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 № 140
напряму підготовки (спеціальності)
134 «Авіаційна та ракето-космічна техніка»
(шифр і назва підготовки (спеціальності)
Гарбуз А.А.
(прізвище й ініціали студента)
Керівник: к.т.н, професор кафедри № 104 Д'яченко Ю. В.
(науковий ступінь, посада, прізвище й ініціали)

Національна шкала: ___________
Кількість балів: _______
Оцінка ECTS _______

Харків – 2023

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

Літакобудівний
факультет

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

ЗАВДАННЯ НА РОЗРАХУНКОВО- ГРАФІЧНУ РОБОТУ

з дисципліни «Технологія виробництва літаків та вертольотів»

Студенту ______Гарбуз А.А.______________ групи № 140

(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 обґрунтувать метод її виготовлення

1.2.1 Розрахунок операційних припусків і створення 3D-моделі заготовки

1.3 Скласти технологічний маршрут обробки деталі

1.3.1 Комп'ютерне моделювання поопераційної обробки деталі

1.4 Визначити технологічні бази для всіх операцій розмірної обробки

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).

2.2 Спроектувати схему спеціального верстатного пристрою для _________________ операції. Описати конструкцію та принцип дії пристрою.

2.3 Оформити комплект технологічної документації на процес розмірної обробки деталі (титульний лист, маршрутна та операційні карти, карта ескізів, карта технічного контролю).

Обсяг етапу – ___*%*. Строк виконання ______________________________

ЗВІТНИЙ МАТЕРІАЛ: креслеників 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 ________Кришка_______ _________

(найменування деталі) (дата)

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 / Ю.В. Дьяченко, В.Т. Сикульский. – Учеб. пособие по курсовому и дипломному проектированию. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2006. – 66 с.

4. Правила оформлення навчальних і науково-дослідних документів : навч. посіб. / Ю. А. Воробйов, Ю. О. Сисоєв. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2019. – 88 с.

ЗМІСТ

Завдання на розрахунково-графічну роботу…………………………………... 2
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………………………………………………………………………… 6
1.3 Складання технологічного маршруту виготовлення деталі……….…... 8
1.3.1 Розробка карти ескізів для операцій обробки деталі…………… 9
1.4 Призначення технологічних баз для операцій обробки деталі……….. 11
2 Розробка операції механічної обробки деталі………………………………... 13
2.1 Розрахунок режимів різання для операції «4234 Фрезерна з ЧПК»…. 13
2.1.1 Розробка РТК для операції обробки деталі на верстаті з ЧПК…. 16
2.2 Проектування схеми спеціального верстатного пристрою ……..... 20
Бібліографічний список………………………………………………………… 21
Додаток А 104.РГР.140.02.01 – Кронштейн…………………………………… 23
Додаток Б 104.РГР.140.02.02 – Заготовка……………………………………… 24
Додаток В 104.РГР.140.02.03 – Карта ескізів………………………………….. 25
Додаток Г 104.РГР.140.02.04 – 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 «Кришка» (креслення деталі 104.РГР.140.01.01 наведено в Додатку).

Комп'ютерна об'ємна модель деталі показана на рисунку1.1.

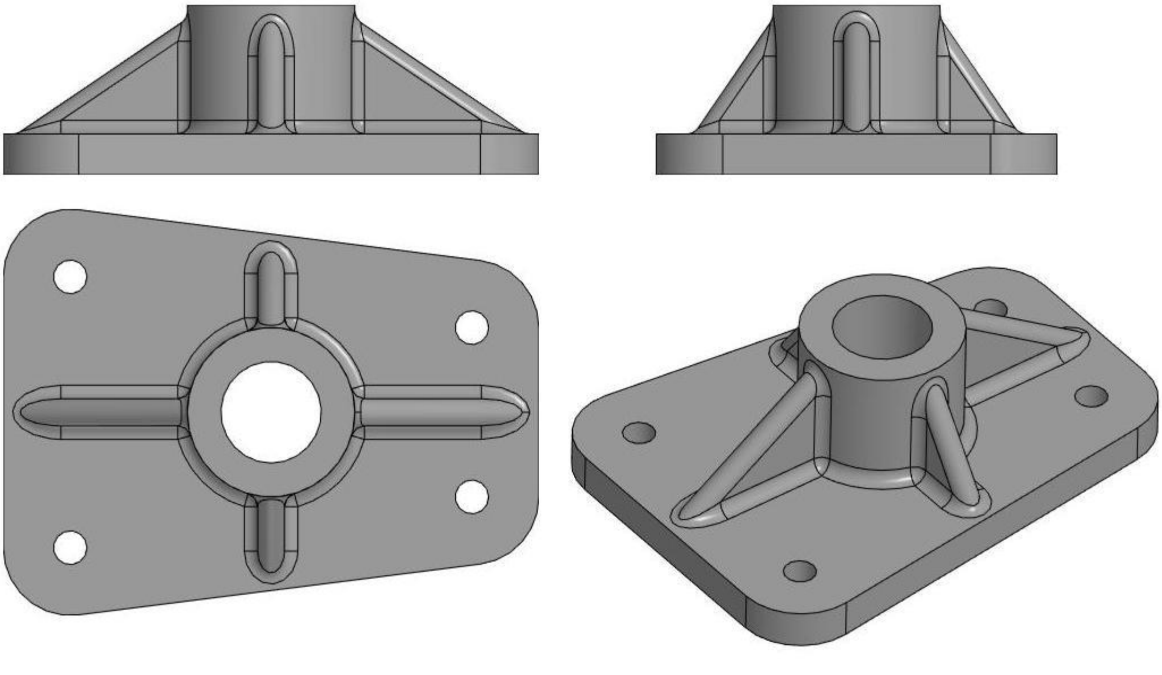


Рисунок 1.1 – Комп'ютерна об'ємна модель деталі «Кришка»

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 ГОСТ 4784-97 показаний в таблиці 1.1. Механічні властивості сплаву АК6 ГОСТ 4784-97 наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сплаву АК6 ГОСТ 4784-97

Елемент	Fe	Si	Mn	Ni	Ti	Al	Cu	Mg	Zn
Вміст, %	до 0,7	0,7-1,2	0,4-0,8	до 0,1	до 0,1	93,3-96,7	1,8-2,6	0,4-0,8	до 0,3

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сплаву АК6 ГОСТ 4784-97

$\sigma_в$, МПа	$\sigma_т$, МПа	δ,%	Е, гПа	ρ, кг/м^3	R 10^9 Ом·
375	265	12	7,2	2750	41

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

- всі поверхні прості (плоскі та циліндричні);

- 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 «Кришка» наведено на комп'ютерній моделі деталі (рисунок 1.2).

