

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

Кафедра технології виробництва ЛА

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 № 133ст
напряму підготовки (спеціальності)
134 Авіаційна та ракетно-космічна
техніка

(шифр і назва напряму підготовки (спеціальності))

Кужелев В. С.

(прізвище й ініціали студента)

Керівник: професор, к.т.н. Д'яченко Ю. В.

(посада, науковий ступінь, 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 _____ Кужелеву Владиславу Станіславовичу групи № 133ст

(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 _____ 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. Сикульский. – Учеб. пособие по курсовому и дипломному проектированию. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2006. – 66 с.

ЗМІСТ

1 СКЛАДАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО МАРШРУТУ

ОБРОБКИ ДЕТАЛІ.....	4
1.1 Конструктивно-технологічний аналіз деталі.....	4
1.2 Вибір виду заготовки і обґрунтування методу її виготовлення.....	6
1.3 Розрахунок операційних припусків і створення 3D-моделі заготовки..	7
1.4 Складання технологічного маршруту виготовлення деталі.....	9
1.5 Призначення технологічних баз для операцій обробки деталі.....	11
2 РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ	14
2.1 Розрахунок режимів різання для операції «4234 Фрезерна з ЧПК»....	14
2.2 Розробка РТК для операції обробки деталі на верстаті з ЧПК.....	18
2.3 Проектування схеми спеціального верстатного пристрою.....	20
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	21
ДОДАТОК.....	22

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.133ст.01.01 наведено в Додатку).

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

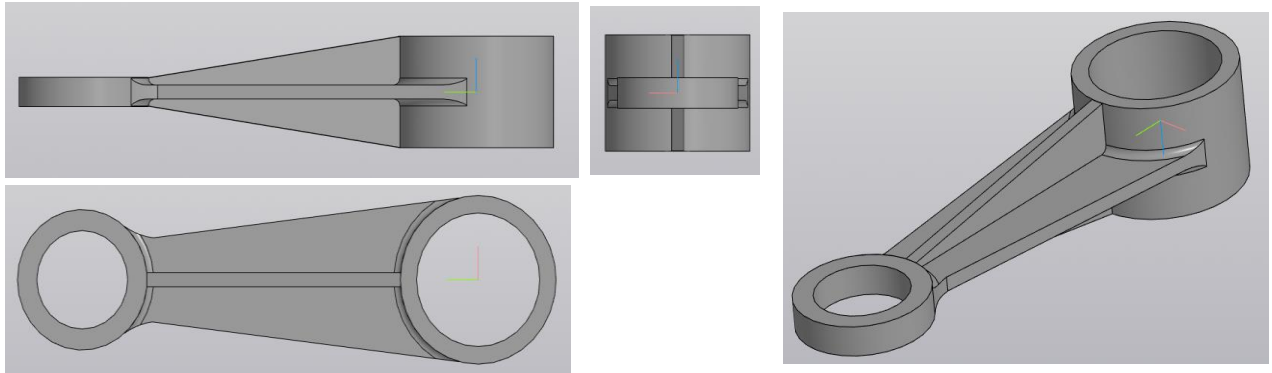


Рисунок 1.1 – Комп'ютерна об'ємна модель деталі «Качалка»

Деталь виготовлена за допомогою лиття сталі 35ХГСЛ (ГОСТ 977–88), яку використовують для виготовлення:

- литих заготовок відповідальних деталей авіаційної і ракетно-космічної техніки, до яких пред'являються вимоги підвищеної зносостійкості;
- виливків по виплавлених моделях I групи навантажених деталей з певними вимогами щодо щільності і механічними властивостями.

Лиття по виплавлених моделях використовують в умовах дослідного і серійного виробництва авіаційної і ракетно-космічної техніки.

Лиття по виплавлених моделях - це технологічний метод, у якому для отримання виливки застосовують разові точні нероз'ємні керамічні оболонкові форми, які отримують за разовими моделями із використанням рідких формувальних сумішей.

Цей матеріал добре піддається механічній обробці. Він володіє хорошою пластичністю і стійкістю до утворення тріщин при гарячій пластичній деформації.

Переваги способу лиття заготовок по виплавлених моделях:

- отримання відливок з точністю розмірів до $IT\ 11 - 13$ і шорсткістю поверхні $Ra\ 2,5 \dots 1,25\ \mu\text{m}$, що в ряді випадків істотно зменшує обсяг обробки заготовок різанням.

Сутність процесу лиття заготовок по виплавлених моделях:

- Модель кінцевого виробу виготовляють з легкоплавкого матеріалу.
- Модель покривають керамічною масою, яка твердне і утворює ливарну форму.

- При подальшому нагріванні (прогартуванню) форми модель виливки розплавляється і видаляється.
- У порожнину заливають метал, який точно відтворює вихідну модель кінцевого виробу.

Хімічний склад ливарної сталі 35ХГСЛ показаний в таблиці 1.1. Механічні властивості ливарної сталі 35ХГСЛ наведені в таблиці 1.2.

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

Елемент	Cr	Si	C	P	Mn	Fe
Вміст, %	0,6-0,9	0,6-0,8	0,3-0,4	до 0,04	1-1,3	до 96,5

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

σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	E, МПа	ψ , %	КСУ, кДж/м ²
589	350	14	2,15	25	298

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

- всі поверхні мають прості форми (плоскі, циліндричні і конічні);
- отвори деталі наскрізні;
- радіуси сполучення уніфіковані, всі оброблювані поверхні максимально доступні;
- відсутні складні у виготовленні вирізи.

