

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))

Шкурупій С. В.
(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 _____



КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ
ЗАВДАННЯ НА РОЗРАХУНКОВО- ГРАФІЧНУ РОБОТУ
з дисципліни «Технологія виробництва літаків та вертольотів»

Студенту _____

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 Спроекувати 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: чертежі 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

_____ (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 /В.В. Воронько, Ю.В. Дьяченко, С.Д. Проскурин, В.Т. Сиккульский. – Учеб. пособие по курсовому и дипломному проектированию. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. 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. авиац. 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.....	7
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.....	11
2	Розробка операції механічної обробки деталі.....	15
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.....	19
2.2	Проектування схеми спеціального верстатного пристрою.....	20
	ДОДАТОК	

1 Складання технологічного маршруту обробки деталі

1.1 Конструктивно–технологічний аналіз деталі

Розглянута в РГР деталь на робочому кресленні має назву «Кронштейн» (креслення 104.РГР.143.04.01 наведено у Додатку).

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

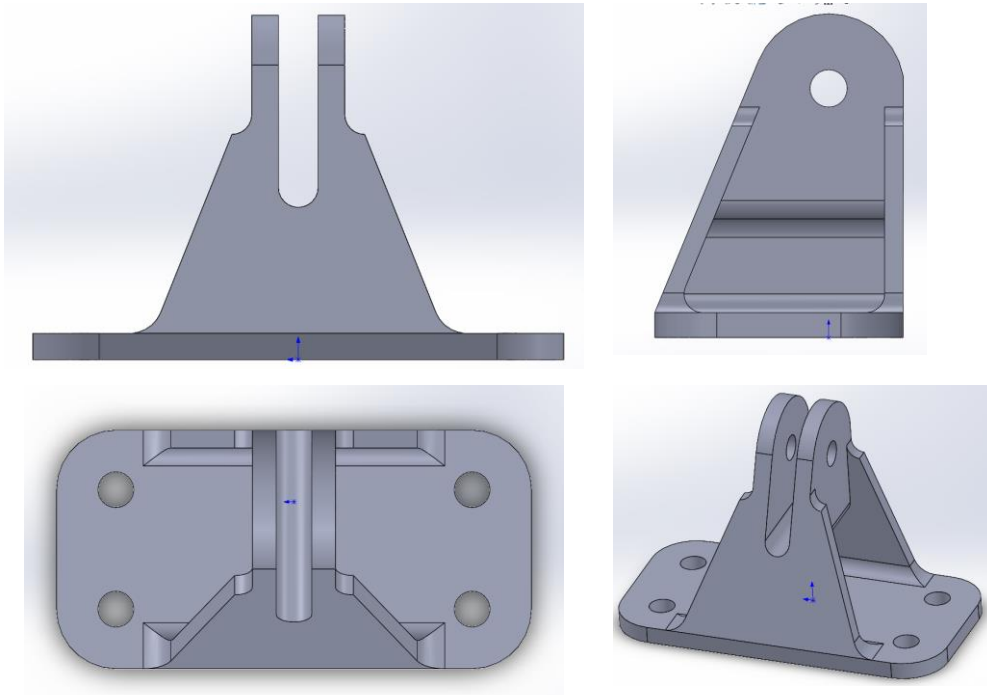


Рисунок 1.1 – Комп'ютерна об'ємна модель деталі «Кронштейн»

Деталь виконана з ливарної сталі марки 35ХГСЛ (ГОСТ 977-88), яку застосовують для виготовлення:

- Литих заготовок відповідальних деталей авіаційної та ракетно–космічної техніки, до яких висуваються вимоги підвищеної зносостійкості;
- Виливків по виплавлених моделях I групи навантажених деталей з певними вимогами щодо щільності та механічних властивостей.
- Лиття по виплавлених моделях використовують в умовах дослідного і серійного виробництва авіаційної та ракетно–космічної техніки.
- Лиття по виплавлених моделях - це технологічний метод, в якому для отримання виливки застосовують разові точні нероз'ємні керамічні оболонкові форми, які отримують за разовими моделям з використанням рідких формувальних сумішей.

Переваги способу лиття заготовок по виплавлених моделях:

- Отримання виливок з точністю розмірів до **IT** 11 - 13 та шорсткістю поверхні **Ra** 2,5...1,25 мкм, що в низці випадків істотно зменшує обсяг обробки заготовок різанням.

Сутність процесу лиття заготовок по виплавленим моделям:

- Модель кінцевого виробу виготовляють з легкоплавкого матеріалу.

- Модель покривають керамічною масою, яка твердне і утворює ливарну форму.
- При подальшому нагріванні (прогартуванню) форми модель вилівка розплавляється та видаляється.
- У порожнину, що залишилась, заливають метал, який точно відтворює вихідну модель кінцевого виробу.

Хімічний склад ливарної сталі 35ХГСЛ наведено у таблиці 1.1. Механічні властивості ливарної сталі 35ХГСЛ наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сплаву 35ХГСЛ (ГОСТ 977–88)

Елемент	C	Mn	Si	P	S	Cr
Вміст, %	0,3–0,4	1–1,3	0,6-0,8	до 0,04	до 0,04	0,6–0,9

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сплаву 35ХГСЛ (ГОСТ 977–88)

σ_b , МПа	σ_T , МПа	δ , %	НВ	ψ , %	КСУ, кДж/м ²
785	589	10	217-269	20	392

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

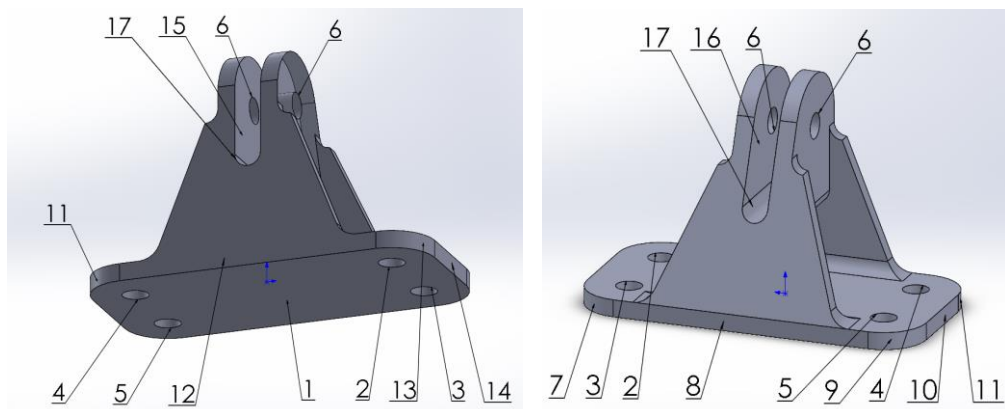


Рисунок 1.2 – Позначення оброблюваних поверхонь деталі

Охарактеризовано усі оброблювані поверхні, для чого позначено геометричні параметри деталі «Кронштейн» у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Параметри оброблюваних поверхонь деталі

