

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет літакобудування

Кафедра технології виробництва літальних апаратів (№104)

Розрахунково-графічна робота

з дисципліни «Технологія виробництва літаків і вертольотів»
(назва дисципліни)

на тему: «Розробка технологічного процесу розмірної обробки деталі і проектування схеми спеціального верстатного пристрою»

Виконав: студент 4 курсу групи № 143
напряму підготовки (спеціальності)
134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»

(шифр і назва підготовки (спеціальності))

Семикоз М.Ю.

(прізвище й ініціали студента)

Керівник: к.т.н, професор кафедри
№104 Д'яченко Юрій Веніамінович.

(науковий ступінь, посада, прізвище й ініціали)

Національна шкала: _____

Кількість балів: _____

Оцінка ECTS _____



КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЗАВДАННЯ НА РОЗРАХУНКОВО- ГРАФІЧНУ РОБОТУ

з дисципліни «Технологія виробництва літаків та вертольотів»

Студенту _____ Семикоз М.Ю. _____

групи № 143

(П. І. Б.)

Типовий зміст роботи

Розробка техпроцесу розмірної обробки та проектування схеми спеціального верстатного пристрою

1. Складання технологічного маршруту обробки деталі

- 1.1 Провести конструктивно-технологічний аналіз деталі
- 1.2 Вибрати вид заготовки та обґрунтувати метод її виготовлення
- 1.3 Скласти технологічний маршрут обробки деталі
- 1.4 Визначити технологічні бази для всіх операцій розмірної обробки
- 1.5 Розрахувати операційні припуски і визначити розміри заготовки

Обсяг етапу – ____%. Строк виконання _____

2. Розробка технологічних операцій розмірної обробки

- 2.1 Докладно розробити операцію розмірної обробки для верстата з ЧПК з розрахунками режимів різання, з складанням розрахунково-технологічної карти (РТК), карти ескізів
- 2.2 Спроектувати схему спеціального верстатного пристрою для вертикально-свердлильної операції. Описати конструкцію та принцип дії пристрою.
- 2.3 Оформити комплект технологічної документації на процес розмірної обробки деталі (титовий лист, маршрутна та операційні карти, карта ескізів, карта технічного контролю)

Обсяг етапу – ____%. Строк виконання _____

ЗВІТНИЙ МАТЕРІАЛ: креслення деталі та заготовки, карта ескізів для усіх операцій розмірної обробки, розрахунково-технологічна карта для програмної обробки, обсяг – 4 аркуша ф. А4; обсяг пояснювальної записки – 15...20 аркушів ф. А4 з додатком комплекту технологічної документації.

Завдання видано _____

Строк виконання РГР _____

Керівник РГР _____

Студент _____

Рекомендована література

1. Вибір режимів різання при обробці деталей ЛА на верстатах із ЧПК [Текст] : навч. посіб. до курс. і дипл. проектування / В.В. Воронько, Ю.В. Д'яченко, С.Д. Проскурін та ін. – Х. : Нац. аерокосм. ун-т ім. М.Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2011. – 72 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х томах. / Под ред. Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К. – М.: Машиностроение, 1985. Т.1 – 656 с., Т. 2 – 496 с.
3. Проектирование специальных станочных приспособлений /В.В. Воронько, Ю.В. Дьяченко, С.Д. Проскурин, В.Т. Сикульский. – Учеб. пособие по курсовому и дипломному проектированию. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиаци. ин-т», 2006. – 66 с.
4. Порядок оформления учебных документов [Текст] : учеб. пособие / В.Н. Павленко, В.В. Воронько, Ю.А. Сысоев, И.М. Тараненко. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «Харьк. авиаци. ин-т», 2013. – 76 с.

ЗМІСТ

1 Складання технологічного маршруту обробки деталі	4
1.1 Конструктивно-технологічний аналіз деталі	4
1.2 Вибір вигляду заготовки та обґрунтування методу її виготовлення	6
1.2.1 Розрахунок операційних припусків і створення 3D-моделі заготовки	8
1.3 Складання технологічного маршруту виготовлення деталі	9
1.3.1 Розробка карти ескізів для операцій обробки деталі	10
1.4 Призначення технологічних баз для операцій обробки деталі	12
2. Розробка операції механічної обробки деталі	14
2.1 Розрахунок режимів різання для операції «4234 Фрезерна з ЧПК»	15
2.1.1 Розробка РТК для операції обробки деталі на верстаті з ЧПК	18
2.2 Проектування схеми спеціального верстатного устаткування	19
Бібліографічний список	21
Додаток А 104.РГР.143.08.01 – Качалка	23
Додаток Б 104.РГР.143.08.02 – Заготовка.....	24
Додаток В 104.РГР.143.08.03 – Карта ескізів.....	25
Додаток Г 104.РГР.143.08.04 – РТК	26
Додаток Д Комплект технологічної документації	27

1 СКЛАДАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО МАРШРУТУ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ

1.1 Конструктивно-технологічний аналіз деталі

Згадана в РГР деталь на робочому кресленні має назву «Качалка» (креслення деталі 104.РГР.143.03.01 наведено в Додатку).

Комп'ютерна об'ємна модель деталі показана на рисунку 1.1.

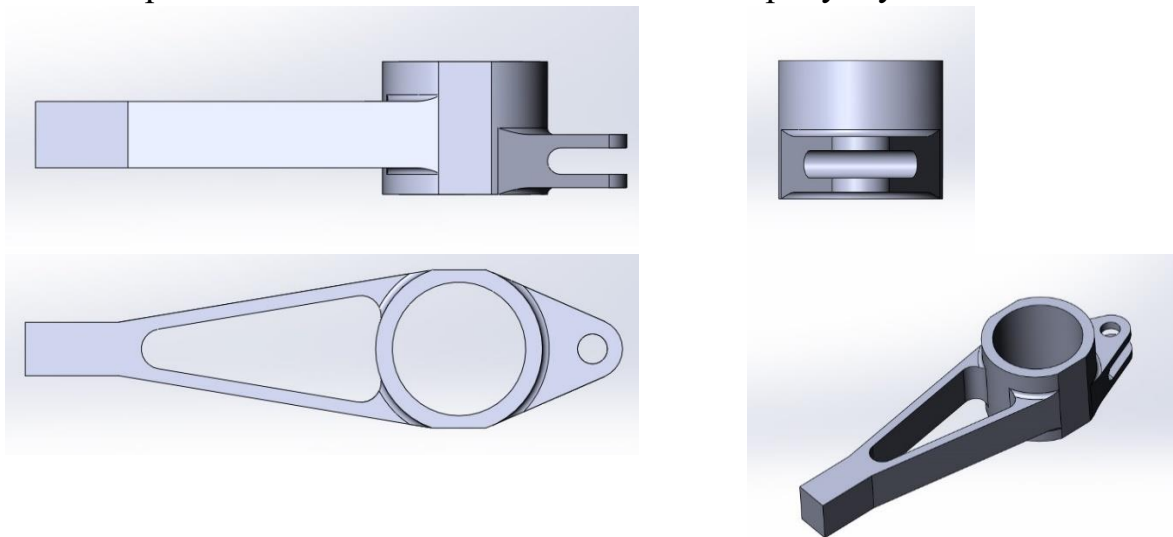


Рисунок 1.1 – Комп'ютерна об'ємна модель деталі «Качалка»

Деталь виготовлена з матеріалу АК6 (ГОСТ 4784-97), який добре піддається механічній обробці. Він володіє хорошою пластичністю і стійкістю до утворення тріщин при гарячій пластичній деформації.

Хімічний склад сплаву АК6 показаний в таблиці 1.1. Механічні властивості сплаву наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сплаву АК6 (ГОСТ 4784-97)

Елемент	Al	Si	Mn	Mg	Ni	Ti	Fe	Cu
Вміст, %	93.3-96.7	0,7-1,2	0.4-0.8	0.4-0.8	До 0,1	До 0,1	До 0,7	1.8-2.6

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сплаву АК6 (ГОСТ 4784-97)

σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	E, ГПа	ψ , %	KCU, кДж/м ²
447	378	12.5	72	70	0,19

Деталь «Качалка» має досить просту конфігурацію і тому технологічна з геометричної точки зору:

- всі поверхні прості (плоскі, циліндричні і конічні);
- відсутні складні у виготовленні вирізи і підсічки;
- отвори деталі наскрізні і розташовані на оптимальній відстані від краю деталі, що не ускладнює їх виготовлення;
- радіуси сполучення уніфіковані, все оброблювані поверхні максимально доступні.

Позначення оброблюваних поверхонь деталі «Качалка» наведено на комп'ютерній моделі деталі (рисунок 1.2).