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

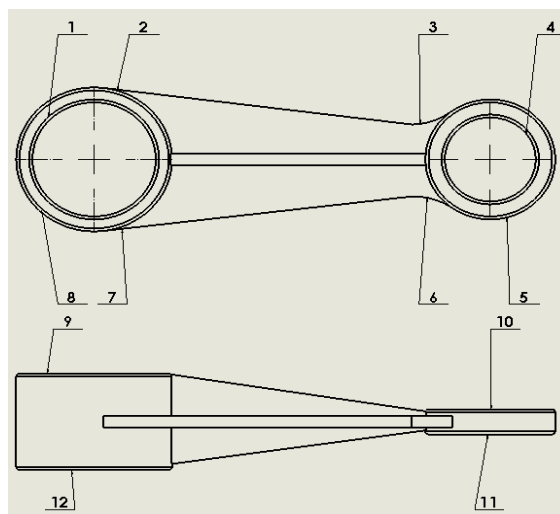


Рисунок 1.2 – Позначення оброблюваних поверхонь деталі «Качалка»

Аналіз геометричних параметрів та оброблювальні поверхні деталі зведено в таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 – Параметри оброблених поверхонь деталі «Качалка»

Нумерація і розташування оброблюваної поверхні		Форма оброблюваної поверхні	Квалітет точності або допуск на розмір	Шорсткість поверхні
1	внутрішня	циліндрична	H8	Ra 3,2
2	зовнішня	пласка	H12	Ra 3,2
3	зовнішня	циліндрична	H12	Ra 3,2
4	внутрішня	циліндрична	H8	Ra 3,2
5	зовнішня	циліндрична	H12	Ra 3,2
6	зовнішня	циліндрична	H12	Ra 3,2
7	зовнішня	пласка	H12	Ra 3,2
8	зовнішня	циліндрична	H12	Ra 3,2
9	зовнішня	пласка	H12	Ra 3,2
10	зовнішня	пласка	H12	Ra 3,2
11	зовнішня	пласка	H12	Ra 3,2
12	зовнішня	пласка	H12	Ra 3,2

Деталь «Качалка» має досить просту конфігурацію і по-цьому технологічна з геометричної точки зору:

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

Технологічний аналіз показує, що оброблювані поверхні деталі «Качалка» мають квалітети H12, H8 для отворів і $\pm IT12 / 2$ 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 «Качалка» можна назвати технологічною, оскільки проста її геометричних форм дозволяє отримати заготовку методом лиття по виплавлюваних моделях.

1.2 Вибір виду заготовки и обґрунтування методу її виготовлення

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

Метод виготовлення і вид вихідної заготовки, з якої треба отримати готову деталь, визначається багатьма факторами. Основними є програма випуску виробу, вимоги до механічних властивостей деталі, коефіцієнт використання деталі та інше.

У розрахунково-графічній роботі пропонується заготовку деталі «Качалка» виготовити методом лиття по виплавлюваних моделях.

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 вилівку пов'язано з додатковими затратами на виготовлення модельної оснастки, зборку і контроль ливарної форми, вивання 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 вилівках 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°. Значення радіусів спряжень, переходів, заокруглень заготовки наведені в технічних умовах на робочому кресленні деталі «Качалка». У разі відсутності на робочому кресленні деталі приймаємо не вказані радіуси заокруглень заготовки 0,5 мм.

1.3 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.

Припуск - це шар матеріалу, який видаляється з поверхні заготовки з метою досягнення заданих властивостей оброблюваної поверхні деталі. Припуск на обробку поверхонь деталі назначаємо на основі розрахунково-аналітичного методу визначення припусків.

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 «Качалка» рівним 1,1 мм.

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

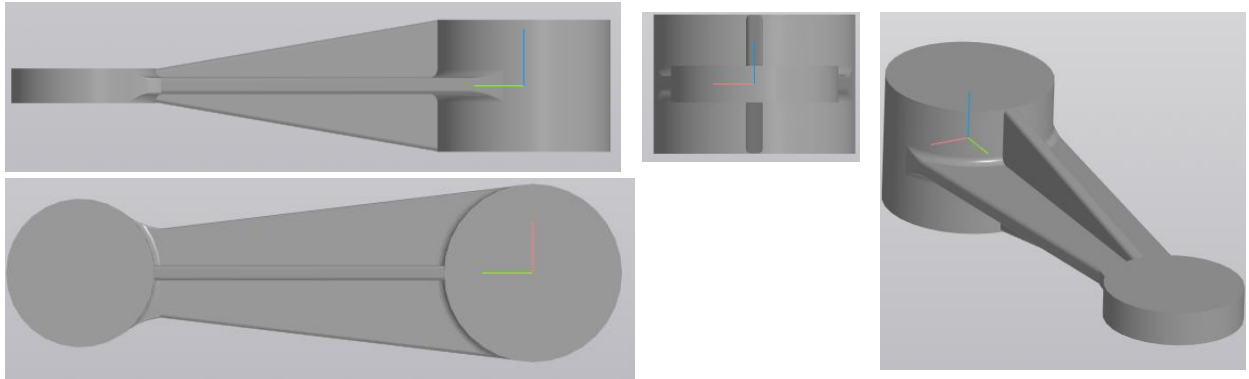


Рисунок 1.3 – Комп'ютерна 3D- модель заготовки деталі «Качалка»

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

1.4 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 чистовою обробкою отворів.