Номер і розташування оброблюваної поверхні		Форма оброблюваної поверхні	Квалітет точності або допуск на розмір	Шорсткість поверхні
1	Зовнішня	Пласка	IT 14	Ra 3,2
2	Внутрішня	Циліндрична	H 14	Ra 6,3
3	Внутрішня	Циліндрична	H 14	Ra 6,3
4	Внутрішня	Циліндрична	H 14	Ra 6,3
5	Внутрішня	Циліндрична	H 14	Ra 6,3
6	Внутрішня	Циліндрична	H 14	Rz 16
7	Зовнішня	Циліндрична	IT 14	Rz 16

Продовження таблиці 1.3

8	Зовнішня	Пласка	IT 14	Rz 16
9	Зовнішня	Циліндрична	IT 14	Rz 16
10	Зовнішня	Пласка	IT 14	Rz 16
11	Зовнішня	Циліндрична	IT 14	Rz 16
12	Зовнішня	Пласка	IT 14	Rz 16
13	Зовнішня	Циліндрична	IT 14	Rz 16
14	Зовнішня	Пласка	IT 14	Rz 16
15	Внутрішня	Пласка	IT 14	Ra 3,2
16	Внутрішня	Пласка	IT 14	Ra 3,2
17	Внутрішня	Циліндрична	IT 14	Ra 3,2

Деталь «Кронштейн» має достатньо просту конфігурацію, а тому технологічна з геометричної точки зору:

- всі поверхні прості (пласкі та циліндричні);
- відсутні складні у виготовленні вирізи і підсікання;
- отвори деталі наскрізні і розташовані на оптимальній відстані від краю деталі, що не ускладнює їх виготовлення;
- радіуси спряження уніфіковані, всі оброблювані поверхні максимально доступні.

Технологічний аналіз показує, що оброблювані поверхні деталі «Кронштейн» мають квалітети H14, h14 для отворів і $\pm IT14/2$ для інших поверхонь, що дає змогу виготовити деталь простими технологічними методами обробки отворів і плоских поверхонь на універсальному обладнанні. Складні за формою зовнішні циліндричні поверхні потребують механічної обробки на фрезерному верстаті з ЧПК.

Деталь «Кронштейн» можна назвати технологічною, оскільки простота її геометричних форм дозволяє отримати заготовку методом лиття по виплавленим моделям.

1.2 Вибір вигляду заготовки та обґрунтування методу її виготовлення

Матеріал деталі «Кронштейн» - сталь конструкційна легована ливарна марки 35ХГСЛ. Даний матеріал використовується для відповідальних деталей авіаційної і ракетно-космічної техніки, до яких висувають вимоги підвищеної зносостійкості.

У розрахунково-графічній роботі пропонується заготовку деталі «Кронштейн» виготовити методом лиття по виплавленим моделям.

Аналіз технологічності конструкції виливки повинен встановити відповідність конструкції деталі основним вимогам ливарної технології, ливарним властивостям сплаву, технології виготовлення моделей, ливарні форми і подальшої обробки виливки.

Розглянемо загальні вимоги до технологічності конструкції заготовки–виливка:

- Роз'єми повинні мати найбільш просту геометричну форму, обмежену прямими лініями або лініями, що мають певну геометричну побудову.
- Необхідно вузьких порожнин та глибоких пазів.

- Отримання отворів у виливку пов'язано з додатковими затратами на виготовлення модельної оснастки, зборку і контроль ливарної форми, вибивання стрижнів.

- Переходи між стінками виливка повинні виконуватися заокругленими, причому радіус з'єднання залежить від типу з'єднання, матеріалу виливка і товщини сполучених елементів.

- На усі поверхні, що є перпендикулярними площині роз'єму, призначають ливарні ухили.

При отриманні виливків литтям за виплавлюваними моделями лита заготовка повинна відповідати таким вимогам: мінімальна товщина стінок повинна бути 0,5 – 0,6 мм, найбільш часто товщина стінок становить 2...5 мм; глибина пазів у виливках не повинна перевищувати їх подвійної ширини; клас точності – 3...8, а параметр шорсткості Ra 20 ... 5 мкм.

На поверхні заготовки, перпендикулярні площини роз'єму ливарної форми, призначаються ливарні ухили $1,5^\circ$. Значення радіусів спряжень, переходів, заокруглень заготовки наведені в технічних умовах на робочому кресленні деталі «Кронштейн».

У разі відсутності на робочому кресленні деталі приймаємо не вказані радіуси заокруглень заготовки 0,5 мм.

1.2.1 Розрахунок операційних припусків і створення 3D-моделі заготовки

Після вибору виду заготовки, необхідно розрахувати припуск на обробку шляхом його підсумовування за всіма операціями (переходами) для кожної оброблюваної різанням поверхні деталі.

Операційний припуск – це шар матеріалу, що видаляється з поверхні заготовки під час виконання однієї технологічної операції. Операційний припуск дорівнює сумі проміжних припусків на технологічні переходи, що входять в дану операцію.

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 і 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, отримана на попередньому переході;

$\bar{\varepsilon}_\delta$ – похибка установки (базування) при обробці, що виконується;

δ – допуск на операційний розмір попередньої обробки.

При збігу наставної та конструктивної баз $\bar{\varepsilon}_\delta = 0$.

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

Призначення операційних припусків на обробку починають з вибору кінцевої операції або технологічного переходу обробки відповідно до економічної точності даної операції.

Розмір вилівка складається з номінального розміру деталі за кресленням і припуску на обробку. Припуск на обробку – це припуск на одну сторону заготовки. Якщо розглянутий розмір заготовки – діаметр, то до нього додається два припуски, якщо радіус – один припуск.

Розрахунок величини одностороннього операційного припуску для литої заготовки деталі «Качалка» наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Односторонній операційний припуск для лиття

Технологічний перехід обробки	Елементи припуску, мкм			Односторонній операційний припуск, мкм
	R_z	h	δ	
Лиття	80	250	325	655
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 1,025 мм.

За технологічних міркувань приймаємо односторонній припуск для литої заготовки деталі «Кронштейн» рівним 1,1 мм.

На рисунку 1.3 представлена комп'ютерна об'ємна модель литої заготовки деталі «Кронштейн».

