
N0770 X-.072 Y-3.254 U.145 V6.58
N0780 X-.141 Y-3.252 U.286 V6.575
N0790 X-.211 Y-3.248 U.426 V6.567
N0800 X-.28 Y-3.243 U.566 V6.557
N0810 X-.349 Y-3.236 U.707 V6.543
N0820 X-.419 Y-3.228 U.846 V6.527
N0830 X-.488 Y-3.218 U.986 V6.507
N0840 X-.556 Y-3.207 U1.125 V6.485
N0850 X-.625 Y-3.194 U1.263 V6.459
N0860 X-.693 Y-3.18 U1.401 V6.43
N0870 X-.761 Y-3.165 U1.538 V6.399
N0880 X-.828 Y-3.148 U1.674 V6.365
N0890 X-.895 Y-3.129 U1.81 V6.327
N0900 X-.962 Y-3.109 U1.945 V6.287
N0910 X-1.028 Y-3.088 U2.079 V6.244
N0920 X-1.094 Y-3.066 U2.212 V6.198
N0930 X-1.16 Y-3.041 U2.345 V6.149
N0940 X-1.224 Y-3.016 U2.475 V6.098
N0950 X-1.288 Y-2.989 U2.605 V6.044
N0960 X-1.352 Y-2.961 U2.733 V5.987
N0970 X-1.415 Y-2.931 U2.861 V5.927
N0980 X-1.477 Y-2.9 U2.987 V5.865
N0990 X-1.539 Y-2.868 U3.111 V5.799
N1000 X-1.6 Y-2.835 U3.235 V5.731
N1010 X-1.66 Y-2.8 U3.357 V5.661
N1020 X-1.719 Y-2.764 U3.477 V5.588
N1030 X-1.778 Y-2.726 U3.595 V5.512
N1040 X-1.836 Y-2.688 U3.712 V5.434
N1050 X-1.893 Y-2.648 U3.828 V5.354
N1060 X-1.949 Y-2.607 U3.941 V5.271
N1070 X-2.005 Y-2.564 U4.053 V5.185
N1080 X-2.059 Y-2.521 U4.163 V5.097
N1090 X-2.112 Y-2.476 U4.271 V5.007
N1100 X-2.165 Y-2.431 U4.377 V4.915
N1110 X-2.216 Y-2.384 U4.481 V4.82
N1120 X-2.267 Y-2.336 U4.583 V4.723

N1130 X-2.316 Y-2.287 U4.683 V4.625
N1140 X-2.364 Y-2.237 U4.781 V4.523
N1150 X-2.412 Y-2.186 U4.877 V4.42
N1160 X-2.458 Y-2.134 U4.97 V4.314
N1170 X-2.503 Y-2.081 U5.061 V4.207
N1180 X-2.547 Y-2.027 U5.15 V4.098
N1190 X-2.59 Y-1.972 U5.236 V3.987
N1200 X-2.631 Y-1.916 U5.32 V3.874
N1210 X-2.672 Y-1.859 U5.402 V3.759
N1220 X-2.711 Y-1.802 U5.481 V3.643
N1230 X-2.749 Y-1.743 U5.558 V3.525
N1240 X-2.785 Y-1.684 U5.632 V3.405
N1250 X-2.821 Y-1.624 U5.703 V3.284
N1260 X-2.855 Y-1.564 U5.772 V3.162
N1270 X-2.887 Y-1.502 U5.838 V3.037
N1280 X-2.919 Y-1.44 U5.902 V2.912
N1290 X-2.949 Y-1.377 U5.963 V2.785
N1300 X-2.978 Y-1.314 U6.021 V2.657
N1310 X-3.005 Y-1.25 U6.077 V2.528
N1320 X-3.031 Y-1.186 U6.129 V2.397
N1330 X-3.056 Y-1.12 U6.179 V2.265
N1340 X-3.079 Y-1.055 U6.226 V2.133
N1350 X-3.101 Y-.989 U6.27 V1.999
N1360 X-3.121 Y-.922 U6.312 V1.865
N1370 X-3.14 Y-.855 U6.35 V1.729
N1380 X-3.158 Y-.788 U6.386 V1.593
N1390 X-3.174 Y-.72 U6.418 V1.456
N1400 X-3.189 Y-.652 U6.448 V1.319
