

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Сумський державний університет**  
**Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання**  
**Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів**

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Віталій ІВАНОВ  
\_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ . 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»**

зі спеціальності **131 «Прикладна механіка»**  
освітньо-професійної програми **«Технології машинобудування»**  
на тему:

**ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ**  
**ВИГОТОВЛЕННЯ СТАКАНА 1.1670-13.05-01**

Здобувача групи **ТМз-93-1с**                      **Макогона Тараса Олександровича**

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.  
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

\_\_\_\_\_    \_\_\_\_\_  
(підпис)    (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник                      доцент, канд. техн. наук, доцент **Артем ЄВТУХОВ**  
\_\_\_\_\_    \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)    (підпис)

Консультант  
\_\_\_\_\_    \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)    (підпис)

## РЕФЕРАТ

Записка: 52 с., 8 рис., 6 табл., 4 додатки, 9 використаних джерел.

Об'єкт розробки – «стакан 1.1670-13.05-01» ротора прояснювальної трубчастої центрифуги ОТР 102К-01.

Мета роботи – підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення «стакана 1.1670-13.05-01».

Виконаний аналіз службового призначення виробу – прояснюваної трубчастої центрифуги ОТР 102К-01, ротора, «стакана 1.1670-13.05-01», технічних вимог на їх виготовлення. За коефіцієнтом закріплення операцій визначений тип виробництва – дрібносерійний та форма його організації – групова. Виконаний аналіз технологічності конструкції деталі, вибраний спосіб виготовлення заготовки та розроблені технічні вимоги до неї.

За програмою «рїр» на ЕОМ розрахунково-аналітичним методом розраховані припуски та операційні розміри на отвір  $\varnothing 105H7(+0,035; 0)$  мм.

Вибрані схеми базування і закріплення заготовки на операції 020 «Токарна з ЧПК» та 040 «Фрезерна з ЧПК». Запропоновані моделі верстатів, технологічне оснащення, різальний та вимірювальний інструмент, розраховані режими різання та норми часу на наведені операції.

Спроектований верстатний пристрій – секторна оправка для оброблення заготовок на операції 010 «Токарно-гвинторізна».

Вирішені питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях працюючих на ділянці по виготовленню стакана.

Розроблена технологічна документація спроектованого технологічного процесу виготовлення деталі (карти КТП, КЕ).

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ОПЕРАЦІЯ, ПРИПУСК, РЕЖИМ РІЗАННЯ, НОРМА ЧАСУ, ПРИСТРІЙ

## ЗМІСТ

	С.
Вступ.....	4
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....	5
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі .....	11
3 Визначення типу виробництва та форми його організації .....	16
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	20
5 Вибір способу одержання заготовки та розроблення технічних вимог до неї ....	24
6 Аналіз існуючого технологічного процесу.....	27
6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку .....	27
6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки.....	28
6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів .....	34
6.4 Обґрунтування вибору верстаних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів.....	36
6.5 Розрахунки режимів різання .....	37
6.6 Технічне нормування операцій.....	42
7 Проектування верстатного пристрою .....	44
Висновки .....	51
Перелік джерел посилання .....	52

					<i>ТМЗ 21320060–00.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.		<i>Макогон</i>			<i>Проектування технологічного процесу виготовлення стакана 1.1670-13.05-01</i>	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		<i>Євтухов</i>				3	52	
Н. контр.		<i>Дегтярьов</i>			<i>СумДУ</i>			
Затверд.		<i>Іванов</i>						

## ВСТУП

Для розділення неоднорідних систем, які складаються із двох або більше фаз (суспензій та емульсій), застосовують метод центрифугування заснованого на дії силового відцентрованого поля на неоднорідну систему. Машини для розділення неоднорідних систем у відцентровому полі називаються центрифугами. Їх застосовують у хімічній, харчовій, медичній, металургійної та інших галузях народного господарства.

Машинобудівна промисловість України виготовляє всі типи центрифуг відомих світовій практиці, а саме, сучасні фільтруючі центрифуги безперервної дії із пульсуючим поршнеvim вивантаженням осадка продуктивністю до 100 т/год; високої швидкості автоматичні центрифуги з програмним керуванням (разовим завантаженням ротора до 1250 кг) і ножовим вивантаженням осадка; осадчі центрифуги безперервної дії із шнековим вивантаженням осадка пропускної спроможності суспензії до 60 м<sup>3</sup>/год; високої швидкості трубчасті центрифуги із кількістю обертів 15000 об/хв.

В бакалаврській роботі розглядається одна із важливих деталей трубчастої центрифуги моделі ОТР-102К-01 – «стакан 1.1670-13.05-01», який є частиною ротора, що обертається із великою частотою 15000 об/хв. Виготовлення цієї деталі на машинобудівному підприємстві АТ СНПО виконується на застарілому верстаному обладнанні, із використанням універсальних пристроїв, що не дозволяє зменшити штучно-калькуляційний час технологічних операцій та збільшити продуктивність вироблення зазначених виробів.

З метою удосконалення технологічного процесу виготовлення «стакана» треба розробити окремі структури операцій, запропонувати оптимальні режими різання, різальний та вимірювальний інструменти. Окремо передбачити заходи по охороні праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях працюючих на ділянці по виготовленню деталі.

					ТМЗ 21320060–00.ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

# 1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ.

## ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Трубчасті центрифуги ОТР-10 (діаметр ротора 100 мм) – швидкісні машини, які призначені для прояснювання суспензій, які містять не більше 1% високодисперсної твердої фази (лаки, емалі, медичні вакцини, масла, стічні води при виготовленні кіноплівки і т. ін.). Ці центрифуги також розділяють стійкі емульсії, а саме, відокремлюють воду від трансформаторного масла або від різних жирів. При розділенні емульсії центрифуги працюють безперервно, при розділенні суспензій – періодично, що пов'язано із часом на ручне вивантаження осадку, який накопичується у роторі [1].

Конструктивною ознакою трубчастої центрифуги ОТР-102К-01 є наявність трубчастого ротора, підвішеного на валу гнучкої опори із вертикальною віссю обертання, та плаваючої нижньої опори ковзання (див. табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика центрифуги ОТР-102К-01

Внутрішній діаметр ротора, мм	100
Робоча частота ротора, мм	750
Частота обертання ротора, об/хв	15000
Максимальне завантаження, кг	10
Фактор розділення ротора	13000
Корисний об'єм ротора, л	6
Пропускна спроможність центрифуги водою, л/год	750
Тиск на вході, МПа	0,02
Потужність електродвигуна, кВт	1,7
Виконання	Корозійна сталь

Прояснюванні центрифуги працюють як відстійний апарат. Оброблюваний продукт по трубопроводу надходить в центрифугу і далі крізь насадки у внутрішню порожнину ротора, який обертається. Потік продукту рухається крізь контрольний отвір нижньої кришки, розбивається о пластину відбійника і відкидається до нижньої стінки ротора.

					ТМЗ 21320060–00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		5

Продукт підхоплюється ротором, обертається і далі опиняється в полі дії відцентрових сил.

Суспензія, яка введена в ротор під дією відцентрових сил, розтікається по його внутрішній поверхні і створює циліндричний шар із якого на глухі стінки ротора осаджуються тверді часточки. Циліндричний шар накопичується в роторі до тих пір, поки його внутрішня поверхня не досягне рівня вихідних отворів верхньої кришки. Подальше надходження суспензії в ротор спричиняє безперервне зливання прояснювального фугасу у вихідні отвори, а постійне переміщення суспензії що надходить, видаляє із неї тверди часточки. Ступінь прояснювання суспензії залежить від швидкості її течії по ротору. Чим менше швидкість, тим більший час суспензія знаходиться у полі відцентрових сил і тим краще вона відстоюється.

Прояснювальна рідина, яка вийшла із ротора, збирається у зливній тарілці і по патрубку перетікає у внутрішню порожнину приймального кармана. Осадок твердих часточок, які накопичилися на глухій стінки ротора, треба періодично видаляти і тому ротор зупиняють, розбирають та чистять.

Центрифуга складається із чавунної станини (корпусу), верхньої і нижньої опор, ротора, приводу, натяжного устрою, зливних тарілок, приймальних карманів, гальма.

На станині закріплені всі вузли і електродвигун центрифуги. Також станина слугує захисним кожухом ротора. Три основні розточки корпусу (верхня, середня і нижня) мають загальну геометричну вісь. На корпусі центрифуги є два люки – верхній та нижній, які закриті кришками і ущільнені гумовими прокладками. Верхня опора установлюється у верхній розточці корпусу станини на масивній втулки, у центральний отвір якої угвинчена пола стійка (шпindelь).

На стійку насаджені два радіально-упорних шарикових підшипника. Нижню опору центрифуги установлюють в нижній розточеній порожнині станини циліндричного корпусу, верхній кінець якого створює горизонтальну опорну площадку. На площадку установлена п'ята із циліндричним вкладишем. В гніздах

										Арк.
										6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						

ТМЗ 21320060-00.ПЗ

п'яти по колу у радіальному напрямку розміщені шість пружних буферів, які забезпечують пружні переміщення обойми ротора при його обертаннях та вібраціях.

В середній розточеній порожнині корпусу розташовується ротор підвішений до верхньої опори. Останній має вигляд повного циліндра (стакана) закритого із торців кришками. Верхня кришка і стакан з'єднані зварюванням, а нижня кришка і стакан з'єднана різьбою і ущільнена прокладкою. На внутрішньому торці нижньої кришки над вхідним отвором на трьох колонках встановлена пластинка – розприскувач. Внутрі верхньої кришки до упору вставлена крильчатка із трьома лопатями. Ротор підвішений на валу верхньої опори і з'єднаний з валом накидною гайкою. Ротор отримує оберти від асинхронного електродвигуна із короткозамкненим ротором, який встановлений на кронштейні верхньої частини станини. Оберти на вал ротора надаються ремінною передачею із напрямним натяжним роликом.

Основною частиною ротора є «стакан 1.1670-15.05-00 СК», який призначений для обертання ротора, з'єданого проміжною «втулкою» із «верхньою кришкою», двома «втулками» і «стаканом 1.1670-13.05-01». Зазначені з'єднання створені промінним зварюванням і є герметичними. Верхня кришка має два ряди колових, концентрично розташованих отворів діаметрами 8 мм.

За конструкцією «стакан 1.1670-13.05-01» є полою тонкостінною гільзою із максимальним зовнішнім  $\varnothing 120$  мм і внутрішнім  $\varnothing 105H11$  мм ( $\varnothing 105H7$  мм) та довжиною 765 мм (див. рис. 1.1).

У верхню частину стакана  $\varnothing 105H7$  із упором в верхній торець встановлена «верхня кришка» ротора центрифуги. Зазначені поверхні є основними конструкторськими базами і позбавляють деталь п'яти ступенів свободи. Верхній торець стакана є установчою базою і позбавляє трьох ступенів свободи: переміщення уздовж осі OZ та двох обертів навколо осей OX і OY. Внутрішній діаметр  $\varnothing 105H7$  довжиною 15 мм є подвійною опорною базою і позбавляє двох ступенів свободи: двох поступальних переміщень уздовж осей OX і OY [2].