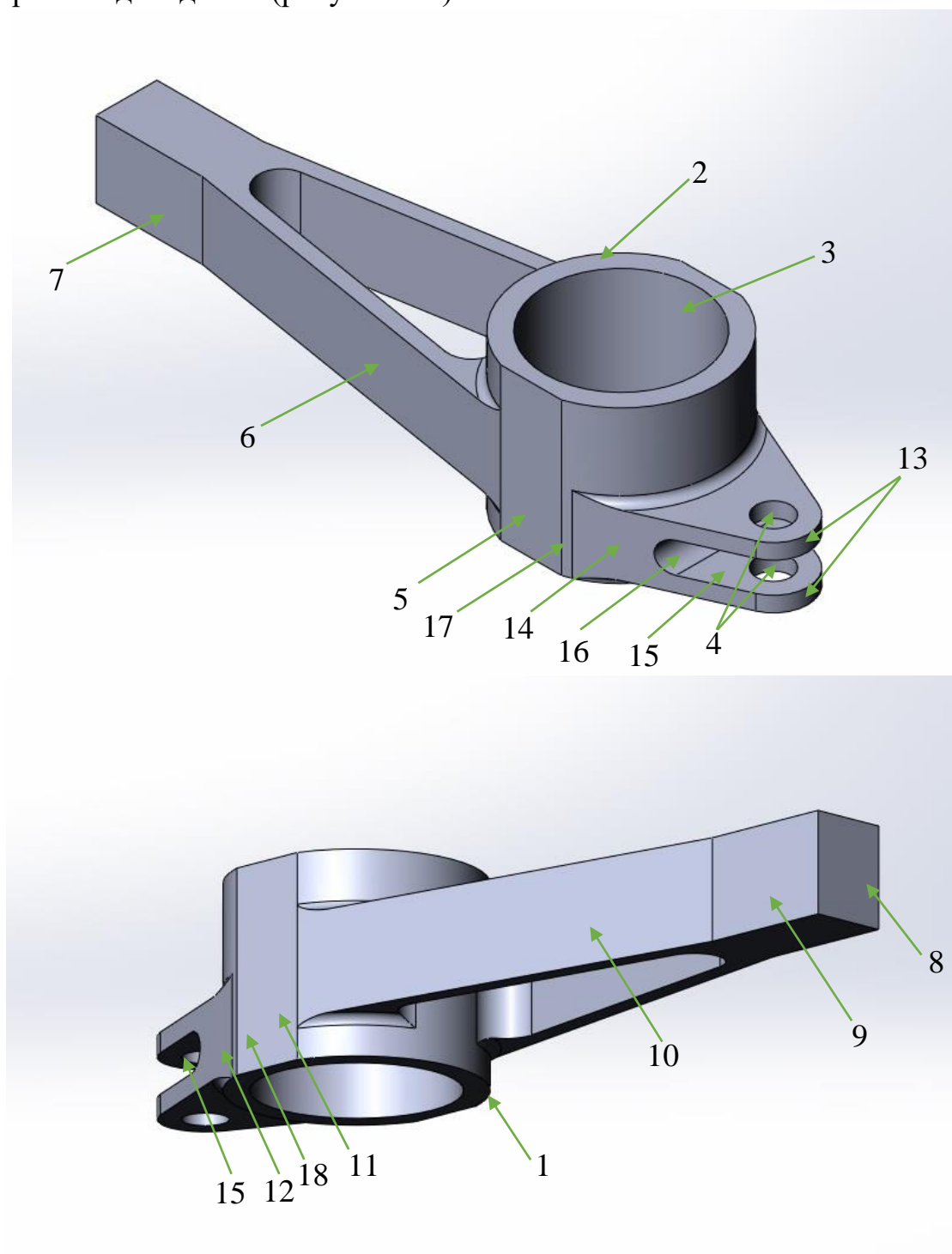


Рисунок 1.2 – Позначення оброблюваних поверхонь деталі «Качалка»

Охарактеризуємо всі оброблювані поверхні, для чого надамо всі геометричні параметри деталі «Качалка» в таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 – Параметри оброблюваних поверхонь деталі «Качалка»

Нумерація і розташування оброблюваної поверхні		Форма оброблюваної поверхні	Квалітет точності або допуск на розмір	Шорсткість поверхні
1	зовнішня	пласка	IT 14	Rz 20
2	зовнішня	пласка	IT 14	Rz 20
3	внутрішня	циліндрична	H8	Ra 1,6
4	внутрішня	циліндрична	H8	Ra 0,8
5	зовнішня	пласка	IT 14	Rz 20
6	зовнішня	пласка	IT 14	Rz 20
7	зовнішня	пласка	IT 14	Rz 20
8	зовнішня	пласка	IT 14	Rz 20
9	зовнішня	пласка	IT 14	Rz 20
10	зовнішня	пласка	IT 14	Rz 20
11	зовнішня	пласка	IT 14	Rz 20
12	зовнішня	пласка	IT 14	Rz 20
13	зовнішня	циліндрична	IT 14	Rz 20
14	зовнішня	пласка	IT 14	Rz 20
15	внутрішня	пласка	IT 14	Rz 20
16	внутрішня	циліндрична	IT 14	Rz 20
17	зовнішня	циліндрична	IT 14	Rz 20
18	зовнішня	циліндрична	IT 14	Rz 20

Технологічний аналіз показує, що оброблювані поверхні деталі «Качалка» мають квалітет H8 для отворів і квалітет \pm IT14/2 для інших поверхонь, що дозволяє виготовити деталь простими технологічними методами обробки отворів і плоских поверхонь на універсальному обладнанні. Складні за формою зовнішні циліндричні поверхні вимагають механічної обробки на фрезерному верстаті з ЧПК.

Деталь «Качалка» в цілому можна назвати технологічною, оскільки простота її геометричних форм дозволяє отримати заготовку для даної деталі методом гарячого штампування.

1.2 Вибір виду заготовки та обґрунтування методу її виготовлення

Матеріал деталі «Качалка» - алюмінієвий сплав кувальний марки АК6 (ГОСТ 4787-97).

Даний матеріал використовується для силових деталей авіаційної і ракетно-космічної техніки, до яких пред'являють вимоги високої міцності при мінімальній масі.

У розрахунково-графічній роботі пропонується заготовку деталі «Качалка» виготовити методом об'ємної штампування.

Об'ємне штампування заготовок застосовується для деталей авіаційної і ракетно-космічної техніки, які піддаються при експлуатації значним постійним, змінним і ударним навантаженням.

Об'ємне штампування заготовок дозволяє зберігати напрямок волокон в металі, що допомагає конструктору раціонально врахувати напружено-деформований стан деталі в експлуатації.

Основне завдання процесів обробки матеріалів тиском полягає в максимальному наближенні форми і розмірів заготовок до форми і розміри готових деталей при забезпеченні необхідних фізико-механічних властивостей і заданої точності. Це дозволяє різко скоротити обсяг механічної обробки і забезпечити економію матеріальних ресурсів.

Застосовувані для об'ємного штампування матеріали забезпечують не тільки необхідні міцнісні властивості деталей, але і володіють задовільною пластичною деформуемістю.

Конфігурація штампованих заготовок повинна проектуватися так, щоб лінія роз'єму штампа лежала в одній площині або максимально до цього наближалася. При виконанні цієї умови штампове оснащення має більш просту конструкцію і меншу собівартість.

Залежно від ступеня відповідальності деталей присвоюється група контролю. До першої групи відносять особливо відповідальні деталі. Кожна деталь першої групи піддається повній перевірці. До другої групи відносять відповідальні деталі, які піддаються вибірковій перевірці (одна або кілька деталей в партії). До третьої групи відносять деталі, які не беруть для спеціальних перевірок і випробувань, особливо обумовленим в конструкторській та технологічній документації.

На всі поверхні заготовки, перпендикулярні площині роз'єму, призначають штампувальні ухили. Ухили призначені для полегшення вилучення заготовки з порожнини штампа. В штампуванні розрізняють зовнішні і внутрішні ухили.

На поверхні заготовки, перпендикулярні площині роз'єму штампа, призначаємо штампувальні ухили зовнішні 3° , внутрішні 5° .

Значення радіусів сполучень, переходів, заокруглень заготовки наведені в технічних умовах на робочому кресленні деталі.

У разі відсутності в технічних умовах на робочому кресленні деталі приймаємо не вказані радіуси заокруглень заготовки 2 мм.

1.2.1 Розрахунок операційних припусків і створення 3D-моделі заготовки

Вибравши вид заготовки, необхідно розрахувати припуск на обробку шляхом його підсумовування по всіх технологічних операціях (переходах) для кожної оброблюваної різанням поверхні деталі.

Припуск на обробку поверхонь деталі призначаємо на основі розрахунково-аналітичного методу визначення припусків.

Операційний припуск - це шар матеріалу, що видаляється з заготовки при виконанні однієї технологічної операції. Операційний припуск дорівнює сумі проміжних припусків що входять в дану операцію технологічні переходи.