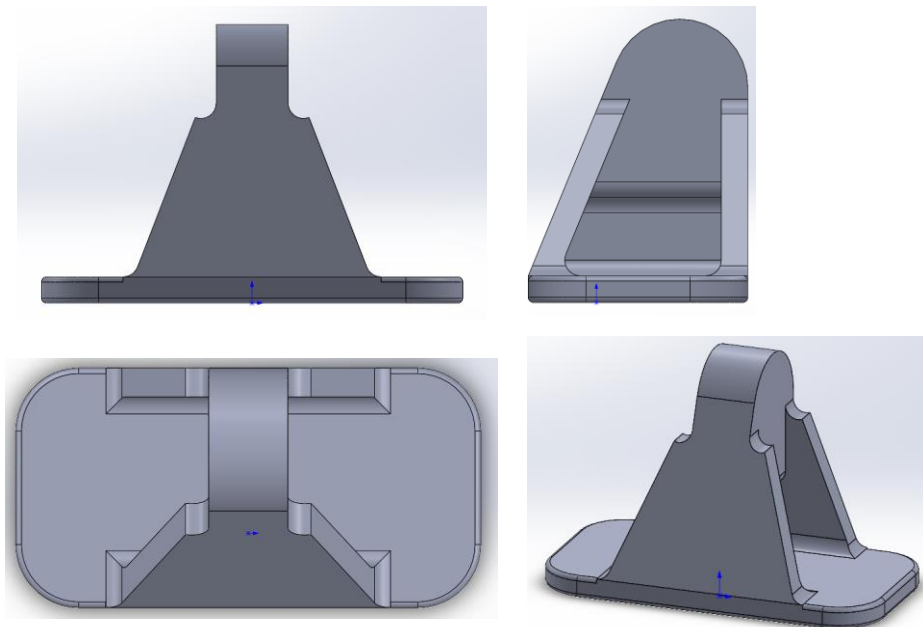


Рисунок 1.3 – Комп'ютерна 3D–модель заготовки деталі «Кронштейн»

З урахуванням виконання всіх технічних умов робочого креслення і вимог до конструкції вилівки можна вважати литу заготовку для деталі «Кронштейн» технологічною.

1.3 Складання технологічного маршруту виготовлення деталі

Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі передбачає вирішення двох задач:

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

Вибір методів механічної обробки визначається конфігурацією деталі, її габаритами, видом обраної заготовки до точності та якості поверхонь, що обробляються.

Послідовність виконання операцій (маршрут обробки) складають з урахуванням того, що кожен вид робочого процесу забезпечує відповідний ступінь точності та шорсткості лише в тому випадку, якщо проведено попередню обробку.

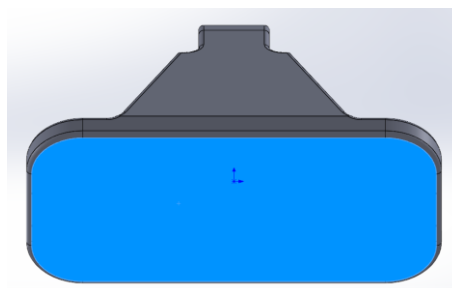
В пергу чергу обробляються поверхні, які будуть використовуватися в якості технологічних баз для наступних операцій. Закінчується процес виготовлення деталі чистою обробкою отворів. Для реалізації принципу суміщення технологічних і конструкторських баз та принципу сталості технологічних, отвори свердлять попередньо як чорнові

В таблиці 1.5 представлений збільшений технологічний маршрут механічної обробки деталі «Кронштейн».

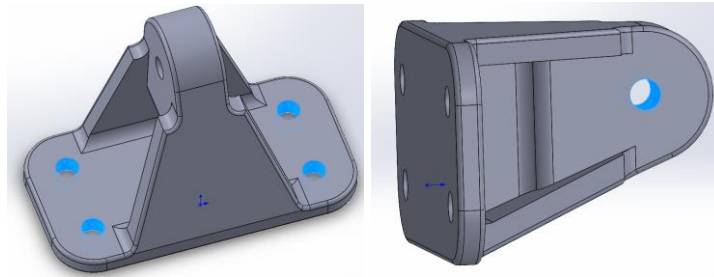
Таблиця 1.5 - Технологічний маршрут обробки деталі

Номер, шифр, назва та зміст технологічної операції		Обладнання, інструмент	Оснастка
005	4262 Горизонтально-фрезерна: фрезерувати поверхні 1, витримуючи виконавчі розміри згідно карті ескізів	Верстат фрезерний 6P83; фреза циліндрична Ø40 ГОСТ 29092-91	Тиски верстатні
010	4214 Вертикально-свердлильна: виконати отвори 2, 3, 4, 5, 6, витримуючи виконавчі розміри згідно карті ескізів	Верстат вертикально-свердлильний 2Н125; свердло: Ø6 ГОСТ 886-77	Кондуктор
015	4234 Фрезерна с ЧПК: фрезерувати поверхні 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, витримуючи виконавчі розміри згідно карті ескізів та РТК	Верстат фрезерний с ЧПК МА-655А, фреза кінцева Ø6 ГОСТ 17025-81	УЗП
020	4262 Горизонтально-фрезерна: фрезерувати поверхні 15, 16, 17, витримуючи виконавчі розміри згідно карті ескізів	Верстат фрезерний 6P83; фреза дискова фасонна Ø80 В=6Н12 R3 ГОСТ 2679-93.	УЗП

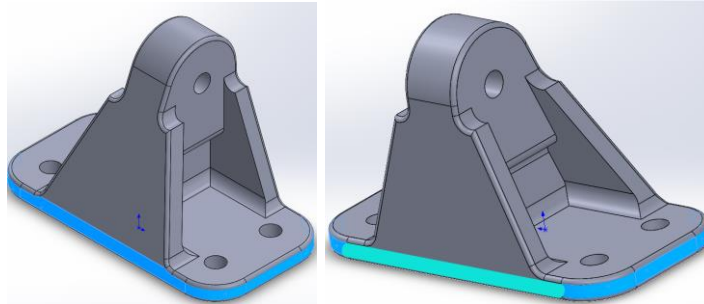
Операції технологічного маршруту механічної обробки деталі «Кронштейн» представлені комп'ютерними моделями на рисунку 1.4.



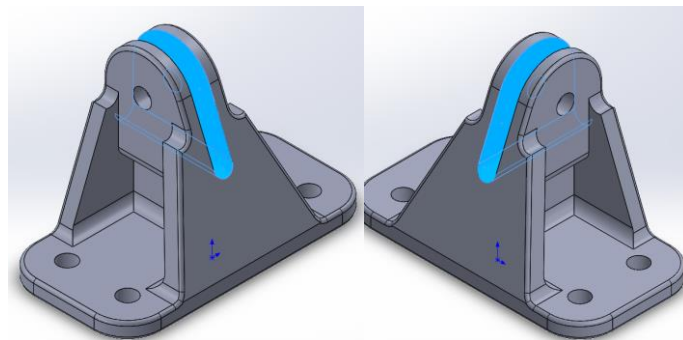
Операція 005 – 4262 Горизонтально-фрезерна



Операція 010 – 4214 Вертикально-свердлильна (два установи)



Операція 015 – 4234 Фрезерна з ЧПК



Операція 020 – 4262 Горизонтально-фрезерна

Рисунок 1.4 – 3D-моделі поопераційної обробки деталі «Кронштейн»

1.3.1 Розробка карти ескізів для операцій обробки деталі

Технологічна операція – це закінчена частина технологічного процесу, яка виконується на одному робочому місці. Технологічна операція є основною одиницею виробничого планування і врахування.