					ТМЗ 21320060–00.ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

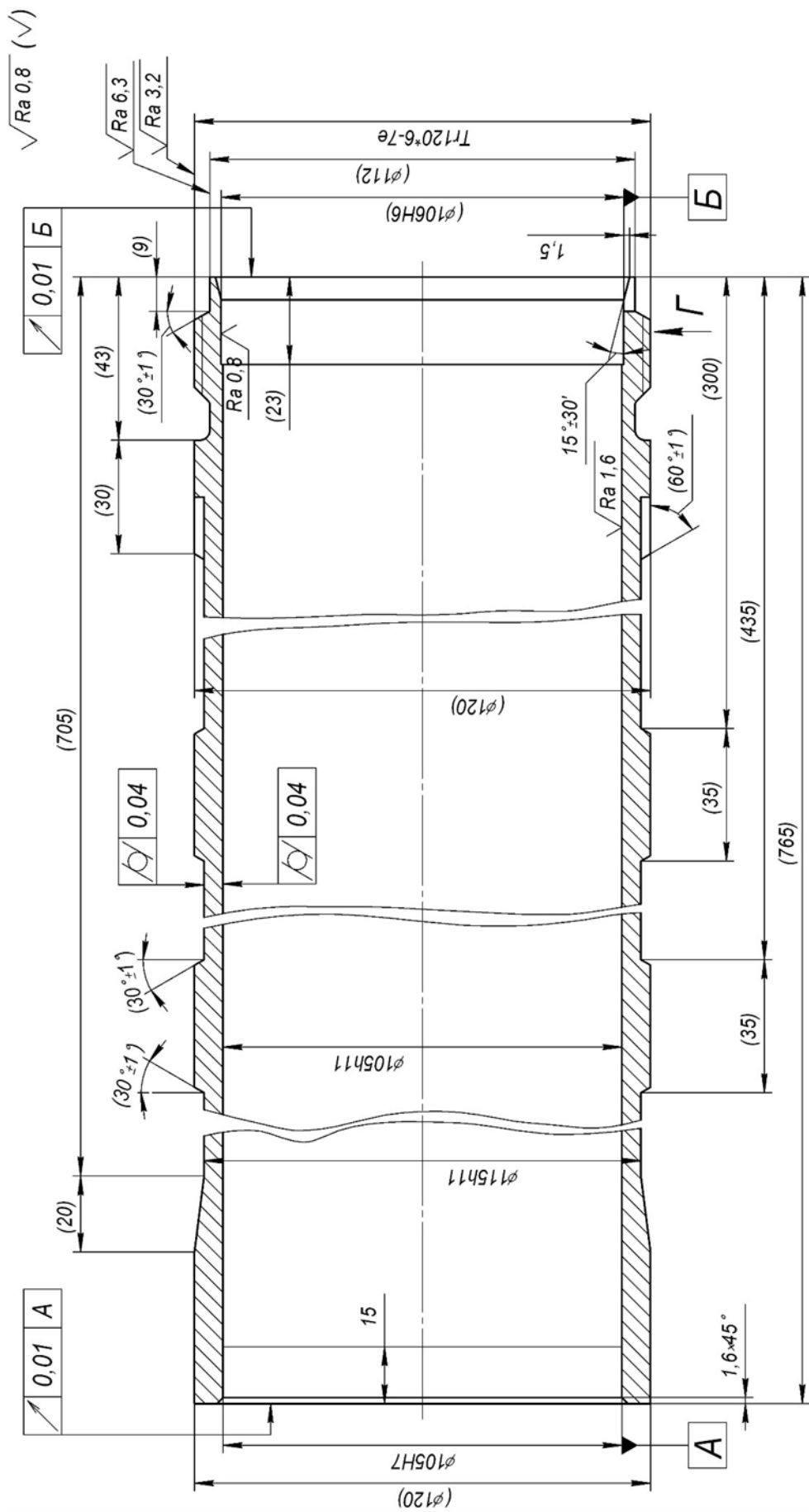


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі

					Арк. 8	
					ТМЗ 21320060-00.ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Шоста ступінь свободи – обертання навколо осі OZ «верхньої кришки» є вакантною. Нерухомість з'єднання досягається за допомогою промінного зварювання.

В нижній частині «стакана» посадочна поверхня  $\varnothing 106H6$  довжиною 23 мм із нижнім торцем передбачена для установки «нижньої кришки» ротора центрифуги. Зазначені поверхні є допоміжними конструкторськими базами, відповідно подвійною опорною і установчою, які разом позбавляють «нижню кришку» п'яти ступенів свободи. Шоста ступінь свободи – обертання навколо своєї осі, «нижня кришка» позбавляється спеціальним гвинтом, який установлюється уздовж наскрізного пазу довжиною 9 мм і шириною 5 мм в циліндричному пояску  $\varnothing 122$  мм нижній частині «стакана». «Нижня кришка» закріплюється на «стакані» за допомогою упорної різьби Tr120×6-7e. Також, між нижнім торцем «стакана» і внутрішнім торцем «нижньої кришки» установлюється спеціальна ущільнювальна прокладка, що забезпечує герметичність з'єднання. Конструкцією, для якісного ущільнення прокладкою, на нижньому кінці «стакана» зроблений внутрішній конус із кутом  $15^\circ \pm 30^*$ .

У внутрішній порожнині «стакана»  $\varnothing 105H11$  мм установлюється спеціальна «крильчатка» із трьома лопатями, яка займає  $2/3$  робочої висоти ротора центрифуги.

На зовнішній поверхні «стакана» зроблені три ступінчастих «кармани» із внутрішніми діаметрами  $\varnothing 115h11$  мм і зовнішніми –  $\varnothing 120$  мм. На середньому кармані «стакана» діаметром  $\varnothing 115h11$  мм довжиною 100 мм установлюються колодки ручного гальма центрифуги. Гальма мають вигляд двох сталевих полос («лап»), робочі поверхні яких обкладені гальмовими накладками («феррадо»), які охоплюють зовнішню поверхню «стакана» при гальмуванні. Крайні кармани «стакана» є вільними поверхнями і передбачені для зниження ваги (видаленням метала) при виконанні балансування складальної одиниці. У нижній частині нижнього кармана на його діаметральній поверхні під кутом  $90^\circ$  розташовані чотири пази шириною 10 мм і довжиною 15 мм. Пази зроблені з технологічною

					ТМЗ 21320060–00.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

метою і вони потрібні для передавання крутного моменту при монтажі «стакана 1.1670-15.05-00 СК» ротора центрифуги на верхній опорі корпусу станини. На верхній частині верхнього кармана «стакана» на довжині 20 мм зроблений перехідний конус із  $\varnothing 115h11$  мм на  $\varnothing 120$  мм.

Для виходу різального інструменту при нарізанні упорної різьби Tr120×6-7e на зовнішній поверхні  $\varnothing 120/\varnothing 112$  зроблена спеціальна канавка шириною 10 мм під кутом  $45^\circ \pm 1^\circ$  і радіусами R3 мм та R1 мм.

Інші поверхні «стакана 1.1670-13.05-01» є вільними і формують конфігурацію деталі.

«Стакан 1.1670-13.05-01» ротора центрифуги працює у складних умовах знакозмінних та циклічних навантажень при частоті обертання 15000 об/хв. «Стакан» ротора розташовується з вертикальною віссю обертання у підвісному стані з «верхньою кришкою» і «валом». Загальна вага частин ротора що обертаються досягає 35 кг. При високій частоті обертання частин ротора можливе виникнення незначних осьових вібрацій. Тому нижня шийка цапфи ротора, яка вільно підвішена на верхній опорі, розташовується у вкладиші нижньої опори із рівномірним кільцевим зазором в межах 0,01–0,2 мм.

Крізь внутрішню порожнину «стакана» проходять різні прояснювальні продукти, які можуть мати агресивне середовище, і тому окремі деталі центрифуги треба виготовляти із корозійностійких сталей.

					<i>ТМЗ 21320060–00.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		10

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

«Стакан 1.1670-13.05-01» ротора центрифуги моделі ОТР 102К-01 є однією із основних деталей, до якої запропоновані жорсткі вимоги на її виготовлення.

«Стакан» виготовлений із високолегованої корозійностійкої (нержавіючої) сталі 12Х18Н10Т ГОСТ 5949-75, яка стійка до електрохімічної і хімічної корозії (атмосферній, ґрунтовій, луговій, кислотній, сольовій), міжкристалічній корозії, корозії під напругою і т. ін. [3]. Хімічний склад сталі та її механічні властивості наведені відповідно в таблицях 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 12Х18Н10Т, в процентах

Марка сталі	С	Cr	Ni	Ti
12Х18Н10Т	0,12	до 18	10	1

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 12Х18Н10Т

Марка сталі	$\sigma_B$ , кгс/мм <sup>2</sup>	$\sigma_T$ , кгс/мм <sup>2</sup>	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
12Х18Н10Т	52	20	40	55

Сталь рекомендується застосовувати для зварювальної апаратури в різних галузях промисловості [3]. За вимогами експлуатації «стакана 1.1670-13.05-01», сталь 12Х18Н10Т запропонована конструктором правильно і відповідає умовам в яких працює центрифуга.

За конфігурацією деталей відноситься до класу великої довжини тонкостінних «втулок» (гільз) із габаритними розмірами  $\varnothing 120 \times 765$  мм та товщиною стінок від  $S_{\min} = 3$  мм до  $S_{\max} = 7,5$  мм. Конструкція деталі недостатньо жорстка, маса деталі становить 11,1 кг.

Виконаємо аналіз технічних вимог наданих кресленням деталі.

Згідно службового призначення «стакана» ряд його поверхонь треба оброблювати після складання «верхньої кришки» із приводним «валом» ротора центрифуги. Це поверхні розмірами:  $\varnothing 120$  мм,  $\varnothing 106H6$  мм,  $\varnothing 112$  мм, 20 мм, 30 мм,

					ТМЗ 21320060–00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		11

43 мм, 35 мм, 300 мм, 435 мм, 705 мм, 765 мм. Наведені деталі експлуатуються при частоті обертання ротора 15000 об/хв і вони зобов'язані забезпечити мінімальний дисбаланс деталей, що обертаються. Якщо відцентрові сили збільшуються, то різко збільшуються інерційні навантаження, які призводять до виникненню вібрацій в системі ротора. Під дією вібрацій руйнується посадочне гніздо у нижній опорі центрифуги.

Конструктором запропонована технічна вимога щодо термічної обробки деталі після чорнової механічної обробки її поверхонь з метою зняття внутрішніх напружень. Це пов'язано із видаленням підвищених припусків на чорновому етапі механічної обробки «стакана». В шарі металу деталі відбувається перерозподіл внутрішніх напружень, що призводить до змінюванню форм та взаємному розташуванню поверхонь обробленої заготовки. В результаті порушується геометричний та динамічний баланс деталі, що не повинно бути. Із таких же міркувань був обґрунтований вибір матеріалу деталі, який допускає режим термічної обробки із підвищеним нагріванням до 1020 – 1100 °С та наступним охолодженням на повітрі, в маслі або у воді [3].

Також треба правильно витримати режим відпалювання заготовки (із температурою 850 °С). Правильно витриманий режим відпалювання змінює мікроструктуру сталюого шару деталі, за яким карбід заліза повністю виділяється із розчину і стає присутнім у коагульованому виді, а хром рівномірно розподіляється по об'єму зерна. Створена мікроструктура дозволяє застосовувати промінне зварювання, яке забезпечує швидке нагрівання шва зварювання та його високу якість.

Високі вимоги запропоновані до поверхонь  $\varnothing 105H7$  мм та  $\varnothing 106H6$  мм. По отвору  $\varnothing 105H7$  мм установлюється «верхня кришка», яка потім зварюється із «стаканом». Зазначений квалітет точності розміру *J7* достатній, щоб забезпечити центрування з'єднаних деталей.

«Нижня кришка» і «стакан» з'єднуються за допомогою упорної різьби Tr120×6-7e. Це з'єднання рознімне і центрування деталей для зменшення

					<i>ТМЗ 21320060–00.ПЗ</i>	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

дисбалансу повинно бути більш точним, а тому отвір виконується за 6-им квалітетом точності.

Вибір упорної різьби Tr120×6-7e для кріплення «нижньої кришки» ротора обґрунтований експлуатацією подібних центрифуг в промисловості. Зазначена різьба є також кінематичною різьбою і застосовується у різних гвинтових механізмах верстатів, пресів та інших подібних приладів. Різьба має гарантований зазор по сполученим поверхням, який потрібен для розміщення змащувального матеріалу з метою зменшення тертя, компенсації температурних деформацій і побудові однопрофільного контакту боковими сторонами профіля різьбового з'єднання.

Запропонована різьба враховує постійне зупинення центрифуги для вивантаження осадка («нижня кришка» постійно знімається). Також, коефіцієнт тертя упорної різьби на 12% менше ніж коефіцієнт тертя метричної різьби. Застосування упорної різьби Tr120×6-7e на високих обертах ротора практично виключає заклинювання зачеплених різьбових поверхонь, що притаманно метричним різьбим з'єднанням. Тому вибір конструктором упорної різьби Tr120×6-7e цілком обґрунтований. Степінь точності різьби – 7e, що відповідає середньому класу точності подібних різьб.

Точність зовнішніх циліндричних карманів  $\varnothing 115$  та внутрішньої поверхні  $\varnothing 105H11$  мм відповідає *JT11* квалітету точності. Відхилення від циліндричності зазначених поверхонь становить 0,04 мм, що відповідає 9-й степені точності згідно СТ СЕВ 637-77 [10]. Враховуючи високу частоту обертання деталі (15000 об/хв), зазначені вимоги можна підвищити, а саме, точність розмірів до 9-го квалітету, а точність форми поверхонь до 7-ї степені. Запропонована вимога підвищить центрування «стакана», зменшить дисбаланс вузла і призведе до підвищенню експлуатаційної надійності роботи ротора центрифуги, а в наступному, знизить витрати на експлуатацію машини.

Наступною вимогою креслення є торцеві биття верхнього та нижнього торців деталі відносно посадочних поясків відповідно  $\varnothing 105H7$  мм та  $\varnothing 106H6$  мм. Допуск

					ТМЗ 21320060–00.ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

торцевого биття становить 0,01 мм і відповідає 5-ій степені точності. Зазначена вимога обґрунтована, тому що вона остаточно надана на зварювальному вузлу – «верхньої кришки» та «стакана». Торцеве биття нижнього торця деталі трохи завищена, що пов'язано із проміжною обробкою, а остаточно високу точність треба забезпечити після сумісної обробки «стакана» з іншими сполученими деталями.

Шорсткість поверхонь  $\varnothing 105H7$  мм та  $\varnothing 106H6$  мм становить  $Ra = 1,6$  мкм та  $Ra = 0,8$  мкм відповідно і відповідає зазначеній точності цих розмірів. Але є деяка невідповідність внутрішньої поверхні  $\varnothing 105H11$  мм із шорсткістю  $Ra = 1,6$  мкм та зовнішньої поверхні  $\varnothing 115h11$  мм із шорсткістю  $Ra = 0,8$  мкм. Однак ці протиріччя цілком обґрунтовані, тому що на високих обертах деталі (15000 об/хв) на зовнішньої і внутрішньої її поверхнях виникають турбулентні повітряні потоки. Ці вихрові потоки призводять до руйнації поверхонь «стакана», вібрації ротора і підвищеному зносу нижньої опори центрифуги.

