

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Наказ Міністерства освіти і науки,  
молоді та спорту України  
29 березня 2012 року № 384

Форма № Н-9.02

**Державний вищий навчальний заклад  
«Сумський державний університет»**

Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання  
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Технології машинобудування, верстатів та інструментів  
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

**Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної роботи

перший (бакалаврський)  
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему Проектування технологічного процесу виготовлення циліндру  
529–143.00–005

Виконав: студент 5 курсу,  
групи ТМз–61с  
напряму підготовки (спеціальності)  
131 – Прикладна механіка (Технології  
машинобудування)

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Рикун С. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Колесник В. О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

# МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри  
технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

\_\_\_\_\_ В. О. Залога

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

## ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ

ЦИЛІНДРУ 529–143.00–005

Бакалаврська кваліфікаційна робота

Напрямок підготовки 131 – Прикладна механіка

Сумський державний університет  
(Технологія машинобудування)  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

Студент

С. О. Рикун

Керівник

В. О. Колесник

Нормоконтроль

Ю. О. Денисенко

Суми – 2020

## Реферат

Записка: 37 с., 8 рис., 16 табл., 3 додатка, 10 літературних посилань.

Об'єкт розробки – циліндр 529–143.00–005 центрифуги ФГН 2001К–01.

Мета роботи – проектування технологічного процесу виготовлення циліндру 529–143.00–005.

Виконаний аналіз службового призначення центрифуги, циліндру та його технічних вимог. За коефіцієнтом закріплення операцій розрахований тип виробництва – дрібносерійний та форма його організації – групова. Вибраний і обґрунтований спосіб виготовлення вихідної заготовки – лиття в піщано-глинясті форми, виконаний аналіз технологічності конструкції деталі за якісними показниками.

Розрахунково-аналітичним методом розраховані припуски на отвір діаметром 125Н7. Виконаний аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення корпусу. Вибрані та обґрунтовані схеми базування і закріплення заготовок на операціях 020 «Токарна з ЧПК» і 045 «Радіально-свердлильна». Для наведених операцій запропоновані моделі верстатів, пристроїв, різальний та вимірювальний інструменти, розраховані режими різання та норми часу.

Розроблений пристрій для свердління отворів із різьбою на операцію 045 «Радіально-свердлильна» верстатів та інструментів

Розроблені заходи по охороні праці та техніки безпеки для працюючих на дільниці по виготовленню циліндра.

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

## Зміст

	Вступ.....	5
1	Аналіз службового призначення виробу, деталі. Опис конструкції деталі та умов її експлуатації.....	6
2	Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі.....	9
3	Визначення типу та форми організації виробництва.....	11
4	Аналіз технологічності конструкції деталі.....	14
5	Вибір способу виготовлення заготовки.....	15
6	Аналіз існуючого технологічного процесу.....	18
6.1	Розрахунок припусків на механічну обробку.....	18
6.2	Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки.....	18
6.3	Обґрунтування вибору металорізальних верстатів.....	24
6.4	Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів.....	25
6.5	Розрахунок режимів різання.....	26
6.6	Технічне нормування операцій.....	29
7	Проектування верстатного пристрою.....	31
7.1	Обґрунтування мети операції та завдання на проектування.....	31
7.2	Розробка та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки.....	32
7.3	Розрахунок точності елементів пристрою.....	34
7.4	Опис конструкції і роботи пристрою.....	35
	Виводи.....	36
	Список літературних посилань.....	37
	Додаток А Креслення циліндру 529–143.00–005.....	38
	Додаток Б Розрахунок припусків на ЕОМ.....	39
	Додаток В Специфікація.....	40
	Додаток Г Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях.....	42

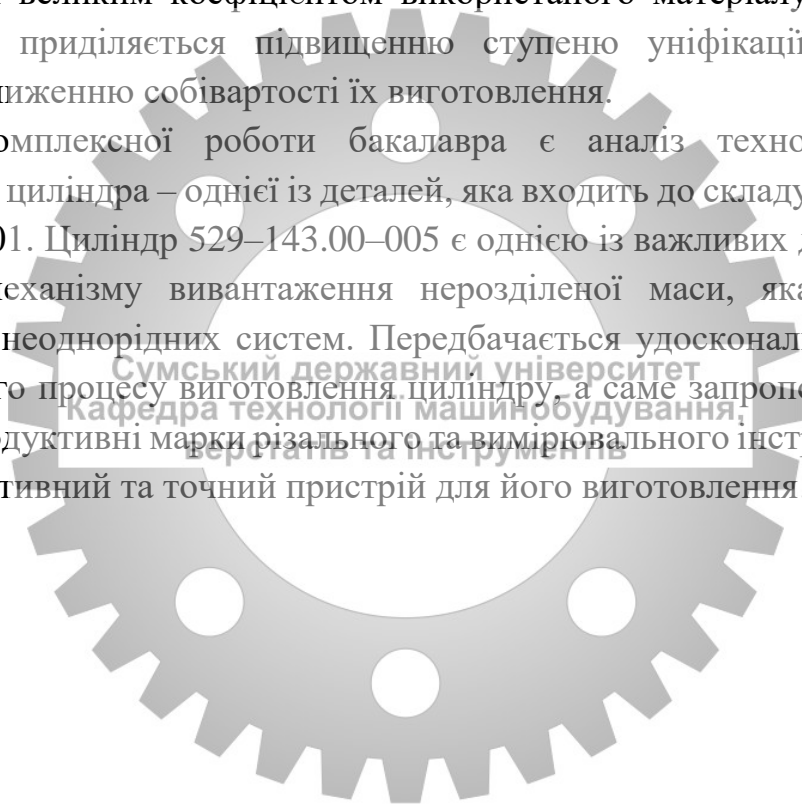
					ТМЗ10050341–00 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	Рикун				Проектування технологічного процесу виготовлення циліндру 529–143.00–005. Пояснювальна записка	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров.</i>	Колесник					4	37	
<i>Н. Контр.</i>	Денисенко				СумДУ, ТМЗ–61с			
<i>Утв.</i>	Залога							

## Вступ

На ринках України та світових країн підвищився попит на вироби – центрифуги, які призначені для розподілення неоднорідних систем у відцентровому полі. Центрифуги широко застосовуються в хімічній, харчовій, медичній, металургійній та інших галузях народного господарства. Таким чином, будівництво центрифуг є однією із важливих сфер галузі народного господарства.

Якість центрифуг залежить від технології виготовлення окремих деталей із яких складається виріб. Технологічний процес виготовлення деталей центрифуги передбачає застосування високоякісного технологічного обладнання і оснастки, різального і вимірювального інструментів. Об'єм випуску цих виробів також залежить від способу виготовлення заготовок, їх проектування із мінімальними припусками і великим коефіцієнтом використаного матеріалу. Значна увага при виготовленні приділяється підвищенню ступеню уніфікації вузлів і деталей центрифуг, зниженню собівартості їх виготовлення.

Метою комплексної роботи бакалавра є аналіз технологічного процесу виготовлення циліндра – однієї із деталей, яка входить до складу центрифуги моделі ФГН 2001К–01. Циліндр 529–143.00–005 є однією із важливих деталей, що входять до складу механізму вивантаження нерозділеної маси, яка залишається при розподіленні неоднорідних систем. Передбачається удосконалити окремі операції технологічного процесу виготовлення циліндру, а саме запропонувати нові моделі верстатів, продуктивні марки різального та вимірювального інструментів, розробити більш продуктивний та точний пристрій для його виготовлення.



					ТМЗ10050341 – 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5



центрифуги містить електродвигун, тормозну гідромфту і клинопасову передачу [8]. Однією із деталей, які містяться у виробі, є циліндр (див. рис. 1.1).