N1410 X-3.202 Y-.584 U6.475 V1.181
N1420 X-3.214 Y-.515 U6.498 V1.042
N1430 X-3.224 Y-.447 U6.519 V.903
N1440 X-3.233 Y-.377 U6.537 V.763
N1450 X-3.24 Y-.308 U6.552 V.623
N1460 X-3.246 Y-.239 U6.564 V.483
N1470 X-3.25 Y-.17 U6.572 V.343
N1480 X-3.253 Y-.1 U6.578 V.202
N1490 X-3.255 Y-.03 U6.581 V.061
N1500 Y.039 V-.079
N1510 X-3.253 Y.109 U6.578 V-.22
N1520 X-3.25 Y.178 U6.571 V-.36
N1530 X-3.245 Y.248 U6.562 V-.501
N1540 X-3.239 Y.317 U6.55 V-.641
N1550 X-3.232 Y.386 U6.535 V-.781
N1560 X-3.223 Y.455 U6.517 V-.921
N1570 X-3.212 Y.524 U6.495 V-1.06
N1580 X-3.2 Y.593 U6.471 V-1.198
N1590 X-3.187 Y.661 U6.444 V-1.336
N1600 X-3.172 Y.729 U6.414 V-1.474
N1610 X-3.156 Y.797 U6.381 V-1.611
N1620 X-3.138 Y.864 U6.345 V-1.747
N1630 X-3.119 Y.931 U6.307 V-1.882
N1640 X-3.098 Y.997 U6.265 V-2.016
N1650 X-3.076 Y1.063 U6.22 V-2.15
N1660 X-3.053 Y1.129 U6.173 V-2.282
N1670 X-3.028 Y1.194 U6.123 V-2.414
N1680 X-3.002 Y1.258 U6.07 V-2.544
N1690 X-2.974 Y1.322 U6.014 V-2.673

N1700 X-2.945 Y1.385 U5.955 V-2.801
N1710 X-2.915 Y1.448 U5.894 V-2.928
N1720 X-2.883 Y1.51 U5.83 V-3.053
N1730 X-2.85 Y1.571 U5.764 V-3.177
N1740 X-2.816 Y1.632 U5.694 V-3.3
N1750 X-2.781 Y1.692 U5.623 V-3.421
N1760 X-2.744 Y1.751 U5.548 V-3.54
N1770 X-2.706 Y1.809 U5.471 V-3.658
N1780 X-2.667 Y1.866 U5.392 V-3.774
N1790 X-2.626 Y1.923 U5.31 V-3.888
N1800 X-2.583 Y1.98 U5.223 V-4.004
N1810 X-2.541 Y2.034 U5.139 V-4.112
N1820 X-2.497 Y2.087 U5.05 V-4.221
N1830 X-2.452 Y2.14 U4.958 V-4.328
N1840 X-2.406 Y2.192 U4.865 V-4.433
N1850 X-2.358 Y2.243 U4.769 V-4.536
N1860 X-2.31 Y2.293 U4.671 V-4.637
N1870 X-2.26 Y2.342 U4.57 V-4.735
N1880 X-2.21 Y2.39 U4.468 V-4.832
N1890 X-2.158 Y2.436 U4.364 V-4.927
N1900 X-2.106 Y2.482 U4.258 V-5.019
N1910 X-2.052 Y2.526 U4.149 V-5.109
N1920 X-1.998 Y2.57 U4.039 V-5.196
N1930 X-1.942 Y2.612 U3.927 V-5.281
N1940 X-1.886 Y2.653 U3.813 V-5.364
N1950 X-1.829 Y2.693 U3.698 V-5.444
N1960 X-1.771 Y2.731 U3.581 V-5.522
N1970 X-1.712 Y2.768 U3.462 V-5.597
N1980 X-1.652 Y2.804 U3.341 V-5.67
N1990 X-1.592 Y2.839 U3.219 V-5.74
N2000 X-1.531 Y2.872 U3.095 V-5.808
N2010 X-1.469 Y2.904 U2.971 V-5.873
N2020 X-1.407 Y2.935 U2.845 V-5.935
N2030 X-1.344 Y2.965 U2.717 V-5.994
N2040 X-1.28 Y2.993 U2.588 V-6.051
N2050 X-1.216 Y3.019 U2.458 V-6.105