З метою підвищення міцності тонких стінок «стакана», усуненню можливих концентраторів напружень, бокові стінки зовнішніх карманів деталі зроблені із плавними переходами під кутом  $30^\circ \pm 1^\circ$ . Також під кутами  $30^\circ \pm 1^\circ$  та  $45^\circ \pm 1^\circ$  зроблені фаски початку і закінчення упорної різьби та конічний пояс переходу з  $\varnothing 115h11$  мм на  $\varnothing 120$  мм.

Розміри вільних поверхонь деталі надані по  $H14$ ,  $h14$  и  $\pm t_2/2$ . У більшості така точність відповідає точності лінійних розмірів деталі, які практично не впливають на дисбаланс деталі при її обертанні. Але точність циліндричної сходинки  $\varnothing 120$  мм можна підвищити до точності  $IT9 \div IT11$  квалітетів. Допуск поверхні  $\varnothing 120$  мм становить 0,87 мм і при великих обертах деталі можуть збільшитися інерційні навантаження, що призведуть до вібрації ротора і знизять експлуатаційну надійність центрифуги.

Шорсткість вільних поверхонь у більшості випадків становить  $Ra = 0,8$  мкм.

Надана шорсткість обґрунтована, тому що вона пов'язана із високою частотою обертання деталі (15000 об/хв), коли виникають неврівноважені турбулентні повітряні потоки, які призводять до виникненню вібрацій. Але

					<i>ТМЗ 21320060-00.ПЗ</i>	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

«стакан» у виробі закриває своїми поверхнями поверхні інших деталей, які з'єднані з ним і мають більш високу шорсткість. Наприклад, поверхні упорної різьби мають шорсткість  $R_a = 3,2$  мкм, зовнішній поясок  $\varnothing 112$  мм шорсткість  $R_a = 6,3$  мкм, верхній торець деталі шорсткість  $R_a = 12,5$  мкм. Зазначені поверхні не зіткаються з навколишнім середовищем і не впливають на умови експлуатації деталі.

У цілому креслення оформлене за вимогами загальноприйнятих стандартів. На кресленні зображений один поздовжній переріз деталі, що достатньо для тіла обертання. Також на кресленні наведені три види, які дають повне уявлення о конфігураціях всіх пазів деталі та форм канавок для виходу інструмента при нарізання різьби.

Розміри, допуски, точність форми та взаємного розташування поверхонь, їх шорсткість проставлені конструктором у відповідності діючих стандартів і дають повне уявлення о конфігурації деталі, що аналізується.

«Стакан 1.1670-13.05-01» є основною деталлю ротора центрифуги моделі ОТР 102К-01, яка працює у важких та складних експлуатаційних умовах. Тому підвищені технічні умови для виготовлення деталі і виробу відповідають сучасному рівню виготовлення машин для підприємств хімічній галузі машинобудування.

					<i>ТМЗ 21320060–00.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		15

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ЙОГО ОРГАНІЗАЦІЇ

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{30}$  [4]. Вихідними даними для розрахунку коефіцієнта є існуючий технологічний процес виготовлення корпусу, норми штучно-калькуляційного часу  $T_{ш-к}$  за всіма операціями та річний випуск виробів  $N = 350$  шт. Вихідні та розраховані дані наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операції

Номер операції	Найменування операції	$T_{ш-к}$ , хв	$m_p$	$P$	$\eta_{з.ср.}$	$O$
1	Токарна	29,2	0,053	1	0,053	15
2	Токарна	13,6	0,025	1	0,025	32
3	Токарна	9,1	0,017	1	0,017	47
4	Шліфувальна	14,7	0,027	1	0,027	30
5	Шліфувальна	32,6	0,059	1	0,059	14
6	Фрезерна	3,8	0,007	1	0,007	114
7	Токарна	14,5	0,026	1	0,026	31
8	Фрезерна	12,9	0,023	1	0,023	35
9	Полірувальна	30,0	0,054	1	0,054	15
	Всього	160,4	–	9	–	333

*Визначення типу виробництва.*

Кількість верстатів по окремим операціям визначається за формулою [4]:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.ср.}}$$

де  $N = 350$  шт – річна програма виготовлення виробів;

$F_d = 4029$  год – дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

$\eta_{з.н.ср.} = 0,8$  – середнє значення нормованого коефіцієнта завантаження обладнання (на цьому етапі тип виробництва ще не визначений).

Приймаємо цілу кількість робочих місць  $P$  та округляємо їх до найближчого цілого значення  $m_p$ .

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця визначається за формулою

									Арк.
									16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					



$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}$$

Кількість операцій, що виконуються на робочому місці визначається за формулою

$$O = \frac{\eta_{з.н.ср.}}{\eta_{з.ф.}}$$

Результати розрахунків наведені в таблиці 3.1, де визначені сумарні показники  $T_{ш-к}$ ;  $P$ ;  $O$ .

Коефіцієнт закріплення операцій визначається за формулою:

$$K_{зо} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{333}{9} = 37.$$

Згідно ГОСТ 14.004-83, якщо  $20 < K_{зо} = 37 \leq 40$ , то це відповідає дрібносерійному типу виробництва [4].

*Визначення форми організації виробництва.*

Випуск  $N_d$  деталей за добу:

$$N_d = \frac{N}{254} = \frac{350}{254} \cong 2 \text{ шт,}$$

де 254 – кількість робочих днів за рік.

Продуктивність  $Q$  потокової стрічки за сутки при її завантаженні на 60%:

$$Q = \frac{F_{сут} \cdot 0,6}{T_{ср}} = \frac{952 \cdot 0,6}{17,82} = 32 \text{ шт,}$$

де  $F_c = \frac{F_d \cdot 60}{254} = \frac{4029 \cdot 60}{254} = 952 \text{ хв}$  – фонд часу роботи обладнання при режимі роботи у дві зміни;

$$T_{ср} = \frac{\sum T_{ш-к}}{n_p} = \frac{160,4}{9} = 17,82 \text{ хв} \text{ – середня трудомісткість основних}$$

механічних операцій;

$n_p = 9$  – кількість основних механічних операцій технологічного процесу.

Якщо  $N_{сут} = 2 \text{ шт} < Q = 32 \text{ шт}$ , то застосування одно номенклатурної стрічки є недоцільним, тому приймаємо групову форму організації виробництва

									Арк.
									17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ТМЗ 21320060–00.ПЗ				

[4]. Вироби запускаються у виробництво із визначеною періодичністю, що є ознакою дрібносерійного виробництва.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску визначається за формулою

$$N_{\text{п}} = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{350 \cdot 24}{254} = 33 \text{ шт.},$$

де  $a = 24$  дня – періодичність запуску деталей у виробництво.

Розмір партії корегуємо за рахунок кількості змін  $C$  потрібних на обробку всієї партії:

$$C = \frac{T_{\text{ср}} \cdot N_{\text{п}}}{F_{\text{см}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}} = \frac{17,82 \cdot 33}{476 \cdot 0,8} = 1,54,$$

де  $F_{\text{см}} = \frac{F_{\text{сут}}}{\nu} = \frac{952}{2} = 476$  хв – фонд часу роботи обладнання за одну зміну;

$\nu = 2$  – кількість змін;

$\eta_{\text{з.н.}} = 0,8 - 0,9$  – нормований коефіцієнт завантаження верстатів у дрібносерійному виробництві [4]. Приймаємо  $\eta_{\text{з.н.}} = 0,8$ .

Кількість змін округляємо до найближчого значення  $C_{\text{п}} = 2$ . Тоді кількість деталей в партії визначиться за формулою

$$N_{\text{п}} = \frac{F_{\text{см}} \cdot C_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}}{T_{\text{ср}}} = \frac{476 \cdot 2 \cdot 0,8}{17,82} = 43 \text{ шт.}$$

Основна характеристика дрібносерійного типу виробництва із груповою формою організації [2, 4].

У дрібносерійному виробництві використовується універсальне і частково спеціальне обладнання. Широко застосовуються верстати з ЧПК. Верстати розташовані за технологічними групами із урахуванням напрямку основних вантажних потоків цеху по предметно-замкнутим ділянкам. Застосовується універсально-збірне, періодично налагоджувальне технологічне оснащення. Основний типаж різального інструменту – універсальний і частково спеціальний. Вимірювальний інструмент – калібри, спеціальний вимірювальний інструмент.

									Арк.
									18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					

Вихідними заготовками застосовують виливки в піщано-глинясті форми, лиття під тиском, точне лиття, поковки і точні штамповки. Потрібна точність розмірів досягається методами пробних холів та вимірювань із частковим застосуванням розмічення.

Кваліфікація основних робочих – висока. Технологічна документація та нормування розробляється для найбільш складних і відповідальних заготовок і спрощене нормування – для простих заготовок.

У дрібносерійному виробництві технологічний процес частково диференційований, тобто розчленований на окремі операції, які закріплені за окремими визначеними верстатами.

Дрібносерійне виробництво значно економніше, ніж одиничне, тому що краще використовується технологічне устаткування, спеціалізація робочих місць, що збільшує продуктивність праці і зменшує собівартість виготовленої продукції.

					<i>ТМЗ 21320060–00.ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		19

#### 4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Аналіз технологічності конструкції деталі виконується за якісними показниками. Мета аналізу – виявлення недоліків конструктивних елементів деталі за даними технічних вимог креслення.

«Стакан 1.1670-13.05-01» виготовляється із високолегованої корозійностійкої (нержавіючої) сталі 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72. Сталь має високі міцні і фізико-механічні властивості, непогано оброблюється різанням. Одночасно сталь чутлива до міжкристалічної корозії, особливо при хибному призначенню режимів термічної обробки або зварюванні. Зазначене знижує технологічні можливості матеріалу деталі.

На підприємстві заготовкою для «стакана 1.1670-13.05-01» застосовується труба 127x15 – 12Х18Н10Т ГОСТ 9940-81. Це безшовна гаряче деформована труба із корозійностійкої сталі звичайної точності. Точність граничного відхилення зовнішнього діаметра труби в межах  $\pm 1,5\%$ ; точність товщини стінки в межах  $\pm 15\%$ . Механічні властивості труби із сталі 12Х18Н10Т наведені в таблиці 2.2. При розмірах заготовки  $\varnothing 127 \times 780$  мм і масі 32,7 кг коефіцієнт використання матеріалу порівняно невисокий:

$$K_{\text{вм}} = M_{\text{д}} / M_{\text{з}} = 11,1 / 32,7 = 0,34,$$

де  $M_{\text{д}}$ ,  $M_{\text{з}}$  – відповідно маса деталі і заготовки, кг.

Тому, у разі вибору оптимального метода виготовлення заготовки, треба розглянути інші методи, наприклад, вільне кування на молотах.

Конфігурація деталі при її виготовленні механічною обробкою є достатньо простою і технологічною, труднощі при її виготовленні не передбачені. Однак, при габаритних розмірах деталі  $\varnothing 120 \times 765$  мм і товщини стінки від 3 мм до 7,5 мм, деталь недостатньо жорстка, що не дозволить використати при її механічній обробки багато інструментальне налагодження із напруженими режимами різання.

За конфігурацією деталь є тонкостінною втулкою (гільзою) великої довжини із перепадами сходинок зовнішніх поверхонь:  $\varnothing 120$  мм,  $\varnothing 115h11$  мм,  $\varnothing 112$  мм, та незначних внутрішніх поверхонь:  $\varnothing 105H7$  мм,  $\varnothing 105H11$  мм,  $\varnothing 106H6$  мм. Довжина

									Арк.
									20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ТМЗ 21320060–00.ПЗ				

останньої сходинки становить 23 мм, що дає підставу розточити внутрішню порожнину деталі «на прохід» і зменшити час її обробки.

При обробки всіх поверхонь деталі можливий вільний доступ до них різальних інструментів. Деталь має точні і достатньо розвинуті (по довжині) поверхні, які можна використати технологічними базами при механічній обробці. При їх використанні можна виконати основні принципи базування – суміщення і постійності баз.

Конструкція «стакана» має ряд нетехнологічних елементів. Наприклад, нетехнологічною у виготовленні є канавка для виходу інструмента при нарізанні упорної різьби Tr120×6-7e, що потребує спеціального канавкового різця або складної траєкторії руху стандартного канавкового різця.

Нетехнологічним елементом є упорна різьба Tr120×6-7e, тому що для її обробки потрібен спеціальний інструмент і висока кваліфікація робочого верстатника. Також, при великому кроку різьби ( $S = 6$  мм) та багато прохідному різанні треба зменшувати частоту обертання заготовки для виведення інструмента із зони різання та його реверсу. Це зменшує продуктивність обробки та збільшує її собівартість.

Нетехнологічними елементами є пази розмірами 5x9 мм та 10x15 мм. За конструкцією пази закриті із однієї сторони і тому їх обробка малопродуктивними кінцевими або шпонковими фрезами збільшує трудомісткість виготовлення деталі. Обробка пазів дисковими фрезами неприпустима, що пов'язана із конструкцією пазів. Також на обробку пазів впливає невелика жорсткість деталі, що виключає їх фрезерування за один хід інструмента на тонкій стінці деталі. Фрезерування пазів методом «маятникової подачі» потребує застосування шпонко-фрезерного верстата та робочого високої кваліфікації, що збільшує собівартість виготовлення деталі.