Односторонній проміжний припуск обчислюють за формулою, мкм

$$Z = [R_z + h + (\bar{\rho}_a + \bar{\varepsilon}_\delta)] + \delta,$$

де Z – номінальний проміжний припуск;

R_z - висота мікронерівностей (величина параметрів шорсткості R_a та R_z для відповідного класу шорсткості поверхні);

h - глибина дефектного поверхневого шару, отриманого на попередньому переході;

$\bar{\rho}_a$ - векторна (геометрична) сума просторових відхилень взаємопов'язаних поверхонь оброблюваної заготовки, що вийшла на попередньому переході;

$\bar{\varepsilon}_\delta$ - похибка базування при виконуваний обробці;

δ - допуск на операційний розмір попередньої обробки.

При збігу настановної і конструктивної баз $\bar{\varepsilon}_\delta = 0$.

Величина $\bar{\rho}_a$ виключається з формул в разі обробки отворів плаваючим інструментом.

Призначення операційних припусків на обробку починають з вибору остаточної операції або технологічного переходу обробки відповідно до економічної точністю даної операції. Розмір заготовки-штампування складається з номінального розміру деталі за кресленням і припуску на обробку. Припуск на обробку - це припуск на одну сторону. Якщо розглянутий розмір заготовки - діаметр, то до нього додається два припуску, якщо радіус - один припуск.

Розрахунок двостороннього операційного припуску для штампованих заготовок наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Двосторонній операційний припуск для штамповок

Технологічний перехід обробки	Елементи припуску, мкм			Двосторонній операційний припуск, мкм
	R_z	h	δ	
штампування	160	500	650	1310
чорнове фрезерування	60	50	135	245
чистове фрезерування	25	35	65	125

Сума значень припуску на всі технологічні переходи обробки за даними таблиці 1.4 становить 1,68 мм.

З технологічних міркувань приймаємо односторонній припуск для штампованої заготовки деталі «Качалка» рівним 1,7 мм. Лінія роз'єму штампа для гарячого об'ємного штампування заготовки деталі «Качалка» лежить в одній площині. З урахуванням виконання всіх технічних умов робочого креслення і вимог до проектування можна вважати штамповану заготовку для деталі «Качалка» технологічною.

На рисунку 1.3 представлена комп'ютерна об'ємна модель штампованої заготовки деталі «Качалка».

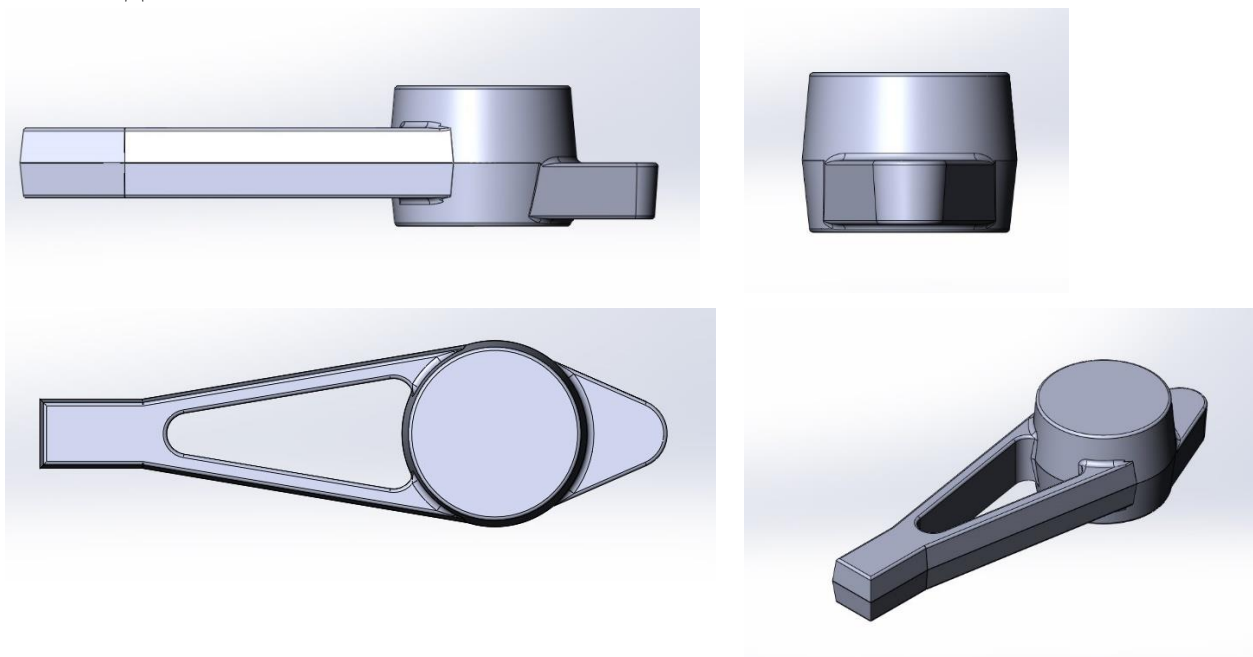


Рисунок 1.3 – Комп'ютерна 3D-модель заготовки деталі «Качалка»

Креслення заготовки деталі «Качалка» 104.РГР.143.03.02 наведено в Додатку.

1.3 Складання технологічного маршруту виготовлення деталі

Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі «Качалка» передбачає вирішення двох завдань:

- вибір методів обробки для кожної поверхні деталі;
- вибір послідовності виконання технологічних операцій для виготовлення деталі.

Вибір методів механічної обробки визначається конфігурацією деталі, її габаритами, видом обраної заготовки, вимогами до точності і якості оброблюваних поверхонь.

Послідовність виконання операцій (маршрут обробки) складають з урахуванням того, що кожен вид робочого процесу забезпечує відповідний ступінь точності і шорсткості лише в тому випадку, якщо проведена попередня обробка. В першу чергу обробляються поверхні, які будуть використовуватися в якості технологічних баз для наступних операцій. Закінчується процес виготовлення деталі чистовою обробкою отворів.

Для реалізації принципу суміщення технологічних і конструкторських баз і принципу сталості технологічності отвори свердлять попередньо як чорнові.

У таблиці 1.5 представлений укрупнений технологічний маршрут виготовлення деталі «Качалка».

Таблиця 1.5 - Технологічний маршрут обробки деталі «Качалка».

№ операції	Найменування і зміст операції	Устаткування, інструмент	Оснащення
005	4262 Горизонтально-фрезерувальна: фрезерувати поверхні 1, 2, витримуючи виконавчі розміри згідно карті ескізів	Верстат фрезерний 6P83; фреза торцева 2210-0081 Ø63 ГОСТ 9304-69	Лещата верстатні
010	4261 Вертикально-свердлильна виконати отвори 3, 4, витримуючи виконавчі розміри згідно карті ескізів	Верстат вертикально-фрезерний 6P13; свердло: Ø 8, Ø18,6 ГОСТ 886- 77; зенкер Ø20H8, Ø9H8 ГОСТ 14953-80	Кондуктор
015	4234 Фрезерування з ЧПК: фрезерувати поверхні 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, витримуючи виконавчі розміри згідно карті ескізів та РТК	Верстат фрезерний з ЧПК МА-655А; фреза кінцева Ø 10мм ГОСТ 26595- 85	УСП
020	4261 Вертикально-фрезерувальна: фрезерувати поверхні 15, 16, витримуючи виконавчі розміри згідно карті ескізів	Верстат вертикально-фрезерний 6P13; фреза дискова фасонна Ø63 В=8H8 R4 ГОСТ 2679-93	Лещата верстатні
025	4222 Вертикально-розточувальна: розточувати отвір 3, витримуючи виконавчі розміри згідно карті ескізів	Верстат вертикально-фрезерний 6P13; головка розточувальна універсальна ГОСТ 22393-77; різець розточувальний Т15К6 10/90 ГОСТ 18882-73	УСП
030	7142 Окислення електрохімічне	Ванна гальванічна	
035	7109 Хроматування	Ванна гальванічна	
040	7311 Грунтування пневматичне	Камера фарбувальна тупикова	
045	7361 Фарбування пневматичне	Камера фарбувальна тупикова	

1.3.1 Розробка карти ескізів для операцій обробки деталі

Технологічна операція - це закінчена частина технологічного процесу, виконується на одному робочому місці. Технологічна операція є основною одиницею виробничого планування і врахування. Установ є закінченою частиною технологічної операції, виконується при незмінному базуванні і закріпленні заготовки. Карта ескізів це основний графічний документ системи стандартів ЕСТД (єдиної системи технологічної документації), який дає наочну інформацію про виконувану технологічну операцію.

На операційній карті ескізів обробки необхідно показати:

1. Заготовку в робочому положенні щодо розташування ріжучого інструменту на верстаті. Контур заготовки зображують в такому вигляді, який заготовка отримає в кінці виконання даної операції або установка. Якщо технологічна операція виконується за кілька установ, то операційний ескіз оформляють для кожного установка заготовки окремо.