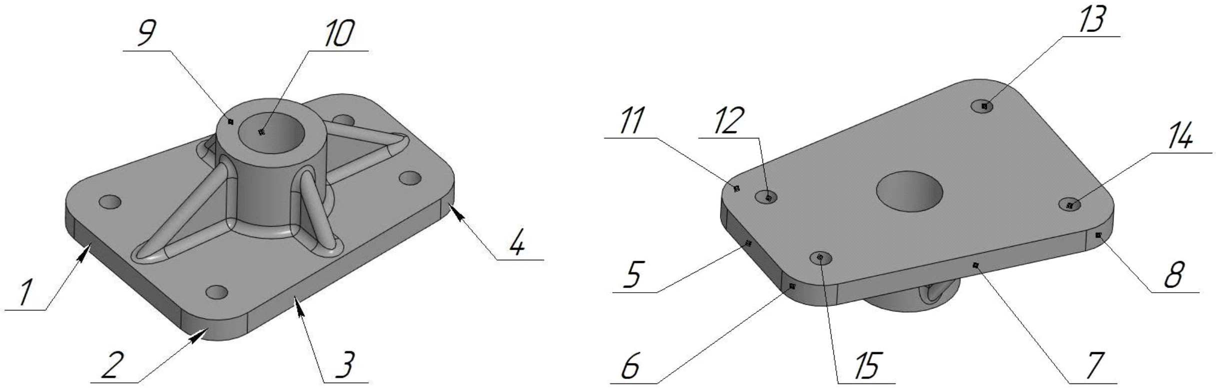


Рисунок 1.2 – Позначення оброблюваних поверхонь деталі «Кришка»

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

Таблиця 1.3 – Параметри оброблюваних поверхонь деталі «Кришка»

Нумерація і розташування оброблюваної поверхні		Форма оброблюваної поверхні	Квалітет точності або допуск на розмір	Шорсткість поверхні
1	зовнішня	плоска	h8	Ra 1,6
2	зовнішня	циліндрична	IT12	Ra 1,6
3	зовнішня	плоска	IT12	Ra 1,6
4	зовнішня	циліндрична	IT12	Ra 1,6
5	зовнішня	плоска	h8	Ra 1,6
6	зовнішня	циліндрична	IT12	Ra 1,6
7	зовнішня	плоска	IT12	Ra 1,6
8	зовнішня	циліндрична	IT12	Ra 1,6
9	зовнішня	плоска	h8	Ra 1,6
10	внутрішня	циліндрична	H7	Ra 0,8
11	зовнішня	плоска	h8	Ra 0,8
12	внутрішня	циліндрична	H12	Ra 25
13	внутрішня	циліндрична	H12	Ra 25
14	внутрішня	циліндрична	H12	Ra 25
15	внутрішня	циліндрична	H12	Ra 25

Технологічний аналіз показує, що оброблювані поверхні деталі «Кришка» мають квалітет H12 для отворів і квалітет ± IT12/2 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 «Кришка» 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 «Кришка» – сплав АК6 ГОСТ 4784-97.

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

У розрахунково-графічної роботі пропонується заготовку деталі «Кришка» 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 ударних навантажень.

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.

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 вибіркової перевірки (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 °.

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 виконуваній 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 – Односторонній 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 «Кришка» рівним 1,7 мм.

Лінія роз'єму штампа для гарячого об'ємного штампування заготовки деталі «Кришка» лежить в одній площині. З урахуванням виконання всіх технічних умов робочого креслення і вимог до проектування можна вважати штамповану заготовку для деталі «Кришка» технологічною.

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

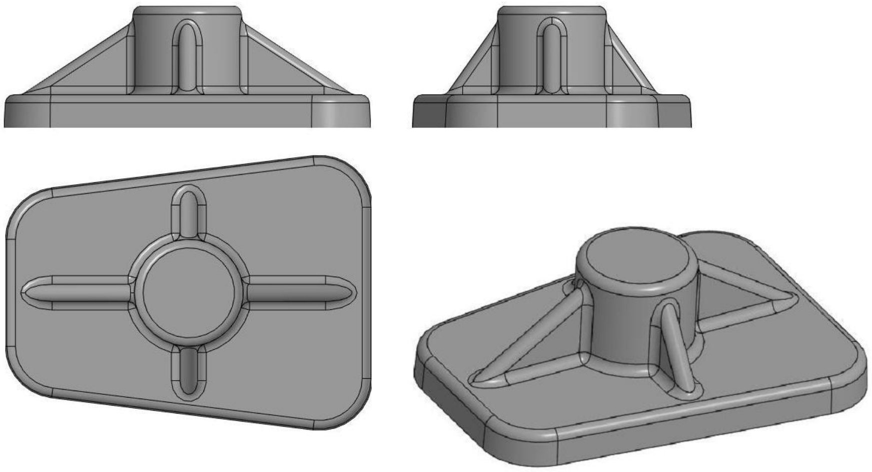


Рисунок 1.3 – Комп'ютерна 3D-модель заготовки деталі «Кришка»

Креслення заготовки деталі «Кришка» 104.РГР.140.01.02 наведено в Додатку.

1.3 Складання технологічного маршруту виготовлення деталі
Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі «Кришка» 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 чистової 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 «Кришка».

Таблиця 1.5 - Технологічний маршрут обробки деталі «Кришка»

№ операції	Найменування і зміст операції	Устаткування, інструмент	Оснащення
005	4262 Горизонтально-фрезерна. Фрезерувати пов. 9, 11, витримуючи виконавчі розміри згідно карти ескізів.	Верстат фрезерний 6Р83; фреза циліндрична Ø40 ГОСТ 29092	Лещата верстатні
010	4214 Вертикально-свердлильна. Виготовити отвори 12, 13, 14, 15 витримуючи виконавчі розміри згідно карти ескізів.	Верстат вертикально-свердлильний 2Н125; свердло Ø5 ГОСТ 886- 77	Кондуктор
015	4234 Фрезерна з ЧПК. Фрезерувати пов. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, витримуючи виконавчі розміри згідно карті ескізів та РТК	Верстат фрезерний з ЧПК МА-655А; фреза кінцева Ø 16 ГОСТ 26595- 85	УСП
020	4214 Вертикально-свердлильна. Свердлити, зенкерувати та розгорнути отвір 10, витримуючи виконавчі розміри згідно карти ескізів.	Верстат вертикально-свердлильний 2Н125; свердло: Ø14 ГОСТ 886- 77, зенкер Ø14,7 ГОСТ 12489-71: розгортка Ø14,9; Ø 15Н7 ГОСТ 1672-80	УСП

1.3.1 Розробка карти ескізів для операцій обробки деталі

Технологічна операція - це закінчена частина технологічного процесу, виконувана на одному робочому місці. Технологічна операція є основною одиницею виробничого планування і врахування . Установ є закінченою частина технологічної операції, виконувану при незмінному базування і закріплення 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 установа. Якщо технологічна операція виконується за кілька установ, то операційний ескіз оформляють для кожного установа заготовки окремо.

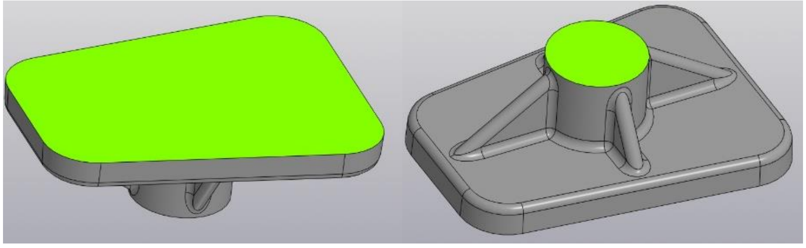
2. Поверхні заготовки, які обробляються на даній технологічній операції, виділяються потовщеними лініями. У навчальних цілях допускається виділяти оброблювані поверхні червоним кольором.