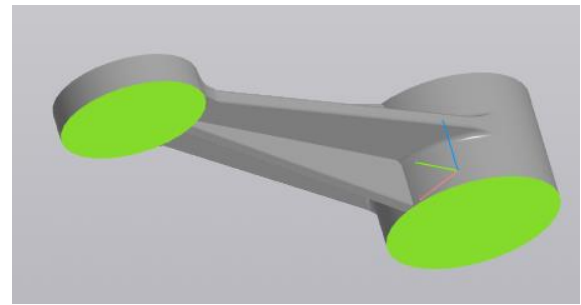
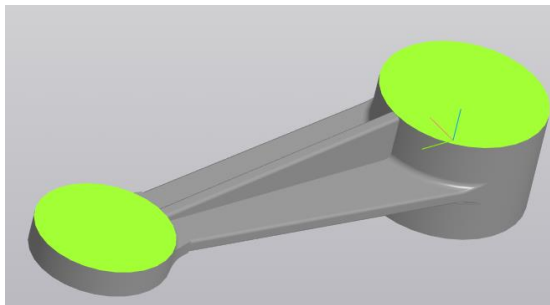
Для реалізації принципу суміщення технологічних і конструкторських баз та принципу сталості технологічних, отвори свердлять попередньо як чорнові

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

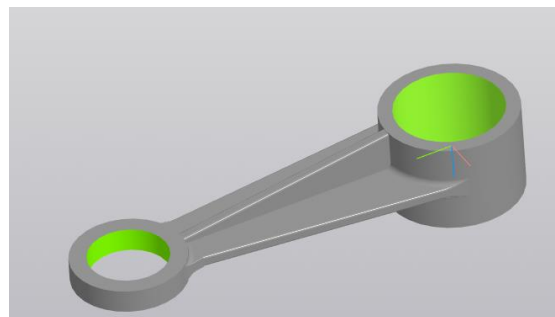
Таблиця 1.5 - Технологічний маршрут обробки деталі

Номер, шифр, назва та зміст технологічної операції		Обладнання, інструмент	Оснастка
005	4262 Горизонтально-фрезерна: фрезерувати поверхні 1, 2, 3, 15, 16, 17, витримуючи виконавчі розміри згідно карті ескізів	Верстат фрезерний 6P83; фреза циліндрична Ø40 ГОСТ 29092-91	Лещата верстатні
010	4214 Вертикально-свердлувальна: виконати отвори 2, 9, витримуючи виконавчі розміри згідно карті ескізів	Верстат вертикально-свердлильний 2Н125; свердло: Ø12, Ø18 ГОСТ 886-77	Кондуктор
020	4234 Фрезерна з ЧПК: фрезерувати поверхні 2, 3, 5, 6,8 витримуючи виконавчі розміри згідно карті ескізів та РТК	Верстат фрезерний з ЧПК МА-655А, фреза кінцева Ø10 ГОСТ 17025-81	УСП
025	4262 Вертикально-свердлильна: Чистова обробка отворів 1, 4,,: витримуючи виконавчі розміри згідно карті ескізів	Верстат вертикально-свердлильний 2Н125; свердло Ø12, Ø24 ГОСТ 886-88	Кондуктор

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

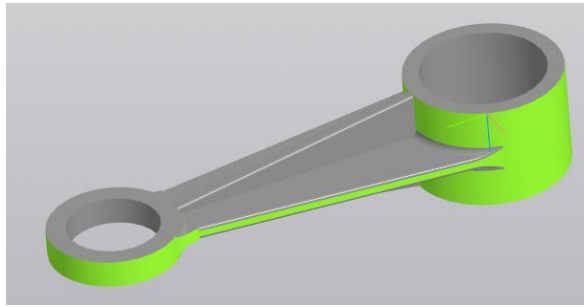


005 4262 «Горизонтально фрезерна» (два установка)

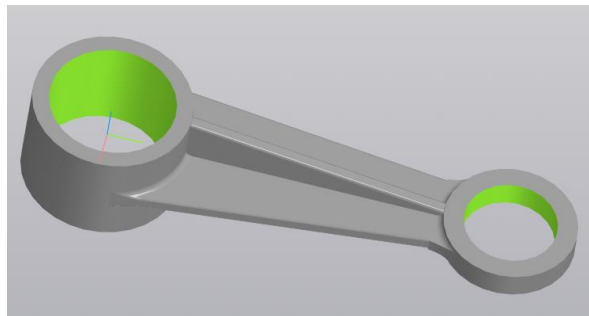


010 4214 «Вертикально-свердлильна»

Продовження рисунку 1.4



015 4234 «Фрезерна з ЧПК»



025 4214 «Вертикально-свердлильна»

Рисунок 1.4 – Моделювання поопераційної обробки деталі «Качалка»

1.5 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 станочном 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.

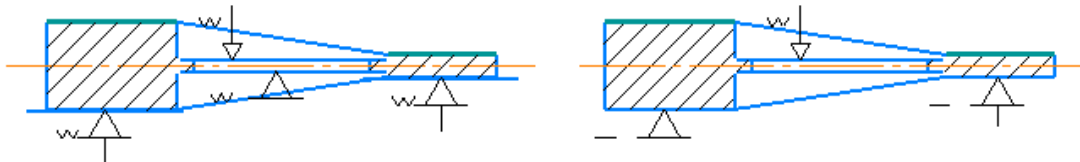
Принцип постійності баз - на всіх основних операціях використовують одні і ті ж технологічно бази. В цьому випадку відсутні можливі зсуви заготовки при кожній перестановці на нових операціях за рахунок зміни баз. Точність обробки заготовки при виконанні цього принципу буде найбільшою. Для дотримання 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.

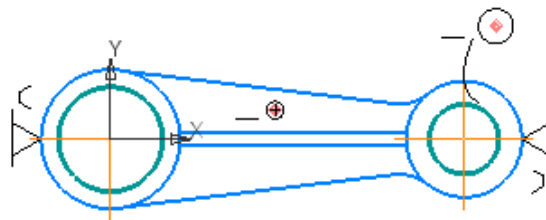
На першому етапі призначають технологічні бази, які необхідні для отримання найбільш відповідальних розмірів деталі або які можна використовувати при обробці більшості поверхонь заготовки. На другому етапі вирішують питання про вибір поверхонь для базування заготовки на першій технологічній операції 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.