N2060 X-1.151 Y3.045 U2.327 V-6.156
N2070 X-1.086 Y3.068 U2.195 V-6.204
N2080 X-1.02 Y3.091 U2.062 V-6.25
N2090 X-.953 Y3.112 U1.928 V-6.293
N2100 X-.887 Y3.132 U1.793 V-6.332
N2110 X-.82 Y3.15 U1.657 V-6.369
N2120 X-.752 Y3.167 U1.521 V-6.403
N2130 X-.684 Y3.182 U1.383 V-6.434
N2140 X-.616 Y3.196 U1.246 V-6.462
N2150 X-.547 Y3.208 U1.107 V-6.488
N2160 X-.479 Y3.219 U.968 V-6.51
N2170 X-.41 Y3.229 U.829 V-6.529
N2180 X-.341 Y3.237 U.689 V-6.545
N2190 X-.271 Y3.244 U.549 V-6.558
N2200 X-.202 Y3.249 U.409 V-6.569
N2210 X-.133 Y3.252 U.268 V-6.576
N2220 X-.063 Y3.254 U.127 V-6.58
N2230 X.007 Y3.255 U-.013 V-6.581
N2240 X.076 Y3.254 U-.154 V-6.579
N2250 X.146 Y3.252 U-.295 V-6.575
N2260 X.215 Y3.248 U-.435 V-6.567

N2270 X.285 Y3.242 U-.576 V-6.556
N2280 X.354 Y3.236 U-.716 V-6.542
N2290 X.423 Y3.227 U-.855 V-6.525
N2300 X.492 Y3.217 U-.995 V-6.506
N2310 X.561 Y3.206 U-1.133 V-6.483
N2320 X.629 Y3.194 U-1.272 V-6.457
N2330 X.697 Y3.179 U-1.409 V-6.429
N2340 X.765 Y3.164 U-1.547 V-6.397
N2350 X.832 Y3.147 U-1.683 V-6.362
N2360 X.899 Y3.128 U-1.819 V-6.325
N2370 X.966 Y3.108 U-1.953 V-6.285
N2380 X1.032 Y3.087 U-2.087 V-6.242
N2390 X1.098 Y3.064 U-2.22 V-6.195
N2400 X1.163 Y3.04 U-2.352 V-6.147
N2410 X1.228 Y3.014 U-2.483 V-6.095
N2420 X1.292 Y2.987 U-2.613 V-6.04
N2430 X1.356 Y2.959 U-2.741 V-5.983
N2440 X1.419 Y2.929 U-2.869 V-5.923
N2450 X1.481 Y2.898 U-2.995 V-5.86
N2460 X1.543 Y2.866 U-3.119 V-5.795
N2470 X1.605 Y2.832 U-3.245 V-5.726
N2480 X1.664 Y2.797 U-3.364 V-5.656
N2490 X1.723 Y2.761 U-3.484 V-5.583
N2500 X1.782 Y2.724 U-3.603 V-5.508
N2510 X1.84 Y2.685 U-3.72 V-5.429
N2520 X1.897 Y2.645 U-3.835 V-5.348
N2530 X1.953 Y2.604 U-3.948 V-5.265
N2540 X2.008 Y2.562 U-4.06 V-5.18
N2550 X2.062 Y2.518 U-4.17 V-5.092
N2560 X2.116 Y2.473 U-4.278 V-5.001
N2570 X2.168 Y2.428 U-4.384 V-4.909
N2580 X2.219 Y2.381 U-4.488 V-4.814
N2590 X2.27 Y2.333 U-4.59 V-4.717
N2600 X2.319 Y2.284 U-4.689 V-4.618
N2610 X2.368 Y2.234 U-4.787 V-4.516
N2620 X2.415 Y2.182 U-4.883 V-4.413
N2630 X2.461 Y2.13 U-4.976 V-4.308
N2640 X2.506 Y2.077 U-5.067 V-4.2
N2650 X2.55 Y2.023 U-5.155 V-4.091
N2660 X2.592 Y1.968 U-5.242 V-3.98
N2670 X2.634 Y1.912 U-5.326 V-3.867
N2680 X2.674 Y1.856 U-5.407 V-3.752
N2690 X2.713 Y1.798 U-5.486 V-3.636