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

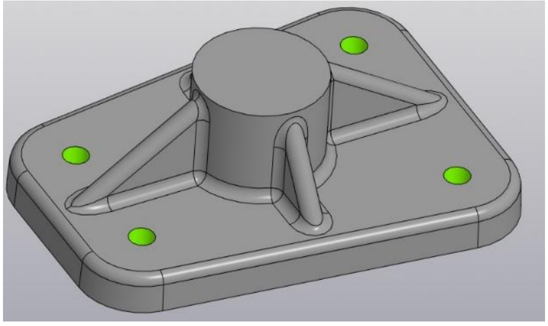
4. Нумерацію розмірів обробки заготовки проставляють в кружках, починається з цифри 1. Послідовність проставляння номерів в кружках ведуть по ходу годинникової стрілки. Нумерація відноситься тільки до даної технологічної операції. На наступних операціях нумерацію знову починають з цифри 1.

Карта ескізів для операцій механічної обробки різанням деталі «Кришка» представлена в Додатку (креслення 104.РГР.140.01.03).

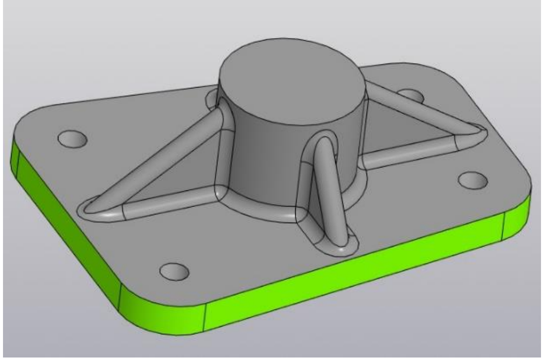
Технологічний маршрут виготовлення деталі «Кришка» представлено комп'ютерними моделями оброблюваних поверхонь на рисунку 1.4.



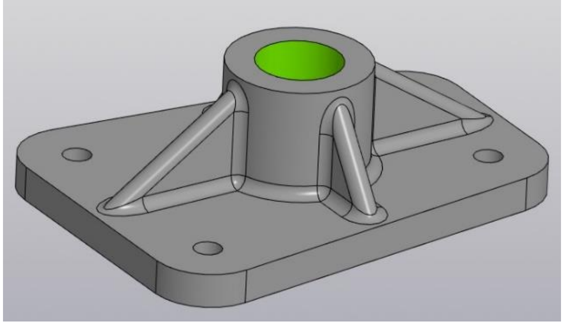
005 4262 Горизонтально-фрезерна (два установа)



010 4214 Вертикально-свердлильна



015 4234 Фрезерна з ЧПК



020 4214 Вертикально-свердлильна

Рисунок 1.4 – Моделювання пооопераційної обробки деталі «Кришка»

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.

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 чистової обробки. Для деталей з литих або штампованих заготовок в якості чорнових баз слід приймати поверхні, які в готовій деталі залишаться необробленими.

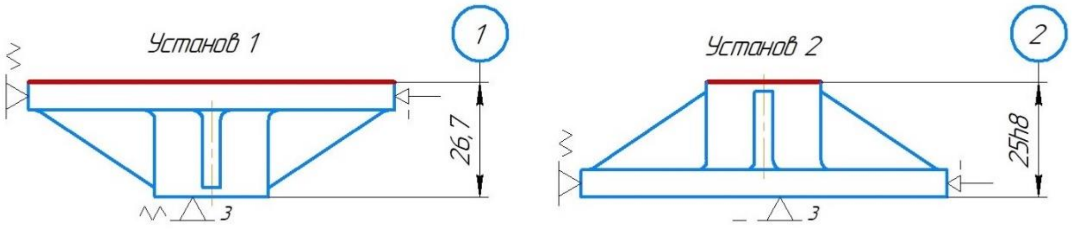
На основі вищевикладених принципів і рекомендацій призначимо технологічні бази для всіх операцій механічної обробки поверхонь штампованої заготовки деталі «Кришка» (рисунок 1.5).

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

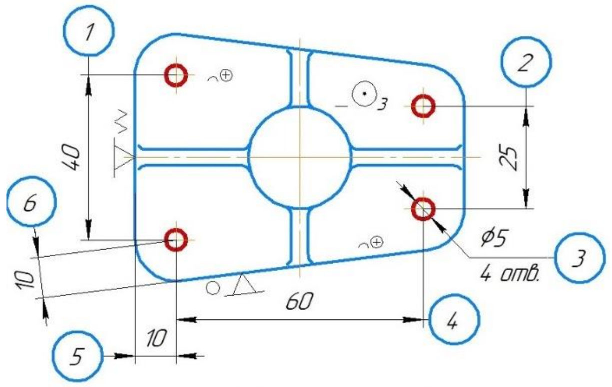
- на всіх операціях для зменшення похибки базування як чистових баз використовуються вже оброблені поверхні заготовки;
- для всіх операцій дотримується принцип суміщення технологічних і конструкторські баз;

- для операцій 015 та 020 в якості технологічних баз використовуються отвори 13, 15 та опорна плоска поверхня 11.

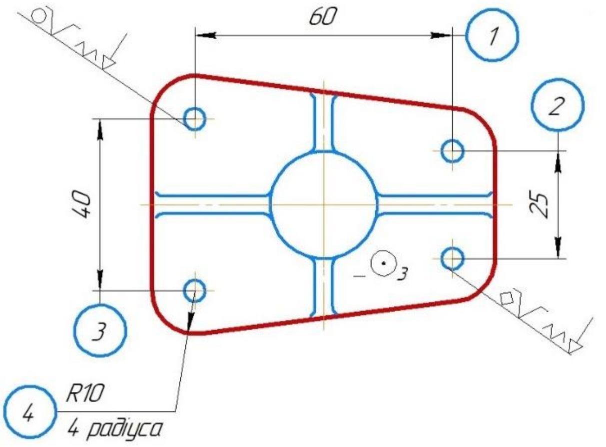
005 4262 Горизонтально-фрезерна



010 4214 Вертикально-свердлильна



015 4234 Фрезерна з ЧПК



020 4214 Вертикально-свердлильна

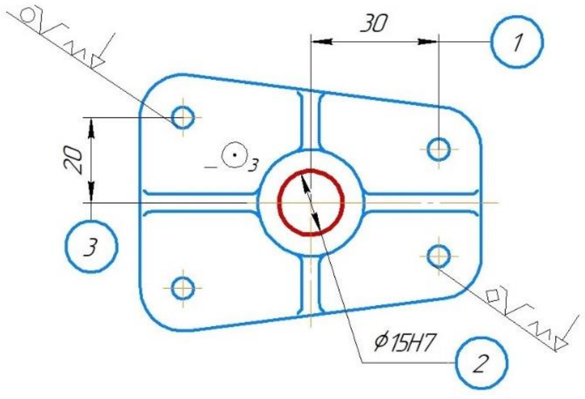


Рисунок 1.5 - Схема базування та закріплення заготовки для операцій механічної обробки деталі «Кришка»

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 $\Delta_{дет}$: $\varepsilon = \frac{\Delta_{заг}}{\Delta_{дет}}$.

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 $\boldsymbol{V}$**,** м/хв;

– швидкість руху подачі $\boldsymbol{S}$, в тому числі $\boldsymbol{S_z}$ – подача на зуб, мм / зуб; $\boldsymbol{S_0}$ – подача на оборот, мм / об; $\boldsymbol{S_m}$ – хвилинна подача, мм / хв;

– глибина різання $\boldsymbol{t}$, мм;

– ширина фрезерування $\boldsymbol{B}$**,** мм.