Установ являє собою закінчену частину технологічної операції, виконувану при незмінному базуванні та закріпленні заготовки.

Карта ескізів – це основний графічний документ системи стандартів ЄСТД (єдиної системи технологічної документації), котрий дає наочну інформацію про виконувану технологічну операцію.

На операційній карті ескізів обробки необхідно показати:

1. Заготовку в робочому положенні відносно положення ріжучого інструмента на верстаті. Контур заготовки зображують у такому вигляді, який заготовка отримає в кінці виконання даної операції або установка. Якщо тех-

нологічна операція виконується за декілька установ, то операційний ескіз оформляють для кожного установи заготовки окремо.

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

3. Умовне позначення опор, затискачів, установочного устаткування на операційній карті ескізів виконують згідно ГОСТ 3.1197-81 «Опори, затискачі та установочне устаткування. Графічні позначення».

4. Нумерацію розмірів обробки заготовки проставляють у колах, починаючи з цифри 1. Послідовність проставлення номерів у колах ведуть зі ходом годинникової стрілки. Нумерація відноситься тільки до розглянутої технологічної операції (установу). На наступних операціях (установах) нумерацію знову починають з цифри 1.

Карта ескізів для операцій механічної обробки різанням деталі «Кронштейн» представлена у Додатку (креслення 104.РГР.143.04.03).

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.

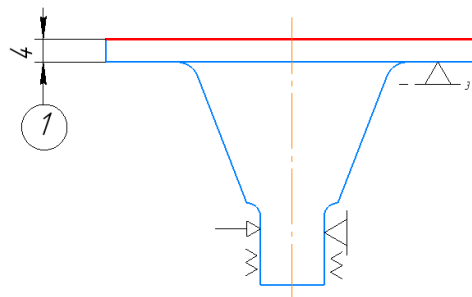
На першому етапі призначають технологічні бази, які необхідні для отримання найбільш відповідальних розмірів деталі або які можна використовувати при обробці більшості поверхонь заготовки.

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

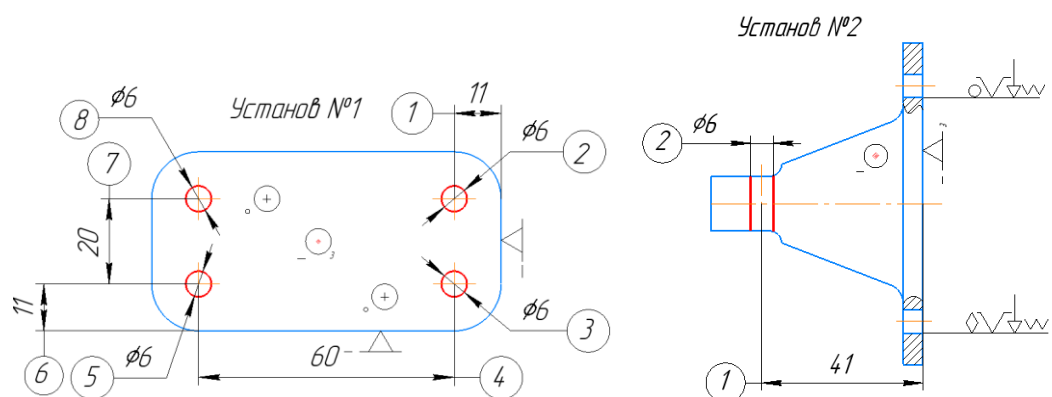
На першій операції виготовлення деталі повинні бути оброблені ті поверхні заготовки, які в подальшому будуть служити технологічною базою при чистовій обробці.

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

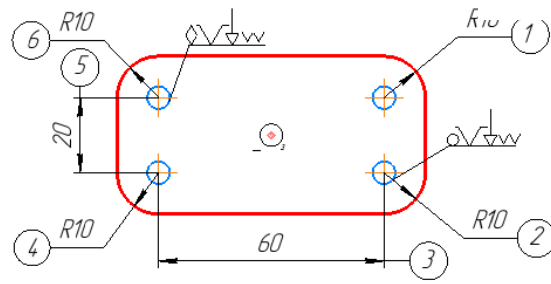
На основі вищевикладених принципів і рекомендацій призначимо технологічні бази для всіх операцій механічної обробки поверхонь штампованої заготовки деталі «Кронштейн» (рисунки 1.5).



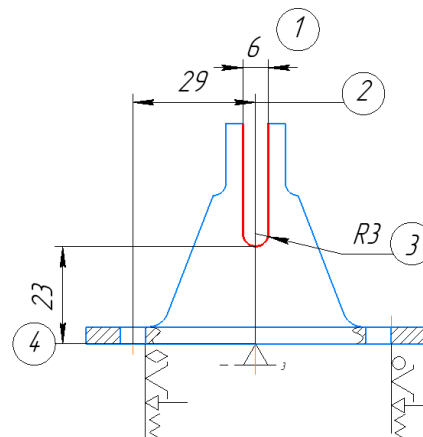
005 4262 Горизонтально-фрезерна



010 4214 Вертикально-свердлильна (два установка)



015 4234 Фрезерна з ЧПК



025 4262 Горизонтально-фрезерна

Рисунок 1.5 – Схема базування та закріплення заготовки для операцій механічної обробки деталі «Кронштейн»

Провівши аналіз схеми базування і закріплення заготовки для операцій механічної обробки деталі «Кронштейн» 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;
- для операцій 015 і 020 дотримується принцип постійності 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 $\Delta_{дет}$: $\varepsilon = \Delta_{заг} / \Delta_{дет}$. 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 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 $N_p < N_{cm}$).

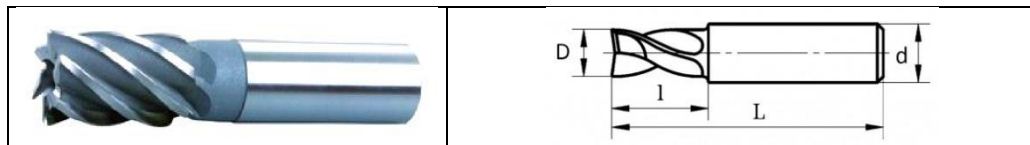
Призначення режимів різання для операції 4234 «Фрезерна з ЧПК» обробки деталі «Кронштейн» виконуємо в рекомендованій послідовності:

1. Як ріжучий інструмент для фрезерування по периметру заготовки деталі «Кронштейн» на верстаті з ЧПК вибираємо фрезу кінцеву з циліндричним хвостовиком за ГОСТ 17025-81.