N2700 X2.751 Y1.74 U-5.562 V-3.517
N2710 X2.788 Y1.68 U-5.636 V-3.398
N2720 X2.823 Y1.62 U-5.708 V-3.277
N2730 X2.857 Y1.56 U-5.776 V-3.154
N2740 X2.89 Y1.498 U-5.843 V-3.029
N2750 X2.921 Y1.436 U-5.906 V-2.904
N2760 X2.951 Y1.373 U-5.967 V-2.777
N2770 X2.98 Y1.31 U-6.025 V-2.649
N2780 X3.007 Y1.246 U-6.08 V-2.519
N2790 X3.033 Y1.181 U-6.132 V-2.389
N2800 X3.057 Y1.116 U-6.182 V-2.257
N2810 X3.081 Y1.051 U-6.229 V-2.124
N2820 X3.102 Y.985 U-6.273 V-1.991
N2830 X3.123 Y.918 U-6.314 V-1.856

N2840 X3.142 Y.851 U-6.352 V-1.721
N2850 X3.159 Y.784 U-6.388 V-1.585
N2860 X3.175 Y.716 U-6.42 V-1.448
N2870 X3.19 Y.648 U-6.45 V-1.31
N2880 X3.203 Y.58 U-6.476 V-1.172
N2890 X3.215 Y.511 U-6.5 V-1.033
N2900 X3.225 Y.442 U-6.52 V-.894
N2910 X3.233 Y.373 U-6.538 V-.754
N2920 X3.241 Y.304 U-6.553 V-.615
N2930 X3.246 Y.235 U-6.564 V-.474
N2940 X3.251 Y.165 U-6.573 V-.334
N2950 X3.253 Y.096 U-6.578 V-.193
N2960 X3.255 Y.03 U-6.581 V-.06
N2970 Y0.0 V0.0
N2980 X3.215
N2990 Y-.035 V.07
N3000 X3.213 Y-.103 U-6.578 V.211
N3010 X3.21 Y-.172 U-6.572 V.352
N3020 X3.206 Y-.24 U-6.563 V.492
N3030 X3.2 Y-.309 U-6.551 V.632
N3040 X3.193 Y-.377 U-6.536 V.772
N3050 X3.184 Y-.445 U-6.518 V.912
N3060 X3.174 Y-.513 U-6.497 V1.051
N3070 X3.162 Y-.581 U-6.473 V1.19
N3080 X3.149 Y-.649 U-6.446 V1.328
N3090 X3.134 Y-.716 U-6.416 V1.465
N3100 X3.118 Y-.783 U-6.383 V1.602
N3110 X3.101 Y-.849 U-6.348 V1.738
N3120 X3.082 Y-.915 U-6.309 V1.873
N3130 X3.062 Y-.981 U-6.268 V2.008
N3140 X3.04 Y-1.046 U-6.223 V2.141
N3150 X3.017 Y-1.111 U-6.176 V2.274
N3160 X2.992 Y-1.175 U-6.126 V2.405
N3170 X2.967 Y-1.239 U-6.073 V2.536
N3180 X2.939 Y-1.302 U-6.018 V2.665
N3190 X2.911 Y-1.364 U-5.959 V2.793
N3200 X2.881 Y-1.426 U-5.898 V2.92
N3210 X2.85 Y-1.488 U-5.834 V3.045
N3220 X2.817 Y-1.548 U-5.768 V3.17
N3230 X2.784 Y-1.608 U-5.699 V3.292
N3240 X2.749 Y-1.667 U-5.627 V3.413
N3250 X2.713 Y-1.726 U-5.553 V3.533
N3260 X2.675 Y-1.783 U-5.476 V3.65
N3270 X2.636 Y-1.84 U-5.397 V3.767
N3280 X2.596 Y-1.896 U-5.315 V3.881
N3290 X2.555 Y-1.951 U-5.231 V3.994
N3300 X2.513 Y-2.005 U-5.144 V4.105
N3310 X2.469 Y-2.058 U-5.055 V4.214
N3320 X2.425 Y-2.111 U-4.964 V4.321
N3330 X2.379 Y-2.162 U-4.871 V4.426
N3340 X2.332 Y-2.212 U-4.775 V4.529
N3350 X2.285 Y-2.262 U-4.677 V4.63
N3360 X2.236 Y-2.31 U-4.577 V4.729