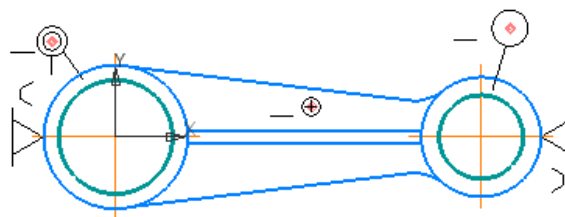
На основі вищевикладених принципів і рекомендацій призначимо технологічні бази для всіх операцій механічної обробки поверхонь штампованої заготовки деталі «Качалка» (рисунок 1.5).



005 4262 Горизонтально-фрезерна. (два установка)

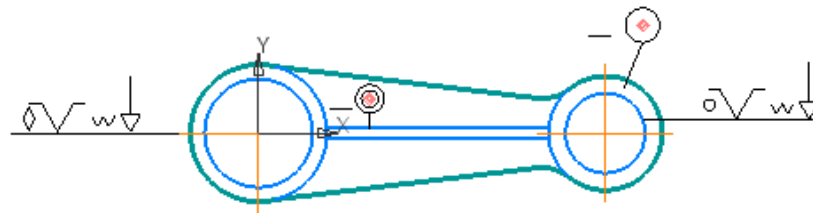


010 4214 Вертикально-свердлильна



020 4214 Вертикально-свердлильна

Продовження рисунку 1.5



015 4234 Фрезерна з ЧПК

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 чорнової 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 010 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 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 $B = 20$ мм поверхонь заготовки, що обробляються на даній операції, з каталогу вибираємо кінцеву фрезу нормальної серії діаметром 10 мм.

Матеріал ріжучої частини кінцевої фрези твердий сплав марки Р6М5, що мають підвищену зносостійкість за умов роботи в зоні невисоких температур і добре себе зарекомендували під час чистового оброблення 35ХГСЛ, 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	23	4	10

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 визначаємо за формулою:

$$S_z = 0,014 \frac{D^{0,65}}{t^{0,5}} = 0,014 \frac{10^{0,65}}{1,1^{0,5}} = 0,059, \text{ мм/зуб}, \quad (2.1)$$

де: D_ϕ - діаметр фрези;

t – глибина різання.

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 $T = 0,81 \cdot 10^{1,10} = 10,2$ хв.

5. Розрахунок допустимої швидкості різання визначаємо за емпіричною формулою:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_v, \text{ м/хв}, \quad (2.3)$$

де поправочний коефіцієнт K_v залежить від виду і марки оброблюваного матеріалу.

T – період стійкості інструмента;

Значення коефіцієнтів зведемо до таблиці 2.3

Таблиця 2.3 - Значення коефіцієнтів

Коефіцієнт	C_v	K_v	m	x	y	u	p	q
Значение	234	1	0,37	0,24	0,26	0,10	0,10	0,44

$$V = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} = \frac{234 \cdot 10^{0,44} \cdot 1}{10,2^{0,37} \cdot 1,1^{0,24} \cdot 0,06^{0,26} \cdot 20^{0,1} \cdot 4^{0,1}} = 212,02, \text{ м/хв}$$

6. Визначимо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата з кінцевою фрезою по співвідношенню $n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 212,02}{3,14 \cdot 20} = 3376,12$ 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 хвилинну подачу для чистового фрезерування заготовки деталі «Качалка» $S_m = S_z z n_n = 0,06 \cdot 4 \cdot 2500 = 600$ 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:

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

де C_p, k – коефіцієнт пропорційності і поправочний коефіцієнт;

x, y, u, q, w – показники ступеня;

поправочний коефіцієнт $K = K_{M_p} K_{V_p} K_{\phi_p} K_{\gamma_p} = 0,22$.

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 $\gamma = 15$.

$$\text{Тоді: } K_{V_p} = \frac{1,92}{212,02^{0,14}} = 0,907$$

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

$$K_{\gamma_p} = \frac{1,36}{\gamma^{0,15}} \text{ – для позитивних передніх кутів. } \gamma = 10$$

$$\text{Тоді: } K_{V_p} = \frac{1,36}{10^{0,15}} = 0,963$$

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

$$P = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 1,1^{0,85} \cdot 0,06^{0,75} \cdot 12^{1,4} \cdot 0,22}{10^{0,73} \cdot 2500^{0,13}} = 15,04 \text{ Н.}$$

Визначимо потужність різання як

$$N = \frac{PV}{61200} = \frac{15,04 \cdot 212,02}{61200} = 0,052 \text{ кВт.}$$

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».

2.2 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 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 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.133ст.01.03).

2.3 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 трьох отворів діаметром 8Н8 мм на вертикально - свердлильному верстаті моделі 2Н125.

Схема кондуктора показана на рисунку 2.2.