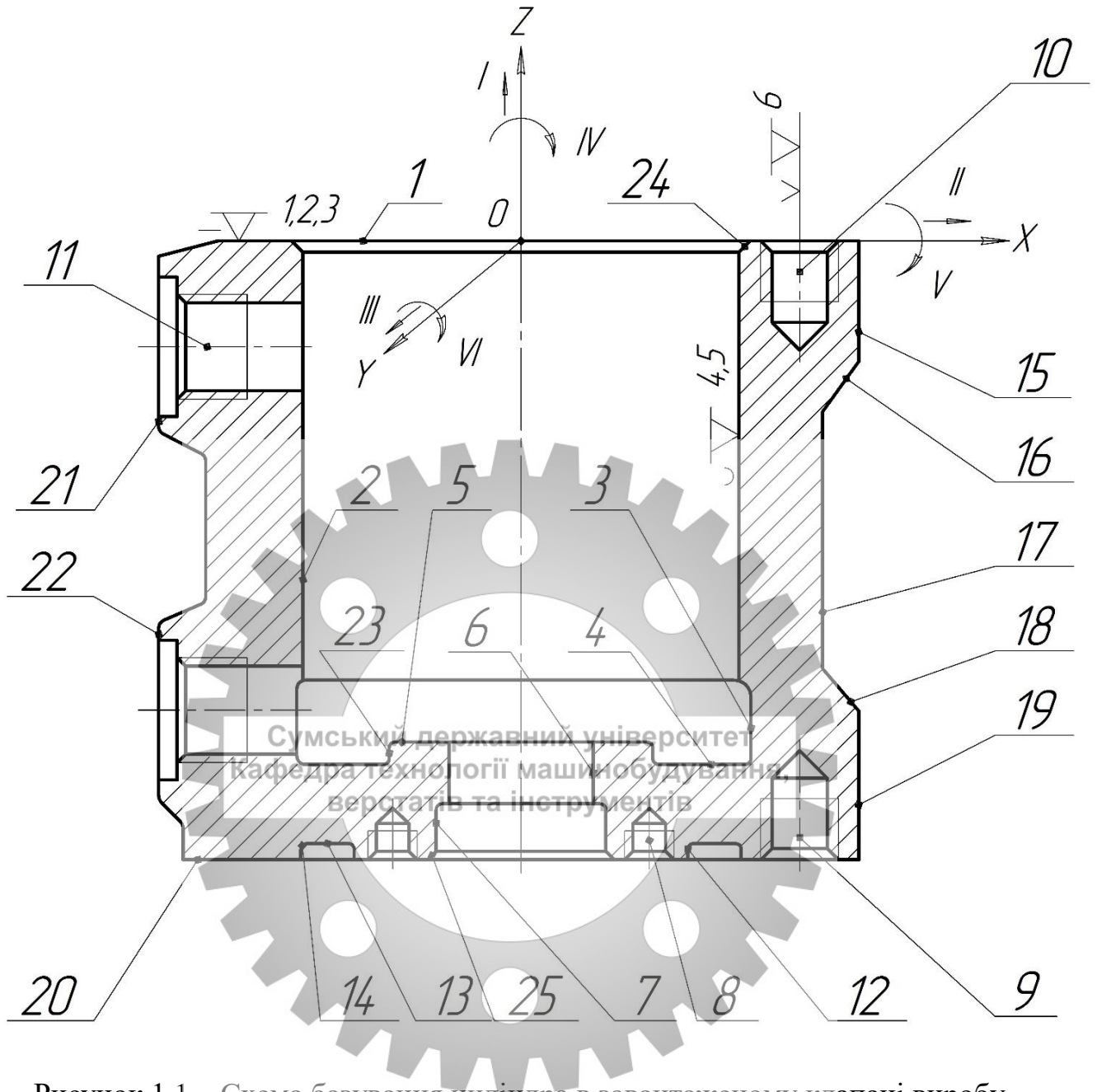


Рисунок 1.1 – Схема базування циліндра в завантаженому клапані виробу

Основними конструкторськими базами (ОКБ) циліндра є торцева верхня поверхня 1, внутрішня циліндрична поверхня 2, один із шести отворів із різью 10, якими циліндр визначає своє положення у вибраній системі координат. Поверхня 1 є установчою базою, позбавляє деталь трьох ступенів вільності: двох обертів V – уздовж осі OX; VI – уздовж осі OY; одного переміщення I – уздовж осі OZ. Поверхня 2 є подвійною опорною базою, позбавляє двох ступенів вільності: переміщення III – уздовж осі OY і переміщення II – уздовж осі OX. Поверхня одного із отворів 10 є опорною базою, позбавляє однієї ступені вільності: обертання IV – уздовж осі OZ (див. табл. 1.1 і 1.2).

						ТМ310050341 – 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			7





## 2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі

Аналіз креслення 529-143.00-005 «Циліндр» виявив, що кількість видів, проєкцій, перетинів, виносок достатньо для його виконання.

Згідно службового призначення циліндру, конструктором запропоновані основні технічні вимоги до яких відносяться наступні:

- перпендикулярність верхнього торця відносно поверхні А діаметра 129Н9 не більше 0,05 мм;
- перпендикулярність нижнього торця відносно поверхні Б діаметра 125Н9 не більше 0,05 мм.

Наведені вимоги призначені конструктором вірно, в запропонована величина точності визначає потрібне розташування приєднаних деталей.

Вимога до радіального биття поверхні діаметром 32Н7 відносно поверхні діаметром 125Н9 в межах 0,05 мм потрібна для безвідмовної роботи шток-поршня у виробі і призначена конструктором обґрунтовано.

Радіальне биття поверхонь діаметрами 32Н7 і 37Н9 друг відносно друга в межах 0,07 мм є обґрунтованою вимогою, тому що виходять із умови нормальної (без витоку повітря із порожнин циліндру) роботи ущільнювання (дивись креслення 529-143.00-005).

Висока зносостійкість і довготривалість роботи циліндра забезпечується низькою шорсткістю поверхні  $R_a = 0,4$  мкм на діаметрі 125Н9. У цієї вимоги є незбіг квалітету точності розміру та шорсткості поверхні.

Призначені технічні вимоги конструктором є обґрунтованими і містять умови роботи подібних виробів в промисловості.

В конструкцію циліндра запроєктований нетехнологічний конструктивний елемент – діаметр 128 м із фаскою під кутом  $25^\circ$  та шорсткістю  $R_a = 0,8$  мкм. Якщо проаналізувати конструкцію складальної одиниці з'єднання циліндра та кришки, а також її виконання функціональних потреб за час роботи виробу, то можна призначити підвищену шорсткість поверхні фаски ( $R_a = 1,6$  мкм). Запропоноване рішення знизить трудомісткість виготовлення циліндра, наприклад, виключить із технологічного процесу операцію шліфування.

Інші поверхні циліндра на етапі механічної обробки забезпечуються відомими технологічними методами без утруднень і не потребують додаткових уточнень або вимірювань.

Матеріалом циліндра є чавун марки СЧ20 ГОСТ 1412-85 [5]. Хімічний склад виливок із сірого чавуну з пластинчастим графітом і фізико-механічні властивості названої марки чавуну наведені в таблицях 2.1 та 2.2.

										Лист
										9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Таблиця 2.1 – Хімічний склад виливок із сірого чавуну (в процентах)

Марка чавуну	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
				Не більше			
СЧ 20	3,0 – 3,3	1,3 – 1,7	0,8 – 1,2	0,3	0,15	0,3	0,5

Таблиця 2.1 – Механічні властивості чавуну марки СЧ20 ГОСТ 1412–85

$\sigma_B$ , кгс/мм <sup>2</sup>	$\sigma_T$ , кгс/мм <sup>2</sup>	$f \cdot \frac{600}{300}$ , мм	$\sigma_{СЖ}$ , кгс/мм <sup>2</sup>	НВ
21	40	9/3	75	170-241

Наведена марка чавуну застосовується для відповідального лиття виробів із товщиною стінок 10-30 мм, а також як менш відповідальне лиття при збільшених товщин стінок.

Сірий чавун марки СЧ20 ГОСТ 1412–85 має хороші технологічні і міцні властивості, що відповідають службовому призначенню циліндра. Запропонований конструктором матеріал деталі є вірним рішенням. Виходячи із експлуатації аналогічних деталей можна запропонувати матеріал-замінник, наприклад, чавун марки СЧ24 ГОСТ 1412–85 [5].

Аналіз виявив, що наведені технічні вимоги креслення є достатніми для якісної експлуатації циліндра у виробі.

Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

### 3 Визначення типу та форми організації виробництва

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{30}$  [1]. Вихідними даними для розрахунку коефіцієнта закріплення операцій є норми штучно-калькуляційного часу  $T_{ш-к}$  за всіма операціями існуючого технологічного процесу. Розрахунок коефіцієнта наведений в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

Номер операції	Найменування операції	$T_{ш-к}$ , хв	$m_p$	$P$	$\eta_{з.ср.}$	$O$
010	Токарна з ЧПК	19,15	0,198	1	0,198	4,04
015	Токарна з ЧПК	3,68	0,038	1	0,038	21,05
020	Токарна з ЧПК	7,13	0,074	1	0,074	10,81
025	Токарна з ЧПК	3,32	0,0334	1	0,0334	23,53
030	Вертикально-фрезерна	0,78	0,008	1	0,008	100,00
035	Радіально-свердлильна	1,72	0,018	1	0,018	44,45
040	Радіально-свердлильна	1,5	0,016	1	0,016	50,00
045	Радіально-свердлильна	1,76	0,018	1	0,018	44,45
050	Хонінгувальна	3,36	0,035	1	0,035	22,86
	Всього	42,4	–	9	–	321,19

*Визначення типу виробництва.*

Кількість верстатів по операціям визначається за формулою [1]:

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

де  $N = 2000$  шт – об'єм виготовлення виробів за рік;

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

$\eta_{з.н.ср.} = 0,8$  – середнє значення нормованого коефіцієнта завантаження обладнання (приймається на начальному етапі визначення типу виробництва).

Визначену кількість верстатів  $m_p$  округлюємо до найближчого цілого значення (робочих місць  $P$ ).

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця визначиться за формулою:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}$$

Кількість операцій, що виконуються на робочому місці

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

Результати розрахунків наведені в таблиці 3.1.

Коефіцієнт закріплення операцій визначається за формулою:

$$K_{3.0.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{321,19}{9} = 35,7.$$

Згідно ГОСТ 14.004–83, якщо  $20 < K_{30} = 35,7 \leq 40$ , то це відповідає дрібносерійному типу виробництва [1].

### Визначення форми організації виробництва.

Визначаємо кількість деталей, які виготовляються за одні сутки  $N_{\text{сут}}$ :

$$N_{\text{сут}} = \frac{N}{254} = \frac{2000}{254} \approx 8 \text{ шт,}$$

де 254 – кількість робочих днів за рік.

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

$$Q = \frac{F_{\text{сут}} \cdot 60\%}{T_{\text{ср}}} = \frac{952 \cdot 0,6}{4,71} = 122 \text{ шт,}$$

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

$T_{\text{ср}} = \frac{\sum T_{\text{ш-к}}}{n_p} = \frac{42,4}{9} = 4,71 \text{ хв}$  – середня трудомісткість основних механічних операцій;

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

Якщо  $N_{\text{сут}} = 8 < Q = 122$ , то застосування одно номенклатурної стрічки є недоцільним, тому приймаємо групову форму організації виробництва. Вироби запускаються у виробництво із визначеним часовим періодом, що є ознакою серійного типу виробництва.

Визначимо кількість деталей в партії для одночасного запуску у виробництво за спрощеною формулою:

$$N_{\text{п}} = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{2000 \cdot 24}{254} \approx 189 \text{ шт,}$$

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

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

$$C = \frac{T_{\text{ср}} \cdot N_{\text{п}}}{F_{\text{см}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}} = \frac{4,71 \cdot 189}{476 \cdot 0,8} = 2,34,$$

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

$v = 2$  – кількість змін;

$\eta_{\text{з.н.}} = 0,8$  – нормований коефіцієнт завантаження верстатів у серійному виробництві.

Визначену кількість змін округляємо до найближчого більшого значення  $C_{\text{п}} = 3$ .  
Остаточну кількість деталей в партії:

$$N_{\text{п}} = \frac{F_{\text{см}} \cdot C_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}}{T_{\text{ср}}} = \frac{476 \cdot 3 \cdot 0,8}{4,71} = 243 \text{ шт.}$$

									Лист
									12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					



#### 4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Аналіз технологічності конструкції деталі виконується за якісними показниками згідно рекомендацій джерела [1].

Циліндр виготовляється із чавуну марки СЧ20 ГОСТ 1412-85. Цей метал має хороші фізико-механічні властивості. Заготовка деталі отримана методом лиття в піщано-глинясті форми, конфігурація деталі проста. Для отримання внутрішніх порожнин треба мати дві опоки і стрижень нескладної форми. Площа по якій рознімаються опоки, відбувається по боковій поверхні заготовки. Наявність двох бобишок ускладнює технологічний процес лиття заготовки. За наведеними даними показника заготовку можна вважати технологічною.

Наявність внутрішнього виступу на дні циліндра діаметром 54 x 8 мм призводить до додаткових труднощів при їх механічній обробці. Крім того, за умовами експлуатації циліндра, торцева поверхня  $\varnothing 127/\varnothing 50$  і поверхня діаметром 50 мм є вільними поверхнями і при складанні деталей у виріб не використовуються. Наведені елементи деталі є нетехнологічними.

