

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.О. Залога

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ  
КОРПУСА Б-4647.04.00.016**

Бакалаврська кваліфікаційна робота  
Спеціальність – 131 Прикладна механіка  
(Технології машинобудування)

Студент

Пономаренко А. В.

Керівник

Дегтярьов І. М.

Нормоконтроль

Денисенко Ю. А.

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра: 66 с., 11 рис., 6 табл., 17 джерел.

Основна увага приділена аналізу службового призначення як машини в цілому, так і окремо деталі, проведено перевірку висунутих деталі технічних вимог, зроблено вибір методу виготовлення вихідної заготовки, сформовано структуру двох операцій механічної обробки деталі, проведено обґрунтування застосованих інструментів, верстатів, та інших засобів технічного оснащення і устаткування, призначено технічно обґрунтовані режими різання і норми часу, виконано проектування спеціалізованого верстатного пристосування, розглянуто питання охорони праці.

**Метою роботи** є підвищення ефективності механічної обробки корпусу Б-4647.04.00.016 за рахунок впровадження сучасного технологічного оснащення, здатного забезпечити якісну обробку заготовок.

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес по виготовленню валу 352.04.01.19 агрегата вакуумного золотникового АВЗ-180.

**Предмет дослідження** – операції технологічного процесу механічної обробки деталі «Корпус» Б-4647.04.00.016 дозатора Б-4647.04.00.000СБ.

ДОЗАТОР, КОРПУС, ЗАГОТІВКА, РЕЖИМ РІЗАННЯ,  
ТЕХНОЛОГІЧНА ОПЕРАЦІЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

## Зміст

Вступ .....	5
1. Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис умов їх експлуатації.....	6
1.1 Аналіз призначення автомата наповнення й закачування туб .....	6
1.2 Службове призначення дозатора Б-4647.04.00.000СБ .....	7
1.3 Службове призначення деталі.....	8
2 Аналіз технічних вимог деталі .....	10
3 Визначення типу і форми організації виробництва.....	13
3.1 Визначення річної програми випуску деталей.....	13
3.2 Визначення коефіцієнта закріплення операцій .....	13
3.3 Визначення форми організації виробництва.....	16
3.4 Визначення такту випуску .....	17
3.5 Визначення партії запуску .....	17
3.6 Характеристика обраного типу виробництва.....	17
4 Аналіз деталі на технологічність .....	19
4.1 Якісна оцінка технологічності .....	19
4.2 Кількісний аналіз технологічності .....	20
5 Вибір способу отримання заготовки.....	23
6 Аналіз існуючого технологічного процесу.....	26
6.1 Розрахунок припусків на діаметральні розміри.....	26
6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування й закріплення заготовки .....	27
6.3 Вибір металорізального обладнання.....	29
6.4 Обґрунтування вибору пристосувань, ріжучого та мірального інструменту.....	31
6.5 Розробка структури операції .....	32

					ТМ.16510046.ПЗ			
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Пономаренко			Проектування технологічного процесу виготовлення корпусу Б-4647.04.00.016 дозатора Б-4647.04.00.000СБ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Дегтярьов					2	65
Н. Контр.		Денисенко				СумДУ, гр. ТМ-61		
Затверд.		Залога						

6.6 Розрахунок режимів різання .....	33
6.7 Технічне нормування операцій .....	38
7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ .....	43
7.1 Обґрунтування необхідності створення пристосування .....	43
7.2 Визначення умов, у яких буде виготовлятися й експлуатуватися пристосування.....	44
7.3 Складання переліку реалізованих функцій .....	44
7.4 Розробка й обґрунтування схеми базування .....	45
7.5 Функціональна структура пристосування.....	46
7.6 Розробка й обґрунтування схеми закріплення .....	46
7.7 Розробка й обґрунтування схеми закріплення .....	47
7.8 Точні розрахунки пристосування .....	49
7.9 Опис пристрою і принципу дії пристосування .....	50
ВИСНОВКИ .....	51
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	52
ДОДАТКИ.....	55

## ВСТУП

Машинобудування є однією з найбільш важливих галузей промисловості. Його продукція - машини різного призначення - поставляються всім галузям народного господарства. Темпи переозброєння їх новою технікою в значній мірі залежать від рівня розвитку машинобудування. Перехід машинобудування на нові методи управління, застосування нових досягнень і розробок науки, впровадження наукоємних технологій і розширення номенклатури виробів призведе до підвищення рівня всіх суміжних галузей промисловості.