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

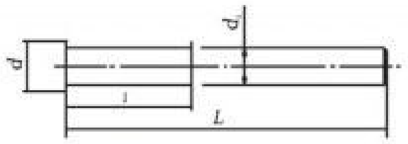
1. Вибір конструкції і геометрії фрези та марки інструментального матеріалу.
2. Призначення глибини різання ***t***.
3. Розрахунок подачі на зуб $\boldsymbol{S_z}$.
4. Призначення періоду стійкості інструменту ***T***.
5. Розрахунок допустимої швидкості різання ***V***.
6. Розрахунок частоти обертання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

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

1. Як ріжучий інструмент для фрезерування по периметру заготовки деталі «Кришка» на верстаті з ЧПК вибираємо фрезу кінцеву ГОСТ 17025-81. З урахуванням ширини фрезерування *B* = 6 мм поверхонь заготовки, що обробляються на даній операції, з каталогу вибираємо кінцеву фрезу з циліндричним хвостовиком нормальної серії діаметром 16 мм.

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 «Кришка». 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_1
16	92	32	5	16

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 *Sz* при фрезеруванні кінцевими фрезами з інструментального матеріалу у вигляді твердого сплаву можна знайти емпірично:

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

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 *Ra1,6* контурної обробки деталі «Кришка» *Km* = 0,4.

Тоді:

$$S_z = 0{,}0432\frac{16^{0,45}}{0{,}5^{0,22}6^{0,1}}0{,}4 = \ 0{,}059 \text{ мм/зуб}$$

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

$$T = CD^X, \qquad \text{хв} \qquad (2.2)$$

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

$$T = 0{,}81 \cdot 16^{1,1} = \ 17{,}1 \text{ хв}$$

5. Розрахунок допустимої швидкості різання визначаємо за емпіричною формулою:

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

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

Таблиця 2.3 – Значення поправочного коефіцієнта *Kv*

Оброблюваний матеріал	АК6
Значення коефіцієнта *Kv*	1,0

На підставі отриманих даних допустима швидкість різання має величину:

$$V = \frac{37{,}3 \cdot 16^{0{,}45}}{0{,}5^{0{,}3} 0{,}047^{0{,}2} 6^{0{,}1} 5^{0{,}1}} K_v = 175{,}68 \text{ м/хв}$$

6. Визначимо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата з кінцевою фрезою по співвідношенню:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 151{,}68}{3{,}14 \cdot 16} = 3495 \frac{1}{\text{хв}}.$$

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 $n_{\text{прин}} = 2500 \frac{1}{\text{хв}}$.

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

Клас точності за ГОСТ 8-82	Н
Розміри робочої поверхні, мм	1250х500
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 (ДхШхВ), мм	10000
Маса верстату, кг	10000

Тоді фактична швидкість різання:

$$V_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{прин}}}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 16 \cdot 2500}{1000} = 125{,}66 \frac{\text{м}}{\text{хв}}.$$

Розрахуємо хвилинну подачу для чистового фрезерування заготовки деталі «Кришка»:

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n_{\text{прин}} = 0{,}059 \cdot 5 \cdot 2500 = 732 \frac{\text{мм}}{\text{хв}}.$$

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

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

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

де C_p – коефіцієнт пропорційності. $C_p = 34.5$ для твердого сплаву.
K – поправочний коефіцієнт , що враховує конкретні умови роботи;
x, y, u, q, w – показники ступеня, наведені в таблиці 2.5;

Таблиця 2.5 – Значення коефіцієнтів для розрахунку сили різання

Інструментальний матеріал	Коефіцієнт і показники степеню у формулі сили різання				
	x	*y*	*u*	*q*	*w*
Твердий сплав	0,85	0,75	1,00	0,73	0,13

Поправочний коефіцієнт *K* враховує вплив на силу різання міцностних характеристик оброблюваного матеріалу, матеріалу ріжучої частини фрези, головного φ и переднього кута γ зуба фрези. Дорівнює добутку ряду поправочних коефіцієнтів:

$$K = K_{M_p} K_{V_p} K_{\varphi_p} K_{\gamma_p}$$

Коефіцієнт K_{M_p} при фрезеруванні алюмінієвих сплавів дорівнює 0,25.

Далі визначаємо значення переднього кута зуба кінцевої фрези. Для обробки алюмінієвих сплавів $\gamma = 15^{\circ}$.

Коефіцієнт K_{V_p} для позитивних передніх кутів зуба кінцевої фрези розраховується за емпіричними формулою: $K_{V_p} = \frac{1{,}92}{V^{0.14}} = \frac{1{,}92}{78{,}54^{0{,}14}} = 1{,}04$.

Коефіцієнт $K_{\varphi_p} = 0.87$ (для головного кута в плані φ=90°)

Коефіцієнт K_{γ_p} для позитивних передніх кутів зуба кінцевої фрези розраховується за емпіричними формулою: $K_{\gamma_p} = \frac{1{,}36}{\gamma^{0.15}} = \frac{1{,}36}{15^{0{,}15}} = 0{,}91$.

Обчислюємо поправочний коефіцієнт *K:*

$$K = 0{,}25 \cdot 1{,}04 \cdot 0{,}87 \cdot 0{,}91 = 0{,}21.$$

Розраховуємо силу різання:

$$P = \frac{10 \cdot 34{,}5 \cdot 0{,}5^{0{,}85} \cdot 0{,}059^{0{,}75} \cdot 6^{1{,}0} \cdot 5 \cdot 0{,}21}{16^{0{,}73} \cdot 2500^{0{,}13}} = 25\ H \qquad (2.4)$$

Визначимо потужність різання, як:

$$N = \frac{PV_{\text{ф}}}{61200} = \frac{25 \cdot 125{,}66}{61200} = 0{,}05\ \text{кВт}.$$

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 «Кришка».

2.1.1 Розробка РТК для операції обробки деталі на верстаті з ЧПК

Конструктивно-технологічний аналіз оброблюваних поверхонь деталі «Кришка» (див. рисунок 1.2 і таблицю 1.3) показує, що зовнішні циліндричні поверхні 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 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 ЧПК 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 інстру-

менту 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 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 «Кришка» представлена в Додатку (креслення 104.РГР.140.01.04).

2.2 Проектування схеми спеціального верстатного пристрою

Верстатний пристрій «Кондуктор» (рисунок 2.1) призначений для свердління 4 отворів при виконанні вертикально-свердлильної операції виготовлення деталі «Кришка». Втулки 5 розташовані на кондукторній плиті 1.

Для встановлення заготовки її розміщують відповідно ескізу з упором до робочих поверхонь призми 2 та рухомого упору 6. Рухомий упор 6 переміщується за допомогою пружин 7, до рухаються в отворах пластини 14.

Щоб вузол рухомого упору 6 не від’єднався, його зафіксовано відносно пристрою за допомогою шплінта 9. Після встановлення заготовка фіксується при жимом 12 за допомогою гайки 11. В робочому положенні пристрій встановлюється на стійки 10, які мають по 2 лиски кожна для застосування гайкового ключа при складанні пристрою.