Нетехнологічними елементами конструкції деталі є конічні поверхні: внутрішня  $\varnothing 106H6$  мм під кутом  $15^\circ \pm 30^*$  і зовнішня між сходинками  $\varnothing 120$  мм та  $\varnothing 115h11$  мм довжиною 20 мм. Їх обробка можлива на верстатах з ЧПК або при

										Арк.
										21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						

ТМЗ 21320060-00.ПЗ

використанні спеціальної технологічної оснастки і відповідного налагодження верстатного обладнання.

Недостатньо технологічна конструкція зовнішніх кільцевих «карманів», розташованих під кутом  $30^{\circ} \pm 1^{\circ}$ . Розміри глибини «карманів» зменшують товщину стінки деталі і тому їх обробка можлива при малих глибинах різання і подачах за кілька ходів, щоб виключити деформацію тонких стін поверхонь «стакана».

Обробка поверхонь деталі по 6-му і 7-му квалітетам точності із низькою шорсткістю ( $Ra = 0,8-1,6$  мкм), малими допусками точності форми та взаємного розташування поверхонь потребує застосування додаткових оздоблювальних операцій (шліфування та полірування), що значно підвищує трудомісткість та собівартість механічної обробки деталі.

Для контролю елементів конструкції «стакана 1.1670-13.05-01» на кресленні представлені всі потрібні дані. На кресленні наведений поздовжній переріз деталі із місцевими перерізами і видами, які однозначно пояснюють її конфігурацію. Зазначені всі розміри, їх точність, шорсткість поверхонь, допустимі відхилення від правильних геометричних форм поверхонь та їх взаємного розташування. Розміри поверхонь деталі проставлені комбінованим методом, що дозволяє застосовувати прямий контроль при механічній обробці.

Достатньо розвинені (за довжиною) поверхні деталі, їх відкритість, забезпечує вільний доступ інструментів до зони різання та суміщення вимірювальних і технологічних баз на окремих операціях, що усуває похибки базування і підвищує точність механічної обробки. Конструкція деталі дозволяє легко реалізувати постійність баз. Наприклад, обробляти всі зовнішні поверхні деталі використавши при її базуванні внутрішній поверхні, і навпаки, базувати по зовнішнім поверхням у разі обробки внутрішніх поверхонь. При обробці поверхонь деталі в пропонуваному технологічному процесі по можливості застосувати верстати з ЧПК, спеціалізовану або спеціальну технологічну оснастку, різальний інструмент із пластинами твердого сплаву марок ВК8, ВК6М, Т5К10, Т30К4 і т. ін.

					ТМЗ 21320060-00.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таким чином, за деякими нетехнологічними елементами конструкції деталі, в цілому «стакан» є деталлю технологічною.

					<i>ТМЗ 21320060-00.ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		23

## 5 ВИБІР СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

Для вибору оптимального метода одержання заготовки у дрібносерійному виробництві треба виконати розрахунок її собівартості виготовлення на існуючому підприємстві – із труби, та порівняти із собівартістю її виготовлення за найбільш альтернативним варіантом – вільним куванням на молотах із прошиванням центрального отвору.

Собівартість заготовки виготовленої із труби розраховують за формулою [4]:

$$S_{\text{заг 1}} = M + \Sigma C_{\text{рт}}, \quad (5.1)$$

де  $M$  – витрати на матеріал заготовки, грн;

$\Sigma C_{\text{рт}}$  – технологічна собівартість операції розрізання труби на штучні заготовки, грн.

$$M = QS - (Q - q) \frac{S_{\text{від}}}{1000}, \quad (5.2)$$

де  $Q = 32,7$  кг – маса заготовки із труби;

$S = 38,45$  грн – вартість одного кілограма матеріалу заготовки (вартість сталі 12X18H10T ГОСТ 9940-81);

$q = 11,1$  кг – маса готової деталі;

$S_{\text{від}} = 6850$  грн – вартість однієї тони відходів [4].

$$M = 32,7 \cdot 38,45 - (32,7 - 11,1) \cdot \frac{6850}{1000} = 1109,4 \text{ грн.}$$

Технологічна собівартість операції розрізання труби по попереднім розрахункам становить 42,7 грн, тоді собівартість заготовки виготовленої із труби

$$S_{\text{заг 1}} = 1109,4 + 42,7 = 1152,1 \text{ грн.}$$

Собівартість заготовки, виготовленої вільним куванням на молотах, визначають за формулою [4]:

$$S_{\text{заг 2}} = \frac{C}{1000} \cdot Q \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{п}} - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{від}}}{1000}, \quad (5.3)$$

					ТМЗ 21320060-00.ПЗ	Арк. 24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



де  $C = 44100$  грн – базова вартість однієї тони заготовок;

$K_T = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовки (нормальний клас точності);

$K_C = 0,77$  – коефіцієнт, що враховує складність заготовки (1-а група складності поковок);

$K_B = 0,65$  – коефіцієнт, що враховує масу заготовки (для маси заготовки в межах 63-160 кг);

$K_M = 1,77$  – коефіцієнт, що враховує марку матеріалу заготовки (для нержавіючої сталі 12Х18Н10Т);

$K_N = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує об'єм виробництва заготовок (для об'єму випуску менше 600 штук);

$q = 11,1$  кг – маса деталі;

$S_{\text{від}} = 6850$  грн – вартість однієї тони відходів.

$Q = 85$  кг – маса заготовки.

Згідно ГОСТ 7829-70 при внутрішньому діаметрі деталі 105 мм довжиною 765 мм вільним куванням на молотах неможливо прошити центральний отвір. Тоді маса заготовки без отвору становить  $Q = 85$  кг.

$$S_{\text{заг}2} = \frac{44100}{1000} \cdot 85 \cdot 1 \cdot 0,77 \cdot 0,65 \cdot 1,77 \cdot 1 - (85 - 11,1) \frac{6850}{1000} = 2815 \text{ грн.}$$

Порівняємо собівартості виготовлення заготовки обома методами:

$$S_{\text{заг}1} = 1152,1 \text{ грн} < S_{\text{заг}2} = 2815 \text{ грн.}$$

Собівартість заготовки одержаної із труби менше собівартості заготовки отриманої вільним куванням на молотах і тому її приймаємо заготовкою при проектуванні технологічного процесу виготовлення «стакана».

Згідно ГОСТ 9940-81 визначимо основні розміри заготовки із труби.

Зовнішній діаметр безшовної гаряче деформованої труби із корозійностійкої сталі 12Х18Н10Т ГОСТ 9940-81 дорівнює  $d_{\text{зов}} = 127$  мм.

Граничні відхилення зовнішнього діаметру труби звичайної точності знаходяться в межах  $\pm 1,5\%$  або  $\pm 1,9\%$ .

					<i>ТМЗ 21320060-00.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		25

Товщина стінки заготовки в існуючому варіанті 15 мм. Можна знизити товщину стінки деталі до 14 мм, що зменшить масу заготовки до 30,8 кг і підвищить коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{вм}} = M_{\text{д}}/M_{\text{з}} = 11,1/30,8 = 0,36.$$

У цьому випадку граничні відхилення товщини стінки для звичайної точності виготовлення труби становлять:  $\pm 1,5\%$  або  $\pm 2,1\%$ .

Остаточно товщина стінки труби визначиться після розрахунку припусків на циліндричну внутрішню поверхню  $\varnothing 105H7$  мм розрахунково-аналітичним методом на ЕОМ.

					<i>ТМЗ 21320060–00.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		26

## 6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕССА

### 6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Розрахунок виконується для поверхні заготовки  $\varnothing 105H7$  мм розрахунково-аналітичним методом за допомогою ЕОМ. Поверхня  $\varnothing 105H7$  мм оброблюється на трьох технологічних переходах: чорнове і чистове розточування, однократне шліфування.

Визначимо значення  $R_{zi-1}$  і  $H_{i-1}$  за даними джерел [4, 5]:

- для заготовки:  $R_{zi-1} = 200$  мкм;  $H_{i-1} = 300$  мкм;
- після чорнового точіння:  $R_{zi-1} = 63$  мкм;  $H_{i-1} = 60$  мкм;
- після чистового точіння:  $R_{zi-1} = 20$  мкм;  $H_{i-1} = 30$  мкм.

Визначимо значення просторових відхилень заготовки  $\rho_{i-1}$  за формулою [4]:

$$\rho_{i-1} = \rho_{\text{жол}} = \Delta_{\text{ж}} \cdot L = 1,0 \cdot 765 = 765 \text{ мкм}, \quad (6.1)$$

де  $\rho_{\text{жол}}$  – величина жолоблення заготовки, мкм;

$\Delta_{\text{ж}} = 1,0$  мкм – питома величина жолоблення на 1 мм довжини заготовки;

$L = 765$  мм – довжина заготовки.

Остаточні значення величин просторових відхилень на токарних і шліфувальній операціях визначалися із урахуванням коефіцієнта  $K_y$  [4]:

$$\rho_{\text{ост}} = \rho_{i-1} \cdot K_y, \quad (6.2)$$

де  $K_{y1} = 0,06$  – для чорнового розточування;

$K_{y2} = 0,05$  – для чистового розточування.

$$\rho_1 = 765 \cdot 0,06 = 46 \text{ мкм};$$

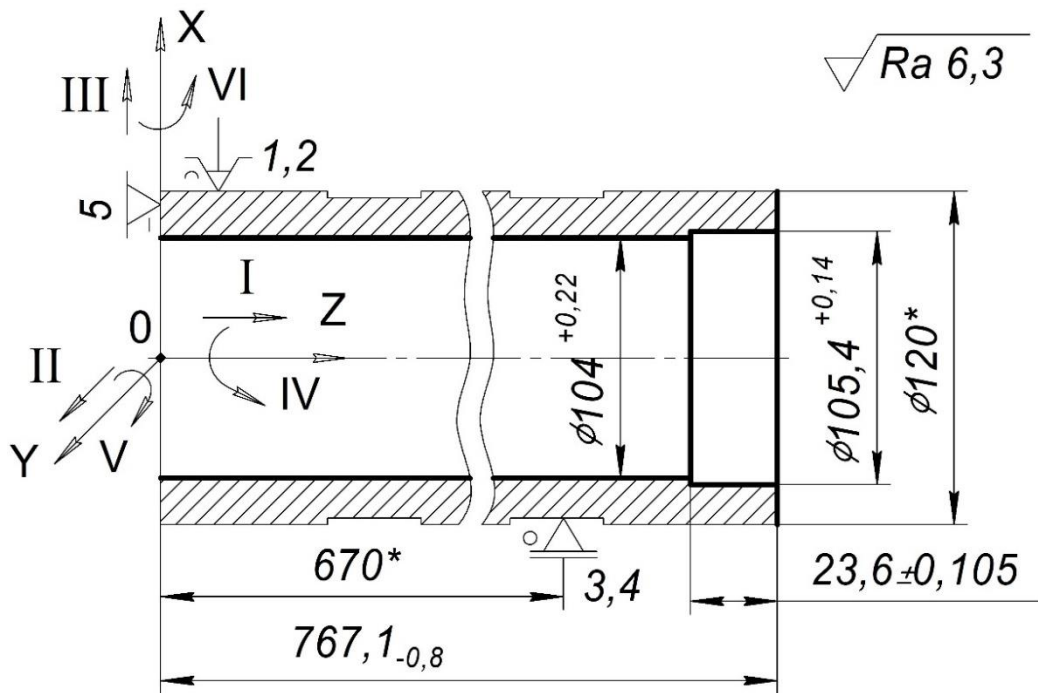
$$\rho_2 = 765 \cdot 0,05 = 38 \text{ мкм}.$$

Похибка установки  $\varepsilon_{yi}$  при обробки заготовки на токарних переходах визначається за даними джерела [4].

Подальший розрахунок припусків і операційних розмірів заготовки виконувався за допомогою ЕОМ (див. додаток Б). Ескіз заготовки із розрахованими розмірами наведений на рисунку 6.1.