Згідно вимоги конструктора до поверхні діаметром 125H9(+0,1;0) мм із шорсткістю  $R_a = 0,4$  мкм, треба застосувати додаткову обробку отвору із використанням абразивного інструменту, що потребує додаткової технологічної операції (хонінгування або внутрішнього шліфування). Ці заходи збільшують трудомісткість механічної обробки наведеної поверхні. Треба вважати наведену вимогу нетехнологічною.

Обробка торцевої поверхні  $\varnothing 125/\varnothing 70$ , що розташована на дні циліндру, потребує додаткових труднощів при її механічній обробці. Для оброблення цієї поверхні треба застосувати два різця, а в структурі операції передбачити додатковий технологічний перехід, що збільшує трудомісткість виготовлення циліндра.

Конічна фаска діаметром 128x25° мм із шорсткістю  $R_a = 0,8$  мкм є нетехнологічним елементом деталі. При з'єднанні циліндра з кришкою фаска виконує функцію ущільнювання. Резинова манжетка, яка вкладається між циліндром і кришкою, деформується, що може призвести до її ушкодження при складанні. Треба запропонувати конструктору замінити наведене конструктивне рішення. Наприклад, можна застосувати ущільнення на діаметральній поверхні кришки, а не на внутрішньому діаметрі циліндру. Якщо рішення конструктор не змінить, то пропонується збільшити шорсткість поверхні конічної фаски діаметром 128x25° до  $R_a = 1,6$  мкм. Запропонована пропозиція забезпечить цю вимогі на токарній обробці і виключить наступну операцію шліфування із технологічного процесу обробки циліндра.

										Лист
										14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ310050341 – 00 ПЗ

Нетехнологічними елементами деталі є нарізання різі М10–7Н і М6–7Н в «глухих» отворах. При нарізанні наведеної різі застосовуються відповідні діаметри мітчиків. При застосуванні мітчиків може виникнути їх перекіс при входженні у отвір. У цьому випадку може відбутися поломка інструменту, частина якого зостається у обробленому «глухому» отворі. Для видалення зламаної частини мітчика треба застосувати слюсарну операцію або констатувати, що оброблена заготовка є бракованою.

Конструкція деталі, яка має поверхню діаметром 37Н9 х 16 мм із переходом у менший діаметр 32Н7 мм, є нетехнологічною. При обробленні цих поверхонь утруднений вихід різального інструменту, що утруднює налагодження і процес різання.

Інші поверхні циліндра не визивають технологічних труднощів при їх обробки із заданою точністю і шорсткістю, що дозволяє вести обробку заготовок високопродуктивними методами.

Таким чином, за результатами виконаного аналізу якісними показниками, можна вважати, що в цілому конструкція деталі є технологічною.



## 5 Вибір способу виготовлення заготовки

За визначеним типом виробництва виробів, зробленим аналізом креслення деталі, її матеріалу та технічних вимог можна запропонувати наступні способи виготовлення заготовки.

1 Лиття в разові форми. Піщано-глинясті форми виконують в постійних опоках (двох, трьох і більше) і без опік (в ґрунті) із застосуванням ручного або машинного формування.

2 Лиття в оболонкові форми із піщано-смоляних сумішів, що дозволяє отримати виливки з підвищеною точністю розмірів і більш якісною чистотою поверхні. За цим способом виготовляються виливки вагою до 25–30 кг з товщиною стінок 3–5 мм.

Вибір способу виготовлення заготовки відбувається за рекомендаціями літературного джерела [1]. Пропонується спосіб виготовлення заготовки – лиття в піщано-глинясті форми ручним формуванням по дерев'яним моделям або шаблонам в опоках. Інші способи виготовлення заготовок є неоптимальними [1]. Тому обмежимося розрахунком однієї заготовки за формулою:

$$S_z = \frac{C_i}{1000} (Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{\Pi}) - (Q - g) \frac{S_{\text{від}}}{1000},$$

де  $C_i = 1630$  грн – базова вартість однієї тони виливок (виливки із сірого чавуну марок СЧ15; СЧ18; СЧ20) [1, с. 33];

$K_T = 1,05$  – коефіцієнт, який залежить від класу точності виливок [1, с. 33];

$K_C = 1,0$  – коефіцієнт, який залежить від групи складності виливки [1, т. 2.8, с. 33];

$K_B = 0,91$  – коефіцієнт, який залежить від маси виливки [1, т. 2.8, с. 33];

$K_{\Pi} = 1,0$  – коефіцієнт, який залежить від об'єму випуску заготовок [1, т. 2.8, с. 33];

$K_M = 1,04$  – коефіцієнт, який залежить від марки матеріалу [1, т. 2.8, с. 33];

$Q = 12,3$  кг – маса заготовки (визначається розрахунком);

$g = 10$  кг – маса деталі (дивись креслення циліндра);

$S_{\text{від}} = 124,8$  грн – ціна однієї тони відходів чавунної стружки [1, т. 2.7, с. 33].

$$S = \frac{1630}{1000} (12,3 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 0,91 \cdot 1,04 \cdot 1) - (12,3 - 10) \cdot \frac{124,8}{1000} = 19,7 \text{ грн.}$$

Потім виконаємо розрахунок розмірів заготовки згідно ГОСТ 26645–85 [5].

1 Установимо спосіб лиття – вилівка в піщано-глинясті форми [5, т. 9].

2 Установлюємо бази першої механічної операції – діаметр 160 мм і торець діаметрами 160/37Н9.

3 Розташування виливки в формі за площиною рознімання – горизонтальне.

										Лист
										16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ310050341 – 00 ПЗ



- 4 Установлюємо клас розмірної точності – (7-12), приймаємо 11 [5, т. 9].
- 5 Установлюємо ступінь жолоблення елементів виливки – (5-8), приймаємо 7 [5, т. 10].
- 6 Установлюємо ступінь точності поверхонь виливки – (10-17), приймаємо 15 [5, т. 11].
- 7 Установлюємо клас точності мас виливки – (7т-14), приймаємо 11 [5, т. 13].
- 8 Установлюємо допуск зміщення виливки за площиною рознімання в діаметральному вимірюванні – 3,2 мм [5, т. 1].
- 9 Визначаємо рід припусків на обробку виливок – (6-9), приймаємо 7 [5, т. 14].
- 10 Розрахунок розмірів заготовки виконаємо в таблиці 5.1.
- 11 За даними таблиці 5.1 на рисунку 5.1 наведене креслення заготовки.

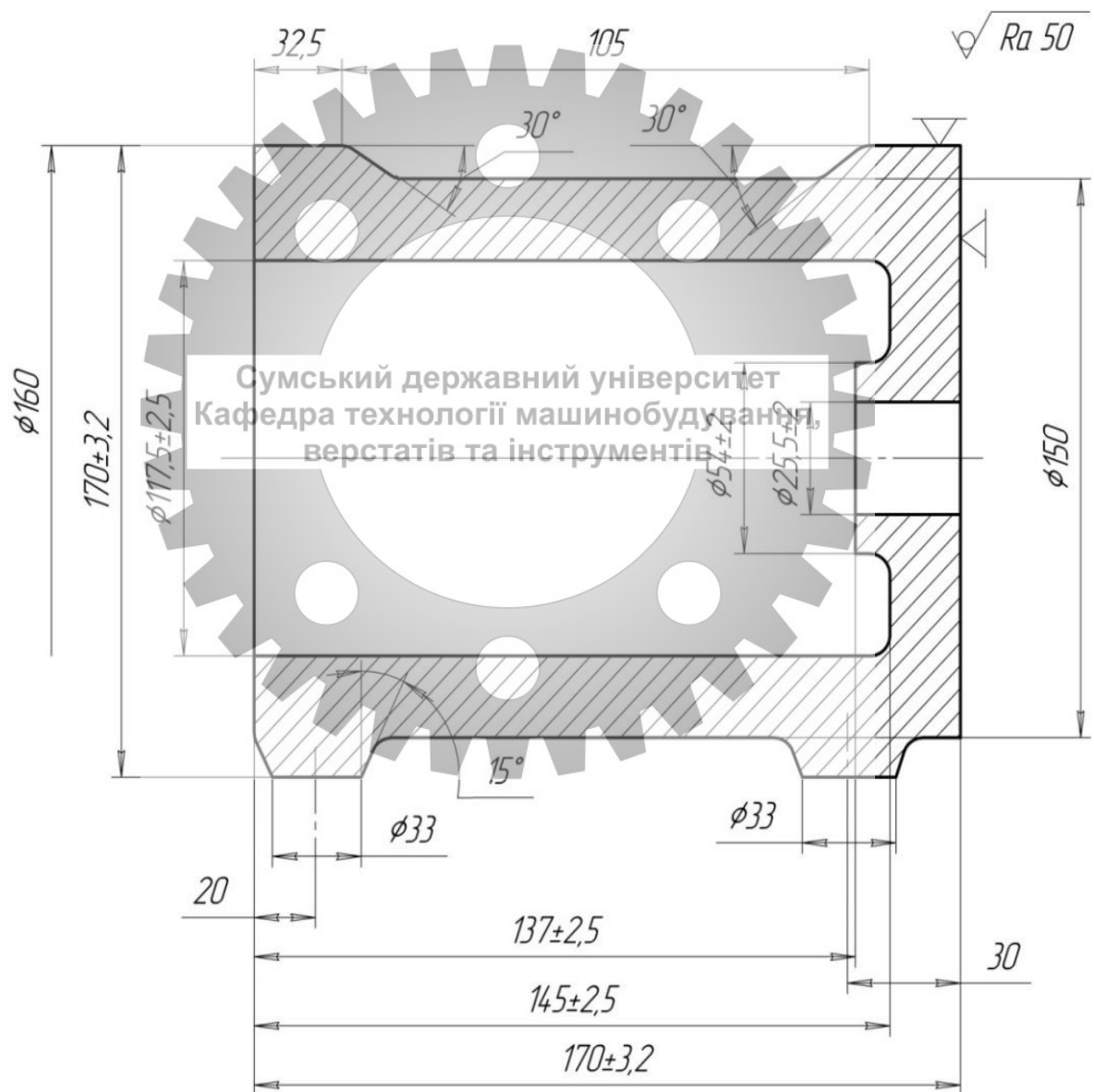


Рисунок 5.1 – Креслення заготовки

Ізм.  
Лист  
№ докум.  
Підпис  
Дата

Таблиця 5.1 – Визначення розмірів заготовки згідно ГОСТ 26645–85

Номер поверхні	Номінальний розмір елемента деталі	Допуск розміру	Допуск форми розташування виливки	Загальний допуск	Вид механічної обробки	Половина загального допуску	Ряд припусків	Величина припуску	Остаточний розмір елемента заготовки
Рис. 1.1		Табл. 1	Табл. 2	Табл. 16	Табл. 7	П. 4.2.1	Табл. 14	Табл. 6	
1, 20	165 <sup>-1,0</sup>	5,6	0,8	6,4	Чорновий	3,2	7	2,6	170±3,2
2	Ø125H9(+0,1)	5,0	0,5	5,0	Чистовий	2,5	7	3,8	Ø117,5±2,5
6	Ø32H7(+0,025)	3,6	0,5	4,0	Тонкий	2,0	7	3,3	Ø25,5±2,0
21	167 <sup>-1,0</sup>	5,6	0,8	6,4	Чорновий	3,2	9	3,1	170±3,2
1, 5	137±0,5	5,0	0,64	5,0	Чорновий	2,5	7	2,5	137±2,5
1, 4	145±0,5	5,0	0,64	5,0	Чорновий	2,5	7	2,5	145±2,5
23	Ø50 <sup>+0,62</sup>	4,0	0,5	4,0	Чорновий	2,0	7		Ø54±2,0

Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

ТМЗ10050341 – 00 ПЗ

## 6 Аналіз існуючого технологічного процесу

### 6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку.

Вихідні дані: точність вилівки 11-7-15-11 Зм. 3,2 ГОСТ 26645–85, маса заготовки  $m_3 = 12,3$  кг; матеріал – чавун марки СЧ20 ГОСТ 1412–85.