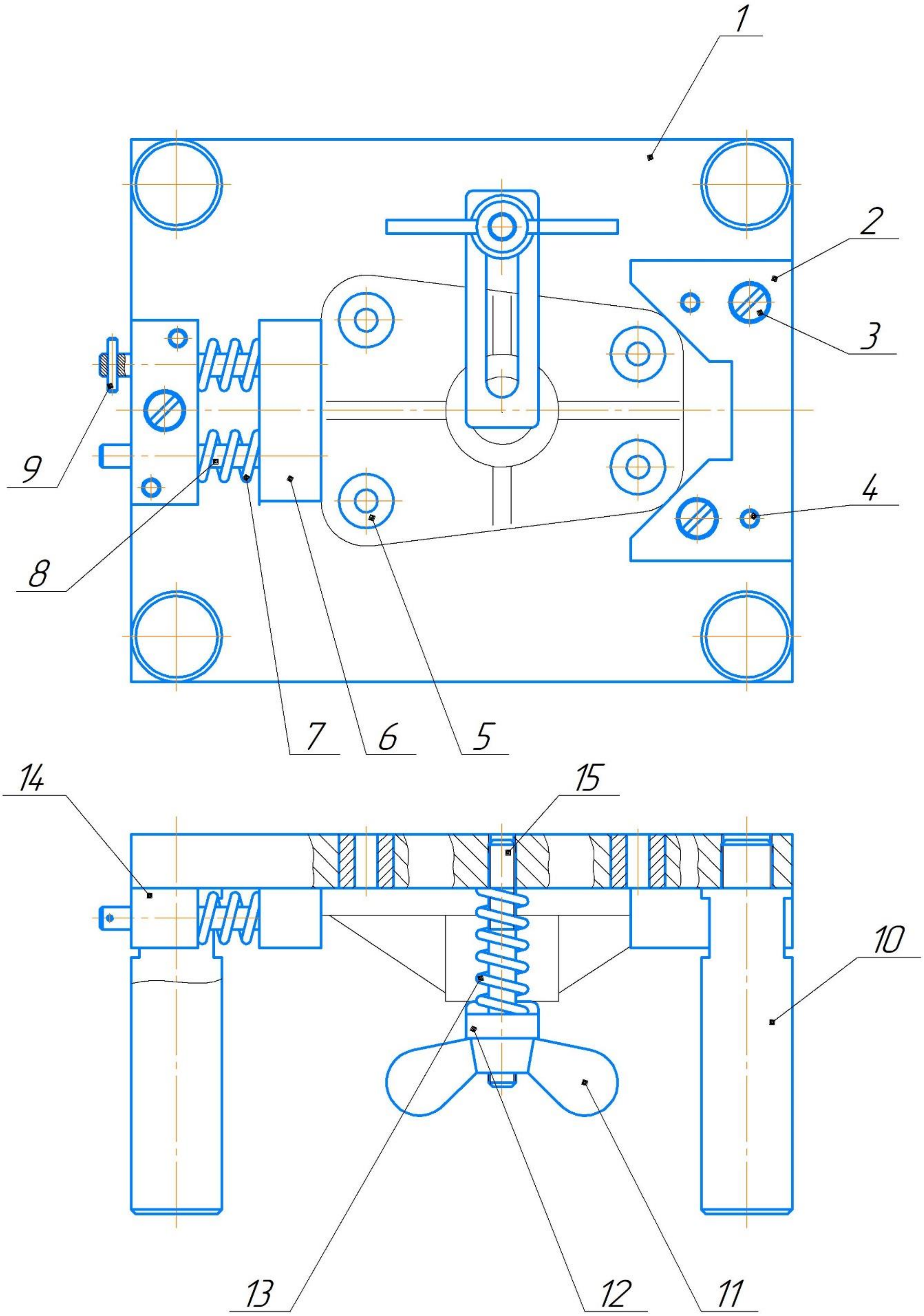
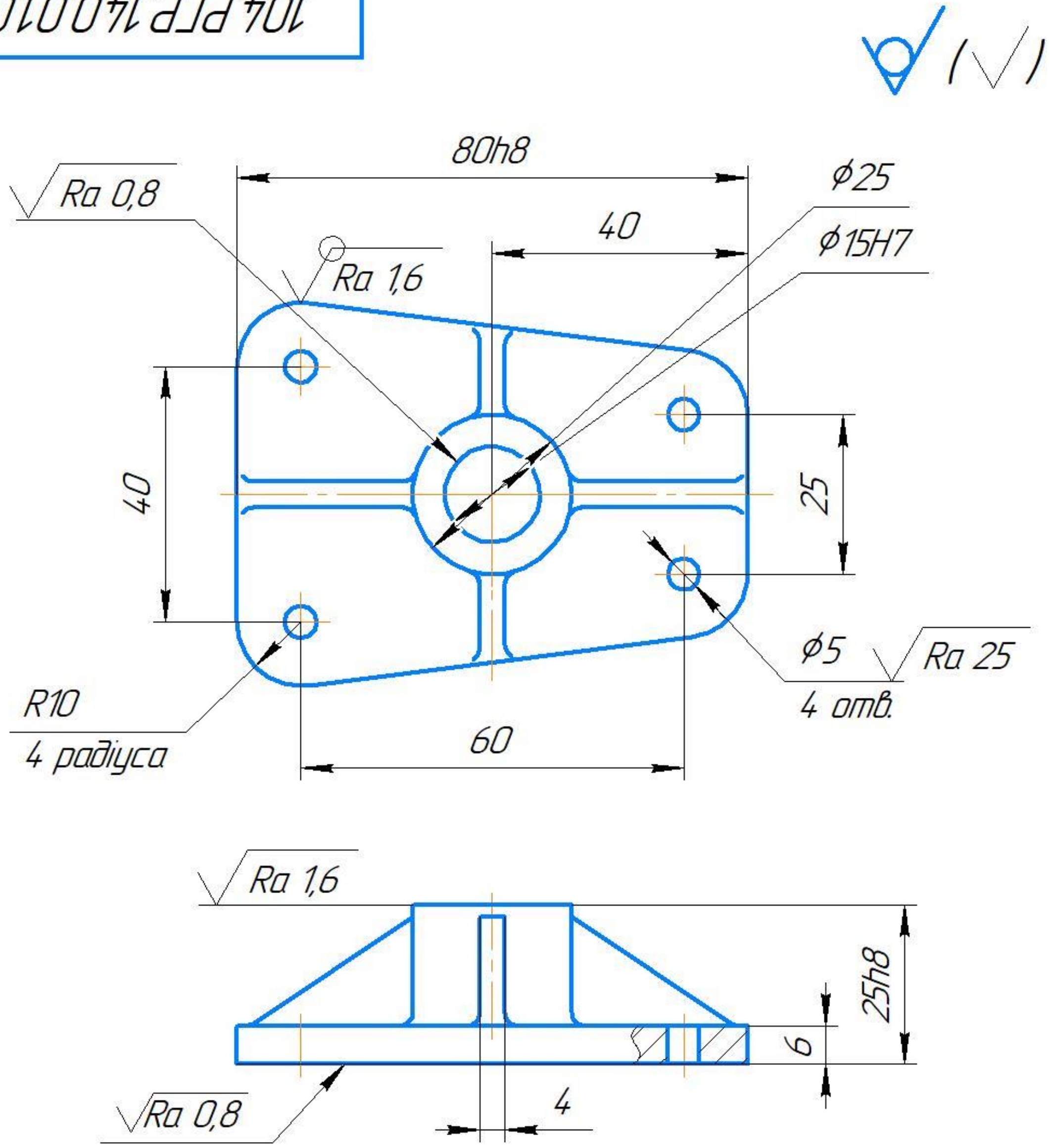


Рисунок 2.1 – Схема кондуктора
1 – кондукторна плита; 2 – призма; 3 – гвинт; 4 – штифт; 5 – втулка; 6 – упор; 7, 13 – пружина; 8 – вісь; 9 – шплінт; 10 – стійка; 11 – гайка; 12 – прижим; 14 – пластина; 15 – шпилька

ДОДАТОК

104.РГР.140.01.01



1 Штамповка по ОСТ190073-85.
2 H12, h12, ±IT12/2.
3 Невказані радіуси R2.