З урахуванням ширини фрезерування $B = 6$ мм поверхонь заготовки, що обробляються на даній операції, з каталогу вибираємо кінцеву фрезу нормальної серії діаметром 20 мм.

Матеріал ріжучої частини кінцевої фрези твердий сплав марки Т15К6, який має високу твердість і червоностійкість та забезпечують високі показники при механічній обробці сплаву 30ХГСЛ, з якого виготовлена деталь «Кронштейн». 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, мм	L, мм	l, мм	z, мм	d, мм
6	57	13	4	6

2. Глибину різання t для чистового фрезерування призначаємо $t = 0,5$ мм з 1,1 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 $S_z = 0,0432 \frac{6^{0,45}}{0,5^{0,22} \times 6^{0,1}} \times 1 = 0,094$ мм/зуб, приймаємо значення подачі на зуб $S_z = 0,1$ 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

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

Тоді період стійкості кінцевої фрези $T = 0,81 \times 6^{1,1} = 5,814$ хв.

5. Розрахунок допустимої швидкості різання визначаємо за 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	30ХГСЛ
-----------------------	--------

Значення коефіцієнта K_v	1,0
----------------------------	-----

На підставі отриманих даних допустима швидкість різання має величину

$$V = \frac{37,3 \times 6^{0,45}}{0,5^{0,3} \times 0,1^{0,2} \times 6^{0,1} \times 4^{0,1}} \mathbf{1} = \mathbf{118,62}, \text{ м/мин.}$$

6. Визначимо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата з кінцевою фрезою по співвідношенню $n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \times 118,62}{3,14 \times 6} = \mathbf{6296,18}$ 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 $n_{прин} = 2500$ 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 (ДхШхВ), мм	3950x3490x3650
Маса верстату, кг	10000

Розрахуємо хвилину подачу для чистового фрезерування заготовки деталі «Кронштейн» $S_m = S_z z n_{прин} = 0,1 * 4 * 2500 = 1000$ мм/хв, де $n_{прин}$ – прийнята частота обертання шпинделя, 1/хв.

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

8. Силу різання для фрезерування кінцевою фрезою заготовки деталі «Кронштейн» 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 $K = K_{M_p} K_{V_p} K_{\phi_p} K_{\gamma_p}$.

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 $\gamma = 15$.

$$\text{Тоді } K_{V_p} = \frac{1,92}{111,757^{0,14}} = 0,992.$$

Поправочний коефіцієнт K_{γ_p} , що враховує вплив переднього кута γ зуба кінцевої фрези на окружну силу різання P , розраховується за формулою $K_{\gamma_p} = \frac{1,36}{\gamma^{0,15}}$ – 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 $K_{\phi_p} = 0,87$.

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

$$P = \frac{10 \times 12,5 \times 0,5^{0,85} \times 0,1^{0,75} \times 6^1 \times 4 \times 0,195}{6^{0,73} \times 2500^{0,13}} = 5,64 \text{ Н.}$$

Визначимо потужність різання як

$$N = \frac{PV}{61200} = \frac{5,64 \times 118,62}{61200} = 0,0109 \text{ кВт.}$$

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 «Кронштейн».

2.1.1 Розробка РТК для операції обробки деталі на верстаті з ЧПК

Конструктивно-технологічний аналіз оброблюваних поверхонь деталі «Кронштейн» (див. рисунок 1.2 і таблицю 1.3) показує, що зовнішні поверхні 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 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 MA-655A, 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 «Кронштейн» представлена в Додатку (креслення 104.РГР.143.04.04).

2.2 Проектування схеми спеціального верстатного пристрою

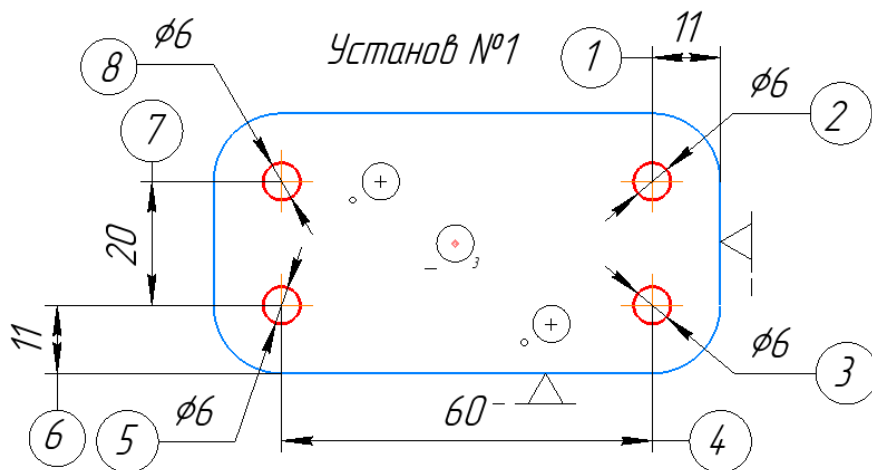
В якості спеціального верстатного пристрою для обробки деталі «Кронштейн» був обраний кондуктор. Кондуктор призначений для установки і закріплення заготовки деталі «Кронштейн» при обробці чотирьох отворів діаметром 6 мм на вертикально-свердлильному верстаті моделі 2Н125.

Схема кондуктора розроблена на основі операційного ескізу (рисунок 2.2, а) і показана на рисунку 2.2, б.