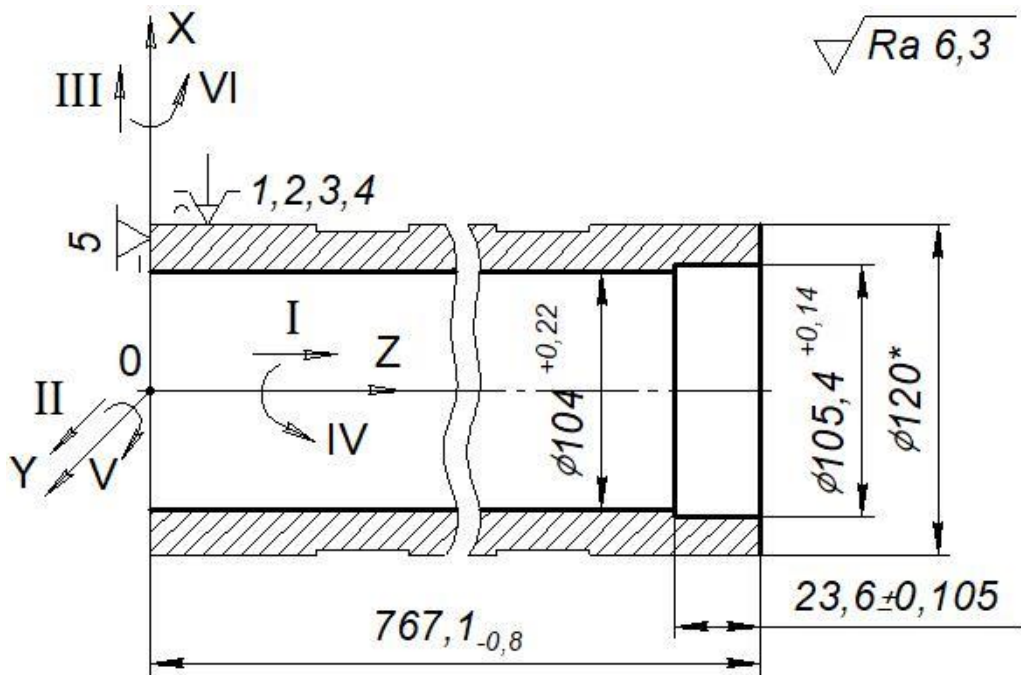
									Арк.
									27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					





\*Розміри для довідок

Рисунок 6.2 – Схема базування заготовки на операції 020 «Токарна з ЧПК»



\*Розмір для довідок

Рисунок 6.3 – Альтернативна схема базування заготовки на операції 020 «Токарна з ЧПК»

					ТМЗ 21320060-00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		29

Таблиця 6.3 – Матриця зв'язків

X, Y, Z / l, $\alpha$	X	Y	Z	Найменування бази. Характер прояву
<i>l</i>	1	1	0	ПНБ, явна
$\alpha$	1	1	0	
<i>l</i>	0	0	1	ОБ, явна
$\alpha$	0	0	0	
<i>l</i>	0	0	0	–
$\alpha$	0	0	0	
Всього				5-ь зв'язків

Подвійно напрямна база позбавляє заготовку чотирьох ступенів свободи: двох поступальних та двох обертальних рухів відповідно уздовж та навколо осей OY і OX при горизонтальному розташування осі заготовки OZ. П'яту ступінь свободи заготовка позбавляється опорною базою – лівим торцем, а саме, поступальний рух уздовж осі OZ. Вакантною базою лишається обертання навколо осі OZ.

На рисунку 6.3 розглядається альтернативна схема базування заготовки. Як і в попередній схемі базування заготовка позбавлена п'яти ступенів свободи (подвійно напрямна та опорна бази). Однак, подвійно напрямна база реалізується трикулачковим самоцентрувальним патроном із подовженими кулачками, які базуються по зовнішній посадочній поверхні.

За наведеними схемами установлення заготовки похибка базування для діаметральних і лінійних розмірів оброблювальних поверхонь відсутня, за винятком лінійного розміру  $23,6(\pm 0,105)$  мм, для якого технологічна і вимірювальна бази не співпадають. Для цього розміру похибка базування визначається допуском розміру, який з'єднує технологічну і вимірювальну бази:

$$\varepsilon_{6\ 23,6} = T_{767,1} = 0,8 \text{ мм.}$$

Порівняємо похибку базування цього розміру із його допуском:

$$\varepsilon_{6\ 23,6} = 0,8 \text{ мм} > T_{23,6} = 0,21 \text{ мм.}$$

За наведеними схемами базування точність розміру не буде витримана.

Пропонуємий технологічний процес виготовлення «стакана» передбачає виконання токарної операції на верстаті з ЧПК. Також, цей розмір виконується

					ТМЗ 21320060–00.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

після обробки правого торця, який є базою для налагодження різального інструмента. Тому, похибка базування дорівнює точності позиціювання різального інструменту зазначеного верстата (за паспортними даними  $\pm 0,01$  мм) або точності налагоджування різального інструмента виконаного поза зоною верстата. Таким чином, похибка базування становить

$$\varepsilon_{6\ 23,6} = \varepsilon_{\text{поз}} = \pm 0,01 \text{ мм} = 0,02 \text{ мм} < T_{23,6} = 0,21 \text{ мм.}$$

Аналіз двох схем базування заготовки показав, що жорсткість технологічної системи вище у схемі зображеній на рисунку 6.2. Це пов'язано із кількістю опор, якими закріплена заготовка. У схемі зображеній на рисунку 6.2 – дві опори (трикулачковий патрон і люнет), а у схемі зображеній на рисунку 6.3 – одна опора (трикулачковий патрон із подовженими кулачками). Обробка заготовки за схемою із зниженою жорсткістю передбачає появу вібрацій при застосуванні оптимальних режимів різання, що позначається на продуктивності та якості оброблених поверхонь.

Таким чином, для обробки заготовки на операції 020 «Токарна з ЧПК» пропонується схема, яка зображена на рисунку 6.2.

Операція 040 «Фрезерна з ЧПК». На операції виконується обробка паза розміром  $5 \times 9$  мм (радіусом  $R = 2,5$  мм). Паз прорізається на глибину товщини стінки труби (наскрізний паз). На рисунках 6.4 і 6.5 наведені можливі схеми базування заготовки на операції.

На рисунку 6.4 схема базування передбачає установку заготовки на дві призми, які реалізують подвійну напрямну базу і позбавляють заготовку 4-х ступенів свободи: двох поступальних рухів уздовж осей OY і OZ та двох обертальних рухів навколо цих же осей. П'яту ступінь свободи заготовку позбавляє опорна база, яка встановлена на правому торці «стакана» зі сторони паза, що фрезерується. Опорна база позбавляє поступальний рух заготовки уздовж осі OX. У цьому випадку вимірювальна та технологічна бази співпадають і похибка базування на лінійний розмір довжини паза 9 мм відсутня і дорівнює  $\varepsilon_{6\ 9} = 0$ .

										Арк.
										31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ТМЗ 21320060–00.ПЗ					

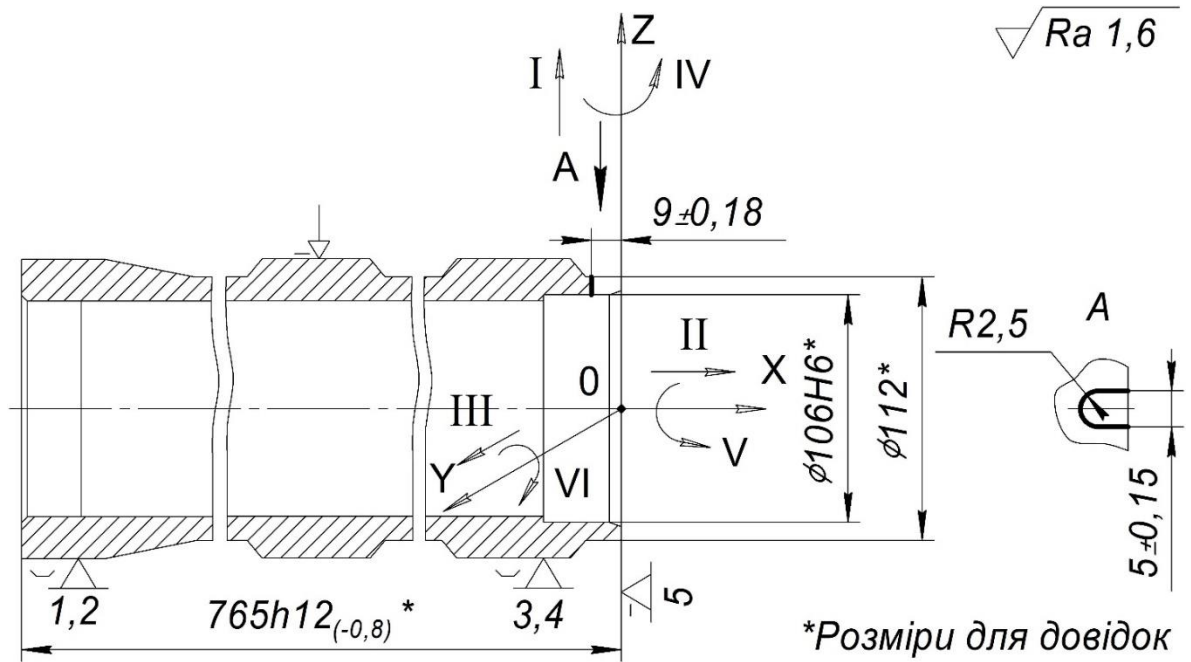


Рисунок 6.4 – Схема базування заготовки на операції 040 «Фрезерна з ЧПК»

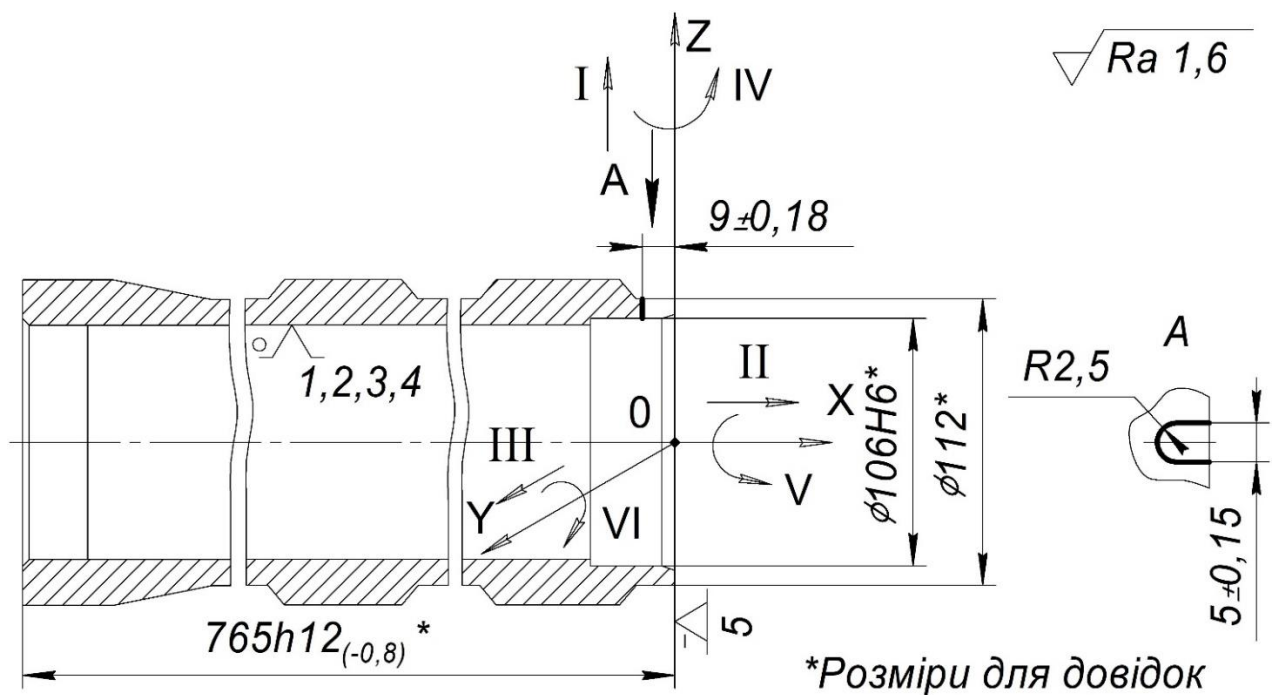


Рисунок 6.5 – Альтернативна схема базування заготовки на операції 040 «Фрезерна з ЧПК»

Таким чином, заготовка позбавляється п'яти ступенів свободи – реалізується подвійна напрямна та опорна бази (див. табл. 6.4 та 6.5).

										Арк.
										32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ТМЗ 21320060-00.ПЗ					



Таблиця 6.4 – Таблиця відповідності

Зв'язок	Ступінь свободи	Найменування бази
1, 2, 3, 4	I, III, IV, VI	ПНБ
5	II	ОБ
6	Вакансія	–

Таблиця 6.5 – Матриця зв'язків

X, Y, Z / l, α	X	Y	Z	Найменування бази. Характер прояву
<i>l</i>	0	1	1	ПНБ, явна
<i>α</i>	0	1	1	
<i>l</i>	1	0	0	ОБ, явна
<i>α</i>	0	0	0	
<i>l</i>	0	0	0	–
<i>α</i>	0	0	0	
Всього				5-ь зв'язків

При установленні деталі на дві призми загальна горизонтальна вісь заготовки розташовується у одній площині із горизонтальною віссю призм і їх напрямки співпадають. Вертикальна вісь паза, яка координує симетричність його бокових стінок відносно горизонтальної осі заготовки, також знаходиться у зазначеній площині. Це основна особливість елементів призм – суміщавати всі три осі (заготовки і призм) у одній площині дає підставу виключити вплив базування заготовки на точність відхилення від симетричності бокових стінок паза відносно загальної горизонтальної осі заготовки.

Альтернативна схема базування (див. рис. 6.5) також позбавляє заготовку п'яти ступенів свободи. Заготовка установлюється на розтискну оправку, яка у свою чергу, установлена на центри спеціального верстатного пристрою.

Схема реалізує подвійну напрямну базу, яка позбавляє 4-х ступенів свободи, та опорну базу на правому торці «стакана», яка позбавляє одну ступінь свободи (див. табл. 6.4 та 6.5). Аналіз альтернативної схеми базування показав, що вона не впливає на точність параметрів паза, які залежать від точності різального інструмента та кінематичної точності верстата.