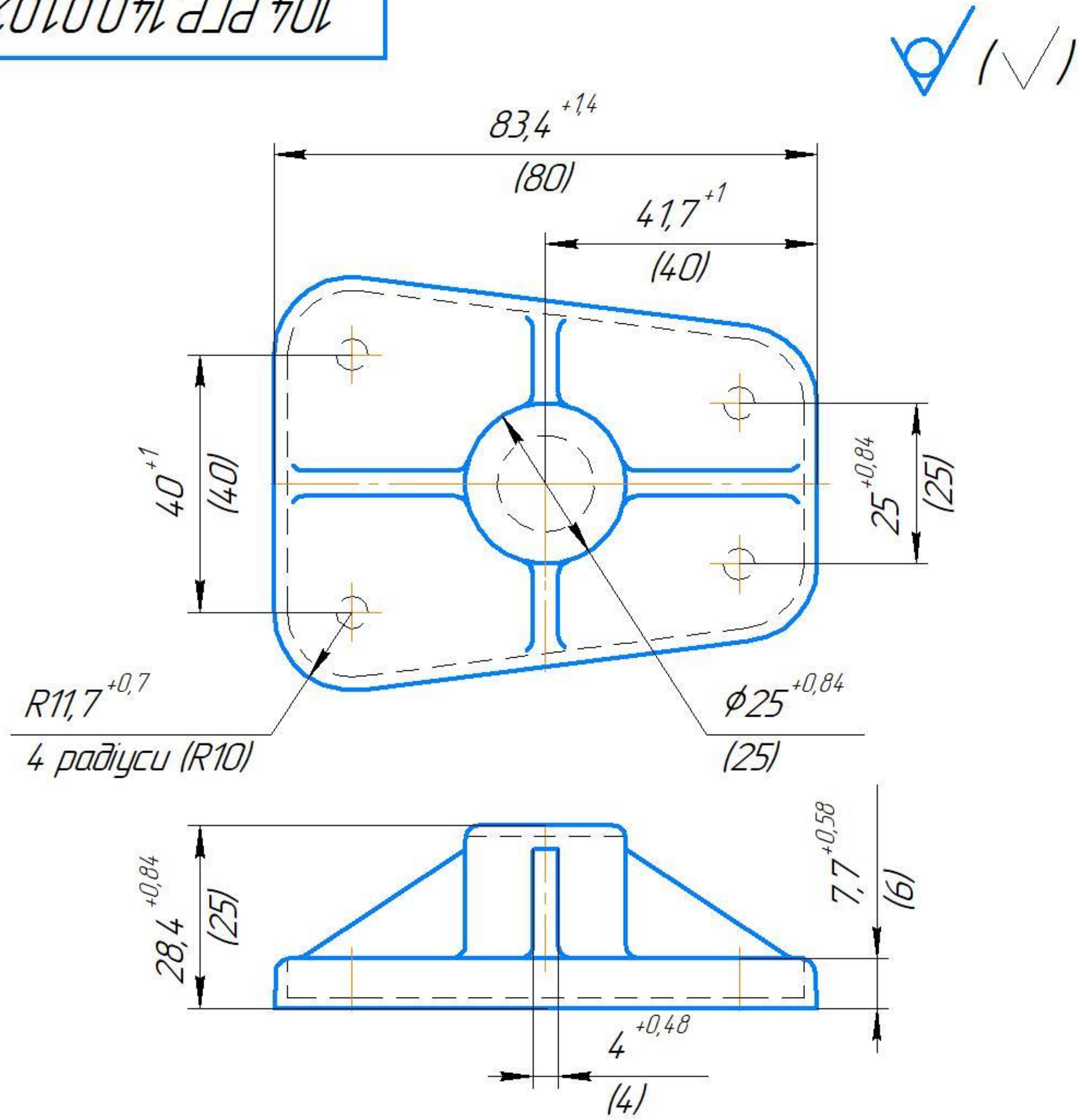
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.		Гарбуз А.А.			104.РГР.140.01.01
Пров.		Д'яченко Ю.В.			**Кришка**
Т.контр.					
Н.контр.					АК6 ГОСТ 4784-97
Утв.					ХАІ гр. 140

Лит.	Масса	Масштаб
Н	0,12	1:1
Лист	Листов 1	

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Копировал Формат А4

104.РГР.140.01.02



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

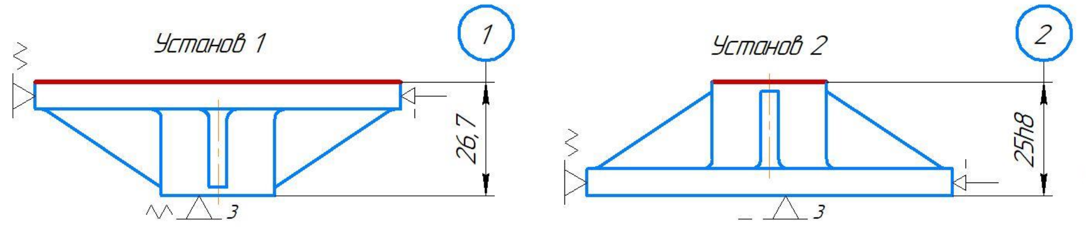
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	104.РГР.140.01.02			
Разраб.		Гарбуз А.А.			Кришка (заготовка)	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Д'яченко Ю.В.				Н	0,377	1:1
Т.контр.						Лист	Листов 1	
						ХАІ гр. 140		
Н.контр.								
Утв.								