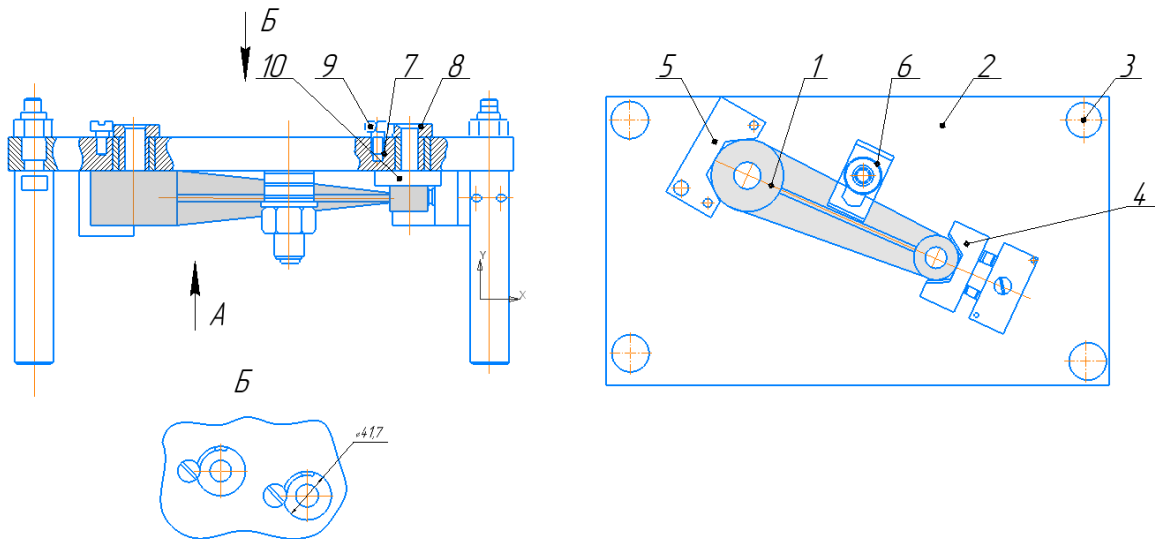


Рисунок 2.2 – Схема кондуктора: 1 – заготовка; 2 – плита; 3 – стійка;
4 – призма рухова; 5 – призма; 6 – прихват;
7 – втулка постійна; 8 – втулка швидкозмінна; 9 – гвинт; 10 - поріг

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

Призми забезпечують базування зовнішніх циліндричних поверхонь заготовки 1 між двома призматичними опорами. В плиту 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 8Н8 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.

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. Сикульский, Ю. В. Дьяченко, В. П. Божко и др. – Харьков : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьков. авиаци. ин-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. 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.
7. Порядок оформления учебных документов: 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.

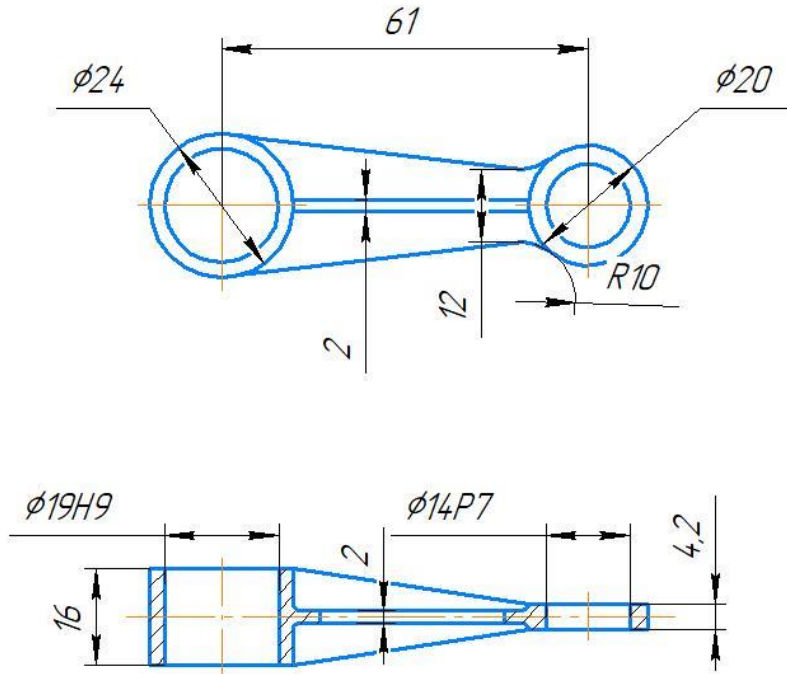
ДОДАТОК

К104.РГР.133ст.0101

$\sqrt{Rz16(\sqrt{1})}$

Перв. примен.

Справ. №



1. Невказанні ливарні радіуси скругення $R=0,5$ мм.
2. Невказанні ливарні радіуси сполучення $R=2$ мм.
3. Гострі кромки скруглити.
4. $H12; h12; \pm IT12/2$.

Подп. и дата

Инд. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

К104.РГР.133ст.0101

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Кужельв		
Проб.		Дьяченко		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Качалка