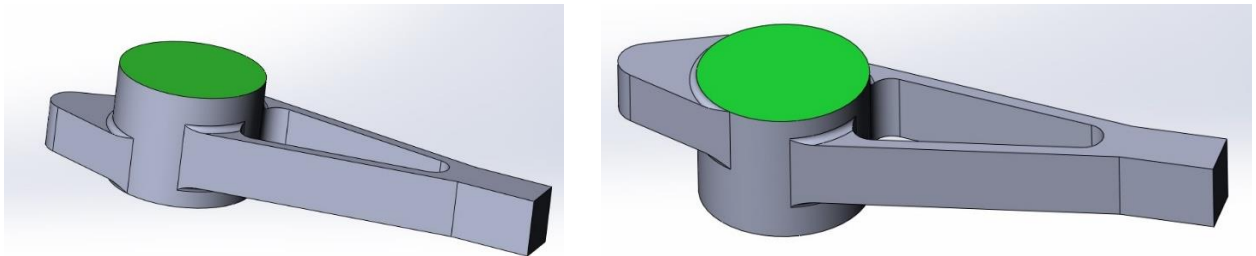
2. Поверхні заготовки, які обробляються на даній технологічній операції, виділяються потовщеними лініями. У навчальних цілях допускається виділяти оброблювані поверхні червоним кольором.

3. Умовне позначення опор, затискачів, установочних пристроїв на операційній карті ескізів виконують згідно з ГОСТ 3.1197-81 «Опори, затискачі та установочні пристрої. Графічні позначення».

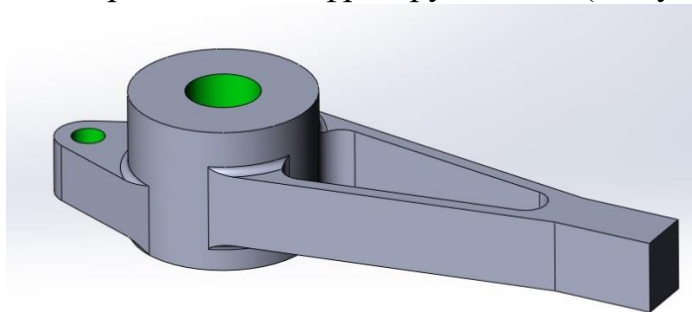
4. Нумерацію розмірів обробки заготовки проставляють в кружках, починається з цифри 1. Послідовність проставлення номерів в кружках ведуть по ходу годинникової стрілки. Нумерація відноситься тільки до даної технологічної операції (установу). На наступних операціях (установках) нумерацію знову починають з цифри 1.

Карта ескізів для операцій механічної обробки різанням деталі «Качалка» представлена в Додатку (креслення 104.РГР.143.02.03).

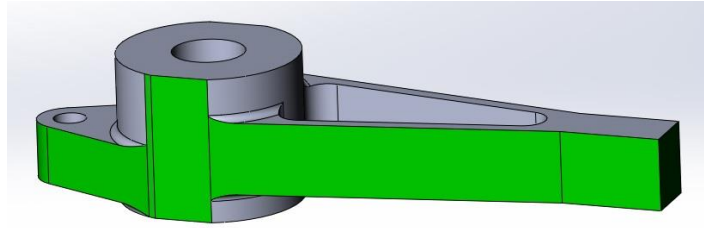
Технологічний маршрут виготовлення деталі «Качалка» представлено комп'ютерними моделями оброблюваних поверхонь на рисунку 1.4.



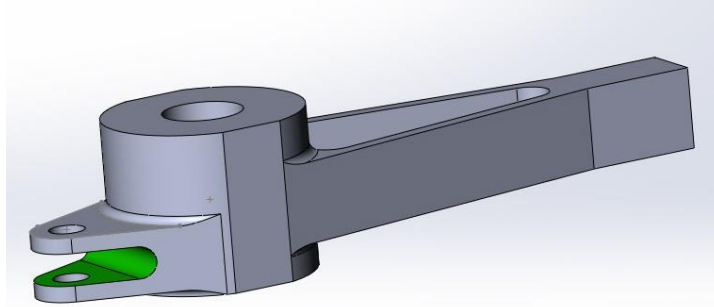
005 4262 «Горизонтально-фрезерувальна» (два установка)



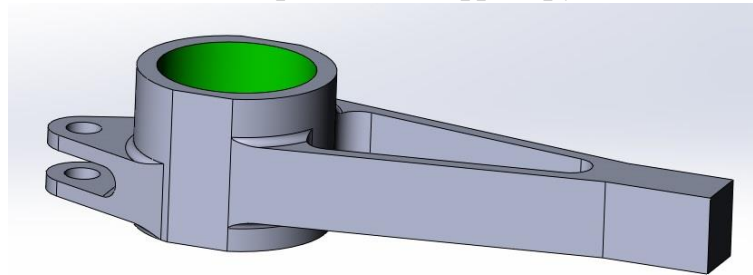
010 4261 «Вертикально-свердильна»



015 4234 «Фрезерування з ЧПК»



020 4262 «Вертикально-фрезерувальна»



025 4222 «Вертикально-розточувальна»

Рисунок 1.4 3D- моделі поопераційної обробки деталі «Качалка»

1.4 Призначення технологічних баз для операцій обробки деталі

При розробці кожної операції обробки на металорізальних верстатах необхідно забезпечити базування і закріплення заготовки.

Базування при механічній обробці задає необхідне положення заготовки на верстаті щодо різального інструменту.

Закріплення заготовки в верстатному пристосуванні забезпечує нерухомість положення заготовки, досягнутого при базуванні.

Геометричне положення заготовки щодо різального інструменту і фіксацію заготовки при механічній обробці показують на схемі базування і закріплення.

Схему базування і закріплення на кожну технологічну операцію і кожен установ в складі операції розробляють у вигляді операційного ескізу. На операційному ескізі заготовку показують в тому стані, яке вона набуває в результаті виконання заданої операції.

В якості технологічних баз для операцій необхідно вибирати конструкторські бази деталі або поверхні, щодо яких задано положення найбільшої кількості оброблюваних поверхонь.

При виборі технологічних баз для операцій виготовлення деталі необхідно керуватися принципами суміщення і сталості баз.

Принцип суміщення баз - в якості технологічних баз слід приймати конструкторські бази деталі у виробі.

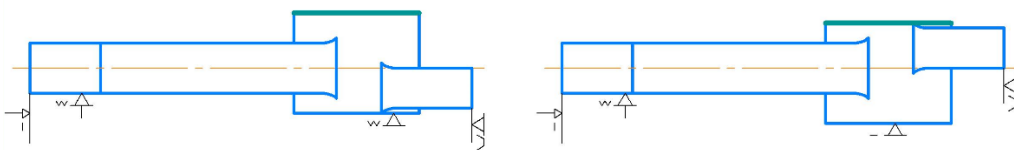
Принцип постійності баз - на всіх основних операціях використовують одні і ті ж технологічно бази. В цьому випадку відсутні можливі зсуви заготовки при кожній перестановці на нових операціях за рахунок зміни баз. Точність обробки заготовки при виконанні цього принципу буде найбільшою. Для дотримання принципу сталості баз часто створюють нові бази, що не мають конструкторського призначення (для розглянутої в РГР деталі «Качалка» це технологічні отвори).

Технологічні бази для виконання кожної операції механічної обробки заготовки призначають в два етапи.

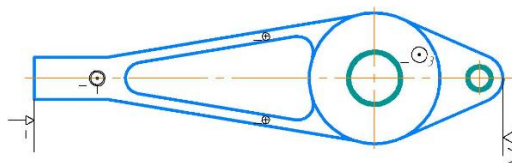
На першому етапі призначають технологічні бази, які необхідні для отримання найбільш відповідальних розмірів деталі або які можна використовувати при обробці більшості поверхонь заготовки.

На другому етапі вирішують питання про вибір поверхонь для базування заготовки на першій технологічній операції обробки.

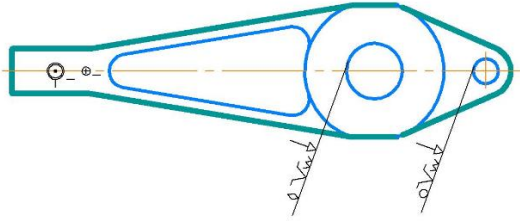
На першій операції виготовлення деталі повинні бути оброблені ті поверхні заготовки, які в подальшому будуть служити технологічною базою при чистовій обробці. Для деталей з литих або штампованих заготовок в якості чорнових баз слід приймати поверхні, які в готовій деталі залишаться необробленими. На основі вищевикладених принципів і рекомендацій призначимо технологічні бази для всіх операцій механічної обробки поверхонь штампованої заготовки деталі «Качалка» (рисунок 1.5).