N3370 X2.186 Y-2.357 U-4.475 V4.826
N3380 X2.135 Y-2.404 U-4.371 V4.921
N3390 X2.083 Y-2.449 U-4.264 V5.013
N3400 X2.03 Y-2.493 U-4.156 V5.103

N3410 X1.976 Y-2.536 U-4.046 V5.191
N3420 X1.922 Y-2.577 U-3.934 V5.276
N3430 X1.866 Y-2.618 U-3.821 V5.359
N3440 X1.81 Y-2.657 U-3.705 V5.439
N3450 X1.753 Y-2.695 U-3.588 V5.517
N3460 X1.695 Y-2.732 U-3.469 V5.593
N3470 X1.636 Y-2.768 U-3.349 V5.666
N3480 X1.576 Y-2.802 U-3.227 V5.736
N3490 X1.516 Y-2.835 U-3.104 V5.803
N3500 X1.455 Y-2.867 U-2.979 V5.869
N3510 X1.393 Y-2.897 U-2.853 V5.931
N3520 X1.331 Y-2.926 U-2.725 V5.991
N3530 X1.268 Y-2.954 U-2.597 V6.047
N3540 X1.205 Y-2.981 U-2.467 V6.102
N3550 X1.141 Y-3.006 U-2.336 V6.153
N3560 X1.076 Y-3.029 U-2.203 V6.201
N3570 X1.011 Y-3.052 U-2.07 V6.247
N3580 X.946 Y-3.073 U-1.936 V6.29
N3590 X.88 Y-3.092 U-1.802 V6.33
N3600 X.814 Y-3.11 U-1.666 V6.367
N3610 X.747 Y-3.127 U-1.529 V6.401
N3620 X.68 Y-3.142 U-1.392 V6.432
N3630 X.613 Y-3.156 U-1.254 V6.461
N3640 X.545 Y-3.168 U-1.116 V6.486
N3650 X.477 Y-3.179 U-.977 V6.508
N3660 X.409 Y-3.189 U-.838 V6.528
N3670 X.341 Y-3.197 U-.698 V6.544
N3680 X.272 Y-3.203 U-.558 V6.558
N3690 X.204 Y-3.208 U-.417 V6.568
N3700 X.135 Y-3.212 U-.277 V6.575
N3710 X.067 Y-3.214 U-.136 V6.58
N3720 X-.002 Y-3.215 U.004 V6.581
N3730 X-.071 Y-3.214 U.145 V6.58
N3740 X-.14 Y-3.212 U.286 V6.575
N3750 X-.208 Y-3.208 U.426 V6.567
N3760 X-.277 Y-3.203 U.566 V6.557
N3770 X-.345 Y-3.196 U.707 V6.543
N3780 X-.413 Y-3.188 U.846 V6.527
N3790 X-.482 Y-3.179 U.986 V6.507
N3800 X-.549 Y-3.168 U1.125 V6.485
N3810 X-.617 Y-3.155 U1.263 V6.459
N3820 X-.684 Y-3.141 U1.401 V6.43
N3830 X-.751 Y-3.126 U1.538 V6.399
N3840 X-.818 Y-3.109 U1.674 V6.365
N3850 X-.884 Y-3.091 U1.81 V6.327
N3860 X-.95 Y-3.071 U1.945 V6.287
N3870 X-1.016 Y-3.05 U2.079 V6.244
N3880 X-1.08 Y-3.028 U2.212 V6.198
N3890 X-1.145 Y-3.004 U2.345 V6.149
N3900 X-1.209 Y-2.979 U2.475 V6.098
N3910 X-1.272 Y-2.952 U2.605 V6.044
N3920 X-1.335 Y-2.924 U2.733 V5.987
N3930 X-1.397 Y-2.895 U2.861 V5.927
N3940 X-1.459 Y-2.865 U2.987 V5.865
N3950 X-1.52 Y-2.833 U3.111 V5.799
N3960 X-1.58 Y-2.8 U3.235 V5.731
N3970 X-1.64 Y-2.765 U3.357 V5.661
N3980 X-1.698 Y-2.73 U3.477 V5.588

N3990 X-1.756 Y-2.693 U3.595 V5.512
N4000 X-1.813 Y-2.655 U3.712 V5.434