1. Вибираємо  $R_{zi-1} = 200$  мкм і  $H_{i-1} = 400$  мкм заготовки [1, т. 4.3, с. 63].

2. Чорнове розточування  $R_{zi-1} = 50$  мкм;  $H_{i-1} = 0$  [1, с. 83]. Після першого технологічного переходу величина дефектного шару  $H_i$  для деталей із чавуну виключається із розрахунків. Таким чином, для наступних переходів визначається тільки шорсткість поверхні за критерієм  $R_z$ .

3. Для чистового розточування отвору шорсткість поверхні  $R_{zi-1} = 20$  мкм; для хонінгування отвору –  $R_{zi-1} = 0,6$  мкм [1, т.4.5, с.65].

4. Визначається похибка установки заготовки  $\rho_{i-1}$  [1, т. 4.7, с. 66 – 69].

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2} = \sqrt{170^2 + 1800^2} = 1808 \text{ мкм},$$

де  $\rho_{\text{кор}} = \Delta_k \cdot L = 1 \cdot 170 = 170$  мкм ( $\Delta_k = 1 \frac{\text{мкм}}{\text{мм}}$ ) [1, т. 4.8, с. 71],

$L = 170$  мм – найбільший розмір заготовки;

$\rho_{\text{зм}} = 1800$  мкм – допуск на зміщення отвору діаметром 125H9 відносно зовнішнього діаметра циліндра розміром 160 мм.

Після чорнового розточування:  
 $\rho_{\text{чор.розт.}} = 0,06 \cdot \rho_{i-1} = 0,06 \cdot 1808 = 109$  мкм.

Після чистового розточування:

$$\rho_{\text{чист.розт.}} = 0,04 \cdot \rho_{i-1} = 0,04 \cdot 1808 = 72 \text{ мкм}.$$

Визначені вихідні дані занесемо в таблицю 6.1 і на ЕОМ за програмою «rgr» виконаємо розрахунок припусків і допусків на заданий розмір (дивись додаток Б пояснювальної записки).

За результатами розрахунків наведемо схему графічного розташування припусків і допусків на обробку отвору діаметром 125H9(+0,1;0) мм і шорсткістю  $R_a = 0,4$  мкм (див. рис. 6.1).

### 6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки.

#### Операція 015 «Токарна з ЧПК».

На операції (див. рис. 6.2) точаться торці діаметрами 160/117,5 мм і 117,5/54 мм; розточується діаметр циліндра 127 мм довжиною 20(0;-2) мм; точиться виступ діаметром 50 мм; точиться торець діаметрами 50/25,5 мм; розточується отвір діаметром 124,2H12, який буде виконувати функцію бази на наступних операціях;

						ТМ310050341 – 00 ПЗ	Лист
							19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

розточується фаска діаметром 128x25° мм. Структура операції складається із одного установка і семи технологічних переходів.

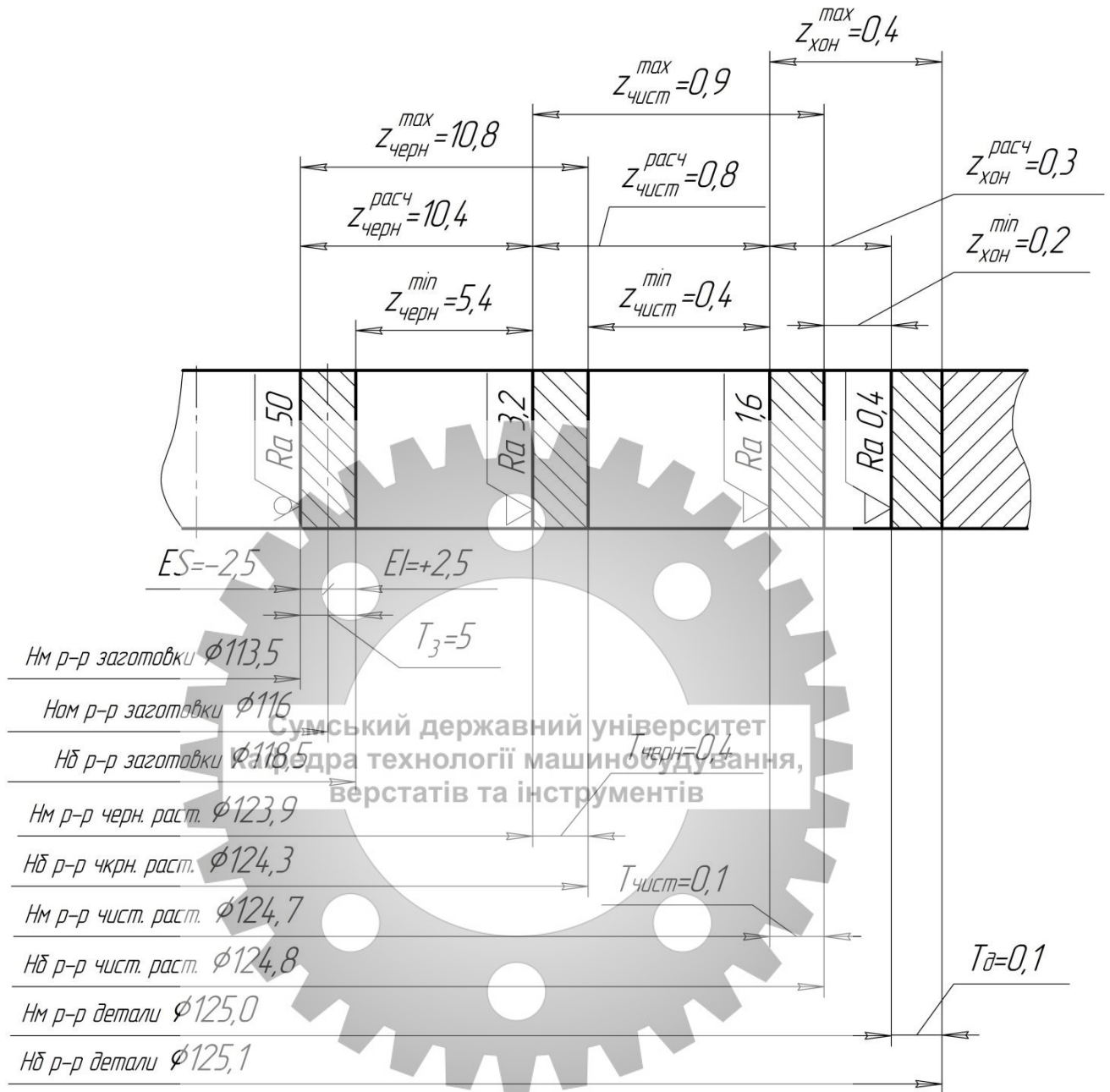


Рисунок 6.1 – Схема розташування припусків і допусків на обробку отвору діаметром 125H9(+0,1;0) мм

На операції заготовка базується двома поверхнями: торцем із розміром діаметрами 160/25,5 мм та циліндричною поверхнею діаметром 160 мм, які позбавляють заготовку п'яти ступенів вільності. Торць є установчою базою (УБ) і позбавляє двох обертів навколо осей OX і OY та одного переміщення уздовж осі OZ. Циліндрична поверхня є подвійною опорною базою (ПОБ) і позбавляє двох ступенів вільності – двох переміщень уздовж осей OX і OY. Вакансією залишається одне

обертання (ОБ) навколо осі OZ і яке не впливає на виконання технічних вимог креслення (див. табл. 6.2 і 6.3).