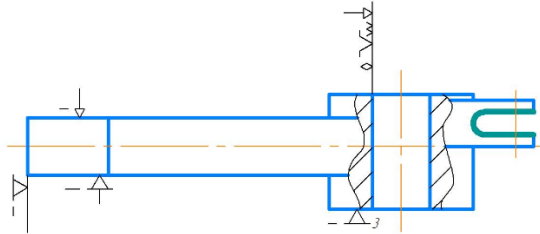
005 4262 «Горизонтально-фрезерувальна» (два установка)



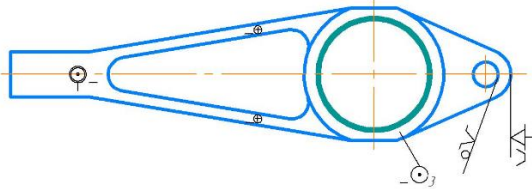
010 4261 «Вертикально-свердильна»



015 4234 «Фрезерування з ЧПК»



020 4262 «Вертикально-фрезерувальна»



025 4222 «Вертикально-розточувальна»

Рисунок 1.5 - Схема базування та закріплення заготовки для операцій механічної обробки деталі «Качалка»

Провівши аналіз схеми базування і закріплення заготовки для операцій механічної обробки деталі «Качалка» можна зробити висновки:

- на першій операції в якості чорновий бази заготовки прийнята поверхню, яка в готовій деталі залишається необробленою;
- на всіх операціях для зменшення похибки базування як чистових баз використовуються вже оброблені поверхні заготовки;
- для всіх операцій обробки різанням дотримується принцип суміщення технологічних і конструкторські баз;

2. РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ

Одним з основних в технології машинобудування є положення про те, що обрана для виготовлення деталі технологія повинна забезпечувати тільки ту ступінь точності, яка задана конструктором.

Уточненням називається відношення похибки заготовки $\Delta_{заг}$ до похибки деталі $\Delta_{дет}$: $\epsilon = \Delta_{заг} / \Delta_{дет}$.

Кожна операція обробки даної поверхні повинна мати уточнення більше одиниці, тобто подальша операція повинна забезпечувати більш високу точність

обробки, ніж попередня. Якщо уточнення рівне або менше одиниці, то така операція є зайвою.

2.1 Розрахунок режимів різання для операції «4234 Фрезерна з ЧПК»

Режим різання при фрезеруванні визначають параметри:

- швидкість руху різання V , м/хв;
- швидкість руху подачі S , в тому числі S_z - подача на зуб, мм / зуб; S_o - подача на оборот, мм / об; S_m - хвилинна подача, мм / хв;
- глибина різання t , мм;
- ширина фрезерування B , мм.

Призначення режимів різання при механічній обробці фрезеруванням виконують в такій послідовності:

1. Вибір конструкції і геометрії фрези та марки інструментального матеріалу.
2. Призначення глибини різання t .
3. Розрахунок подачі на зуб S_z .
4. Призначення періоду стійкості інструменту T .
5. Розрахунок допустимої швидкості різання V .
6. Розрахунок частоти обертання фрези n .
7. Коригування значень n і S_m за паспортними даними фрезерного верстата в сторону зменшення.
8. Розрахунок сили P_z і потужності різання N_p та порівняння з паспортною потужністю верстата N_{cm} (Повинно виконуватися умова $N_p < N_{cm}$).

Призначення режимів різання для операції 4234 «Фрезерна з ЧПК» механічної обробки деталі «Качалка» виконуємо в рекомендованій послідовності:

1. Як ріжучий інструмент для фрезерування по периметру заготовки деталі «Качалка» на верстаті з ЧПК вибираємо фрезу кінцеву з циліндричним хвостовиком за ГОСТ 17025-81. З урахуванням ширини фрезерування $B = 22$ мм поверхонь заготовки, що обробляються на даній операції, з каталогу вибираємо кінцеву фрезу нормальної серії діаметром 10мм.

Матеріал ріжучої частини кінцевої фрези твердий сплав марки Т15К6, який має високу твердість і червоностійкість та забезпечують високі показники при механічній обробці деформованого алюмінієвого сплаву АК6, з якого виготовлена деталь «Качалка». Зовнішній вигляд і геометричні параметри кінцевої фрези нормальної серії по ГОСТ 17025-81 наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Зовнішній вигляд і геометричні параметри кінцевої фрези

				
Геометричні параметри кінцевої фрези по ГОСТ 17025-81				
D	L	l	z	d
10	72	22	4	10

2. Глибину різання t для чистового фрезерування призначаємо $t = 0,5$ мм з 1,7 мм прийнятого одностороннього операційного припуску згідно з проведеними раніше розрахунками (див. таблицю 1.4).

3. Подачу на зуб S_z при фрезеруванні кінцевими фрезами з інструментального матеріалу у вигляді твердого сплаву можна знайти емпірично

$$S_z = 0,0432 \frac{D^{0,45}}{t^{0,22} B^{0,1}} K_m, \text{ мм/зуб}, \quad (2.1)$$

де поправочний коефіцієнт K_m залежить від шорсткості оброблюваної поверхні за кресленням і береться для значень шорсткості **Ra25**, **Ra12,5**; **Ra6,3**; **Ra3,25** відповідно $K_m = 1,5$; 1,0; 0,65; 0,4. Приймаємо для шорсткості **Ra12,5** контурної обробки деталі «Качалка» $K_m = 1,0$.

Тоді :

$$S_z = 0.0432 \frac{10^{0.45}}{0.5^{0.22} * 22^{0.1}} = 0.104 \text{ мм/зуб}$$

4.Період стійкості інструменту T призначають по нормативним даним в залежності від оброблюваного матеріалу, виду, розмірів і матеріалу ріжучого інструменту

$$T = CD^x, \text{ хв}, \quad (2.2)$$

де C , x – табличні значення для твердих сплавів, наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Дані для розрахунку періоду стійкості кінцевої фрези діаметром D , мм

Інструментальний матеріал	Значення	
	C	x
Твердий сплав	0,81	1,10

Тоді період стійкості кінцевої фрези $T = 0,81 \times 10^{1,1} = 12,36$ хв.

5. Розрахунок допустимої швидкості різання визначаємо за емпіричною формулою

$$V = \frac{37,3 D^{0,45}}{t^{0,3} S_z^{0,2} B^{0,1} z^{0,1}} K_v, \text{ м/мин}, \quad (2.3)$$

де поправочний коефіцієнт K_v залежить від виду і марки оброблюваного матеріалу і вибирається з таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Значення поправочного коефіцієнта K_v

Оброблюваний матеріал	АК6
Значення коефіцієнта K_v	1,0

На підставі отриманих даних допустима швидкість різання має величину

$$V_p = \frac{37.3 \cdot 10^{0.45} \cdot 1}{22^{0.1} \cdot 0.104^{0.2} \cdot 0.5^{0.3} \cdot 4^{0.1}} = 130,07 \text{ мм/хв}$$

6. Визначимо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата з кінцевою фрезою по співвідношенню $n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 130,07}{3,14 \cdot 10} = 4142,36 \text{ 1/хв}$.

7. Технічні характеристики фрезерного верстата з ЧПК моделі МА-655А (таблиця 2.4) не забезпечують розрахункову частоту обертання шпинделя. Тому приймаємо частоту обертання шпинделя верстата $n_{прин} = 2500 \text{ 1/хв}$.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики верстата з ЧПК моделі МА-655А

Клас точності за ГОСТ 8-82	Н
Розміри робочої поверхні, мм	1250x500
Найбільше вертикальне переміщення каретки Z , мм	630
Межа частот обертання шпинделя, 1/хв	20-2500
Потужність привода головного руху, кВт	17
Швидкості робочих переміщень X, Y мм/хв	1-10000
Швидкості робочих переміщень Z мм/хв	1-7000
Прискорене переміщення за координатами X, Y , мм/хв	10000
Прискорене переміщення по координаті Z , мм/хв	7000
Кількість інструментів у магазині, шт.	8
Точність позиціонування X (стола), мм	0,02
Точність позиціонування Y (повзуна), мм	0,02
Точність позиціонування Z (вертикальна), мм	0,02
Габаритні розміри верстату (ДxШxВ), мм	3950x3490x3650
Маса верстату, кг	10000

Розрахуємо хвилинну подачу для чистового фрезерування заготовки деталі «Качалка» $S_m = S_z z n_{прин} = 0.104 \cdot 4 \cdot 2500 = 1040 \text{ мм/хв}$, де $n_{прин}$ – прийнята частота обертання шпинделя, 1/хв.

Технічні характеристики верстата МА-655А (див. таблицю 2.4) забезпечують дану хвилинну подачу робочих переміщень кінцевої фрези по траєкторії програмної обробки заготовки деталі «Качалка».

8. Силу різання для фрезерування кінцевою фрезою заготовки деталі «Качалка» розраховуємо за формулою

$$P = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^u z K}{D^q n^w} \quad (2.4)$$

де C_p, k – коефіцієнт пропорційності і поправочний коефіцієнт;

x, y, u, q, w – показники ступеня;

поправочний коефіцієнт $K = K_{m_p} K_{V_p} K_{\varphi_p} K_{\gamma_p}$.

Кругову силу при фрезеруванні алюмінієвих і магнієвих сплавів розраховують, як для сталі, з введенням коефіцієнта $K_{m_p} = 0,25$.