N4010 X-1.87 Y-2.615 U3.828 V5.354
N4020 X-1.925 Y-2.575 U3.941 V5.271
N4030 X-1.98 Y-2.533 U4.053 V5.185
N4040 X-2.034 Y-2.49 U4.163 V5.097
N4050 X-2.086 Y-2.446 U4.271 V5.007
N4060 X-2.138 Y-2.401 U4.377 V4.915
N4070 X-2.189 Y-2.354 U4.481 V4.82
N4080 X-2.239 Y-2.307 U4.583 V4.723
N4090 X-2.287 Y-2.259 U4.683 V4.625
N4100 X-2.335 Y-2.209 U4.781 V4.523
N4110 X-2.382 Y-2.159 U4.877 V4.42
N4120 X-2.428 Y-2.107 U4.97 V4.314
N4130 X-2.472 Y-2.055 U5.061 V4.207
N4140 X-2.516 Y-2.002 U5.15 V4.098
N4150 X-2.558 Y-1.947 U5.236 V3.987
N4160 X-2.599 Y-1.892 U5.32 V3.874
N4170 X-2.639 Y-1.836 U5.402 V3.759
N4180 X-2.677 Y-1.78 U5.481 V3.643
N4190 X-2.715 Y-1.722 U5.558 V3.525
N4200 X-2.751 Y-1.663 U5.632 V3.405
N4210 X-2.786 Y-1.604 U5.703 V3.284
N4220 X-2.82 Y-1.544 U5.772 V3.162
N4230 X-2.852 Y-1.484 U5.838 V3.037
N4240 X-2.883 Y-1.422 U5.902 V2.912
N4250 X-2.913 Y-1.36 U5.963 V2.785
N4260 X-2.941 Y-1.298 U6.021 V2.657
N4270 X-2.968 Y-1.235 U6.077 V2.528
N4280 X-2.994 Y-1.171 U6.129 V2.397
N4290 X-3.018 Y-1.106 U6.179 V2.265
N4300 X-3.041 Y-1.042 U6.226 V2.133
N4310 X-3.063 Y-.977 U6.27 V1.999
N4320 X-3.083 Y-.911 U6.312 V1.865
N4330 X-3.102 Y-.845 U6.35 V1.729
N4340 X-3.119 Y-.778 U6.386 V1.593
N4350 X-3.135 Y-.711 U6.418 V1.456
N4360 X-3.15 Y-.644 U6.448 V1.319
N4370 X-3.163 Y-.577 U6.475 V1.181
N4380 X-3.174 Y-.509 U6.498 V1.042
N4390 X-3.184 Y-.441 U6.519 V.903
N4400 X-3.193 Y-.373 U6.537 V.763
N4410 X-3.2 Y-.304 U6.552 V.623
N4420 X-3.206 Y-.236 U6.564 V.483
N4430 X-3.21 Y-.167 U6.572 V.343
N4440 X-3.213 Y-.099 U6.578 V.202
N4450 X-3.215 Y-.03 U6.581 V.061
N4460 Y.039 V-.079
N4470 X-3.213 Y.107 U6.578 V-.22
N4480 X-3.21 Y.176 U6.571 V-.36
N4490 X-3.206 Y.245 U6.562 V-.501
N4500 X-3.2 Y.313 U6.55 V-.641
N4510 X-3.192 Y.381 U6.535 V-.781
N4520 X-3.183 Y.45 U6.517 V-.921
N4530 X-3.173 Y.518 U6.495 V-1.06
N4540 X-3.161 Y.585 U6.471 V-1.198
N4550 X-3.148 Y.653 U6.444 V-1.336
N4560 X-3.133 Y.72 U6.414 V-1.474

N4570 X-3.117 Y.787 U6.381 V-1.611
N4580 X-3.1 Y.853 U6.345 V-1.747
N4590 X-3.081 Y.919 U6.307 V-1.882
N4600 X-3.06 Y.985 U6.265 V-2.016
N4610 X-3.039 Y1.05 U6.22 V-2.15
N4620 X-3.015 Y1.115 U6.173 V-2.282
N4630 X-2.991 Y1.179 U6.123 V-2.414
N4640 X-2.965 Y1.243 U6.07 V-2.544
N4650 X-2.938 Y1.306 U6.014 V-2.673