Якщо порівняти запропоновані схеми базування, то можна зробити висновок, що вони обі реалізують точність параметрів паза, але для виробничих умов треба запропонувати схему базування, яку зручніше реалізувати в конструкції верстатного пристрою. Перевагу слід надати схемі базування яка мінімізує витрати штучного часу на установлення (базування і закріплення) заготовки та спростить кількість робочих рухів верстатника при налагодженні операції.

Таким чином, для обробки заготовки на операції 040 «Фрезерна з ЧПК» пропонується схема, яка зображена на рисунку 6.4.

### 6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

На підприємстві технологічний процес виготовлення «стакана» на токарній операції 020 і вертикально-фрезерній операції 040 виконується відповідно на універсальному токарно-гвинторізному верстаті моделі 1А64 і вертикально-фрезерному верстаті моделі 6М13. На сьогодні ці моделі верстатів є застарілими, бо вони потребують високої кваліфікації верстатника, багато праці для їх керування, що збільшує час і собівартість виготовлення деталі.

Враховуючи запропоновані схеми базування і закріплення деталей, тип виробництва, потужність електродвигунів верстатів, їх робочу зону, можна застосувати на токарній операції 020 сучасний токарно-гвинторізний верстат з ЧПК моделі Star Chip 520x1000 RT, а на вертикально-фрезерній операції 040 – вертикально-фрезерний верстат з ЧПК моделі 6P13PФ3. Технічні характеристики верстатів наведені в таблицях 6.6 та 6.7.

					<i>ТМЗ 21320060–00.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		34

Таблиця 6.6 – Технічна характеристика верстата моделі Star Chip 520x1000 RT

Найменування параметра	Чисельне значення
ЧПК	Siemens 802D
Найбільший діаметр точіння, мм: над станиною / над супортом	520 / 340
Найбільший діаметр обточувальної деталі, мм	310
Найбільша довжина деталі, мм	905
Частота обертання шпинделя, об/хв	8 – 3500
Подача (б/с, поздовжня / поперечна), мм/об	0,01 – 2,8 / 0,005 – 1,4
Тип головного двигуна	Fanuc B12/7000i
Потужність двигуна шпинделя, кВт	17/22,5 (30minED)
Конус шпинделя ISO	A2–8
Шпиндельний отвір (діаметр), мм	80
Крутний момент шпинделя, Нм	368
3-и кулачковий гідравлічний патрон	8" (210 мм)
Час змінювання інструменту, с	0,6
Довжина ходу (вісь X / вісь Z), мм:	272 / 960
Прискорений рух (вісь X / вісь Z) м/хв	12 / 15
Кількість інструментальних місць	12
Хвостовик інструмента, мм	25 x 25
Габарити (Д x Ш x В), мм	3735 x 1695 x 1940
Вага, кг	5300

Таблиця 6.7 – Технічна характеристика верстата моделі 6P13PФ3 [6]

Найменування параметра	Чисельне значення
Розміри робочої поверхні стола (Ш x Д), мм	400 x 1600
Найбільше переміщення стола, мм: (поздовжнє / поперечне / вертикальне)	1000 / 400 / 380
Внутрішній конус шпинделя (конусність 7:24), мм	50
Кількість швидкостей шпинделя	18
Частота обертання шпинделя, об/хв	40 – 2000
Кількість подач стола	Б/с
Подача стола (поздовжня / поперечна / вертикальна), мм/хв	10 – 1200
Потужність електродвигуна привода головного руху, кВт	7,5
Габаритні розміри (Д x Ш x В), мм	3425 x 3200 x 2520
Маса (без виносного обладнання), кг	6750

Запропоновані верстати застосовуються в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва [6]. На цих верстатах поверхні оброблюються

					ТМЗ 21320060–00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		35

методом автоматичного отримання точності розмірів і не залежить від кваліфікації верстатника.

Верстати зручно вбудовуються в технологічну лінію дільниці по виготовленню деталі, що підвищує автоматизацію їх виробництва. Виключається малопродуктивна ручна праця керування верстатами, розмітка оброблювальних поверхонь, підвищується продуктивність праці, зменшується час і собівартість механічної обробки заготовок.

6.4 Обґрунтування вибору верстаних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів.

За даними проведеного аналізу та умов дрібносерійного виробництва пропонується наступна технологічна оснастка, металорізальний та вимірювальний інструмент (див. табл. 6.8).

Таблиця 6.8 – Технологічна оснастка операцій 020 та 040

Операція (номер та найменування)	Верстатний пристрій	Різальний інструмент	Вимірювальний інструмент
020 Токарна з ЧПК	Патрон ПЗК-У-400 Ф8.95; люнет самоцетруючий спеціальний	Різець MWLNR 3232P12 ТУ 2-035-892-82 ВК8 ГОСТ 3882-74; різець 2142-0451 ВК8 ГОСТ 9795-84	Штангенциркулі ШЦ-III-1000-0,1; ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89; нутромір НМ-175 ГОСТ 10-75; штангенглибиномір ШГ-160 ГОСТ 162-80; Зразки шорсткості ГОСТ 9378-75
040 Фрезерна з ЧПК	Пристрій для фрезерування паза, спеціальний (треба проектувати)	Фреза 2220-0035 Р6М5 ГОСТ 17025-71	Штангенцикуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89; Зразки шорсткості ГОСТ 9378-75

При виборі різальних інструментів враховувалися методи обробки поверхонь – точіння, розточування, фрезерування, розміри і шорсткість оброблювальних поверхонь, фізико-механічні властивості матеріалу заготовки.

					ТМЗ 21320060–00.ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

За конструктивними параметрами обрані універсальні стандартизовані різальні інструменти для верстатів з ЧПК. Для закріплення розточного різця обрана спеціальна розточувальна оправка, а для кріплення фрези – цанговий патрон 191113050 ТУ 2-035-986-85 і цанга 191113050.002.03 ТУ 2-035-986-85.

Для контролю розмірів і шорсткості поверхонь обрані універсальні («шкальні») інструменти (штангенциркулі, зразки шорсткості і т. ін.).

### 6.5 Розрахунки режимів різання

*Операція 020 «Токарна ч ЧПК».* Обробка виконується на верстаті моделі Star Chip 520x1000 RT. Пристрій – трикулачковий самоцентрувальний гідравлічний патрон (в комплекті верстата).

Режим різання розраховується для третього технологічного переходу, на якому розточується отвір  $\varnothing 104H11(+0,22; 0)$  мм до  $\varnothing 105,4H10(+0,14; 0)$  мм.

Матеріал заготовки – сталь 12X18H10Т ГОСТ 5632-72,  $\sigma_b = 508$  МПа; загальна довжина обробки 767,1 мм; шорсткість поверхні  $Ra = 6,3$  мкм.

Різальний інструмент: різець 2142-0451 ГОСТ 9795-84 ( $\varphi = 90^\circ$ ) із кріпленням в спеціальній розточувальній оправки діаметром 90 мм і консоллю 770 мм. Матеріал різальної частини різця – твердий сплав ВК8 ГОСТ 3882-74; розмір держака розточувального різця 20 x 20 мм.

1 Глибина різання  $t$ , мм [7]:

$$t = \frac{105,4 - 104}{2} = 0,7 \text{ мм.}$$

2 Подача  $S_T = 0,38$  мм/об [7]. Для сталей із  $\sigma_b = 500\text{--}700$  МПа (в нашому випадку  $\sigma_b = 508$  МПа) величину подачі множити на  $K_s = 0,45$ .

$$S = S_T \cdot K_s = 0,38 \cdot 0,45 = 0,171 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо  $S = 0,17$  мм/об (подача на верстаті безступінчаста).

3 Швидкість різання  $V$ , м/хв.

$$V = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} = \frac{420 \cdot 0,65}{60^{0,2} \cdot 0,7^{0,15} \cdot 0,17^{0,2}} = 180,8 \text{ м/хв.}$$

									Арк.
									37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ТМЗ 21320060–00.ПЗ				

де  $C_v = 420$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,2$ ;  $m = 0,2$  [10, т. 17, с. 269–270];  $T = 30–60$  хв – стійкість різця [7], приймаємо  $T = 90$  хв;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_\gamma \cdot K_{pv} = 1,03 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 0,65.$$

$$K_{mv} = K_\Gamma \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 0,7 \cdot \left(\frac{750}{508}\right)^1 = 1,03;$$

$$K_\Gamma = 0,7; n_v = 1,0 [7]; \sigma_B = 508 \text{ МПа};$$

$$K_{nv} = 1,0 [7]; K_{iv} = 1,0 [7]; K_{\varphi v} = 0,7 \text{ (для } \varphi = 90^\circ\text{)};$$

$$K_\gamma = 1,0 \text{ (для } \gamma = 5^\circ\text{)}; K_{pv} = 0,9 [7].$$

4 Кількість обертів заготовки  $n$ , об/хв.

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180,8}{3,14 \cdot 105,4} = 546 \text{ об/хв.}$$

За даними паспорта верстата приймаємо  $n_\Pi = 500$  об/хв.

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\Pi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 105,4 \cdot 500}{1000} = 165,5 \text{ м/хв.}$$

5 Подача  $S_x = S \cdot n_\Pi = 0,17 \cdot 500 = 85$  мм/хв (подача безступінчаста, тому приймаємо  $S_x = 85$  мм/хв).

6 Сила різання  $P_z$  (Н).

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 0,7^1 \cdot 0,17^{0,75} \cdot 165,5^0 \cdot 0,67 = 253,3 \text{ Н,}$$

де  $C_p = 204$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = 0$  [10, т. 22, с. 273–274].

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{jp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,67;$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{508}{750}\right)^{0,75} = 0,75;$$

$$n = 0,75 [10, т. 9, с. 264]; K_{\varphi p} = 0,89; K_{jp} = 1,0; K_{\lambda p} = 1,0;$$

$$K_{rp} = 1 [10, т. 23, с. 275].$$

7 Потужність різання  $N$ , кВт.

$$N = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60} = \frac{253,3 \cdot 165,5}{1020 \cdot 60} = 0,69 \text{ кВт.}$$

Порівняємо  $N_c \cdot \eta = 17 \cdot 0,8 = 13,6 \text{ кВт} > N = 0,69 \text{ кВт}$  – обробка виконується.

										Арк.
										38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						

8 Основний (машинний) час третього переходу  $T_{03}$ , хв.

$$T_{03} = \frac{L_p \cdot i}{S_x} = \frac{(l_0 + l_{вр} + l_{пер}) \cdot i}{S_x} = \frac{(23,6 + 2,5 + 0) \cdot 1}{85} = 0,31 \text{ хв,}$$

де  $l_0 = 23,6$  мм – довжина обробки за кресленням;

$l_{вр} = 2,5$  мм – величина врізання інструмента;

$l_{пер} = 0$  – величина перебігу інструмента;

$i = 1$  – кількість ходів інструмента.

На першому технологічному переході операції підрізається торець  $\varnothing 120/\varnothing 101$ , на другому – розточується отвір із  $\varnothing 101H12$  мм до  $\varnothing 104H11$  мм. Режими різання на ці переходи визначалися табличним способом і наведені в таблиці 6.9 [7].

Таблиця 6.9 – Режими різання на операції 020 «Токарна з ЧПК»

Номер переходу	t, мм	i	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	Lp, мм	To, хв	Tд, хв	Tшт, хв
1	1,5	1	0,08	500	<u>188,4</u> 163,3	12,5	0,32	3,96	14,9
2	0,5	1	0,17		163,3	772,1	9,08		
3	0,7	1	0,17		165,5	26,1	0,31		
Всього							9,71		

*Операція 040 «Фрезерна з ЧПК».* Обробка виконується на вертикально-фрезерному верстаті з ЧПК моделі 6P13PФ3. Пристрій – лещата верстатні із розрізними чавунними кільцями.

Вихідні дані: оброблювальна поверхня – паз розташований на торці заготовки; ширина паза 5 мм, довжина 9 мм, глибина 3 мм – товщина стінки труби. Шорсткість поверхонь паза –  $Ra = 1,6$  мкм.

Інструмент: фреза кінцева 2220-0035 ГОСТ 17025-71. Матеріал фрези: швидкорізальна сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73. Діаметр фрези 5 мм; довжина робочої частини фрези 13 мм; загальна довжина фрези 47 мм; кількість зубців фрези  $Z = 4$ .

									Арк.
									39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ТМЗ 21320060–00.ПЗ				

1 Глибина різання  $t = 5$  мм, ширина фрезерування  $B = 3,5$  мм.

2 Призначаємо подачу на один зуб фрези  $S_z$  [7]:

$$S_z = (0,04 - 0,05) \text{ мм/зуб.}$$

Приймаємо  $S_z = 0,04$  мм/зуб.