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

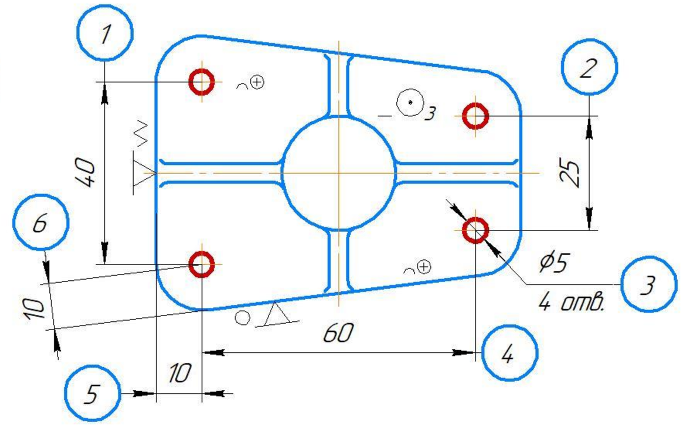
Копировал   Формат A4

104.РГР.14.0.01.03

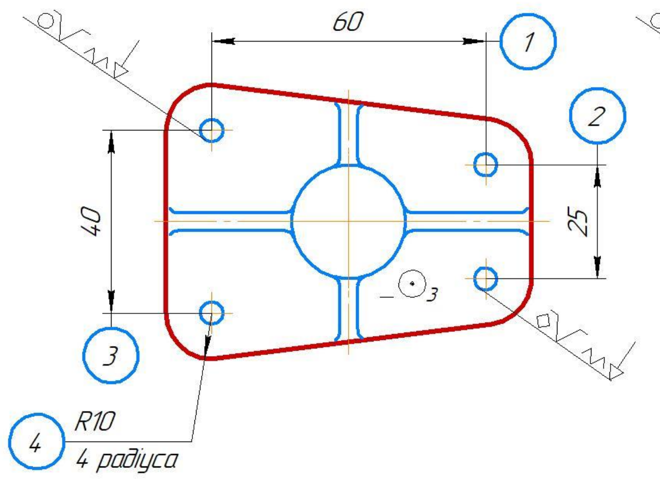
005_4262 Горизонтально-фрезерна



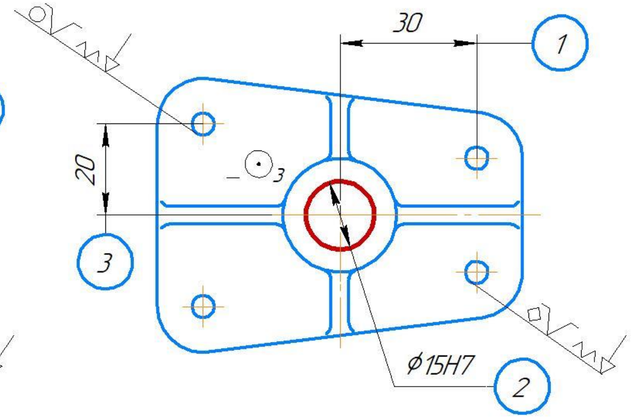
010_4214 Вертикально-свердлильна



015_4234 Фрезерна з ЧПК



020_4214 Вертикально-свердлильна

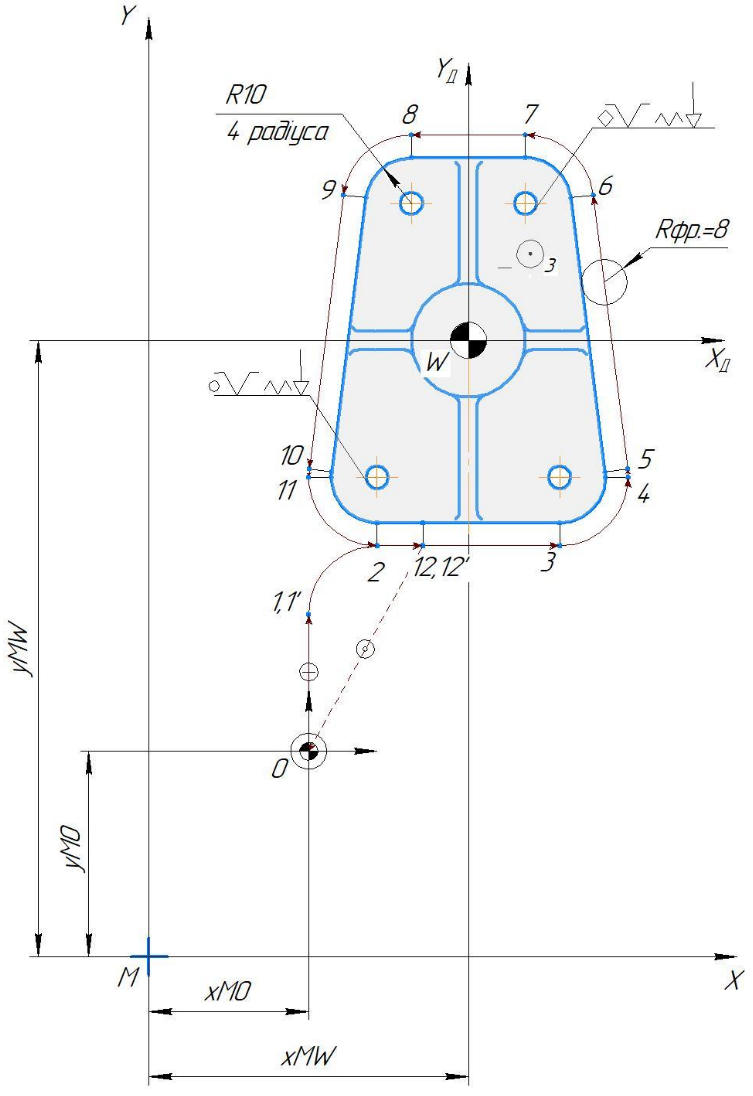


					104.РГР.140.01.03		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Карта ескізів	Лит. / Масса / Масштаб	Н / / 1:1
Разраб.		Горбуз А.А.				Лист	Листов 1
Пров.		Д'яченко Ю.В.				ХАІ гр. 140	
Т.контр.							
Н.контр.							
Утв.							

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Копировал | Формат А3

104.РГР.14.0.01.04



Номер опорної точки	Координати опорних точок, мм		
	x	y	z
0	0	0	100
1, 1'	0	30	40
2	15	45	40
3	55	45	40
4	70	60	40
5	69,88	61,86	40
6	62,38	121,86	40
7	47,5	135	40
8	22,5	135	40
9	7,61	121,86	40
10	0,11	61,86	40
11	0	60	40
2	15	45	40
12, 12'	25	45	40
0	0	0	100

Умовні позначення:

- – траєкторія робочого руху.
- – траєкторія допоміжного руху.
- – переміщення зі зниженням одночасно.
- – переміщення з підійманням одночасно.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	104.РГР.140.01.04
Разраб.		Горбуз А.А.			Розрахунково-технологічна карта
Пров.		Д'яченко Ю.В.			Лит. Н · Масса · Масштаб 1:1
Т.контр.					Лист · Листов 1
Н.контр.					ХАІ гр. 140
Утв.					

Перв. примен. · Справ. № · Подп. и дата · Инв. № дубл. · Взам. инв. № · Подп. и дата · Инв. № подл.

Копировал · Формат А3

ГОСТ 3.1105-84 форма 2

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

К104.02100.14001	7	1

ХАІ, К104	104.РГР.140.01.01	-	-
Кришка	РГР	-	-

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
ім. М.Є. Жуковського "ХАІ"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник РГР

__________ *Д'яченко Ю.В.*
(підпис) *(П.І.Б)*
"__"_________ 2023 р.

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ

на одиничний технологічний процес
виготовлення деталі "Кришка"

Розробив студент 140 гр.

__________ *Гарбуз А.А.*
(підпис) *(П.І.Б)*
"__"_________ 2023 р.

ТЛ

ГОСТ 3.1118-82 форма 1

Дубл.					
Взам.					
Подл.					
			02100.14001	2	1

Розроб.	Гарбуз А.А.	ХАІ, К104	104.РГР.140.01.01	-	104.10100.00001	
Затверд.	Д'яченко Ю.В.		Кришка	РГР	-	-
Н.контр.						

М01	АК6 ГОСТ 4784-97									
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код загот.	Профиль і розміри	КД	МЗ
М02		кг	0,12	1		0,32	Штампування	80х60х25	1	0,377

	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,найменування операції	Позначення документа
А						
Б	Код,найменування,обладнання	СМ, Проф., Р, УТ, КР, КОИД, ЕН, ОП, Кшт., Тпз, Тшт.				
А03				005	4262 Горизонтально-фрезерна	104.60142.00001; ВІ №72-04; ІОП №144-82
Б04	6Р83	Фрезер.				
05						
А06				010	4214 Вертикально-свердлильна	104.60142.00002; ВІ № 72-13; ІОП №140-83
Б07	2Н125	Свердл.				
08						
А09				015	4234 Фрезерна з ЧПК	104.60142.00003; 104.20142.00001; ВІ №72-04; ІОП №144-82
Б10	МА-655А	Оператор				
11						
А12				020	4261 Вертикально-свердлильна	104.60142.00004; ВІ № 72-13; ІОП №140-83
Б13	2Н125	Свердл.				
14						
15						

МК 2

ГОСТ 3.1118-82 форма 1б

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

	02100.14001	2
	104.РГР.140.01.01	104.10100.00001

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,найменування операції	Позначення документа									
Б	Код,найменування,обладнання					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Найменування деталі,зб.одиниці або матеріала					Позначення,код						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.
А01	025 0109 Зачистка					104.60101.00005; ІОП №140-83									
Б02	ВМПВ-100					Слюсар									
03															
А04	030 0200 Контроль					104.60102.00008									
Б05	Плита контрольна					Контролер									
06															
А07	035 0311 Контроль маси					104.60104.00009									
Б08	Ваги ВНЦ-10 ГОСТ 13882-86					Контролер									
09															
А10															
Б11															
12															
А13															
Б14															
15															
16															

МК 3

ГОСТ 3.1404-86 форма 3

Дубл.				
Взам.				
Подл.				