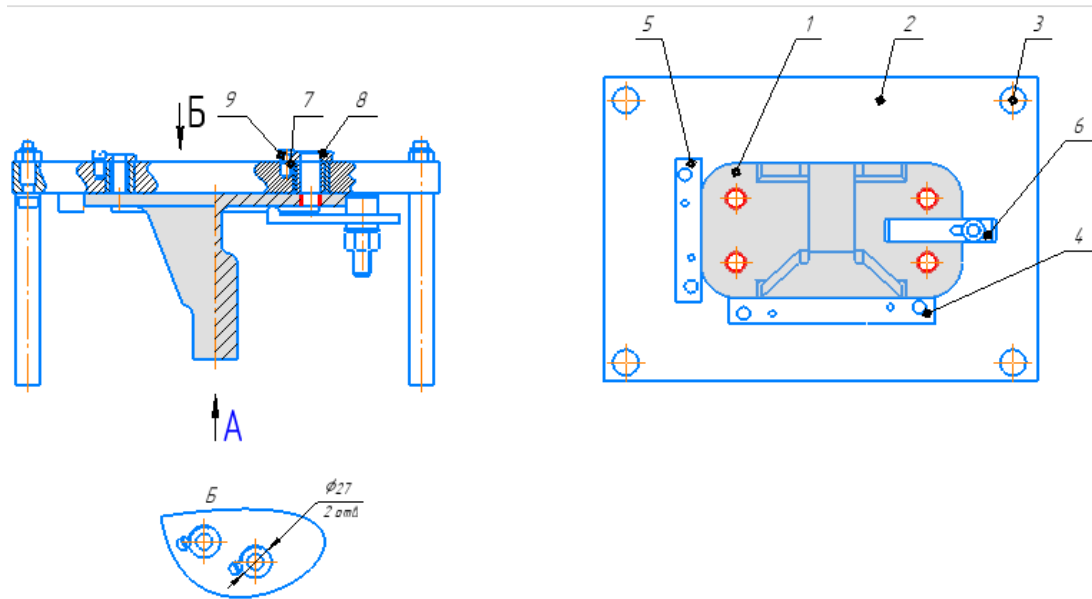
Базовим елементом кондуктора є плита 2, в яку вкручені і затягнуті гайками чотири стійки 3. На плиту 2 кріплять гвинтами і штифтами упор плоский 5 і рухливу призму 4.

Призми забезпечують базування зовнішніх циліндричних поверхонь заготовки 1 між двома плоскими упорами 5 і 4. В плиту 2 запресовані дві постійні втулки 7, в які по посадці з гарантованим зазором встановлюють швидкозмінні втулки 8 для технологічних переходів зенкерування і розгортання двох отворів діаметром 6 мм.

В плиту 2 вкручують два гвинта 9 для стопоріння швидкозмінних втулок 8, а також шпильку, на якій розташовують прихват 6 з рухомою планкою для закріплення заготовки 1.



а



б

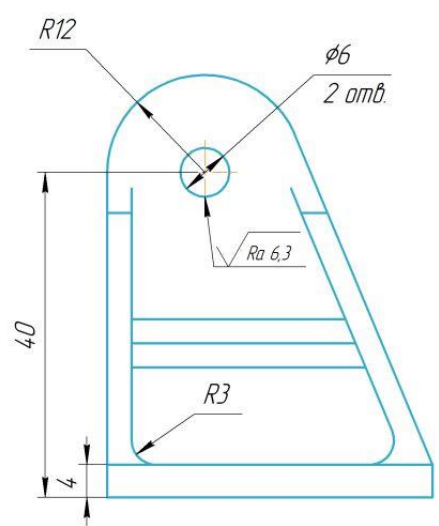
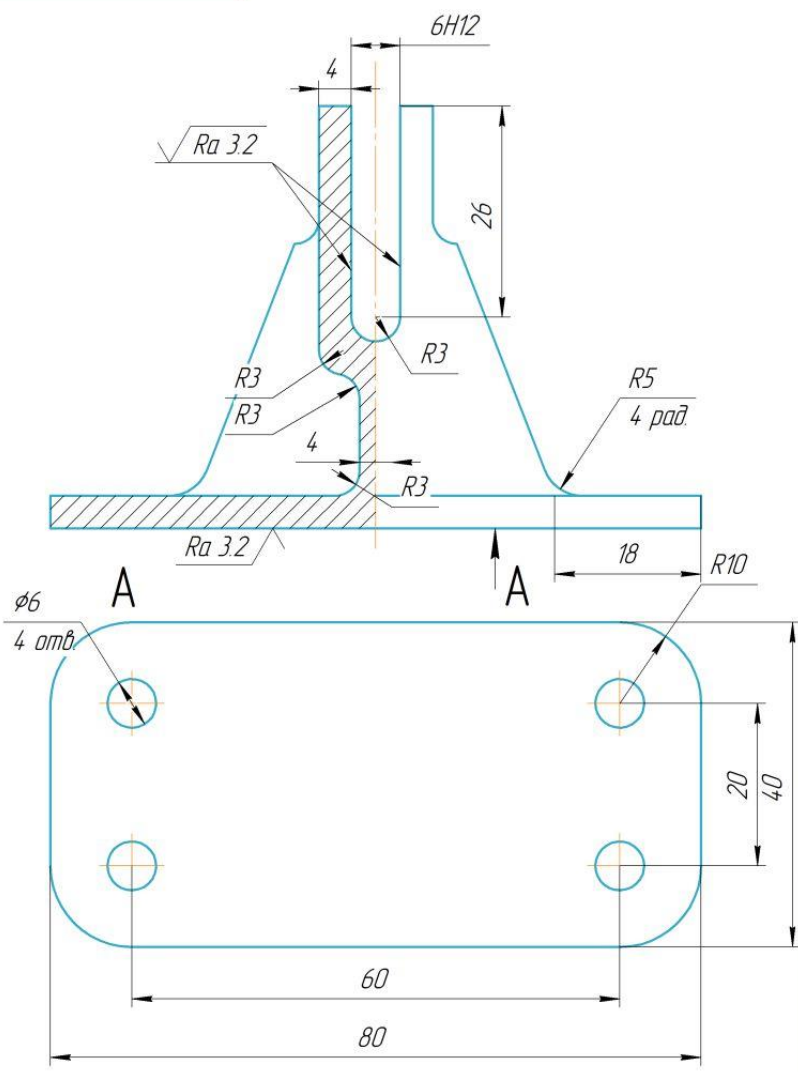
Рисунок 2.2 – Операційний ескіз (а) і схема кондуктора (б):
 1 – заготовка; 2 – плита; 3 – стійка; 4 – упор плоский; 5 – упор плоский;
 6 – прихват; 7 – втулка постійна; 8 – втулка швидкозмінна; 9 – гвинт

ДОДАТОК

104.P.P.143.04.01

✓ (N)