3 Визначаємо подачу на один оберт фрези

$$S = S_z \cdot Z = 0,04 \cdot 4 = 0,16 \text{ мм/об.}$$

4 Визначаємо швидкість різання  $V$  [7] за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} = \frac{22,5 \cdot 5^{0,35} \cdot 1,03}{80^{0,27} \cdot 5^{0,21} \cdot 0,04^{0,48} \cdot 3,5^{0,03} \cdot 4^{0,1}} = 35 \text{ м/хв,}$$

де  $C_v = 22,5$ ;  $q = 0,35$ ;  $x = 0,21$ ;  $y = 0,48$ ;  $u = 0,03$ ;  $p = 0,1$ ;  $m = 0,27$ ;

$D = 5$  мм – діаметр фрези;

$T = 80$  хв – період стійкості фрези [7];

$K_v$  – поправковий коефіцієнт на швидкість різання.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} = 1,03 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,03,$$

де  $K_{mv} = K_r \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^{n_v} = 0,7 \cdot \left( \frac{750}{508} \right)^{1,0} = 1,03$ ;

$K_r = 0,7$ ;  $\sigma_B = 508$  МПа;  $n_v = 1,0$  [7];

$K_{pv} = 1,0$  – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки;

$K_{iv} = 1,0$  – коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу інструменту [7].

5 Визначаємо частоту обертання фрези  $n$ , об/хв

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 5} = 2230 \text{ об/хв,}$$

Приймаємо за паспортом верстата  $n_{\pi} = 2000$  об/хв.

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\pi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 2000}{1000} = 31,4 \text{ м/хв.}$$

6. Визначаємо хвилинну подачу

$$S_x = S_z \cdot Z \cdot n_{\pi} = 0,04 \cdot 4 \cdot 2000 = 320 \text{ мм/хв.}$$

									Арк.
									40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					



7 Визначаємо силу різання  $P_z$  (Н)

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z \cdot K_{mp}}{D^q \cdot n^w} =$$
$$= \frac{10 \cdot 82 \cdot 5^{0,75} \cdot 0,04^{0,6} \cdot 3,5^{1,0} \cdot 4 \cdot 0,89}{5^{0,86} \cdot 2000^0} = 1242 \text{ Н,}$$

де  $C_p = 82$ ;  $x = 0,75$ ;  $y = 0,6$ ;  $u = 1,0$ ;  $q = 0,86$ ;  $w = 0$  [7].

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{508}{750} \right)^{0,3} = 0,89,$$

де  $n = 0,3$  [7].

8 Визначаємо складові сили різання  $P_z$  [7]

$$P_h = P_z \cdot 0,4 = 1242 \cdot 0,4 = 497 \text{ Н;}$$

$$P_v = P_z \cdot 0,95 = 1242 \cdot 0,95 = 1180 \text{ Н;}$$

$$P_y = P_z \cdot 0,4 = 1242 \cdot 0,4 = 497 \text{ Н;}$$

$$P_x = P_z \cdot 0,55 = 1242 \cdot 0,55 = 683 \text{ Н;}$$

9 Визначаємо крутний момент  $M_{кр}$  (Нм) на шпинделі верстата

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{1242 \cdot 5}{2 \cdot 1000} = 3,1 \text{ Нм.}$$

10 Визначаємо потужність різання  $N_e$ , кВт

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60} = \frac{1242 \cdot 31,4}{1020 \cdot 60} = 0,64 \text{ кВт.}$$

$$N \cdot \eta = 7,5 \cdot 0,8 = 6,0 \text{ кВт} > N_e = 0,64 \text{ кВт.}$$

Обробка заготовки на розрахованому режимі різання можлива.

11 Визначаємо  $T_o$  основний (машинний) час фрезерування паза, хв.

$$T_o = \frac{(l + l_{вр}) \cdot i}{S_x} = \frac{(9 + 2,5) \cdot 1}{320} = 0,04 \text{ хв,}$$

де  $l = 9$  мм – довжина паза;  $l_{вр} = 2,5$  мм – величина врізання фрези;  $i = 1$  – кількість ходів інструменту.

									Арк.
									41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					

## 6.6 Технічне нормування операцій

Норма штучно-калькуляційного часу визначається за формулою [8]:

$$T_{\text{шт-к}} = T_0 + T_d + T_{\text{обс}} + T_{\text{від}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{N_{\text{п}}},$$

де  $T_0$  – основний час операції;

$T_d$  = допоміжний час операції;

$T_{\text{об}}$  – час обслуговування робочого місця верстатника;

$T_{\text{від}}$  = час на відпочинок на особисті потреби працюючого;

$T_{\text{п-з}}$  – підготовчо-завершальний час;

$N_{\text{п}} = 43$  шт. – кількість заготовок в партії запуску їх у виробництво.

Допоміжний час операції складається із витрат часу на окремі прийоми [8]:

$$T_d = T_{\text{уст}} + T_{\text{кер}} + T_{\text{вим}},$$

де  $T_{\text{уст}}$  – допоміжний час на установку і зняття заготовки;

$T_{\text{кер}}$  – допоміжний час на керування верстатом;

$T_{\text{вим}}$  – допоміжний час на контрольні вимірювання заготовки.

Оперативний час роботи верстата визначається за формулою [8]:

$$T_{\text{оп}} = T_0 + T_d.$$

*Операція 020 «Токарна з ЧПК».*

$$T_0 = 9,71 \text{ хв};$$

$$T_{\text{уст}} = 3,0 \text{ хв [8];}$$

$$T_{\text{кер}} = 0,2 \text{ хв [8];}$$

$$T_{\text{вим}} = 0,76 \text{ хв [8];}$$

$$T_{\text{п-з}} = 31 \text{ хв [8].}$$

$$T_d = 3,0 + 0,2 + 0,76 = 3,96 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{оп}} = 9,71 + 3,96 = 13,67 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{об}} + T_{\text{від}} = 0,09 \cdot T_{\text{оп}} = 0,09 \cdot 13,67 = 1,23 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шт-к}} = 9,71 + 3,96 + 1,23 + \frac{31}{43} = 15,7 \text{ хв.}$$

									Арк.
									42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					

ТМЗ 21320060-00.ПЗ

Операція 040 «Фрезерна з ЧПК».

$$T_o = 0,04 \text{ хв};$$

$$T_{уст} = 0,24 \text{ хв [8];}$$

$$T_{кер} = 0,12 \text{ хв [8];}$$

$$T_{вим} = 0,2 \text{ хв [8];}$$

$$T_{п-з} = 18 \text{ хв [8];}$$

$$T_d = 0,24 + 0,12 + 0,2 = 0,56 \text{ хв.}$$

$$T_{оп} = 0,04 + 0,56 = 0,6 \text{ хв.}$$

$$T_{об} + T_{от} = 0,08 \cdot T_{оп} = 0,08 \cdot 0,6 = 0,05 \text{ хв.}$$

$$T_{шт-к} = 0,04 + 0,56 + 0,05 + \frac{18}{43} = 1,1 \text{ хв.}$$

					<i>ТМЗ 21320060-00.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		43

## 7 ПРОЄКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

Верстатний пристрій проєктується для обробки заготовки на операції 011 «Токарно-гвинторізна». На операції виконується чорнова обробка зовнішній поверхні  $\varnothing 122(0; -1,0)$  мм. На підприємстві обробка виконується на універсальному токарно-гвинторізному верстаті. Заготовка установлюється в патроні і підтискується «грибковим» заднім центром. Робочий, який виконує цю операцію, має четвертий розряд. Застосування спеціального пристрою з механізованим приводом дозволить знизити розряд верстатника до третього розряду, трудомісткість обробки і підвищити точність параметрів операції. Тому, орієнтовно приймаємо систему нерозбірного спеціального пристрою.

На операцію заготовка надходить після чорнового розточування центрального отвору «на прохід» розміром  $\varnothing 103H12(+0,35; 0)$  мм. Лівий торець заготовки оброблений і розмір заготовки становить  $767,1h12(0; -0,8)$  мм. Шорсткість оброблених поверхонь  $Ra = 6,3$  мкм.

Оброблені поверхні заготовки – розвинені, мають точність розмірів 12-го квалітету і їх можна використати для базування. Наприклад, внутрішня поверхня  $\varnothing 103H12$  мм оброблена, розвинута ( $l/d > 7$ ), має шорсткість  $Ra = 6,3$  мкм. Схема базування «стакана» наведена на рисунку 7.1.

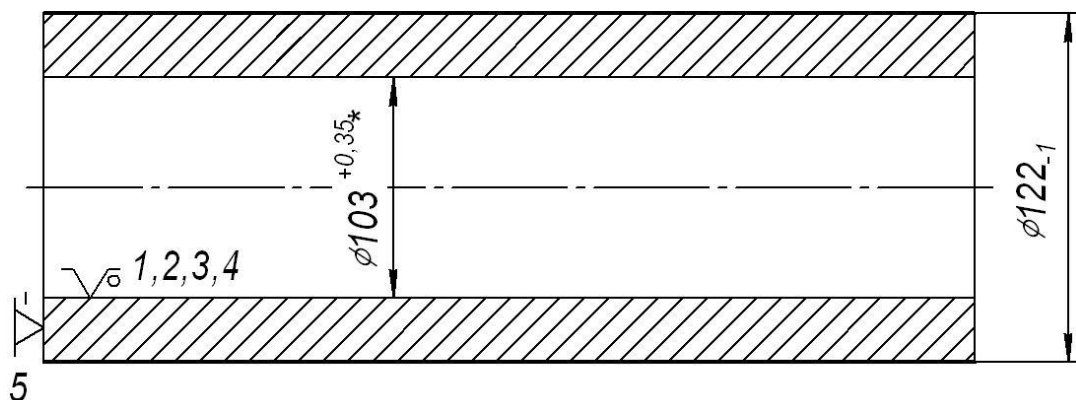


Рисунок 7.1 – Схема базування заготовки на операції 011 «Токарно-гвинторізна»

Головна базова поверхня – отвір заготовки  $\varnothing 103H12$  мм, яка є подвійною напрямною базою, позбавляє заготовку чотирьох ступенів свободи (двох

									Арк.
									44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ТМЗ 21320060–00.ПЗ				

поступальних і двох обертальних рухів відносно осей  $OX$  і  $OY$ ). Опорною базою є лівий торець заготовки, який позбавляє її одного ступеня свободи – поступального руху уздовж осі  $OZ$ , яка співпадає із віссю верстата. Заготовка позбавлена п'яти ступенів свободи (вакансія – обертальний рух навколо осі  $OZ$ ). Для обточування діаметрів та довжин сходинок заготовки цілком достатньо.

Розглянуту схему базування можна реалізувати, якщо застосувати самоцентрувальну, розтискну секторну оправку. При установленні заготовка на пропонувану оправку точність діаметральних поверхонь заготовки буде залежати від точності налагодження на обточувальний розмір і не залежить від точності базування (похибка базування буде дорівнювати нулю).

Якщо торцеву поверхню оправки сумістити із торцем заготовки, то похибки базування для лінійних розмірів також будуть дорівнювати нулю, тому що сумістяться вимірювальна і технологічна бази.

Таким чином, запропоновану схему базування (див. рис. 7.1) можна запропонувати для її реалізації. Остаточний аналіз схеми базування виконаний в таблиці 7.1, де наведена структура односторонніх зв'язків заготовки.

Таблиця 7.1 – Структура односторонніх зв'язків заготовки

Індекс зв'язку		x	x'	y	y'	z	z'	$\omega_x$	$\omega'_x$	$\omega_y$	$\omega'_y$	$\omega_z$	$\omega'_z$
Спосіб реалізації	Реакція		R	R	R	R	R			R	R	R	R
	Сила закріплення												
	Сила тертя												

На заготовку накладено 9-ь односторонніх зв'язків. Тільки одна з них  $x'$ -повна, а всі інші – неповні, що обумовлено зазором між оправкою і отвором заготовки.

Щоб система була врівноважена за час обробки, заготовку необхідно позбавити можливість рухатися по координатам  $x$ ,  $\omega_x$ ,  $\omega'_x$ . З цією метою необхідно застосувати цетруючу розтискну оправку.

Для визначення сил закріплення заготовки на токарній операції наведена

					ТМЗ 21320060–00.ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

розрахункова схема (див. рис. 7.2).

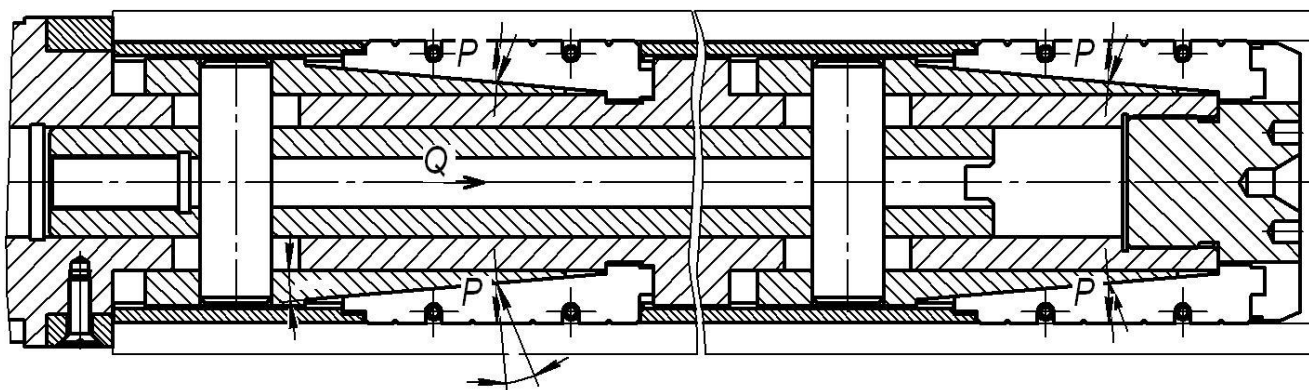


Рисунок 7.2 – Ескіз розтискної оправки

Аналіз запропонованої схеми показав, що недоліком прийнятого способу врівноваження є високий рівень енергетичних витрат на закріплення заготовки. В таблиці 7.2 наведена структура зв'язків, які виникли при закріпленні заготовки. Накладання сил закріплення (в секторній оправки) виключає зазор і перетворює зв'язки  $y, y', z, z', \omega_z, \omega_z', \omega_y, \omega_y'$  із невопних у повні, а також буде три не наданих до повного комплекту (12) зв'язки –  $x, \omega_x, \omega'_x$ .