N4660 X-2.909 Y1.368 U5.955 V-2.801
N4670 X-2.879 Y1.43 U5.894 V-2.928
N4680 X-2.848 Y1.491 U5.83 V-3.053
N4690 X-2.815 Y1.552 U5.764 V-3.177
N4700 X-2.782 Y1.612 U5.694 V-3.3
N4710 X-2.747 Y1.671 U5.623 V-3.421
N4720 X-2.71 Y1.729 U5.548 V-3.54
N4730 X-2.673 Y1.787 U5.471 V-3.658
N4740 X-2.634 Y1.844 U5.392 V-3.774
N4750 X-2.594 Y1.899 U5.31 V-3.888
N4760 X-2.552 Y1.956 U5.223 V-4.004
N4770 X-2.51 Y2.009 U5.139 V-4.112
N4780 X-2.467 Y2.062 U5.05 V-4.221
N4790 X-2.422 Y2.114 U4.958 V-4.328
N4800 X-2.376 Y2.165 U4.865 V-4.433
N4810 X-2.329 Y2.216 U4.769 V-4.536
N4820 X-2.282 Y2.265 U4.671 V-4.637
N4830 X-2.233 Y2.313 U4.57 V-4.735
N4840 X-2.183 Y2.36 U4.468 V-4.832
N4850 X-2.132 Y2.407 U4.364 V-4.927
N4860 X-2.08 Y2.452 U4.258 V-5.019
N4870 X-2.027 Y2.495 U4.149 V-5.109
N4880 X-1.973 Y2.538 U4.039 V-5.196
N4890 X-1.918 Y2.58 U3.927 V-5.281
N4900 X-1.863 Y2.62 U3.813 V-5.364
N4910 X-1.806 Y2.659 U3.698 V-5.444
N4920 X-1.749 Y2.697 U3.581 V-5.522
N4930 X-1.691 Y2.734 U3.462 V-5.597
N4940 X-1.632 Y2.77 U3.341 V-5.67
N4950 X-1.573 Y2.804 U3.219 V-5.74
N4960 X-1.512 Y2.837 U3.095 V-5.808
N4970 X-1.451 Y2.869 U2.971 V-5.873
N4980 X-1.39 Y2.899 U2.845 V-5.935
N4990 X-1.327 Y2.928 U2.717 V-5.994
N5000 X-1.264 Y2.956 U2.588 V-6.051
N5010 X-1.201 Y2.982 U2.458 V-6.105
N5020 X-1.137 Y3.007 U2.327 V-6.156
N5030 X-1.072 Y3.031 U2.195 V-6.204
N5040 X-1.007 Y3.053 U2.062 V-6.25
N5050 X-.942 Y3.074 U1.928 V-6.293
N5060 X-.876 Y3.093 U1.793 V-6.332
N5070 X-.809 Y3.111 U1.657 V-6.369
N5080 X-.743 Y3.128 U1.521 V-6.403
N5090 X-.676 Y3.143 U1.383 V-6.434
N5100 X-.608 Y3.157 U1.246 V-6.462
N5110 X-.541 Y3.169 U1.107 V-6.488
N5120 X-.473 Y3.18 U.968 V-6.51
N5130 X-.405 Y3.189 U.829 V-6.529
N5140 X-.337 Y3.197 U.689 V-6.545

N5150 X-.268 Y3.204 U.549 V-6.558
N5160 X-.2 Y3.209 U.409 V-6.569
N5170 X-.131 Y3.212 U.268 V-6.576
N5180 X-.062 Y3.214 U.127 V-6.58
N5190 X.007 Y3.215 U-.013 V-6.581
N5200 X.075 Y3.214 U-.154 V-6.579
N5210 X.144 Y3.212 U-.295 V-6.575
N5220 X.213 Y3.208 U-.435 V-6.567
N5230 X.281 Y3.203 U-.576 V-6.556
N5240 X.35 Y3.196 U-.716 V-6.542
N5250 X.418 Y3.188 U-.855 V-6.525
N5260 X.486 Y3.178 U-.995 V-6.506
N5270 X.554 Y3.167 U-1.133 V-6.483
N5280 X.621 Y3.154 U-1.272 V-6.457
N5290 X.688 Y3.14 U-1.409 V-6.429