Технічний прогрес в машинобудуванні характеризується не тільки поліпшенням конструкцій машин, але і безперервним вдосконаленням технології їх виробництва. Важливо якісно і в задані терміни виготовити машину з мінімальними витратами матеріалів, енергії, живої і матеріалізованої праці. У технології машинобудування вирішуються завдання по всіх технологічних переділах - від отримання заготовки до приймання зібраних виробів. Однак велика увага приділяється кінцевим етапам виробництва - механічній обробці заготовок і складання машин. Ці процеси найбільш трудомісткі (80-90% всієї трудомісткості виготовлення виробів) і взаємопов'язані між собою; вони є визначальними у всьому циклі виробництва машин. Перед технологами і конструкторами машинобудування стоять завдання підвищення якості машин, зниження трудомісткості, собівартості і матеріаломісткості, впровадження потокових методів роботи, механізації та автоматизації виробництва, а також скорочення термінів підготовки виробництва нових об'єктів. Тому найбільш важливими напрямками розвитку технології механічної обробки в машинобудуванні стали інтенсифікація технологічних процесів на основі при трансформаційних змін ріжучих інструментів з нових інструментальних матеріалів, підвищення розмірної і геометричної точності, що досягається при обробці, розширення сфери застосування обладнання з ЧПУ, створення повністю автоматизованих систем проектування, управління та підготовки виробництва.

										Арк
										5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ТМ.16510046.ПЗ

# 1. АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ. ОПИС УМОВ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

## 1.1 Аналіз призначення автомата наповнення й закачування туб

Автомат призначений для заповнення й закачування стандартних металевих туб з рідкими й пастоподібними матеріалами. За допомогою автомата можна здійснювати точне дозування за об'ємом й повітронепроникненням закупорювання туби. Для заповнення застосовуються будь-які рідкі й пастоподібні матеріали, наприклад, косметичні препарати, зубні паста, фарби, що склеюють матеріали, жири, майонез, рідини. Автомат складається зі станини, на якій установлені привод, дозатор, механізм завантаження, головка закатування, лоток, пульт керування, бак, механізм розправлення. Зовні станина закрита огороженнями. Туби вручну подаються в накопичувач механізму завантаження. Механізм завантаження поштучно закладає туби в склянки диска транспортного привода відповідно до числа тактів автомата. Транспортний диск із тубою переміщуючись, робить обертовий рух і займає послідовно 15 положень. При повороті диска в положення 2 фіксується наявність туби й виконується коректування невеликих вм'ятин відкритого кінця туби механізмом розправлення. У положеннях 3, 4, 5 операції з тубою не виконуються. У положенні 6 дозатор подає в тубу встановлену кількість матеріалу, що розфасовується. У положеннях 7-11 здійснюється закупорювання туби. У позиції 12 на закриту, загорнену частину туби наноситься дата виготовлення. Ці операції виконуються головкою закатування. Положення 13-14 туба проходить без обробки. У положенні 15 готова туба викидається пристроєм, що виштовхує, привод зі склянки диска й по лотку надходить на упаковання.

### ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Розміри туб, що завантажуються:

Діаметр, мм	30
Висота, мм	165
Заповнюваний об'єм, см <sup>3</sup>	77

									Арк
									6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ.16510046.ПЗ				

Продуктивність, шт/хв	не більше 45
Робочий обсяг бака, дм <sup>3</sup>	52
Потужність двигуна, кВт	2,2

Живлення автомата від мережі змінного струму напругою 380/220В, частотою 50 Гц. Автомат експлуатується при температурі навколишнього середовища від +15° С до +40°С

Габаритні розміри, мм:

Довжина	1360
Ширина	780
Висота	1390
Маса, кг	620

## 1.2 Службове призначення дозатора Б-4647.04.00.000СБ

Дозатор призначений для подачі в тубу встановленої кількості матеріалу, що розфасовується. Матеріал перебуває в баку, установленому на корпусі. Подача здійснюється за допомогою двох поршнів через отвір у корпусі й у штоку із соплом. Взаємозалежне переміщення поршнів і штока походить від приводного вала через кулачки.