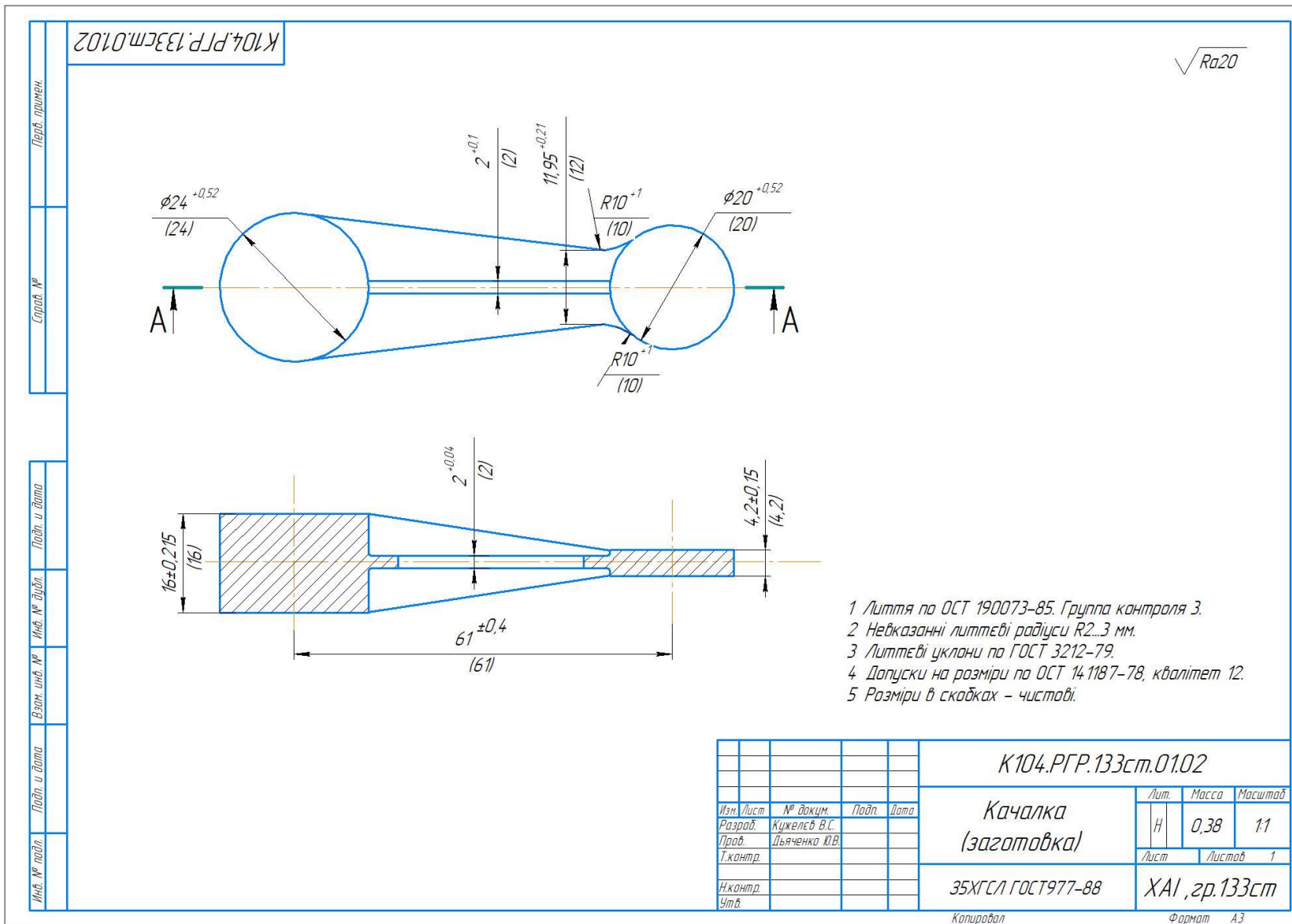
35ХГСА ГОСТ 977-88

Лит.	Масса	Масштаб
H	0,26	1:1
Лист	Листов 1	

ХА1, 133ст зр.

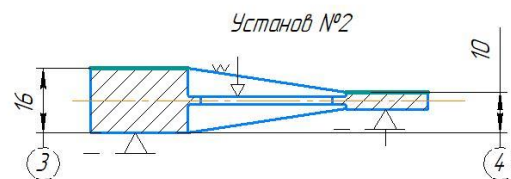
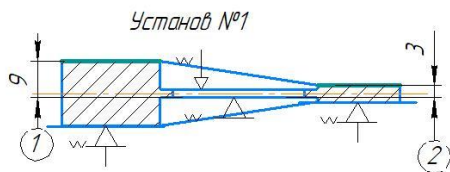
Копировал

Формат А4

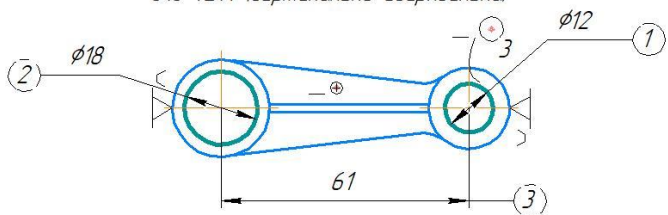


К104.РГР.133ст.0103

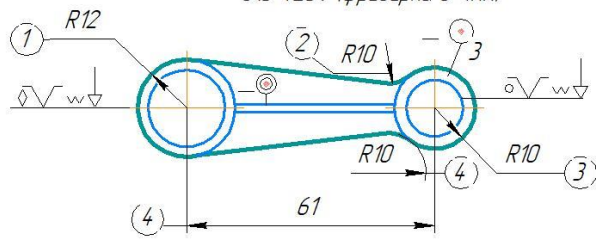
005 4262 (горизонтально-фрезерна)
(2 установка)



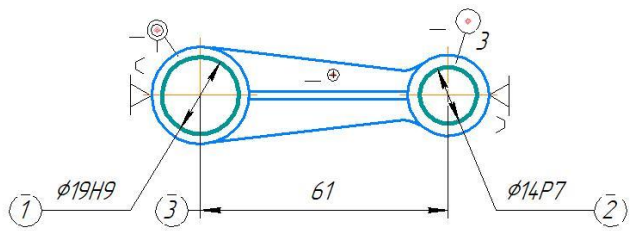
010 4214 (вертикально-свердлильна)



015 4234 (фрезерна з ЧПК)



020 4214 (вертикально-свердлильна)



Перш. примен.
Спроб. №
Підп. і дата
Підп. і дата
Підп. і дата
Інв. № деталі
Взам. інв. №
Інв. № деталі