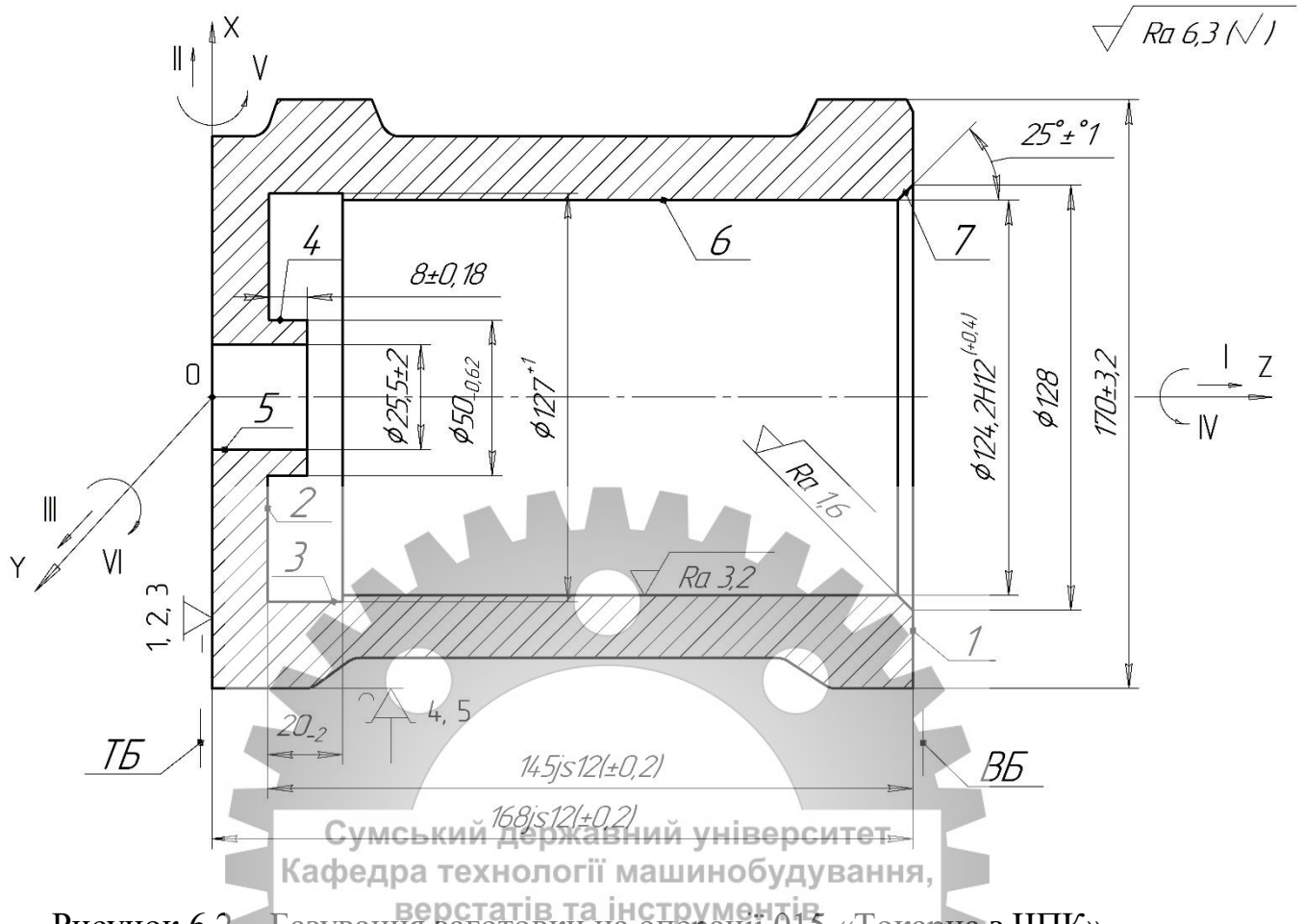


Рисунок 6.2 – Базування заготовки на операції 015 «Токарна з ЧПК»

Таблиця 6.2 – Таблиця відповідності

Зв'язок	Ступені позбавлення вільності	База, (характер виявлення)
1, 2, 3	I, V, VI	УБ, явна
4, 5	II, III	ПОБ, явна
6	IV (Вакансія)	–

Таблиця 6.3 – Матриця зв'язків

X, Y, Z / l, α	X	Y	Z	База
1	0	0	1	УБ
α	1	1	0	
1	1	1	0	ПОБ
α	0	0	0	
1	0	0	0	–
α	0	0	0	
Всього	2	2	1	5-ь зв'язків

При точінні торця похибка базування для розміру 168,0 (0;-0,4) мм  $\epsilon_{\phi 168} = 0$ , тому що технологічна (ТБ) і вимірювальна (ВБ) бази співпадають. ВБ для розміру 145,5±0,2 мм буде торець з розмірами діаметрів 160/124,2Н12 мм. У нашому випадку заготовка оброблюється на токарному верстаті з ЧПК і «0» деталі буде розташований на цьому торці. Таким чином, ТБ і ВБ суміщаються і тому похибка базування  $\epsilon_{\phi 145,5} = 0$ . Аналогічно витримуються розміри 8 мм і 20(0;-2) мм.

Аналіз показав, що інші схеми базування і закріплення заготовки на цій операції реалізувати не є можливим. Тому єдиною схемою базування і закріплення заготовки буде схема, яка наведена на рисунку 6.2. Запропонована схема базування реалізується шляхом установлення заготовки у трьох кулачковий центрувальний патрон.

### Операція 045 «Свердлильна з ЧПК».

Операція виконується на верстаті моделі 2Р135Ф2-1. Схема базування і закріплення заготовки на операції наведена на рисунку 6.3.

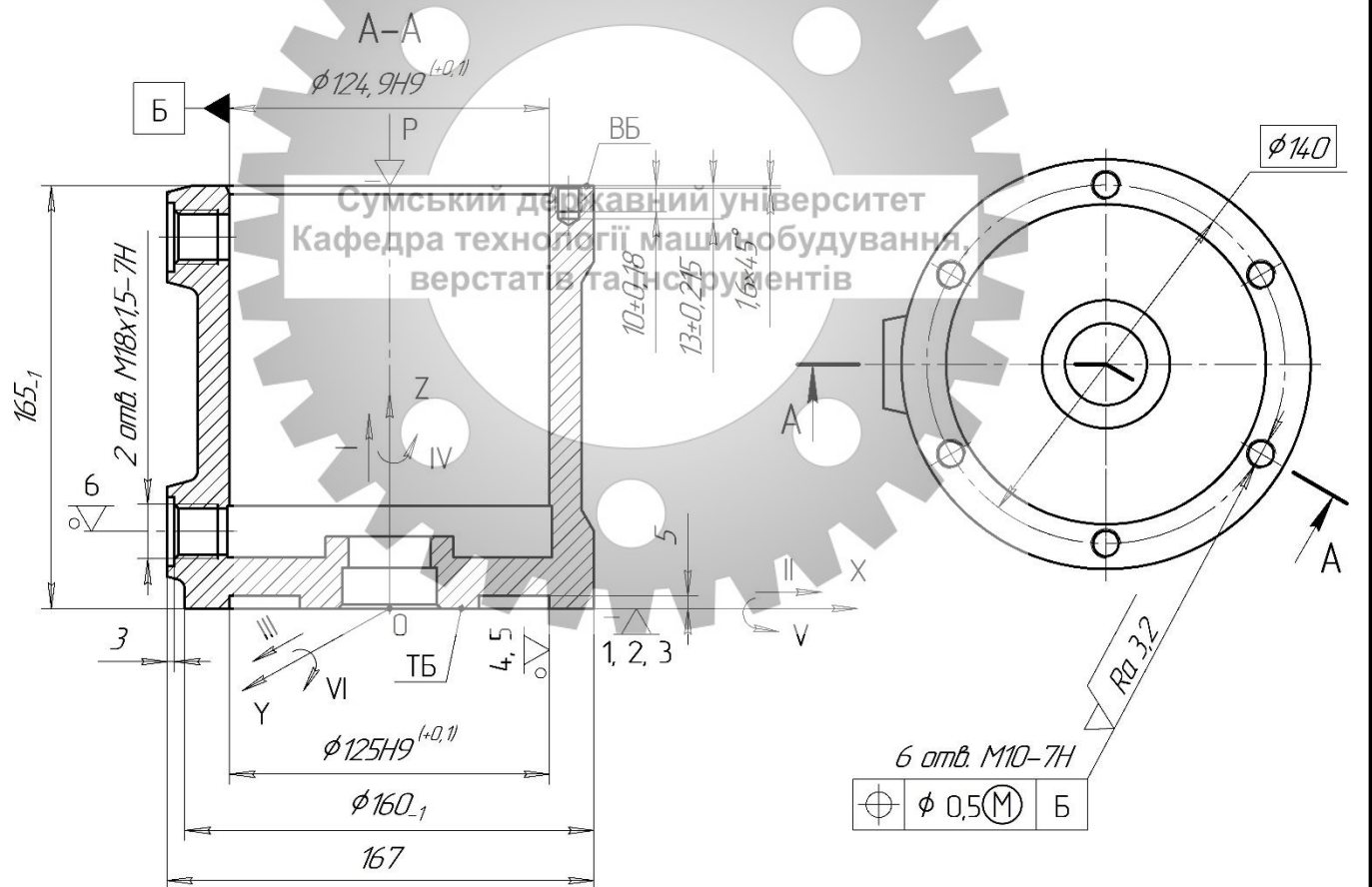


Рисунок 6.3 – Базування заготовки на операції 045

На операції свердяться і нарізається різь М10х1,5–7Н в шести отворах. Допуск на розташування отворів є залежним і складає 0,5 мм на діаметр відносно поверхні діаметром 124,9Н9 мм.

						ТМ310050341 – 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			22

Заготовка на операції базується (див. рис. 6.3) трьома поверхнями: торцем діаметром 160(0;-1,0) мм, циліндричною поверхнею діаметром 125Н9 мм, нижнім отвором М18х1,5–7Н. Разом ці поверхні позбавляють заготовку шести ступенів вільності. Торець діаметром 160 мм позбавляє трьох ступенів вільності (УБ), двох обертань навколо осей ОХ і ОУ та одного переміщення уздовж осі ОZ. Поверхня діаметром 125Н9 позбавляє двох ступенів вільності (ПОБ) – двох переміщень уздовж осей ОХ і ОУ. Отвір діаметром М18х1,5–7Н мм позбавляє заготовку обертання навколо осі ОZ.

Таблиця 6.4 – Таблиця відповідності

Зв'язок	Ступень позбавлення вільності	База, (характер виявлення)
1, 2, 3	I, V, VI	УБ, явна
4, 5	II, III	ПОБ, явна
6	IV	ОБ, явна

Таблиця 6.5 – Матриця зв'язків

Х, Y, Z / 1, α	Х	Y	Z	База
1	0	0	1	УБ
α	1	1	0	
1	1	1	0	ПОБ
α	0	0	0	
1	0	0	0	ОБ
α	0	0	1	
Всього	2	2	2	6-ь зв'язків

На точність діаметральних розмірів заготовки запропонована схема базування не вплине. Точність розташування отворів буде залежати від точності позиціонування стола верстата відносно осі шпинделю із різальними інструментами. Точність розташування осей отворів (залежний допуск діаметру 140 мм, перпендикулярність осей отворів відносно площини торця) буде залежити від точності установлення пристрою на столу верстата.

На точність розмірів глибини отворів діаметром 13±0,9 мм впливає неспівпадіння ТБ і ВБ. В наведених схемах похибка базування буде  $\epsilon_6 = T_{165} = 1,0$  мм. Допуск на глибину свердління  $T_{13} = 0,215$  мм <  $T_{165} = 1,0 = \epsilon_6$ . Ця вимога креслення не буде витримана в запропонованій схемі базування. Але обробка отворів відбувається на верстаті з ЧПК, на якому можна сумістити ТБ із ВБ (перенести ТБ на торець де розташована ВБ). Це дозволить виключити похибку базування для глибин отвору 13±0,9 мм та різі 10±0,18 мм.

Таким чином, наведені розміри будуть витримати на операції, а запроповану схему базування приймаємо для налагодження заготовки та розроблення спеціального пристрою при обробки шести отворів М10х1,5–7Н мм.