Регулювання ходу поршнів виконується за допомогою регулювального гвинта й напрямного стержня. Дозатор експлуатується в умовах помірного клімату, у закритому приміщенні при температурі навколишнього середовища до +40°С. Деталі вузла працюють при впливі хімічних речовин матеріалу, що розфасовується, а саме розчинів лугів, кислот, харчових, косметичних і інших засобів, які сприяють корозії. До конструкції пред'являються вимоги по забезпеченню надійного захисту від проникнення в тубу пилу, бруду, змащення й інших сторонніх речовин. Подача матеріалу, що розфасовується, повинна здійснюватися плавно й у кількості, що відповідає паспортним даним. Термін служби автомата не менше 5 років до повного капітального ремонту.

					ТМ.16510046.ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

### 1.3 Службове призначення деталі

Корпус Б-4647.04.00.016 є складовою частиною дозатора й служить для базування деталей вузла, конструктивно з ним зв'язаних за умовами роботи. Для кращого розуміння службового призначення деталі розглянемо функціональне призначення всіх її поверхонь. Ескіз корпусу з позначенням поверхонь представлено на малюнку 1.1

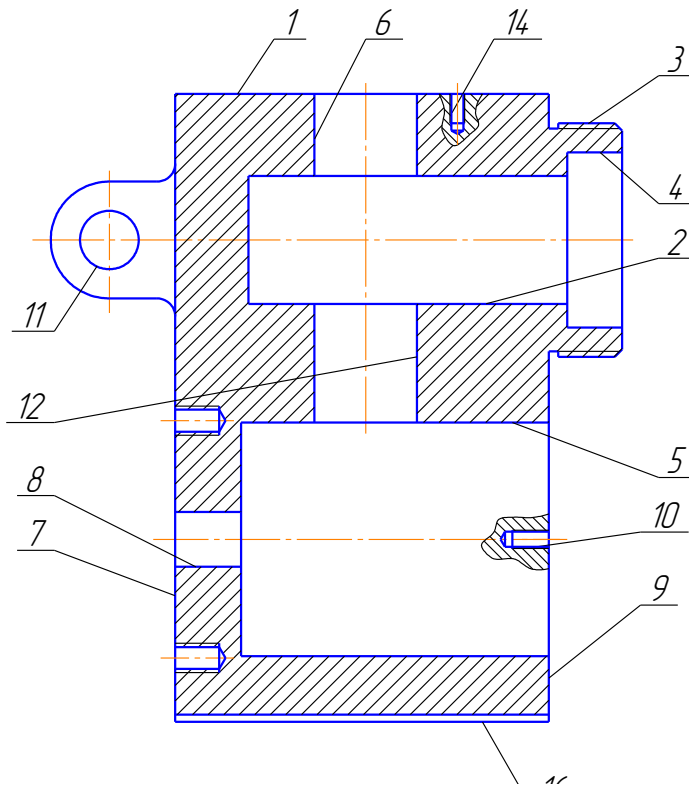


Рисунок 1.1 – Нумерація поверхонь деталі

На поверхні 1 встановлюється кришка з баком і закріплюється болтами, що входять у різьбові отвори 14 корпусу. Поверхня 1 позбавляє кришку 3-х ступенів волі, тобто є настановною базою при складанні. Отвір 2 призначений для переміщення матеріалу з бака в порожнину А корпусу, а також для часткової орієнтації бака. Різьбова поверхня 3 і отвір 4 призначені для установки гайки із втулкою й набором ущільнювальних прокладок. Обидві ці поверхні - допоміжні конструкторські бази (ДКБ). Отвір 5, як ДКБ, служить для орієнтації поршня в корпусі й позбавляє його 4-х ступенів волі, тобто є подвійною на-

										Арк
										8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ТМ.16510046.ПЗ



прямою базою (ПНБ). Отвори 6 і 12 призначені для зв'язку порожнин корпусів і проходу матеріалу, що розфасовується. На площину 7 установлюється кільце, що закріплюється на корпусі за допомогою різьбових отворів 17. Ця площина - настановна база. В отворі 8 установлюється нерухлива гільза, у якій переміщається поршень. Даний отвір при складанні й експлуатації - ПНБ (позбавляє 4-х ступенів).

Площина 9 призначена для установки сполученого корпусу Б-4647.04.00.004 (настановна база), закріплення якого виконується за допомогою різьбових отворів 10. Вуха з 2-ма циліндричними отворами 11 є ДКБ і застосовуються як ПНБ при установці обертової осі з важелем. Базова площина 16 орієнтує корпус щодо станини й інших деталей вузла, це основна конструкторська база (ОКБ).