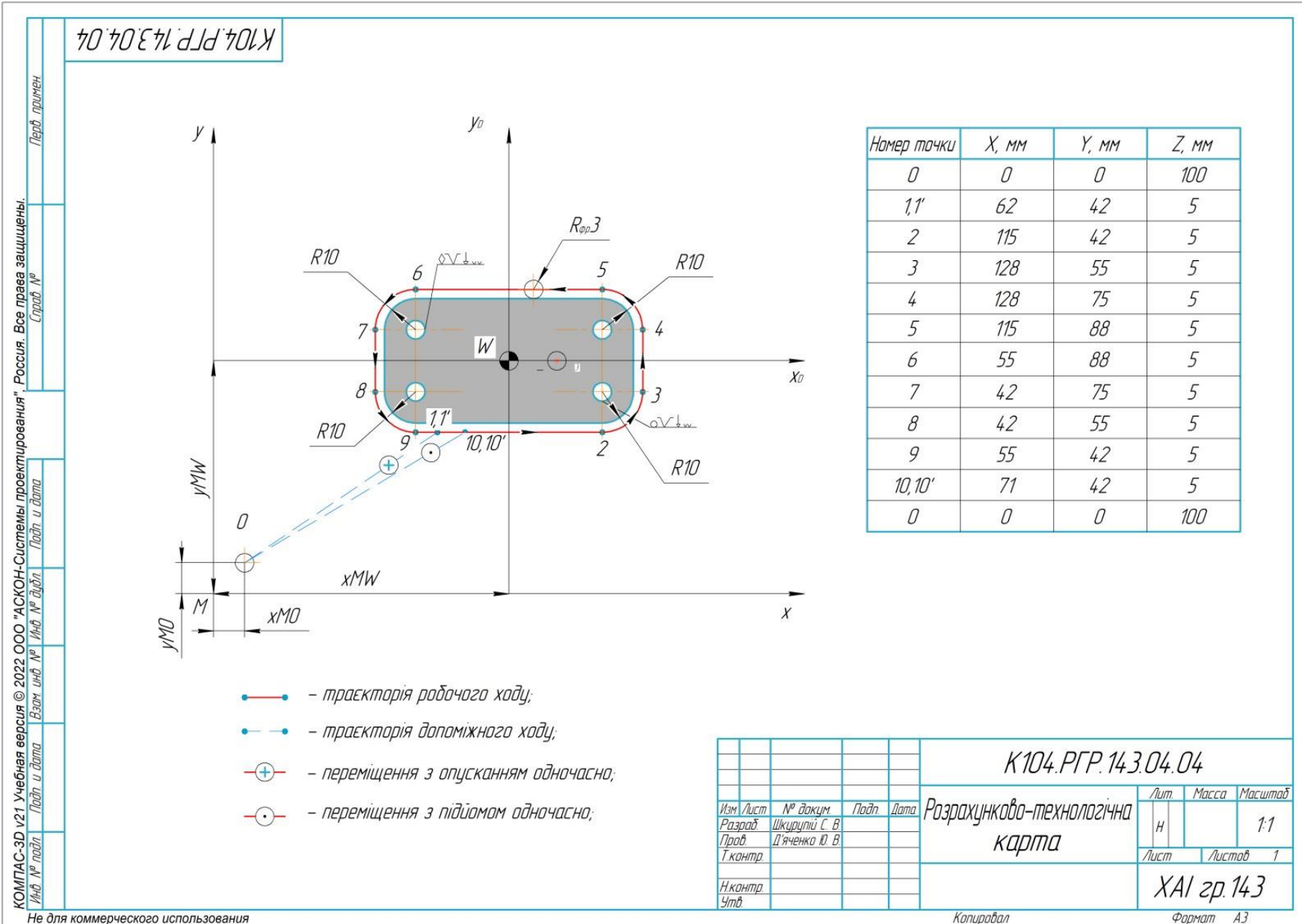
КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.
 Имя, № папки, Взам, инв. №, Инв. № докум., Подп. и дата



1. Лиття за ГОСТом 190248-78. Група контролю 2 за ГОСТом 190074-72.
2. Литійні ухили 1° за ГОСТом 3212-57.
3. Невказані литійні радіуси сполучень внутрішні 3 мм.
4. Н14, н14, ±IT14/2

				104.P.P.143.04.01			
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата	Лит	Масса	Масштаб
					Н	0.21	2:1
Разраб	Шкурцупі С. В.						
Пров	Дяченко Ю. В.						
Т.контр					Лист	Листов	1
Н.контр					Сталь 35ХГСА ГОСТ 977-88		
Утв					ХАІ гр. 143		
				Копировал	Формат А3		

Не для коммерческого использования



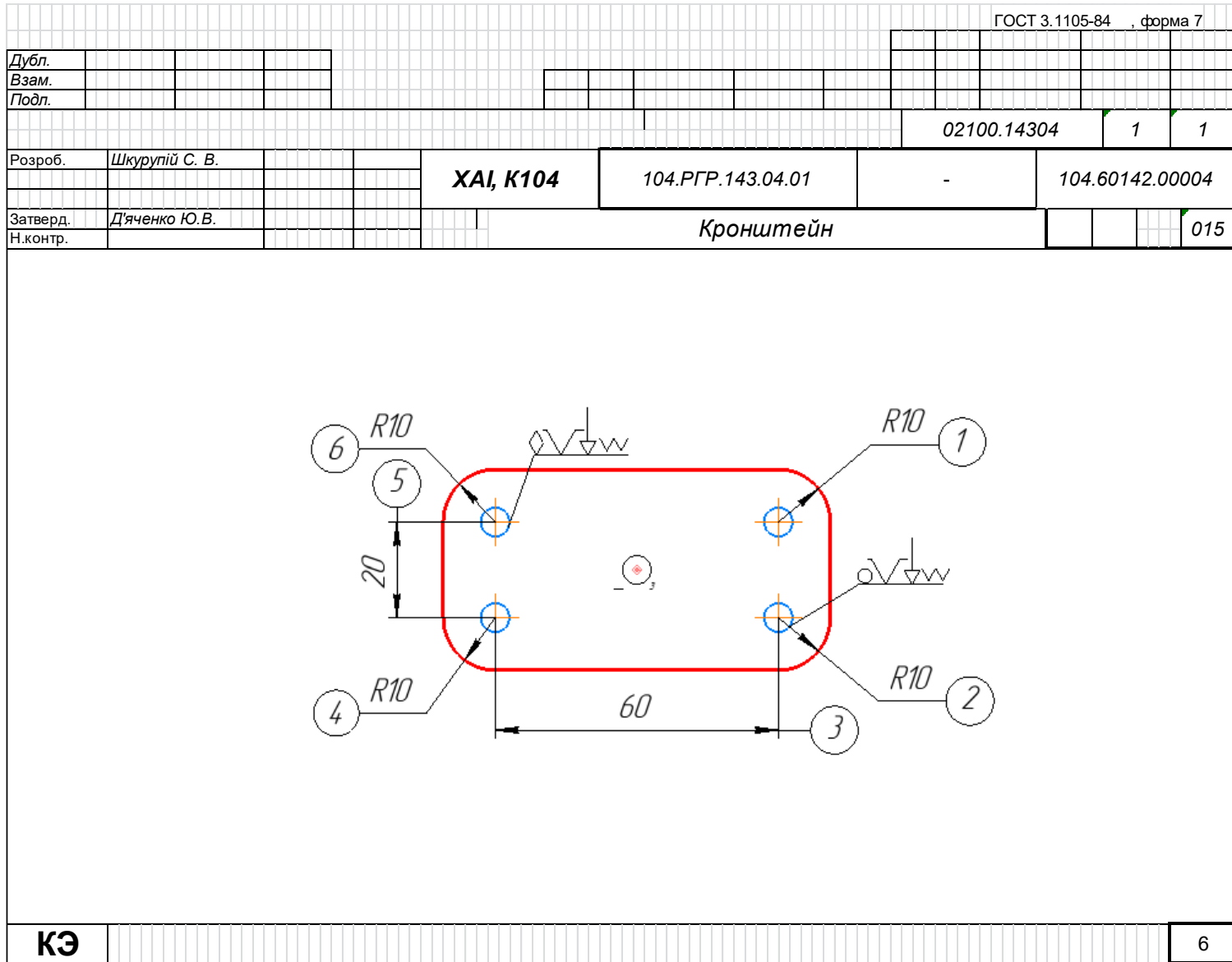
				ГОСТ 3.1105-84 форма 2					
Дубл.									
Взам.									
Подл.									
						K104.02100.14304	7	1	
		ХАІ, К104	104.РГР.143.04.01			-	-		
							РГР	-	-
<p>Міністерство освіти і науки України Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "ХАІ"</p>									
<p>ЗАТВЕРДЖУЮ Керівник РГР _____ <u>Д'яченко Ю.В.</u> (підпис) (П.І.Б) " _ " 2022 р.</p>									
<p>КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ на одиничний технологічний процес виготовлення деталі <u>"Кронштейн"</u></p>									
<p>Розробив студент <u>143</u> гр. _____ <u>Шкурупій С. В.</u> (підпис) (П.І.Б) " _ " 2022 р.</p>									
ТЛ									