### 6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів.

Токарні верстати для операції 015 «Токарна з ЧПК» вибираються залежно від типу виробництва, габаритів заготовки, потужності електродвигунів, можливості обробки поверхонь інструментами різних типів. Для обробки заготовок пропонуються дві моделі токарних верстатів (див. табл. 6.6).

Таблиця 6.6 – Технічні характеристики токарних верстатів з ЧПК

Параметр	16K20Ф3	16K20T1
Найбільший діаметр обробленої заготовки, мм:		
над станиною	400	500
над супортом	220	215
Найбільша довжина обробленої заготовки, мм	1000	900
Крок нарізаної різі (метричної), мм	до 20	0,01–40,959
Кількість швидкостей шпинделя	22	24
Частота обертання шпинделя, об/хв	12,5–2000	10–2000
Подача супорта, мм/хв (мм/об):		
повздожня	3-1200	(0,01–2,8)
поперечна	1,5-600	(0,005–1,4)
Кількість ступенів подач (безступенеve регулювання)	б/р	б/р
Потужність електродвигуна головного привода, кВт	10	11
Габаритні розміри (без ЧПК), мм:		
довжина	3360	3700
ширина	1710	1770
висота	1750	1700
Маса	4000	3800
Дискретність системи керування при заданні розмірів, мм:		
повздожніх	0,01	0,01
поперечних	0,005	0,005

Аналіз даних таблиці 6.6 показав, що більш оптимальною технічною характеристикою є верстат моделі 16K20Ф3. Цей верстат має менші габарити робочої зони, потужність електродвигуна головного привода, приблизно однакову масу, підвищений діапазон швидкостей. Вартість верстата моделі 16K20Ф3 менше вартості верстата моделі 16K20T1. Для операції 015 «Токарна з ЧПК» беремо верстат моделі 16K20Ф3.

Для операції 045 «Свердлильна з ЧПК» можна запропонувати дві моделі вертикально-свердлильних верстатів 2P135Ф2-1 та 2Н135, на яких можна оброблювати отвори із різью на обох торцях циліндра. Технічні характеристики названих верстатів наведені в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Технічні характеристики вертикально-свердлильних верстатів

Параметр	2P135Ф2-1	2Н135
1	2	3
Найбільший умовний діаметр свердлення в сталі, мм:	35	35
Робоча поверхня стола, мм	400 x 710	450 x 500



Продовження таблиці 6.7

1	2	3
Найбільша відстань від торця шпинделя до робочої поверхні стола, мм	600	750
Виліт шпинделю	450	300
Найбільше вертикальне переміщення свердлильної (револьверної) головки, мм	560	170
Конус Морзе отвору шпинделю	4	4
Частота обертання шпинделю, об/хв	45–2000	31–1400
Кількість швидкості шпинделю	12	12
Подача шпинделя (револьверної головки), мм/хв (мм/об)	10–500	(0,1–1,6)
Кількість подач шпинделя (револьверної головки)	18	9
Потужність електродвигуна головного приводу, кВт	3,7	4,0
Габаритні розміри, мм:		
довжина	1800	1030
ширина	2170	825
висота	2700	2535
Маса, кг	4700	1200

Із двох наведених моделей вертикально-свердлильних верстатів приймаємо верстат моделі 2P135Ф2-1, який має систему ЧПК, що зменшує допоміжний час операції, а також має більш розвинений діапазон швидкості та подач для реалізації оптимальних режимів різання. На пропонуемому верстаті зручніше керування і простіше налагоджування на потрібну точність розмірів заготовки.

6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструменту.

Операція 015 «Токарна з ЧПК» виконується на токарно-гвинторізному верстаті моделі 16К20Ф3. За рекомендаціями літературних джерел [3, 4, 9] на верстаті застосовується три кулачковий центрувальний патрон 7100-0007 ГОСТ 2675-80.

Різальний інструмент. На операції застосовується різець для контурного точіння. Умовне позначення різця: різець 2101-0641 ВК6 ГОСТ 20872–80, тип 1, різальні пластини згідно ГОСТ 19062–80. Для розточування отворів застосовується розточний різець з умовним позначенням: різець 2145-0551 ВК6 ГОСТ 20874–75, тип 3, різальні пластини згідно ГОСТ 19048–80.

Вимірювальний інструмент. Для вимірювання діаметральних і лінійних розмірів застосовується штангенциркуль ШЦ-I-250-0,1-2 ГОСТ 166–89. Для вимірювання шорсткості поверхонь застосовуються зразки шорсткості згідно ГОСТ 9378–75.

На операції 045 «Свердлильна з ЧПК» для базування і закріплення заготовок застосовується спеціально розроблений верстатний пристрій (дивись розділ 7).

Різальний інструмент. Для свердління отворів діаметром 8,4 мм приймається свердло 2301-1011 Р6М5 ГОСТ 10903–77. Для зенкування фасок 1,6x45° застосовується зенківка 2353-0135 Р6М5 ГОСТ 14953–80. Різь у отворах нарізається

комплектом мітчиків (чорновим та чистовим). Умовне позначення мітчиків 2640-0117 Р6М5 Н2 ГОСТ 3266–81(2).

Для кріплення свердла та зенківки використовуються перехідні втулки 6100-0141 ГОСТ 13598–85. Для виключення поломок мітчиків застосовується запобіжний патрон 6161-0102 ГОСТ 21938–76.

Вимірювальний інструмент. Для вимірювання діаметра різі приймається калібр для метричної різі М10х1,5–7Н ГОСТ 17756–72. Шорсткість поверхні різі вимірюється зразками шорсткості згідно ГОСТ 9378–75.

## 6.5 Розрахунок режимів різання.

*Операція 015 «Токарна з ЧПК».*

Режим різання розраховується на перший технологічний перехід операції – точіння торця з діаметрами  $160 \pm 3,2 / 117,5 \pm 2,5$  мм (див. рис. 6.2).

1 Глибина різання при чорновому точінні  $t = 2,0$  мм.

2 Подача  $S = 1,0 - 1,5$  мм/об [4, т. 11, с. 266], приймаємо  $S = 1,0$  мм/об.

$$S_M = S \cdot n_n = 1,0 \cdot 160 = 160 \text{ мм/хв.}$$

3 Швидкість різання  $V$ , м/хв визначається за формулою [4, с. 265]:

$$V = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}$$

де  $C_v = 243$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,4$ ;  $m = 0,2$  [4, т. 17, с. 269–270];

$T = 60$  хв – стійкість інструмента [4, с. 268];

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{pv} = 0,91 \cdot 0,85 \cdot 1 = 0,78;$$

$$K_{mv} = \left( \frac{190}{HB} \right) = \left( \frac{190}{205} \right) = 0,91,$$

де  $HB = 170 - 241$ , приймаємо  $HB = 205$ ;  $n_v = 1,25$   $HB=205$ ; [4, т. 2, с. 262];

$K_{nv} = 0,85$  [4, т. 5, с. 263];  $K_{pv} = 1,0$  [4, т. 6, с. 263].

$$V = \frac{243 \cdot 0,78}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 1^{0,4}} = 75,2 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

4 Визначимо частоту обертання шпинделю  $n$ , об/хв.

На діаметрі 160 мм:

$$n^{max} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{max}} = \frac{1000 \cdot 75,2}{3,14 \cdot 160} = 149,7 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

На діаметрі 117,5 мм:

$$n^{min} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{min}} = \frac{1000 \cdot 75,2}{3,14 \cdot 117,5} = 203,8 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Приймаємо за паспортом верстата  $n_{\pi}^{max} = 160$  об/хв;  $n_{\pi}^{min} = 200$  об/хв.

$$V_{cp}^{max} = \frac{\pi \cdot D_{max} \cdot n_{\pi}^{max}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 160}{1000} = 80,4 \frac{\text{м}}{\text{хв}};$$

$$V_{cp}^{min} = \frac{\pi \cdot D_{min} \cdot n_{\pi}^{min}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 117,5 \cdot 200}{1000} = 73,8 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

5 Визначимо силу різання  $P_z$  (Н):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

де  $C_p = 92$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = 0$  [4, т. 22, с. 273–274].

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 1,03 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,01,$$

де  $K_{mp} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n = \left(\frac{205}{190}\right)^{0,4} = 1,08^{0,4} = 1,03$ ;  $HB = 205$ ;  $n = 0,4$  [4, т. 9, с. 264];

$K_{\varphi p} = 0,89$ ;  $K_{\gamma p} = 1,1$ ;  $K_{\lambda p} = 1,0$ ;  $K_{rp} = 1,0$  [4, т. 23, с. 275].

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 2^{1,0} \cdot 1^{0,75} \cdot 80,4^0 \cdot 1,01 = 1858,4 \text{ Н.}$$

6 Визначимо потужність різання  $N$ , кВт:

$$N = \frac{P_z \cdot V_{cp}}{1020 \cdot 60} = \frac{1858,4 \cdot 80,4}{1020 \cdot 60} = 2,44 \text{ кВт.}$$

Порівняємо  $N = 2,44$  кВт <  $N_{ст} = 10$  кВт – обробка можлива.

7 Визначимо основний час  $T_{01}$  переходу:

$$T_{01} = \frac{L_1 \cdot i}{S_m} = \frac{25,25 \cdot 1}{160} = 0,158 \text{ хв,}$$

де  $L_1 = l_{01} + l_{вр} + l_{пер} = (160 - 117,5/2 + 2,5 + 1,5 = 25,25$  – робочий хід інструмента;

$i = 1$  – кількість ходів інструмента;

$S_m = 160$  мм/об – подача інструмента.

На інші переходи операції режими різання визначаються табличним методом, які вносимо до таблиці 6.8. верстатів та інструментів

Таблиця 6.8 – Режими різання на операції 015

Поверхня	Матеріал інструмента	t, мм	S, мм/хв	n, об/хв	V, м/хв	i	T <sub>01</sub> , хв
Торець Ø50/Ø25,5	ВК6	2,5	500/800	500/800	78,5/64	1	0,02
Циліндрична поверхня Ø54	ВК6	2,0	500	500	84,8	1	0,02
Отвір Ø124,2H12	ВК6	3,35	125	250	97,5	1	1,2
Торець Ø117,5/Ø54	ВК6	2,3	200/500	200/500	74/85	1	0,13
Отвір Ø127	ВК6	1,4	200	200	79,8	1	0,1
Фаска Ø128x25°	ВК6	1,2	104	315	126,6	1	0,03
Торець Ø160/Ø117,5	ВК6	2,0	160/200	160/200	80/74	1	0,16
Всього							1,7

Операція 045 «Свердлильна з ЧПК».