					ТМ.16510046.ПЗ	Арк
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДЕТАЛІ

Креслення корпусу Б-4647.04.00.016 виконано у масштабі 1:1, що дає чітке подання про конструкцію деталі, взаємозв'язку його поверхонь і дозволяє розмістити необхідні проекції й розрізи відповідно до вимог ЄСКД. На зображенні корпусу є необхідні розміри з позначенням граничних відхилень, а в технічних вимогах застережені допуски незазначених граничних відхилень. Однак, кріпильні отвори, такі як М8-7Н, М6-7Н, МК6×1 не координовані щодо базових площин або отворів.

Вимоги відносно точності виконання розмірів відповідають допускам, установленим квалітетами, і є економічно й технологічно досяжними. Так, виконання отвору  $\varnothing 35^{(+0,025)}$ , що відповідає 7 квалітету й 2 класу точності, досягається обробкою на токарських або розточувальних верстатах нормальної точності, а призначений для отвору  $\varnothing 48$  допуск, рівний 62 мкм, застосовується в невідповідальних з'єднаннях із зазором, що цілком виправдано. Твердий допуск 0,1 на міжосьову відстань базових отворів і відстань основи корпусу забезпечує правильність складання вузла й працездатність усього автомата в цілому. Дану точність розташування осей отворів можна одержати на розточувальних верстатах. Прийняті по 14 квалітету граничні відхилення лінійних розмірів, не зв'язаних твердими розмірними ланцюгами, задовольняють умовам виготовлення й експлуатації машини.

Позначення різьблень відповідає ДСТ 24705-81 на метричні й ДСТ 25229-82 для конічних різьблень. Різьблення М6-7Н, М8-7Н, МК6×1 відносяться до середнього класу точності, призначеного для загального застосування. ДСТ 16093-81 рекомендує дані поля допусків для посадок із зазором. Обраний для різьблення М64×2 допуск по 8g замість 6g або 6h, як рекомендує стандарт, виправданий, тому що процес нарізування затруднений незручним розташуванням. Конструктором призначені граничні відхилення розташування поверхонь, такі як паралельність осей базових отворів і основи корпусу, перпендикулярність отворів  $\varnothing 64Н7$  і  $\varnothing 28$ , рівні відповідно 10 мкм і 50 мкм. Для отворів

					ТМ.16510046.ПЗ	Арк
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ø35H7 і Ø64H9 при нормальній геометричній точності ступінь точності розташування 6, тоді по рекомендаціях [1] допуск паралельності дорівнює 16 мкм.

Аналогічно допуск перпендикулярності 50 мкм відповідає 8 ступеню точності, що рекомендується для деталей середньої точності й відповідає службовому призначенню деталі. Граничні відхилення форми й розташування інших поверхонь особливо не застережені, тобто вони обмежуються полем допуску на розмір, що цілком достатньо за умовами експлуатації. Призначені параметри шорсткості поверхонь погоджено з вимогами службового призначення й досяжні раціональними методами обробки. Так, по [1,табл.6.11 ] для посадкових поверхонь 7 квалітету точності із тривалим збереженням посадки рекомендована шорсткість  $R_a=0,63$ , а для отворів 9 квалітету діаметром 18-360мм -  $R_a=2,5$ . Але для отворів Ø28мм і Ø15мм, які не є посадковими, можна прийняти більш високу шорсткість  $R_z40$ . Це не відіб'ється на технологічних характеристиках деталі, але знизить вартість обробки. Призначена конструктором шорсткість різьблення М64х 2-8g і кріпильних різьбових отворів  $R_z80$  занижена. Довідкова література [1,табл.6.10] для нарізних сполучень із полем допуску 7H и 8g рекомендує  $R_a=2, 5-1,25$  (для сталевих деталей). З огляду на, що деталь виготовляється із бронзи, приймемо  $R_a=3,2$ .