Поправочний коефіцієнт K_{V_p} враховує вплив швидкості різання на силу різання P , розраховується за емпіричними формулою $K_{V_p} = \frac{1,92}{V^{0,14}}$ – для позитивних передніх кутів зуба кінцевої фрези $\gamma = 15$.

$$\text{Тоді } K_{V_p} = \frac{1,92}{130,07^{0,14}} = 0,9712.$$

Поправочний коефіцієнт K_{γ_p} , що враховує вплив переднього кута γ зуба кінцевої фрези на окружну силу різання P , розраховується за формулою

$$K_{\gamma_p} = \frac{1,36}{\gamma^{0,15}} \text{ – для позитивних передніх кутів } \gamma = 15.$$

$$\text{Тоді } K_{\gamma_p} = \frac{1,36}{15^{0,15}} = 0,906.$$

Головний кут в плані φ для кінцевих фрез найчастіше дорівнює 90° , поправочний коефіцієнт для якого $K_{\varphi_p} = 0,87$.

Значення коефіцієнта пропорційності, поправочний коефіцієнт і показники ступеня для розрахунку сили різання при фрезеруванні кінцевою фрезою представлені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Значення коефіцієнтів для розрахунку сили різання

Коефіцієнт	C_p	k	x	y	u	q	w
Значення	12,5	0,195	0,85	0,75	1	0,73	0,13

Для обраного діаметра кінцевої фрези і ширини фрезерування по контуру сила різання має величину

$$P = \frac{10 \times 12,5 \times 0,5^{0,85} \times 0,104^{0,75} \times 22^1 \times 4 \times 0,19}{10^{0,73} \times 2500^{0,13}} = 14,3 \text{ Н.}$$

Визначимо потужність різання як

$$N = \frac{PV}{61200} = \frac{14,3 \times 130,07}{61200} = 0,03 \text{ кВт.}$$

Технічні характеристики вертикально-фрезерного верстата з ЧПК моделі МА-655А (див. таблицю 2.4) забезпечують необхідну потужність різання при контурному фрезеруванні кінцевою фрезою заготовки деталі «Качалка».

2.1.1 Розробка РТК для операції обробки деталі на верстаті з ЧПК

Конструктивно-технологічний аналіз оброблюваних поверхонь деталі «Качалка» (див. рисунок 1.2 і таблицю 1.3) показує, що зовнішні циліндричні

поверхні 5, 6, 7 і 8 можуть бути виготовлені тільки фрезеруванням на верстаті з ЧПК. Фрезерні верстати з ЧПК і автоматичною зміною інструменту призначені для обробки по керуючій програмі деталей складної криволінійної форми. На верстатах з ЧПУ можна виробляти фрезерування площин, пазів, зовнішніх і внутрішніх фасонних контурів з високою точністю.

Для виконання операції 015 4234 «Фрезерна з ЧПК» був обраний фрезерний верстат з ЧПК моделі МА-655А, технічні характеристики якого наведені в таблиці 2.4.

Крім операційного ескізу, обов'язковим елементом операційної технології програмної обробки на верстатах з ЧПК є кінематична схема переміщення інструменту для кожного технологічного переходу - розрахунково-технологічна карта (РТК).

РТК повинна містити наступні дані:

- прямокутну систему координат XMZ фрезерного верстата з ЧПК з початком відліку в нульовій точці верстата M ;
- прямокутну систему координат деталі $X_{\partial}MZ_{\partial}$ з початком відліку в нульовій точці деталі W ;
- координати вихідної точки інструменту O , визначеної щодо нульової точки верстата і використовуваної для початку роботи інструменту по керуючій програмі;
- контур деталі, що підлягає обробці, із зазначенням схеми базування і закріплення заготовки;
- траєкторію руху вихідної точки інструменту O в системі координат верстата XMZ .

На лінії руху інструменту позначають опорні точки - геометричні та технологічні, в яких відбувається зміна геометрії траєкторії або умов обробки.

Опорна геометрична точка - точка розрахункової траєкторії, в якій змінюється закон, за яким описана траєкторія. Опорна технологічна точка - точка розрахункової траєкторії, в якій відбувається зміна умов протікання технологічного процесу. Основною лінією позначають ділянки робочого ходу, пунктирною - допоміжного ходу. Напрямок обходу для наочності задають стрілками на кожній ділянці траєкторії руху вершини інструменту. Центр інструменту - нерухома щодо державки точка інструменту, по якій ведеться розрахунок траєкторії. РТК для операції 015 4234 «Фрезерна з ЧПК» обробки деталі «Качалка» представлена в Додатку (креслення 104.РГР.143.02.04).

2.2 Проектування схеми спеціального верстатного устаткування

В якості спеціального верстатного пристосування для обробки деталі «Качалка» був обраний кондуктор. Кондуктор призначений для установки і закріплення заготовки деталі «Качалка» при обробці отворів діаметром 20 та 8 мм на вертикально-фрезерному верстаті моделі 6P13.

Схема кондуктора показана на рисунку 2.2.

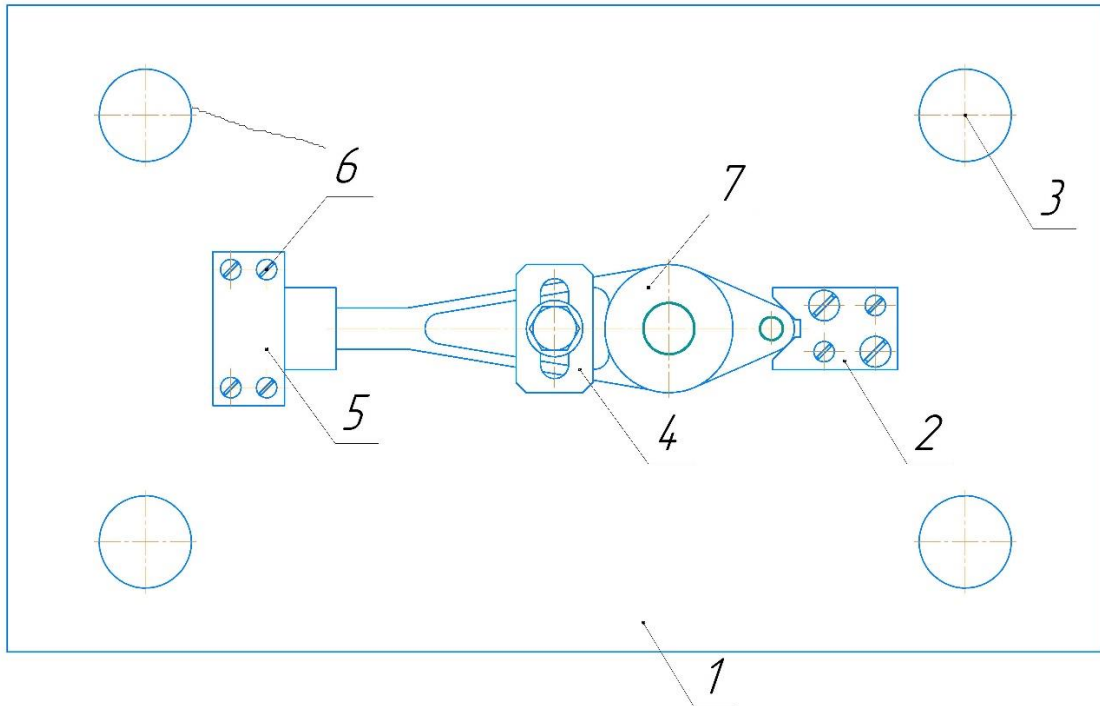


Рисунок 2.2 – Схема кондуктора: 1 – плита кондуктора ; 2 – призма;
3 – направляючі колони; 4 – притиск; 5 – притиск рухомий; 6 – гвинти;
7 - деталь

Базовим елементом кондуктора є плита 1. На плиту 1 кріплять гвинтами і штифтами призму 2 і рухомий притиск 5.

Призми забезпечують базування зовнішніх циліндричних поверхонь заготовки між двома опорами.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Технологія виготовлення деталей літальних апаратів з видаленням припуску: підручник / В. С. Кривцов, В. Т. Сікульський, Ю. В. Д'яченко, О. В. Шіпуль та ін. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2010. – 224 с.
2. Технология производства деталей летательных аппаратов размерной обработкой: учеб. пособие по лаб. практикуму / В. Т. Сікульський, Ю. В. Д'яченко, В. П. Божко и др. – Харьков : Нац. аерокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьков. авіац. ін-т», 2017. – 180 с.
3. Вибір режимів різання при обробці деталей ЛА на верстатах із ЧПК : навч. посіб. до курс. і дипл. проектування / В. В. Воронько, Ю. В. Д'яченко, С. Д. Проскурін та ін. – Х. : Нац. аерокосм. ун-т ім. М.Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2011. – 72 с.4.
4. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой. – М. Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 656 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой. – М.: Машиностроение, 1985. – Т. 2. – 496 с.
6. Проектирование специальных станочных приспособлений / В. В. Воронько, Ю. В. Д'яченко, С. Д. Проскурин, В. Т. Сікульський. – Учеб. пособие по курсовому и дипломному проектированию. – Харьков: Нац. аерокосм. ун-т «Харьк. авіац. ін-т», 2006. – 66 с.
7. Порядок оформления учебных документов: учеб. пособие / В. Н. Павленко, В. В. Воронько, Ю. А. Сысоев, И. М. Тараненко. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «Харьк. авіац. ін-т», 2013. – 76 с.