N5300 X.756 Y3.125 U-1.547 V-6.397
N5310 X.822 Y3.108 U-1.683 V-6.362
N5320 X.888 Y3.09 U-1.819 V-6.325
N5330 X.954 Y3.07 U-1.953 V-6.285
N5340 X1.02 Y3.049 U-2.087 V-6.242
N5350 X1.085 Y3.026 U-2.22 V-6.195
N5360 X1.149 Y3.003 U-2.352 V-6.147
N5370 X1.213 Y2.977 U-2.483 V-6.095
N5380 X1.276 Y2.951 U-2.613 V-6.04
N5390 X1.339 Y2.923 U-2.741 V-5.983
N5400 X1.401 Y2.893 U-2.869 V-5.923
N5410 X1.463 Y2.863 U-2.995 V-5.86
N5420 X1.524 Y2.831 U-3.119 V-5.795
N5430 X1.585 Y2.797 U-3.245 V-5.726
N5440 X1.643 Y2.763 U-3.364 V-5.656
N5450 X1.702 Y2.727 U-3.484 V-5.583
N5460 X1.76 Y2.69 U-3.603 V-5.508
N5470 X1.817 Y2.652 U-3.72 V-5.429
N5480 X1.873 Y2.613 U-3.835 V-5.348
N5490 X1.929 Y2.572 U-3.948 V-5.265
N5500 X1.983 Y2.53 U-4.06 V-5.18
N5510 X2.037 Y2.487 U-4.17 V-5.092
N5520 X2.09 Y2.443 U-4.278 V-5.001
N5530 X2.141 Y2.398 U-4.384 V-4.909
N5540 X2.192 Y2.352 U-4.488 V-4.814
N5550 X2.242 Y2.304 U-4.59 V-4.717
N5560 X2.291 Y2.256 U-4.689 V-4.618
N5570 X2.338 Y2.206 U-4.787 V-4.516
N5580 X2.385 Y2.156 U-4.883 V-4.413
N5590 X2.431 Y2.104 U-4.976 V-4.308
N5600 X2.475 Y2.052 U-5.067 V-4.2
N5610 X2.518 Y1.998 U-5.155 V-4.091
N5620 X2.56 Y1.944 U-5.242 V-3.98
N5630 X2.602 Y1.889 U-5.326 V-3.867
N5640 X2.641 Y1.833 U-5.407 V-3.752
N5650 X2.68 Y1.776 U-5.486 V-3.636
N5660 X2.717 Y1.718 U-5.562 V-3.517
N5670 X2.753 Y1.66 U-5.636 V-3.398
N5680 X2.788 Y1.601 U-5.708 V-3.277
N5690 X2.822 Y1.541 U-5.776 V-3.154
N5700 X2.854 Y1.48 U-5.843 V-3.029
N5710 X2.885 Y1.418 U-5.906 V-2.904
N5720 X2.915 Y1.357 U-5.967 V-2.777

N5730 X2.943 Y1.294 U-6.025 V-2.649
N5740 X2.97 Y1.231 U-6.08 V-2.519
N5750 X2.996 Y1.167 U-6.132 V-2.389
N5760 X3.02 Y1.103 U-6.182 V-2.257
N5770 X3.043 Y1.038 U-6.229 V-2.124
N5780 X3.064 Y.972 U-6.273 V-1.991
N5790 X3.084 Y.907 U-6.314 V-1.856
N5800 X3.103 Y.841 U-6.352 V-1.721
N5810 X3.12 Y.774 U-6.388 V-1.585
N5820 X3.136 Y.707 U-6.42 V-1.448
N5830 X3.151 Y.64 U-6.45 V-1.31
N5840 X3.163 Y.572 U-6.476 V-1.172
N5850 X3.175 Y.505 U-6.5 V-1.033
N5860 X3.185 Y.437 U-6.52 V-.894
N5870 X3.194 Y.369 U-6.538 V-.754
N5880 X3.201 Y.3 U-6.553 V-.615
N5890 X3.207 Y.232 U-6.564 V-.474
N5900 X3.211 Y.163 U-6.573 V-.334
N5910 X3.213 Y.094 U-6.578 V-.193
N5920 X3.215 Y.03 U-6.581 V-.06
N5930 Y0.0 V0.0
N5940 M0

					МИ 131.00.2/Б 90/с 001.00-ПЗ	Арк.