	02100.14001	2	1

Розроб.	Гарбуз А.А.	**ХАІ, К104**	104.РГР.140.01.01	-	104.60142.00003
Затверд.	Д'яченко Ю.В.		Кришка		015
Н.контр.					

Найменування операції	Матеріал	Твердість	ЕВ	МД	Профіль та розміри	МЗ	КОИД
Фрезерна з ЧПК	АК6 ГОСТ 4784-97		кг	0,12	Штамповка 80х60х25	0,377	1

Обладнання, пристрій ЧПК	Позначення програми	То	Тв	Тпз.	Тшт.	СОЖ
МА-655А						Емульсія

Р		ПИ	D или В	L	t	i	S	n	V
01			мм	мм	мм	шт	мм/мин	1/мин	м/мин
О02	1. Встановити деталь вручну та закріпити								
Т03	(1) - пристрій								
04									
О05	2. Фрезерувати по контуру згідно КЕ 104.60142.00001, витримуючи розміри 1-4; ВІ №72-04; ІОП №144-82								
Т06	(1) - втулка цангова Ø16 мм; (1) - фреза концева Ø16 мм ГОСТ17026-71								
Р07			16	92	0,5		732	2500	126
08									
О09	3. Розкріпити, зняти								
Т10	(1) - пристрій								
11									
12									
13									

ОК **Обробка деталей на металоріжучих верстатах з ЧПК** 4

ГОСТ 3.1404-86 форма 2а

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

	02100.14001	2
104.РГР.140.01.01	104.60142.00004	015

Р		ПИ	D или В	L	t	i	S	n	V
01			мм	мм	мм	шт	мм/мин	1/мин	м/мин
О02	4. Контроль виконавчих розмірів згідно КЕ 104.20142.00001, розмірів 80h8, 25h8, 6 мм								
Т03	згідно кресленика								
Р04	(1) - ШЦ І-125-0,1 ГОСТ 166-80								
05									
О06									
Т07									
08									
О09									
10									
Т11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									

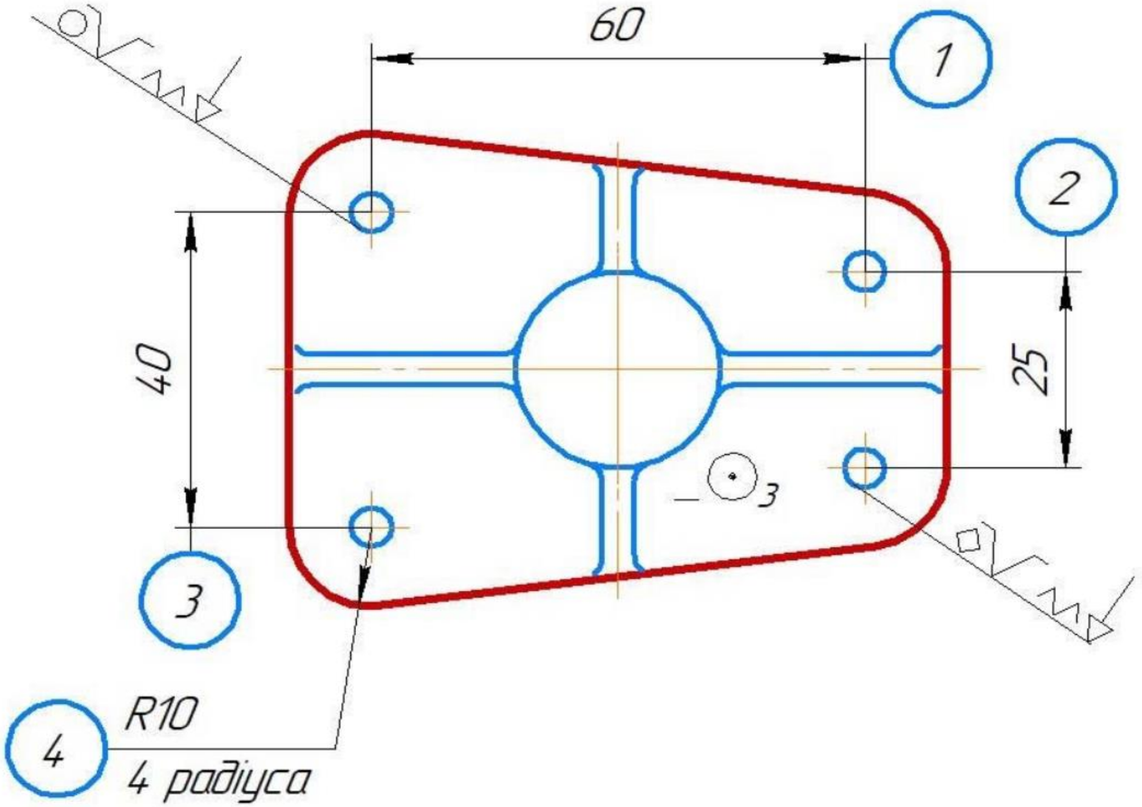
ОК	**Обробка деталей на металоріжучих верстатах з ЧПК**	5

ГОСТ 3.1105-84 , форма 7

Дубл.				
Взам.				
Подл.				

02100.14001	1	1

Разраб.	Гарбуз А.А.			ХАІ, К104	104.РГР.140.01.01	-	104.20142.00001
Утверд.	Д'яченко Ю.В.				Кришка	015
Н.контр.						



КЕ		6

ГОСТ 3.1502-85 форма 2

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

02100.14001	1	1

Разраб.	Гарбуз А.А.	ХАІ, К104	104.РГР.140.01.01	104.60102.00008
Утверд.	Д'яченко Ю.В.		
Н.контр.		Кришка	030

Найменування операції	Найменування, марка матеріала	МД
Контроль	АК6 ГОСТ 4784-97	0,12

Найменування обладнання	То	Тв
Плита контрольна		

Р	Параметри, що контролюються	Код засобів ТО	Найменування засобів ТО	Об'єм і ПК	То/Тв
О01	1. 80h8		ШЦ ІІ-160-0,05 ГОСТ 166-80	100	
О02	2. Ø5, Ø15		Пробка ГОСТ 14810-69	100	
О03	3. 4; 6; 25h8		ШЦ ІІ-160-0,05 ГОСТ 166-80	100	
О04	4. Шорсткість оброб.поверхн.		Зразки шорст. поверхн. ГОСТ 9378-75	50	
О05	5. Відхилення від співвіс.		Пристосування контрольне	100	
06	вісей отворів 25±0,1; 40±0,125; 60±0,15				
07					
08					
09					
10					
11					
12					

ОК **Технічний контроль** 7