															ГОСТ 3.1118-82 форма 1			
Дубл.																		
Взам.																		
Подл.																		
															02100.14304		2	1
Розроб.	Шкурупій С. В.			ХАІ, К104			104.РГР.143.04.01			-			104.10100.00001					
Затверд.	Д'яченко Ю.В.			Кронштейн										РГР	-	-		
Н.контр.																		
М01	35ХГСЛ ГОСТ 977-88																	
М02	Код		ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код загот.		Профіль і розміри			КД	МЗ				
			кг	0,21	1		0,7	Лиття		41x81x53			1	0,3				
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.		
А03			005	4262 Горизонтально-фрезерна			104.60142.00001; ПИ №72-04; ИОТ №144-82											
Б04	6Р83					Фрезер.												
05																		
А06			010	4214 Вертикально-свердлильна			104.60142.00002; ПИ № 72-13; ИОТ №140-83											
Б07	2Н125					Свердл.												
08																		
А09			015	4234 Фрезерна з ЧПК			104.60142.00003; 104.20142.00001; ПИ №72-04; ИОТ №144-82											
Б10	МА-655А					Оператор												
11																		
А12			020	4262 Горизонтально-фрезерна			104.60142.00004; ПИ №72-04; ИОТ №144-82											
Б13	6Р83					Фрезер.												
14																		
15																		
МК																	2	

ГОСТ 3.1118-82 форма 16															
Дубл.															
Взам.															
Подл.															
												02100.14304	2		
										104.РГР.143.04.01	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.		
A01			025	0109	Зачистка				104.60101.00005; ИОТ №140-83						
B02					ВМПВ-100				Слюсар						
03															
A04			030	0200	Контроль				104.60102.00006;						
B05					Плита контрольна				Контролер						
06															
A07			035	0311	Контроль маси				104.60103.00007						
B08					Ваги ВНЦ-10 ГОСТ 13882-86				Контролер						
09															
A10															
B11															
12															
A13															
B14															
15															
16															
МК														3	

ГОСТ 3.1404-86 форма 3										
Дубл.										
Взам.										
Подл.										
							02100.14304	2	1	
Розроб.	Шкурупій С. В.			ХАІ, К104	104.РГР.143.04.01	-	104.60142.00003			
Затверд.	Дяченко Ю.В.	Кронштейн								015
Н.контр.										
Найменування операції		Матеріал		Твердість	ЕВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	КОИД
Фрезерна з ЧПК		35ХГСЛ ГОСТ 977-88			кг	0,21	Виливок 41x81x53		0,3	1
Обладнання, пристрій ЧПК		Позначення програми		То	Тв	Тпз.	Тшт.	СОЖ		
МА-655А								Емульсія		
Р		ПИ	Д або В	L	t	i	S	n	V	
01			мм	мм	мм	шт	мм/хв	1/хв	м/хв	
002	1. Встановити заготовку вручну та закріпити									
Т03	(1) - пристосування									
04										
005	2. Фрезерувати по контуру згідно КЭ 104.20142.00001, витримуючи розміри 1-6; ПИ №72-04; ИОТ №144-82									
Т06	(1) - втулка цанговая Ø6мм; (1) - фреза концевая Ø6мм ГОСТ17026-71									
Р07			6	57	1		###	2500	112	
08										
009	3. Розкріпити, зняти									
Т10	(1) - пристосування									
11										
12										
13										
OK	Обробка деталей на металоріжучих верстатах з ЧПК									4

ГОСТ 3.1404-86 форма 2а										
Дубл.										
Взам.										
Подл.										
								02100.14304	2	
						104.РГР.143.04.01	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 1--6 згідно КЭ 104.20142.00001, розмірів 40, 52, 80 мм									
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	Обробка деталей на металоріжучих верстатах з ЧПК								5	



КЭ

6

ГОСТ 3.1502-85 форма 2										
Дубл.										
Взам.										
Подл.										
							02100.14304	1	1	
Розроб.	Шкурпій С. В.			ХАІ, К104	104.РГР.143.04.01				104.60102.00005	
Затверд.	Дяченко Ю.В.			Кронштейн						030
Н.контр.										
Найменування операції					Найменування, марка матеріала					МД
Контроль					35ХГСЛ ГОСТ 977-88					0,21
Найменування обладнання				То	Тв					
Плита контрольна										
Р	Параметри, що контролюються			Код засобів ТО		Найменування засобів ТО			Об'єм і ПК	То/Тв
001	1. 4; 40; 52; 80 мм					ШЦ II-160-0,05 ГОСТ 166-80			100	
002	2. Ø6					Пробка ГОСТ 14810-69			100	
003	3. 6Н12					ШЦ II-160-0,05 ГОСТ 166-80			100	
004	4. Шорсткість оброб.поверхн.					Зразки шорст. поверхн. ГОСТ 9378-75			50	
005	5. Відхилення від співвіс.					Пристосування контрольне			100	
06	вісей отворів 20±0,2; 60±0,2									
07										
08										
09										
10										
11										
12										
OK		Технічний контроль							7	