Режим різання розраховується для технологічного переходу, на якому свердяться шість отворів діаметром 8,4 мм і глибиною 13 мм під різь М10–7Н. Різальний інструмент – свердло діаметром 8,4 мм із матеріалу Р6М5 з циліндричним хвостовиком згідно ГОСТ 10903–77.

1 Глибина різання  $t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 8,4 = 4,2$  мм [4, с. 276].

2 Подача  $S = 0,24-0,31$  мм/об [4, т. 25, с. 277]. Згідно поправки на коефіцієнт під наступне нарізання різі  $K_S = 0,5$ , подача становить  $S = 0,24 \cdot 0,5 = 0,12$  мм/об.

3 Швидкість різання  $V$ , м/хв визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot S^y} = \frac{14,7 \cdot 8,4^{0,25} \cdot 0,91}{35^{0,125} \cdot 0,12^{0,55}} = 46,85 \text{ м/хв,}$$

де  $C_v = 14,7$ ;  $q = 0,25$ ;  $y = 0,55$ ;  $m = 0,125$ ; без охолодження [4, т. 28 с. 278];  
 $T = 35$  хв [4, т. 30 с. 279–180].

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv} = 0,91 \cdot 1 \cdot 1 = 0,91.$$

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{n_v} = \left(\frac{190}{205}\right)^{1,3} = 0,927^{1,3} = 0,91,$$

де  $HB = 205$  [4];  $n_v = 1,3$  [4, т. 31 с. 280]  $K_{nv} = 1,0$  [4, т. 6, с. 263];  $K_{lv} = 1,0$  [4, т. 31, с. 280].

При одноразовій заточки свердла із швидкорізальної сталі розраховану швидкість треба зменшити на коефіцієнт  $K_{zv} = 0,75$ :

$$V_0 = V \cdot K_{zv} = 46,85 \cdot 0,75 = 35,14 \text{ м/хв.}$$

4 Частота обертів свердла  $n$ , об/хв визначається за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V_0}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 35,14}{3,14 \cdot 8,4} = 1333 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Приймаємо за паспортом верстата  $n_n = 1250$  об/хв. Тоді фактична швидкість різання становить:

$$V_n = \frac{\pi \cdot D \cdot n_n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8,4 \cdot 1250}{1000} = 33 \text{ м/хв.}$$

5 Крутний момент  $M_{кр}$  (Н·м) та осьова сила  $P_0$  (Н) визначаються за формулами:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p;$$

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p,$$

де  $C_p = 42,7$ ;  $q = 1,0$ ;  $y = 0,8$  [4, т. 32, с. 281].

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n = \left(\frac{205}{190}\right)^{0,6} = 1,08^{0,6} = 1,05,$$

де  $n = 0,6$  [4, т. 9, с. 264].

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,021 \cdot 8,4^2 \cdot 0,12^{0,8} \cdot 1,05 = 2,85 \text{ Нм;}$$

$$P_0 = 10 \cdot 42,7 \cdot 8,4^1 \cdot 0,12^{0,8} \cdot 1,05 = 691 \text{ Н.}$$

6 Потужність різання  $N_e$ , кВт визначиться за формулою:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n_n}{9750} = \frac{2,85 \cdot 1250}{9750} = 0,37 \text{ кВт.}$$

Порівняємо  $N_e = 0,37 \text{ кВт} < N_{cm} \cdot 0,8 = 2,96 \text{ кВт}$  – обробка можлива.

7 Основний час переходу  $T_{01}$ , хв визначиться за формулою:

$$T_{01} = \frac{L \cdot i \cdot m}{n_n \cdot S_n} = \frac{15,5 \cdot 1 \cdot 6}{1250 \cdot 0,12} = 0,62 \text{ хв,}$$

де  $L = l_{вр} + L_0 + L_{нер} = 2,5 + 13 + 0 = 15,5$  мм – розрахункова довжина обробки;

$l_{ер} = 2,5$  мм – величина врізання інструмента;  $l_{пер} = 0$  – величина перебігу інструмента;  $i = 1$  – кількість ходів інструмента;

$m = 6$  – кількість оброблених отворів.

На інші технологічні переходи операції режими різання визначаються табличним методом і наведені в таблиці 6.9.

Таблиця 6.9 – Режими різання на операції 045

Поверхня	Інструмент, матеріал	t, мм	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	i	T <sub>о</sub> , хв
Отвір Ø8,4	Свердло Ø8,4 P6M5	4,2	0,12	1250	33	1	0,62
Фаска 1,6x45°	Зенківка P6M5 Ø10	0,8	0,12	1000	31,4	1	0,15
Різь M10x1,5	Мітчик M10 (чорновий)	0,6	1,5	250	7,85	1	0,2
Різь M10x1,5-7H	Мітчик M10-7H (чистовий)	0,15	1,5	250	7,85	1	0,2
Всього							1,17

### 6.6 Технічне нормування операцій.

Норми часу на операції 015 «Токарна з ЧПК» та 045 «Свердлильна з ЧПК» визначаються за формулою [1]:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{N_p} + T_0 + T_d + T_{об} + T_{пер}$$

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

$N_p = 243$  шт – партія запуску заготовок у виробництво;

$T_0$  – основний (машинний) час операції;

$T_d$  – допоміжний час операцій;

$T_{об}$  – час обслуговування робочого місця;

$T_{пер}$  – час відпочинку та перерви на особисті потреби працюючого.

#### Операція 015 «Токарна з ЧПК».

$T_0 = 1,7$  хв – основний час точіння поверхонь заготовки.

$$T_d = 1,85(T_{ус} + T_{зо} + T_{кер} + T_{вим}) = 1,85(0,5 + 3,71 + 0,62) = 8,94 \text{ хв,}$$

де  $T_{ус} + T_{зо} = 0,5$  хв – час на установа, закріплення, відкріплення, зняття заготовки ручним способом [1, т. 5.1, с. 197];

$T_{кер} = 0,01 + 3,7 = 3,71$  хв – час налагодження різальних інструментів, встановлення потрібного режиму різання, корегування керуючої програми верстата [1, т. 5.8, с. 202–205];

$T_{вим} = 0,2 + 0,18 + 0,24 = 0,62$  хв – час на контрольні вимірювання розмірів і шорсткості заготовки штангенглибиноміром, штангенциркулем, універсальним кутоміром, зразками шорсткості [1, т. 5.16, с. 209];

1,85 – коефіцієнт, який враховує норму допоміжного часу наведеного для масового виробництва [1, с. 101–102].

									Лист
									29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ТМ310050341 – 00 ПЗ

$$T_{об} + T_{пер} = \frac{\alpha\% \cdot T_{оп}}{100\%} = \frac{7 \cdot 10,64}{100} = 0,75 \text{ хв,}$$

де  $\alpha = 7\%$  – процент часу на обслуговування робочого місця, перерву та особисті потреби працюючого [1, т. 6.1, с. 214–215].

Визначаємо оперативний час операції:

$$T_{оп} = T_0 + T_d = 1,7 + 8,94 = 10,64 \text{ хв.}$$

$T_{п-з} = 14 + 10 = 24$  хв – час на налагодження верстата, інструмента і пристрою до початку роботи та віддачу їх на склад після закінчення обробки всього об'єму заготовок [1, т. 6.3, с. 215–216].

$$T_{ш-к} = \frac{24}{243} + 1,7 + 8,94 + 0,75 = 11,5 \text{ хв.}$$

*Операція 045 «Свердлильна з ЧПК».*

$T_0 = 1,17$  хв – основний час обробки шести отворів.

$$T_d = 1,85 \cdot (T_{ус} + T_{зо} + T_{кер} + T_{вим}) = 1,85 \cdot (0,119 + 0,636 + 0,9) = 3,06 \text{ хв,}$$

де  $T_{ус} + T_{зо} = 0,119$  хв – час установлення і зняття заготовок в спеціальний пристрій ручним способом та їх закріплення і відкріплення за допомогою пневматичного приводу [1, т. 5.6, с. 199–201];

$T_{кер} = (0,05 \cdot 0,6) + (0,016 \cdot 6) + (0,04 \cdot 6) = 0,636$  хв – час, який потрібний на корегування керуючої програми верстата, підведення та відведення револьверної головки із свердлом, зенківкою, двома мітчиками (чорновим та чистовим) для оброблення шести отворів заготовки;

$T_{вим} = 0,15 \cdot 6 = 0,9$  хв – час вимірювання шести отворів із сьомим квалітетом точністю пробкою для метричної різі [1, т. 5.13, с. 207–208];

1,85 – коефіцієнт, який враховує норму допоміжного часу наведеного для масового виробництва [1, с. 101–102].

Визначаємо оперативний час операції:

$$T_{оп} = T_0 + T_d = 1,17 + 3,06 = 4,23 \text{ хв.}$$

$$T_{об} + T_{пер} = \frac{\alpha\% \cdot T_{оп}}{100\%} = \frac{6 \cdot 4,23}{100} = 0,26 \text{ хв,}$$

де  $\alpha = 6\%$  – процент часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та перерву для особистих потреб працюючого [1, т. 6.1, с. 214–215].

$T_{п-з} = 9 + 5 = 14$  хв – час на налагодження та установлення пристрою, отримання інструменту до початку роботи і віддачу їх після закінчення обробки всього об'єму заготовок [1, т. 6.4, с. 216–217].

$$T_{ш-к} = \frac{14}{243} + 1,17 + 3,06 + 0,26 = 4,6 \text{ хв.}$$

## 7 Проектування верстатного пристрою

7.1 Обґрунтування мети технологічної операції і завдання для проектування.

На операції 045 «Свердлильна з ЧПК» послідовно свердяться шість отворів діаметром 8,4 мм під різь М10х1,5–7Н, зенкуються шість фасок 1,6х45°, ріжуться різь М10х1,5–7Н двома мітчиками із витримуванням шорсткості  $R_a = 3,2$  мкм. Отвори із різью розташовуються на діаметрі 140 мм (допуск залежний), який розташовується на центрах зазначених отворів. Кутова відстань двох суміжних отворів дорівнює  $60^\circ \pm 30'$ , крім того, вони зміщені на кут  $30^\circ \pm 30'$  відносно осей отворів, що розташовані в бобишках циліндра. Основна технічна вимога – залежний допуск на зміщення осей шести отворів від їх номінального розташування в межах діаметру не більше 0,5 мм відносно базового отвору діаметром 124,9Н9(+0,1;0) мм.

Уточнимо деякі особливості операції. Обробка виконується на вертикально-свердлильному верстаті моделі 2Р135Ф2-1, потужність електродвигуна головного приводу 3,7 кВт. Структура операції – один установ і двадцять чотири технологічних переходи.