ДОДАТОК

К104.РГР.143.03.02

Перв. примен.

Справ. №

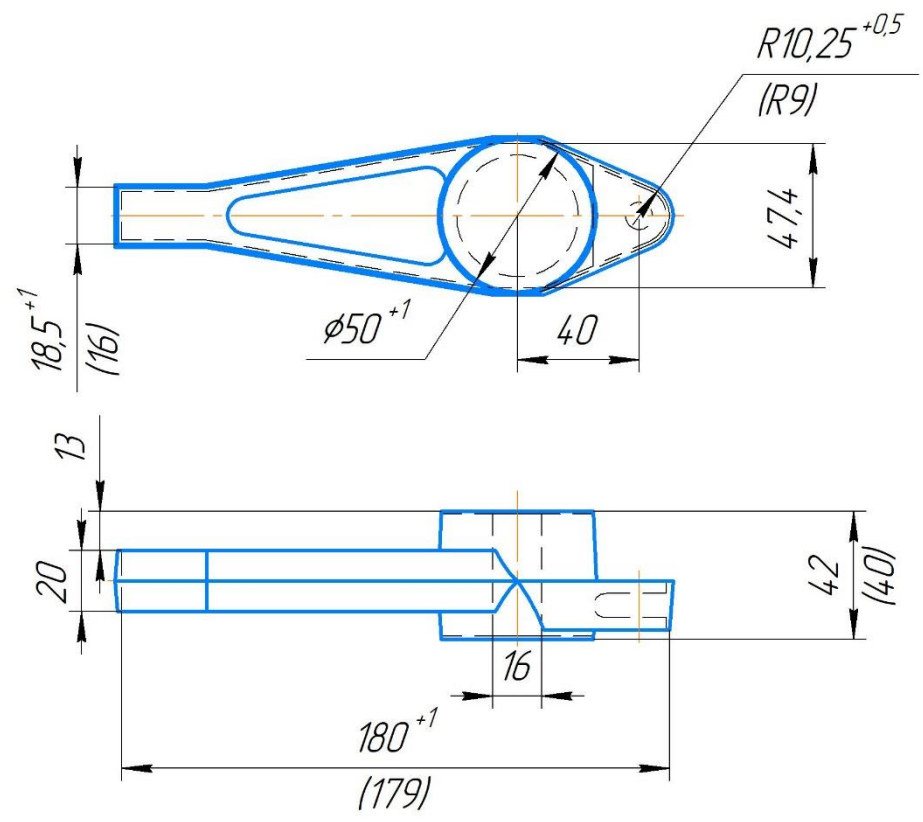
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



- 1 Штампування за ОСТ1 90073-85. Група контролю 3;
- 2 Штампувальні зовнішні наклони 5°, внутрішні 7°;
- 3 незначені радіуси заокруглень R4 мм;
- 4 Допуски на розміри зк ОСТ1 41187-78 кл.5;
- 5 Розміри в дужках - чистові.

К104.РГР.143.03.02

Качалка
(заготовка)

Лит.	Масса	Масштаб
Н	0,33	1:2
Лист		Листов 1

Сплав АК6 ГОСТ 4784-97

ХАІ зр.143

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Семикоз М.Ю.		
Пров.		Д'яченко Ю.В.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Копировал

Формат А4

K104.P.P.14.3.03.03

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

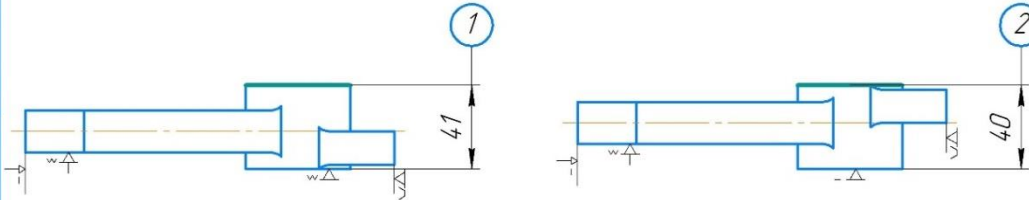
Инд. № дробл.

Взам. инв. №

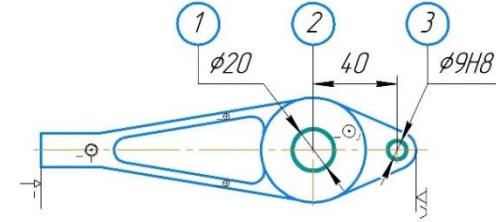
Подп. и дата

Инд. № подл.

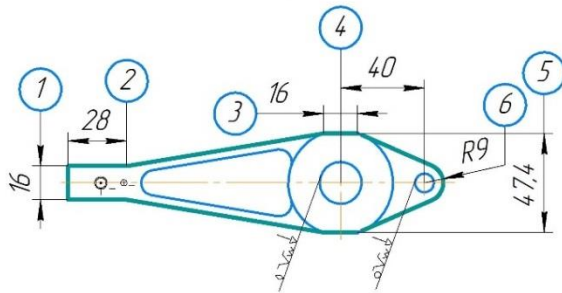
005_4262 Горизонтально-фрезерная (2 установка)