Таблиця 7.2 – Повний комплект зв'язків

Індекс зв'язку	$x$	$x'$	$y$	$y'$	$z$	$z'$	$\omega_x$	$\omega'_x$	$\omega_y$	$\omega'_y$	$\omega_z$	$\omega'_z$
Реакція		$R$	$R$	$R$	$R$	$R$			$R$	$R$	$R$	$R$
Сила закріплення			$P$	$P$	$P$	$P$			$P$	$P$	$P$	$P$
Сила тертя	$F(P)$						$F(P)$	$F(P)$				

Недоліком останньої схеми є значний енергетичний рівень, тому що врівноваження відбувається косвеним методом – силами тертя.

Але цей недолік компенсується простою конструкцією силового механізму – секторною оправкою з пневматичним приводом від верстата.

При точінні складова (осьова) сила різання  $P_x$  направлена уздовж осі оброблювальних поверхонь заготовки на опору (уздовж осі Z), тому розрахунок сили закріплення заготовки за умовою не відривання її від опори не виконується.

Величину сумарного зусилля закріплення визначимо за умови не обертання заготовки на опорних поверхнях оправки від дії складової (тангенціальної) сили різання  $P_z$ .

Для надійного закріплення заготовки необхідно, щоб момент тертя не перевищував момент різання:

$$M_{\text{тр}} \geq M_p \quad (7.1)$$

або

$$M_{\text{тр}} = K_3 \cdot M_p, \quad (7.2)$$

де  $M_{\text{тр}}$  – момент тертя від дії сил закріплення;

$M_p$  – момент різання, визваний силами різання;

$K_3$  – коефіцієнт запасу.

Коефіцієнт запасу визначається за умовою [9]:

$$K_3 = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (7.3)$$

де  $K_0 = 1,5$  – гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1,0$  – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання у разі затуплення інструмента;

$K_2 = 1,2$  – коефіцієнт, який враховує змінювання коливання припуску при обробки;

$K_3 = 1,0$  – коефіцієнт, який враховує умови переривчастого різання;

$K_4 = 1,0$  – коефіцієнт, який враховує тип силового привода;

$K_5 = 1,0$  – коефіцієнт, який враховує зручність обслуговування пристрою;

$K_6 = 1,5$  – коефіцієнт, який враховує наявність моментів, що прямують повернути заготовку на опорах.

$$K_3 = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 2,7.$$

					<i>ТМЗ 21320060–00.ПЗ</i>	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Момент різання визначається за формулою:

$$M_p = P_z \cdot r, \quad (7.4)$$

де  $P_z$  – тангенціальна сила різання при точінні;

$r$  – максимальний радіус дії максимальної сили різання (найбільш навантажена ділянка заготовки);  $r = r_{\max} = 61$  мм.

Сила різання при точінні зовнішньої циліндричної поверхні заготовки за попередніми розрахунками становить 3408 Н.

Момент тертя визначається за умовою:

$$M_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} \cdot r_1, \quad (7.5)$$

де  $F_{\text{тр}}$  – сила тертя;

$r_1$  – радіус прикладеної сили тертя;  $r_1 = 51,5$  мм;

$$F_{\text{тр}} = P_3 \cdot f, \quad (7.6)$$

де  $P_3$  – сила закріплення;

$f$  – коефіцієнт тертя;  $f = 0,25$ ;

Сила закріплення визначається за формулою:

$$P_3 = \frac{K_3 \cdot P_z \cdot r}{r_1 \cdot f}, \quad (7.7)$$

Після підстановки даних у (7.7) отримаємо:

$$P_3 = \frac{2,7 \cdot 3408 \cdot 61}{51,5 \cdot 0,25} = 43596 \text{ Н.}$$

Визначимо силу на штоку секторної оправки. Загальна осьова сила  $Q$  визначиться за формулою:

$$Q = P_3 \cdot \tan(\alpha + \varphi), \quad (7.8)$$

де  $\alpha = 8^\circ 17' 50''$  – кут клину секторів;

$\varphi = 5^\circ 43'$  – кут тертя на клину та напрямних секторах.

При  $\varphi = \arctg f_1$  маємо:

$$Q = 43596 \cdot \tan(8^\circ 17' 50'' + 5^\circ 43') = 10870 \text{ Н.}$$

									Арк.
									48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					



За розрахованій силі на штоку секторної оправки вибираємо стандартний пневмопривід [9], який можна вбудувати в шпindelний вузол токарно-гвинторізного верстата моделі 1А64. Беремо обертовий пневмоциліндр двосторонньої дії із цільним штоком моделі П-ЦВ-200, який має діаметр циліндра 200 мм і забезпечує силу тяги 18,5 кН, а силу штовхання – 19,3 кН.

Розрахунок точність елементів пристрою. Основним розрахунковим параметром є радіальне биття посадочних поверхонь оправки відносно посадочного конуса, яким оправка установлюється в шпindel верстата. Допуск радіального биття оброблюваної заготовки для нормальної відносної геометричної точності «А» складає 60% від допуску на оброблювальний розмір заготовки ( $\varnothing 122(0; -1,0)$  [9]):

$$T_{\uparrow} = 0,6 \cdot T_{\varnothing 122} = 0,6 \cdot 1,0 = 0,6 \text{ мм},$$

що відповідає найближчому меншому стандартному допуску 0,5 мм 12-й степені точності згідно [9].

Допустиму похибку пристрою визначимо за формулою [9]:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = T_{\uparrow} - K \sqrt{(K_1 \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2 + (K_2 \cdot \omega)^2}, \quad (7.9)$$

де  $K = 1,2$  – коефіцієнт, який враховує можливе відхилення від нормального закону розподілення окремих складових;

$K_1 = 0,8$  – у випадку, якщо  $\varepsilon_6 \neq 0$ ;

$\varepsilon_6$  – похибка базування. При базуванні заготовки вісь розтискної оправки суміщається із віссю заготовки і тому  $\varepsilon_6 = 0$ ;

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення;  $\varepsilon_3 = 40$  мкм;

$\varepsilon_y$  – похибка установки оправки в шпindelі верстата; приймаємо  $\varepsilon_y = 20$  мкм;

$\varepsilon_{\text{зн}}$  – похибка зносу установчих елементів оправки; приймаємо  $\varepsilon_{\text{зн}} = 20$  мкм;

$\varepsilon_{\text{п}}$  – похибка прекосу інструмента на верстаті; приймаємо  $\varepsilon_{\text{п}} = 20$  мкм;

$K_2 = 0,6$  – коефіцієнт, який враховує імовірність появи похибки обробки;

$\omega = 700$  мкм [8] – середня економічна точність обробки.

										Арк.
										49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ТМЗ 21320060–00.ПЗ					

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 600 - 1,2\sqrt{0^2 + 0^2 + 20^2 + 20^2 + 20^2 + (0,6 \cdot 700)^2} = 92 \text{ мкм.}$$

Приймаємо допуск радіального биття посадочній поверхні оправки 90 мкм.

Секторна оправка складається з корпусу 1, де в лівій частині розташований метричний конус 80 і за його допомогою секторна оправка консольно встановлюється в шпинделі токарного верстата моделі 1А64. Для передачі крутного моменту від шпинделю верстата до оправки, на її різьбове з'єднання встановлюється фланець 2, де у його отворі розміщені поводок 13 і шість скріплювальних гвинтів 19.

В порожнині корпусу 1 за посадкою  $\varnothing 40H11/d11$  мм встановлена тяга 9, яка за допомогою різьби М20 з'єднана зі штоком обертового пневмоциліндра верстата і може рухатися уздовж осі оправки. Перпендикулярно до осі оправки розташовані отвори, в яких нерухомо закріплені два пальця 8 пов'язаних із двома розтискними конусами 5. В радіальних пазах корпусу 1 на зовнішніх поверхнях розтискних конусів 5 встановлені сектори 4, які складають два комплекта по три сектора у кожному. У разі радіального руху всіх шести конічних секторів 4 відбувається базування і закріплення заготовки. Сектори 4 притиснені до розтискних конусів 5 кільцями 10. В середній частині оправки з метою не потрапляння бруду та захисту від ушкоджень рухомих елементів встановлені кожухи 6 та 7. Права сторона корпусу 1 закрита кришкою 3. В центральній частині корпусу встановлений упор 12, який закріпленій від повороту трьома гвинтами 17.

Пристрій працює наступним чином. Заготовка встановлюється на сектори 4 оправки посадочним отвором  $\varnothing 103(+0,35; 0)$  мм, а лівим торцем притискається до упору 12. Після подачі повітря у відповідну порожнину пневматичного циліндра верстата, шток останнього рухається вправо, переміщує тягу 9, розтискні конуси 5 та сектори 4 до контакту з посадочним отвором заготовки. Заготовка одночасно базується і закріплюється. Після закінчення обробки верстат вимикається і розкріплення заготовки відбувається у зворотній послідовності.

										Арк.
										50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ТМЗ 21320060-00.ПЗ					

## ВИСНОВКИ

1. Виконаний аналіз службового призначення трубчастої центрифуги моделі ОТР-102К-01 та деталі «стакана 1.1670-13.05-01». Проаналізовані технічні вимоги деталі на її виготовлення.

2. За коефіцієнтом закріплення операцій визначений тип виробництва – дрібносерійний та форма його організації – групова. Розрахована партія запуску заготовок у технологічний процес виготовлення стакана –  $N_{\text{п}} = 43$  шт.

3. Виконаний аналіз технологічності конструкції стакана за якісними показниками. Конструкція деталі за окремими її елементами визнана технологічною.

4. Запропонований спосіб одержання вихідної заготовки – гаряче деформований трубний прокат, визначені припуски і допуски на заготовку. Розроблені технічні вимоги на її виготовлення.

5. Виконаний аналіз існуючого технологічного процесу стакана і запропоновані нововведення для його удосконалення. Розрахунково-аналітичним методом за використанням ЕОМ визначені припуски, операційні розміри і допуски на обробку внутрішньої поверхні  $\varnothing 105H7(+0,035; 0)$  мм. Обґрунтовані схеми базування і закріплення заготовки для двох операцій: 020 «Токарна з ЧПК» і 040 «Фрезерна з ЧПК». Для наведених операцій вибрані сучасні моделі верстатів, технологічна оснастка, різальний та вимірювальний інструменти.

6. Розрахунково-аналітичним методом розраховані режими різання і норми часу на аналізовані операції.

7. Для обробки заготовок на операції 011 «Токарно-гвинторізна» спроектований спеціальній пристрій – секторна оправка, яка дозволяє швидко і точно установлювати заготовку на верстат.

8. Розроблені заходи, які пов'язані з охороною праці і технікою безпеки в надзвичайних ситуаціях працюючих на дільниці по виготовленню стакана.

9. Для запропонованого технологічного процесу виготовлення стакана розроблена технологічна документація (карти КТП, КЕ).

					<i>ТМЗ 21320060–00.ПЗ</i>	Арк.
						51
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. **Коваленко, І. В.** Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв: підручник / І. В. Коваленко, В. В. Малиновський. – К.: Інрес : Воля, 2005. – 264 с.
2. **Добрянський, С. С.** Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафеев; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
3. **Попович, В. В.** Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство : підруч. для вищ. навч. закл. / В. В. Попович, В. В. Попович. – Львів : Світ, 2006. – 624 с.
4. **Бойко, Ю. І.** Технологія машинобудування. Курсове проектування: навч. посіб. / Ю. І. Бойко, О. А. Литвиненко. – Київ: НУХТ, 2018. – 195 с.
5. **Дикань, В. Л.** Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – 386 с.
6. Вертикально-фрезерний верстат 6P13 [Електронний ресурс]: WEB-сайт. – Режим доступу: <https://stankocentr.com.ua/purchase/vertikalno-frezernye-stanki/vertikalno-frezernyi-stanok-6r13-6t13-6m13p-6n13p-6n13>. – Назва з екрану.
7. **Мазур, М. П.** Основи теорії різання матеріалів : підручник / М. П. Мазур, Ю. М. Внуков, В. Л. Доброскок, В. О. Залога та ін.; під заг. ред. М. П. Мазура. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Львів : Новий Світ-2000, 2011. – 422 с.
8. **Паливода, Ю. Є.** Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Ю. Є. Паливода, А. Є. Дячун, Р. Я. Лещук. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.
9. **Петров, О. В.** Технологічна оснастка : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.

										Арк.
										52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						

ТМЗ 21320060-00.ПЗ