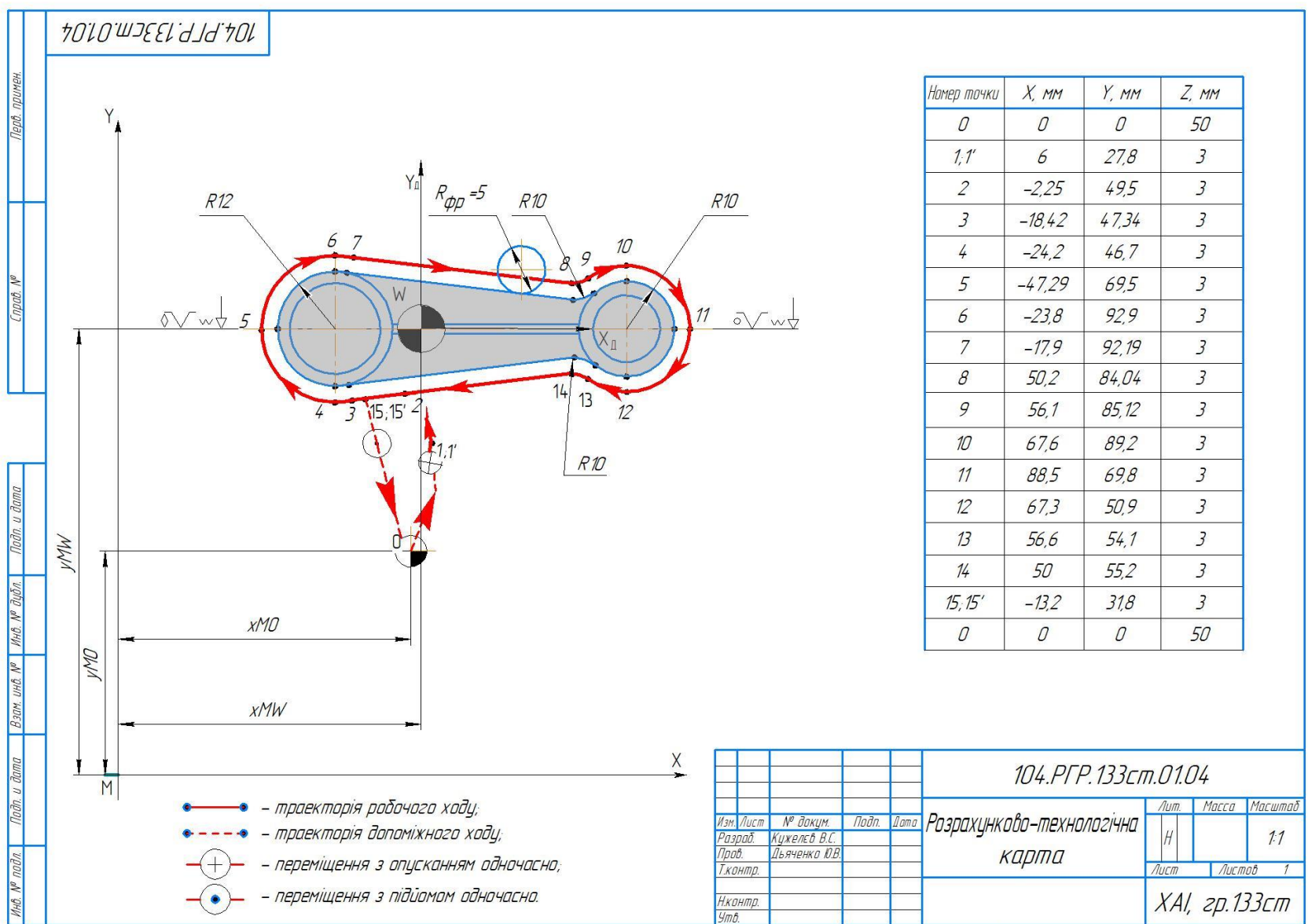
				К104.РГР.133ст.0103			
Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разр.	Куцелєв				Н		1:1
Проб.	Дьяченко				Лист	Листов	1
Т.контр.					ХАІ, 133ст зр.		
И.контр.							
Утв.							

Карта ескизів

Копіював

Формат А3

104.P.P.133ст.0104



Номер точки	X, мм	Y, мм	Z, мм
0	0	0	50
1,1'	6	27,8	3
2	-2,25	49,5	3
3	-18,42	47,34	3
4	-24,2	46,7	3
5	-47,29	69,5	3
6	-23,8	92,9	3
7	-17,9	92,19	3
8	50,2	84,04	3
9	56,1	85,12	3
10	67,6	89,2	3
11	88,5	69,8	3
12	67,3	50,9	3
13	56,6	54,1	3
14	50	55,2	3
15,15'	-13,2	31,8	3
0	0	0	50

- траекторія робочого ходу;
- траекторія допоміжного ходу;
- переміщення з опусканням одночасно;
- переміщення з підйомом одночасно.

104.P.P.133ст.0104					
Изм. / Лист	№ док-м	Подп.	Дата		
Разраб.	Кужель В.С.				
Пров.	Дьяченко Ю.В.				
Т.контр.					
Н.контр.					
Утв.					
Разрачунково-технологічна карта			Лит.	Масса	Масштаб
			Н		1:1
			Лист	Листов	1
			XA1, гр.133ст		

Копировал

Формат А3

Пред. примен.
 Спроб. №
 Подп. и дата
 Инв. № дробл.
 Взам. инв. №
 Подп. и дата
 Инв. № подл.