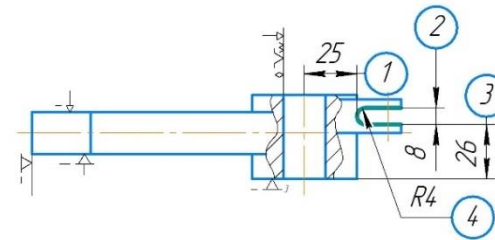
010_4261 Вертикально-сверлильная



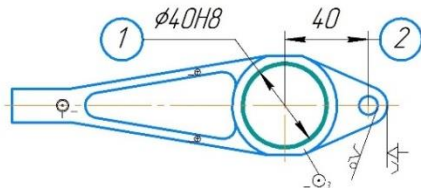
015_4234 Фрезерная з ЧПК



020_4261 Вертикально-фрезерная



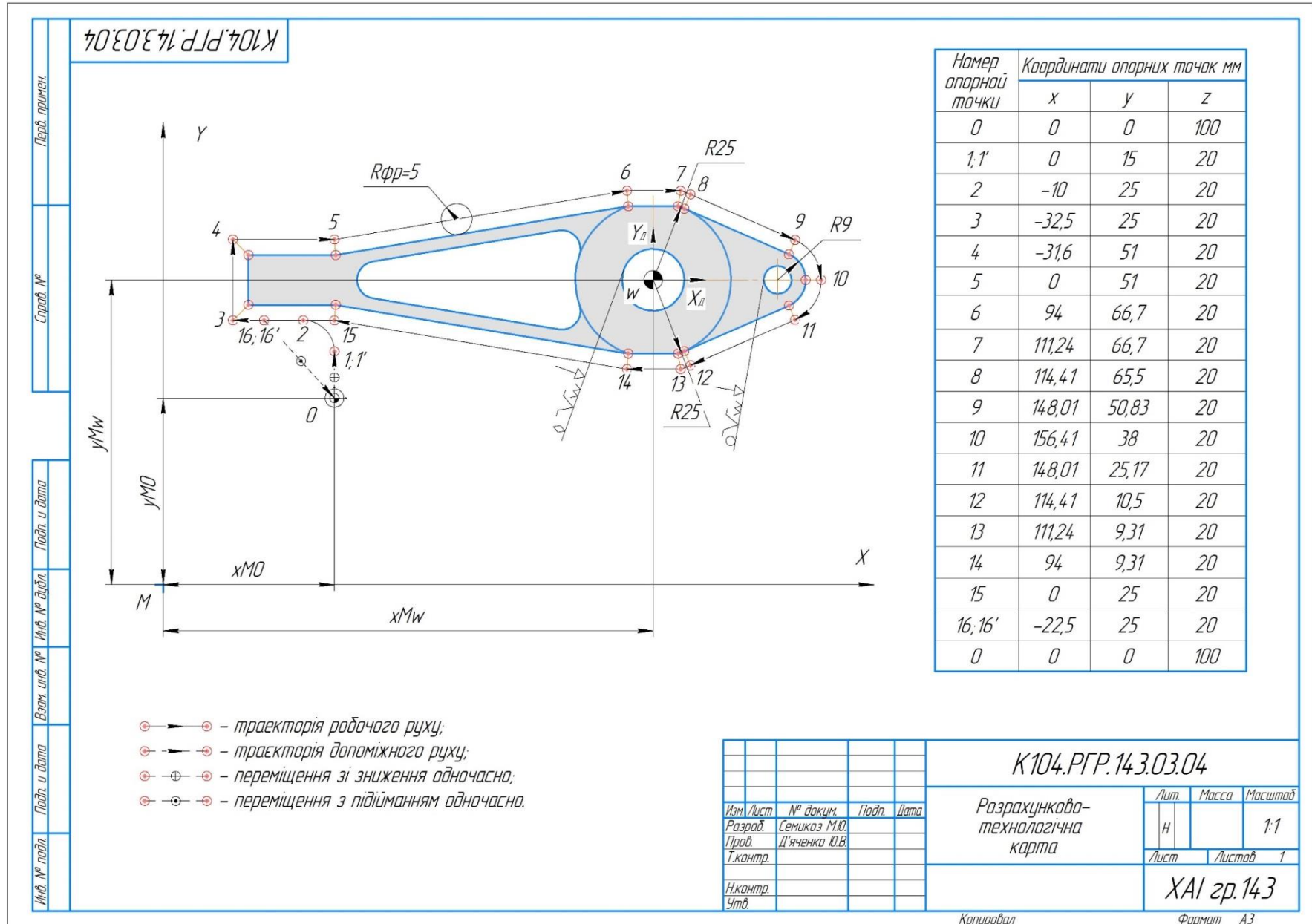
025_4222 Вертикально-разточная



				K104.P.P.14.3.03.03		
Изм./Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Семикоз М.Ю.			Н		1:2
Проб.	Дьяченко Ю.В.			Лист	Листов	1
Т.контр.				ХА1 зр.143		
Н.контр.						
Утв.						

Копировал

Формат А3

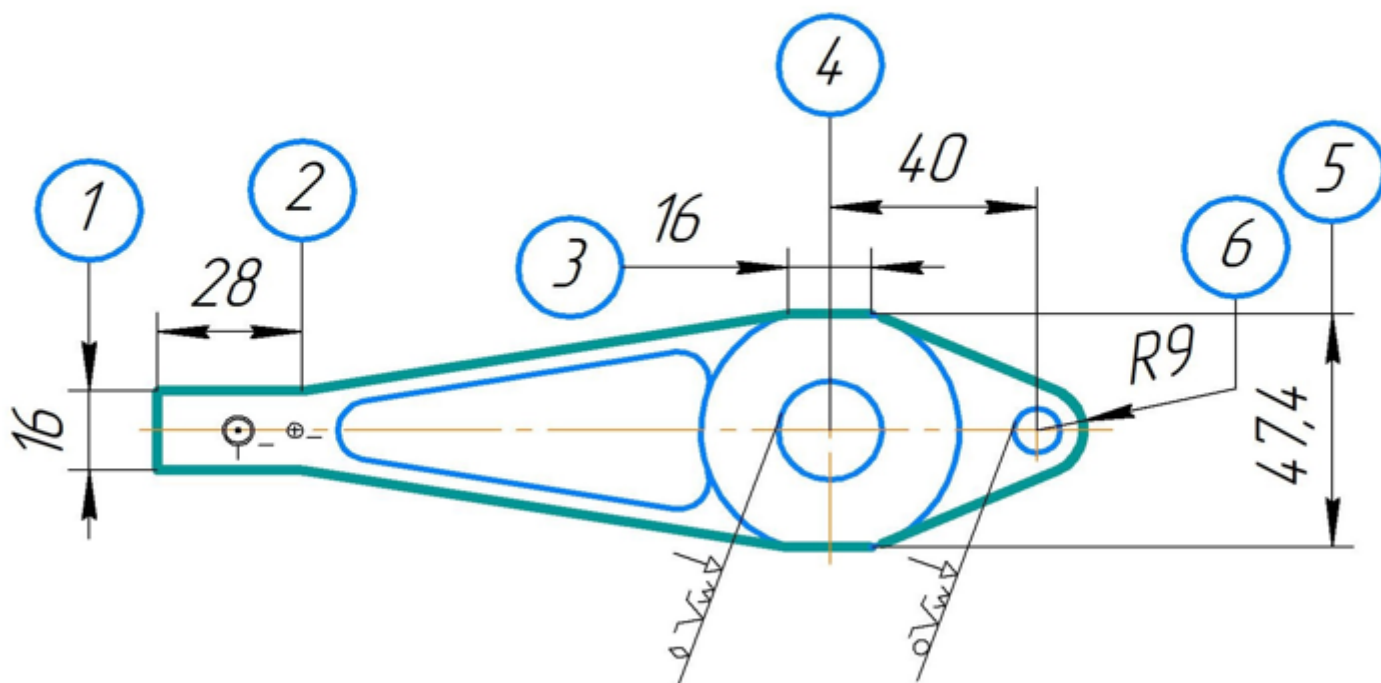


				ГОСТ 3.1105-84 форма 2			
Дубл.							
Взам.							
Подл.							
				K104.02100.14302	7	1	
XAI, K104		104.РГР.143.02.01		-	-		
Качалка					РГР	-	-
<p><i>Міністерство освіти і науки України</i> <i>Національний аерокосмічний університет</i> <i>ім. М.Є. Жуковського "ХАІ"</i></p>							
<p>ЗАТВЕРДЖУЮ Керівник РГР _____ <i>Дьяченко Ю.В.</i> (підпис) (П.І.Б) "_" " 2021 р.</p>							
<p>КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ на одиничний технологічний процес виготовлення деталі "Качалка"</p>							
<p>Розробив студент 143 гр. _____ <i>Семикоз М.Ю.</i> (підпис) (П.І.Б) "_" " 2022 р.</p>							
ТЛ							

ГОСТ 3.1404-86 форма 3										
Дубл.										
Взам.										
Подл.										
								02100.14302	2	1
Розроб.	Семикоз М.Ю.			XAI, K104	104.PGP.143.02.01		-			104.60142.00003
Затверд.	Дьяченко Ю.В.									
Н.контр.										015
Найменування операції		Матеріал		Твердість	ЕВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	КОИД
Фрезерна з ЧПК		AK6 ГОСТ 4784-97			кг	0,18	Штамповка 179x47,4x40		0,33	1
Обладнання, пристрій ЧПК		Позначення програми		To	Tв	Tпз.	Tшт.	СОЖ		
MA-655A								Емульсія		
P		ПИ	D або B	L	t	i	S	n	V	
01			мм	мм	мм	шт	мм/хв	1/хв	м/хв	
002	1. Встановити деталь вручну та закріпити									
003	(1) - пристосування									
04										
005	2. Фрезерувати по контуру згідно КЗ 104.60142.00001, витримуючи розміри 1-8; ПИ №72-04; ИОТ №144-82									
006	(1) - втулка цанговая Ø10мм; (1) - фреза концевая Ø10мм ГОСТ17026-71									
007			10	72	0,5		900	2500	126	
08										
009	3. Розкріпити, зняти									
010	(1) - пристосування									
11										
12										
13										
OK	Обробка деталей на металоріжучих верстатах з ЧПК									4

ГОСТ 3.1404-86 форма 2а										
Дубл.										
Взам.										
Подл.										
								02100.14302	2	
								104.РГР.143.02.01	104.60142.00004	015
Р	ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V		
01		мм	мм	мм	шт	мм/хв	1/хв	м/хв		
002	4. Контроль виконавчих розмірів згідно КЭ 104.20142.00001									
Т03	згідно креслення									
Р04	(1) - ШЦ I-125-0,1 ГОСТ 166-80									
05										
006										
Т07										
08										
009										
10										
Т11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
OK	Обработка деталей на металлорезущих верстатах з ЧПК									5

										ГОСТ 3.1105-84 , форма 7	
Дубл.											
Взам.											
Подл.											
								02100.14302	1	1	
Разраб.	Семикоз М.Ю.			XAI, K104	104.РГР.143.02.01	-	104.20142.00001				
Утверд.	Дьяченко Ю.В.			Качалка							015
Н.контр.											



КЭ

6

ГОСТ 3.1502-85 форма 2										
Дубл.										
Взам.										
Подл.										
						02100.14302	1	1		
Разраб.	Семикоз М.Ю.			XAI, K104	104.РГР.143.02.01				104.60102.00006	
Утверд.	Дьяченко Ю.В.				Качалка					035
Н.контр.										
Найменування операції					Найменування, марка матеріала					МД
Контроль					AK6 ГОСТ 4784-97					0,18
Найменування обладнання				To	Tв					
Плита контрольна										
Р	Параметри, що контролюються	Код засобів ТО			Найменування засобів ТО			Об'єм і ПК	To/Tв	
001	1. 16; 28; 40; 47,4				ШЦ II-160-0,05 ГОСТ 166-80			100		
002	2. Ø40H8; Ø9H8				Пробка ГОСТ 14810-69			100		
003	4. Шорсткість оброб.поверхн.				Зразки шорст. поверхн. ГОСТ 9378-75			50		
004	5. Відхилення від співвіс.				Пристосування контрольне			100		
005	вісей отворів 40+-0.3									
06										
07										
08										
09										
10										
11										
12										
OK	Технічний контроль								7	