Режими різання:

при свердлінні  $t = 4,2$  мм;  $S = 0,12$  мм/об;  $n = 1250$  об/хв;  $V_\Phi = 33$  м/хв;  $i = 1$ ;

$M_{кр} = 2,85$  Н·м;  $P_0 = 691$  Н;  $N = 0,37$  кВт;  $T_0 = 0,62$  хв.

при зенкуванні  $t = 0,8$  мм;  $S = 0,12$  мм/об;  $n = 1000$  об/хв;  $V_\Phi = 31,4$  м/хв;  $i = 1$ ;

$M_{кр} = 2,71$  Н·м;  $P_0 = 656$  Н;  $N = 0,3$  кВт;  $T_0 = 0,15$  хв.

при нарізанні різі  $t_{чорн} = 0,6$  мм;  $t_{чист} = 0,15$  мм;  $S = 1,5$  мм/об;  $n = 250$  об/хв;

$V_\Phi = 7,85$  м/хв;  $i = 1$ ;  $M_{кр} = 9$  Н·м;  $N = 2,31$  кВт;  $T_0 = 0,2$  хв;

Точність діаметрів отворів, фасок, різі залежить від точності діаметральних розмірів інструментів. Точність довжини отворів і різі визначаються точністю подачі інструмента уздовж осі шпинделю верстата.

Точність розташування отворів із різью на поверхні заготовки залежить від точності позиціонування стола верстата після його виходу на потрібну координату. За паспортом верстата точність позиціонування стола верстата становить  $\pm 0,01$  мм. Шорсткість та якість поверхонь різі визначається режимами різання і жорсткістю технологічної системи (ТС).

Метою технологічної операції є забезпечення технічних вимог креслення деталі. Для вирішування наведеної мети операції треба сформулювати і вирішити задачі, які виникають при проектуванні пристрою.

1 Розробити просту конструкцію пристрою для швидкого базування, закріплення і розкріплення заготовки на операції.

2 Забезпечити надійне закріплення заготовки за час її обробки на операції.

										Лист
										31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

3 Забезпечити строк експлуатації пристрою із заданою точністю розмірів заготовки при виконанні всього об'єму випуску виробів.

7.2 Розроблення та обґрунтування схеми базування і закріплення заготовки.  
Схема базування і закріплення заготовки наведена на рисунку 7.1.

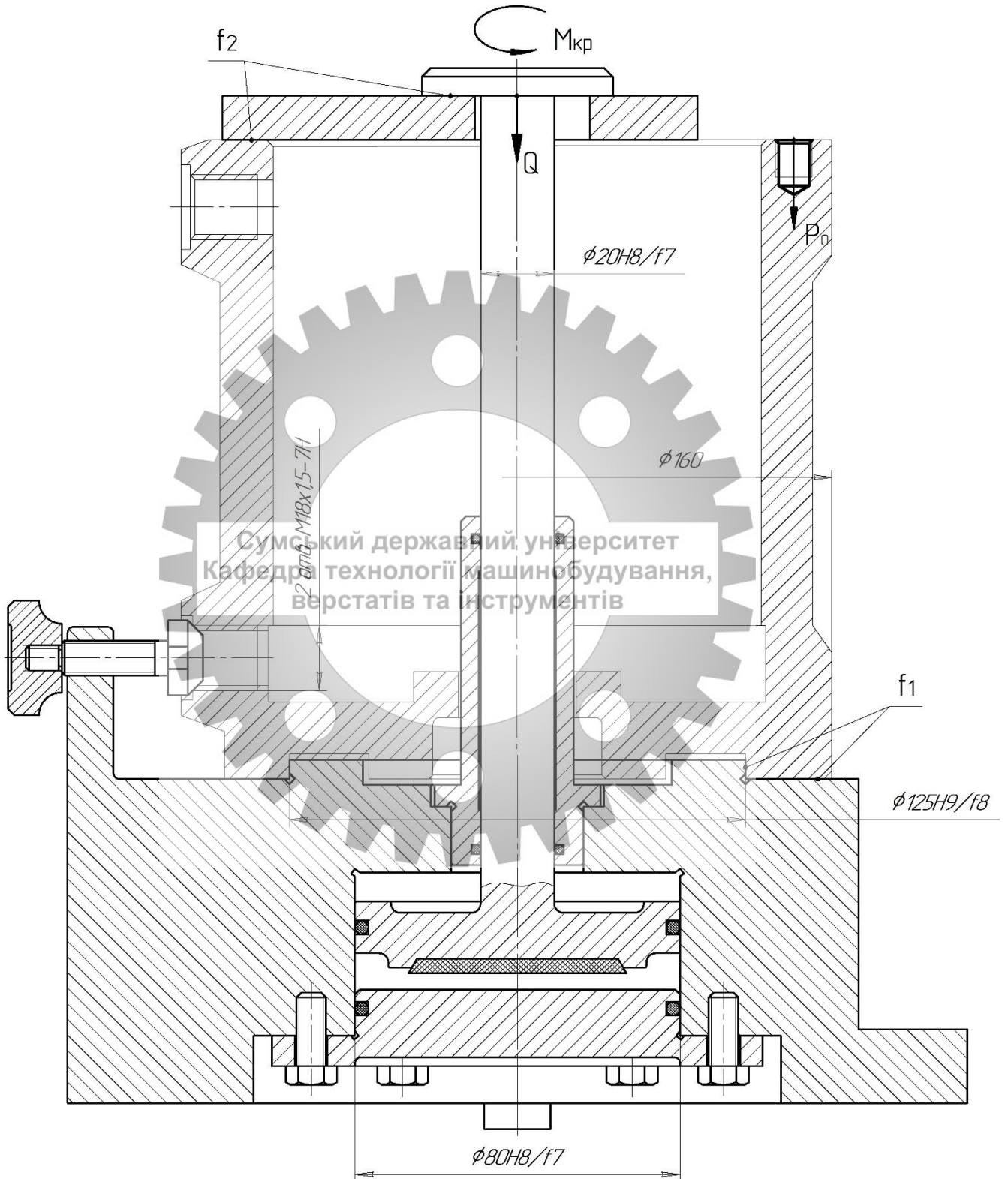


Рисунок 7.1 – Схема для розрахунку пристрою для свердління

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ310050341 – 00 ПЗ

Лист

32





$k_6 = 1,5$  – коефіцієнт, який враховує наявність моментів, що змушують здвинути заготовку із попереднього місця розташування;

$$D_{з.ср} = \frac{160+125}{2} = 142,5 \text{ мм} = 0,1425 \text{ м} – \text{середній діаметр торцевої поверхні}$$

заготовки, яка знаходиться в контактi із площинною поверхнею пристрою;

$$M_{кр} = 9 \text{ Нм} – \text{крутний момент, який діє при нарізанні різи};$$

$f_1 = f_2 = 0,16$  – коефіцієнти тертя, які виникають під дією сил закріплення та різання, відповідно між заготовкою і пристроєм та заготовкою і верхнім торцем шток-поршня та затискною шайбою [4].

Приймаємо із розмірного ряду рекомендованих значень діаметрів поршневих пневматичних циліндрів  $D = 80$  мм;  $d = 16$  мм [4]. За визначеними даними вибраного пневматичного циліндра уточнюємо сили штовхання  $Q^{шт}$  та тяги  $Q^{тр}$ .

$$Q^{шт} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot p \cdot \eta = \frac{3,14 \cdot 80^2}{4} \cdot 0,4 \cdot 0,95 = 1909 \text{ Н},$$

де  $p = 0,4$  МПа – тиск повітря в пневматичному циліндрі;

$\eta = 0,95$  – ККД поршневого механізму.

$$Q^{тр} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \cdot p \cdot \eta = \frac{3,14 \cdot (80^2 - 16^2)}{4} \cdot 0,4 \cdot 0,95 = 1833 \text{ Н}.$$

У нашому випадку сила закріплення  $Q = 1500$  Н і забезпечується силою тяги  $Q^{тр} = 1833$  Н і тому вибрані параметри пневматичного циліндра не змінюються.

Величина відстані руху шток-поршня приймається за даними конструкції пристрою. Приймається  $L = 15$  мм.

### 7.3 Розрахунок точності елементів пристрою.

Точність перпендикулярності осей оброблених шести отворів визначається відхиленням паралельності установочної поверхні корпусу пристрою відносно його фундаменту, за яким пристрій базується на столі верстата. Параметр  $T_{пр}$ , визначає відхилення від паралельності зазначених поверхонь і розраховується за формулою [10]:

$$T_{пр} \leq T_d - K_T \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{и}^2 + \varepsilon_{пер}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_{поз}^2},$$

де  $T_d = 0,6T_{8,4} = 0,6 \cdot 0,36 = 0,216$  мм – допуск на відхилення від перпендикулярності осі отвору відносно поверхні свердління;

$K_T = 1,2$  – коефіцієнт, який враховує відхилення від нормального розподілу окремих складових;

$K_{T1} = 0,825$  – коефіцієнт, який застосовується у випадку, коли похибка базування не дорівнює нулю;

$\varepsilon_6 = 0$  – похибка базування;

$\varepsilon_3 = 0$  – похибка закріплення заготовки;

										Лист
										34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						





## Список літературних посилань

1. Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст]: учебное пособие / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – 4-е изд. 4-е, перераб. и доп. – Минск : Вышэйшая школа, 1983. – 256 с.
2. Маталин, А. А. Технология машиностроения: учебник (для машиностроительных вузов) [Текст]: / А. А. Маталин. – Ленинград : Машиностроение, 1985. – 496 с.
3. Худобин, Л. В. Курсовое проектирование по ТМС [Текст]: учебное пособие / Л. В. Худобин. – Москва : Машиностроение, 1989. – 288 с.
4. Косилова, А. Г. Справочник технолога-машиностроителя [Текст]: в 2 т. под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – изд. 4-е, перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1986. – Т.2. – 496 с.
5. ДСТУ ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку [Текст]. – Киев : ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ, 2003. – 55 с.
6. Рахштадт, А. Г. Справочник металлиста [Текст]: в 5 т. / под ред. А. Г. Рахштадта, В. А. Брострема. – Москва : Машиностроение, 1976. – Т.2. – 720 с.
8. Лукьяненко, В. М. Центрифуги [Текст]: справочник / В. М. Лукьяненко, А. В. Таранец. – Москва : Химия, 1988. – 384 с.
9. Кузнецов, Ю. И. Оснастка для станков с ЧПУ [Текст]: справочник / Ю. И. Кузнецов, А. Р. Маслов, А. Н. Байков. – Москва : Машиностроение, 1983. – 359 с.
10. Корсаков, В. С. Основы конструирования приспособлений [Текст]: учебник для вузов / В. С. Корсаков. – изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1983. – 277 с.