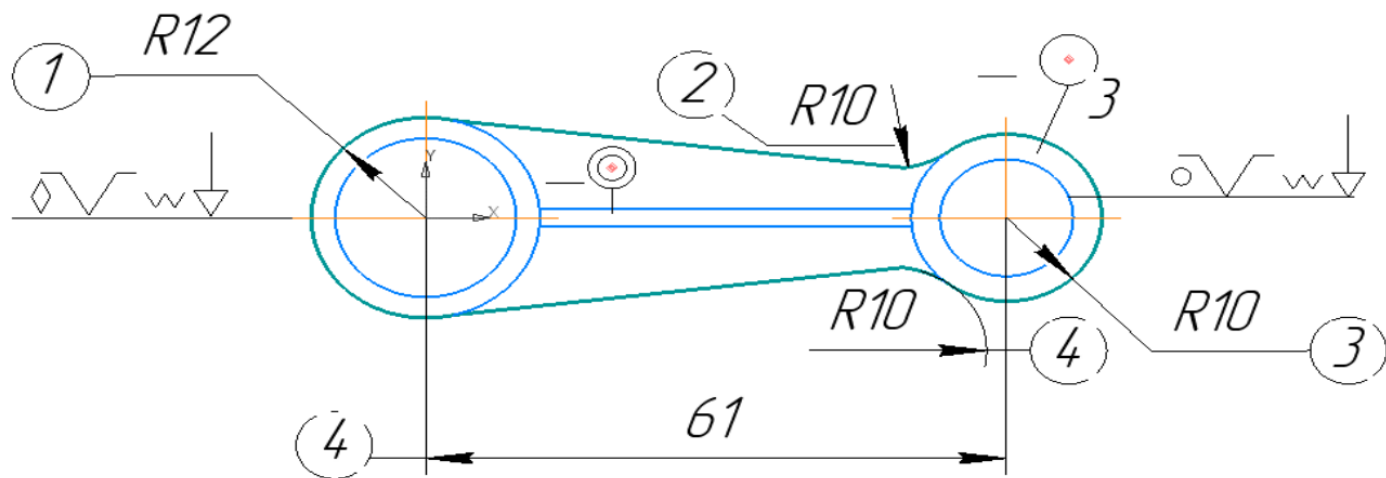
ГОСТ 3.1118-82 форма 1															
Дубл.															
Взам.															
Подл.															
									02100.133см01	2	1				
Разраб.	Кужелев В.С.			XAI, K104			104.РГР.133см.01.01		-	104.10100.00001					
Утверд.	Дьяченко Ю.В.			Качалка						РГР	-	-			
Н.контр.															
M01	35ХГСЛ ГОСТ 977-88														
M02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры		КД	МЗ				
		кг	0,09	1		0,28	Лиття	100x18x33		1	0,32				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции				Обозначение документа						
Б	Код,наименование,оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
A03	025	4262	Горизонтально-фрезерна				104.60142.00001; ПИ №72-04; ИОТ №144-82								
B04	6P81				Фрезерувальник										
05															
A06	010	4214	Вертикально-свердлильна				104.60142.00002; ПИ № 72-13; ИОТ №140-83								
B07	2H135				Свердлувальник										
08															
A09	015	4234	Фрезерна з ЧПК				104.60142.00003; 104.20142.00001; ПИ №72-04; ИОТ №144-82								
B10	МА 655 А				Оператор										
11															
A12	020	4261	Вертикально-фрезерна				104.60142.00004; ПИ №72-04; ИОТ №144-82								
B13	X5042				Фрезерувальник										
14															
15															
МК											2				

ГОСТ 3.1404-86 форма 3											
Дубл.											
Взам.											
Подл.											
							02100.133см01	2	1		
Разраб.	Кужелев В.С.			XAI, K104	104.РГР.133см.01.01	-	104.60142.00003				
Утверд.	Дьяченко Ю.В.			Качалка						015	
Н.контр.											
Наименование операции		Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД
Фрезерна з ЧПК		35ХГСП ГОСТ 977-88				кг	0,08	Лиття 100x18x33		0,32	1
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы			То	Тв	Тпз.	Тшт.	СОЖ		
МА-655А									Емульсія		
Р		ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V		
01			мм	мм	мм	шт	мм/мин	1/мин	м/мин		
002	1. Встановити заготовку власноруч та закріпити										
Т03	(1) - пристрій										
04											
005	2. Фрезерувати по контуру згідно КЭ К104.20142.00001, дотримуючи розмірів 1-4; ПИ №72-04; ИОТ №144-82										
Т06	(1) - втулка цангова Ø10 мм; (1) - фреза концева Ø10мм ГОСТ 17025-81										
Р07			10	365	1,1	1	600	2500	212		
08											
009	3. Розкріпити, зняти										
Т10	(1) - пристрій										
11											
12											
13											
OK	Обработка деталей на металлорежущих верстатах з ЧПК									4	

										ГОСТ 3.1404-86 форма 2а			
Дубл.													
Взам.													
Подл.													
										02100.133см01	2		
										104.РГР.133см.01.01	104.60142.00003	0	
Р					ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V	
01							мм	мм	мм	шт	мм/мин	1/мин	м/ми
002	6. Контроль виконавчих розмірів 1 -- 4 згідно КЭ 104.20142.00001, розмір 16мм												
T03	згідно креслення												
P04	(1) - ШЦ I -125-0,1 ГОСТ 166-80												
05													
006													
T07													
08													
009													
10													
T11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
OK											Обробка деталей на металоріжучих верстатах з ЧПК		5

ГОСТ 3.1105-84 , форма 7

Дубл.									
Взам.									
Подл.									
						02100.133см01	1	1	
Разраб.	Кужелев В.С.			XAI, K104	104.РГР.133см.01.01	-	104.20142.00001		
Утверд.	Дьяченко Ю.В.			Качалка					
Н.контр.									015



КС

5

ГОСТ 3.1502-85 форма 2										
Дубл.										
Взам.										
Подл.										
							02100.133см01	1	1	
Разраб.	Кужелев В.С.			XAI, K104	104.РГР.133см.01.01			104.60102.00001		
Утверд.	Дьяченко Ю.В.				Качалка					015
Н.контр.										
Наименование операции					Наименование, марка материала					МД
Контроль					30ХГСЛ ГОСТ 977-88					0,09
Наименование оборудования				То	Тв					
Плита контрольная										
Р	Контролируемые параметры	Код средств ТО			Наименование средств ТО			Объем и ПК	То/Тв	
001	1. 16h11; 12h11				ШЦ II-160-0,05 ГОСТ 166-80			100		
002	2. Ø19H9				Пробка ГОСТ 14810-69			100		
003	3. Ø14P7				Пробка ГОСТ 14810-69			100		
004	4. Шерох. оброб.поверхн.				Зразки шерох. поверхн. ГОСТ 9378-75			50		
005	5. Відхилення від соосн.				Пристосування контрольне			100		
06	осей отворів 61±0,2									
07										
08										
09										
10										
11										
12										
OK		Технічний контроль							6	