Як вказувалося вище, матеріалом для виготовлення деталі служить олов'яна ливарна бронза БрО5Ц5С5 за ДСТ 613-79. Хімічний склад і механічні властивості її наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад і механічні властивості

Хімічний склад				Механічні властивості			
Sn	Pb	Zn	Cu	Вид лиття	$\sigma_b$ , кгс/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	НВ, кгс/мм <sup>2</sup>
4-6	4-6	4-6	зал.	у кокіль	18	4	60
				у землю	15	6	60

					ТМ.16510046.ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Дані бронзи призначені для фасонних відливок. Вони мають високу корозійну стійкість, гарні антифрикційні властивості, мають необхідну за вимогами експлуатації міцність, стійкі на повітрі, у розчинах більшості органічних кислот, вуглекислих розчинах, що відіграє важливу роль, тому що корпус безпосередньо контактує з матеріалом, що розфасовується.

Бронза БрО5Ц5С5 добре піддається обробці з утворенням дрібної, що легко відділяється стружки, при цьому виходить поверхня високої чистоти.

Недоліком цього матеріалу є його висока вартість і дефіцитність.

					ТМ.16510046.ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ І ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

Визначення типу виробництва здійснюється розрахунковим методом, за методикою [9], що встановлена ДСТ 14.004-83. Відповідно до цієї методики тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{30}$ .

Вихідними даними для цього є річна програма випуску, що становить 500 шт. і норми штучного часу по заводському технологічному процесу.

#### 3.1 Визначення річної програми випуску деталей

Річна програма випуску деталей, шт:

$$N_{\text{год}} = N \cdot m + \beta = 500 \cdot 1 + 0 = 500, \quad (3.1)$$

де  $N$  – річна програма випуску виробів,  $N = 500$  шт;

$m$  - кількість деталей у виробі,  $m = 1$  шт;

$\beta$  - кількість запчастин,  $\beta = 0$ .

#### 3.2 Визначення коефіцієнта закріплення операцій

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{3.0}$ , що показує відношення всіх різних технологічних операцій, виконуваних або підлягаючому виконанню протягом місяця до числа робочих місць.

$$K_{3.0} = \frac{\sum O}{\sum P}, \quad (3.2)$$

де  $\sum O$  – сумарне число різних операцій;

$\sum P$  - число робочих підрозділів, що виконують операції.

Визначення штучно-калькуляційного часу  $T_{\text{ш-к}}$  на всіх операціях

Штучно-Калькуляційний час ми беремо з базового технологічного процесу й заносимо в таблицю 3.1.

Кількість операцій базового технологічного процесу - 9.

Трудомісткість операцій:

									Арк
									13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1. Горизонтально-фрезерна - 23,4 хв;
2. Горизонтально-фрезерна - 12,3 хв;
3. Токарська - 11,4 хв;
4. Радіально-свердлильна - 6,1 хв;
5. Радіально-свердлильна - 7,8 хв;
6. Горизонтально-розточувальна - 22,9 хв;
7. Горизонтально-фрезерна - 9,3 хв;
8. Горизонтально-розточувальна - 5,5 хв;
9. Радіально-свердлильна - 8,3 хв.

Розрахункова кількість верстатів по операціях

$$m_p = \frac{N_{год} \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.ср.}}, \quad (3.3)$$

де  $F_d$  – дійсний річний фонд часу роботи встаткування,

$F_d = 4015$  годин. [9, табл. 2.1, с. 22];

$\eta_{з.н.ср.}$  - усереднене значення нормативного коефіцієнта завантаження встаткування [9, с. 20].

Для операції №005 «Горизонтально-фрезерна» розрахункова кількість верстатів дорівнює:

$$m_p = \frac{500 \cdot 23,4}{60 \cdot 4015 \cdot 0,8} = 0,061 \text{ шт.}$$

Число робочих місць  $P$  знаходимо шляхом округлення до найближчого більшого цілого числа отриманого значення  $m_p$ :  $P=1$ . Результатами розрахунків для інших механічних операцій представимо в табл. 3.1.

Фактичний коефіцієнт завантаження встаткування робітника місць

Для операції №005 «Горизонтально-фрезерна» фактичний коефіцієнт завантаження встаткування робочого місця дорівнює:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P} = \frac{0,061}{1} = 0,061, \quad (3.4)$$

											Арк
											14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Результати розрахунків для інших механічних операцій представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Визначення типу виробництва

Номер операції	Найменування операції	$T_{шт-к}$ , хв.	$m_p$ , шт	$P$ , шт	$\eta_{з.ф.}$	$O$ , шт
005	Горизонтально-фрезерна	23,4	0,061	1	0,061	13,177
010	Горизонтально-фрезерна	12,3	0,032	1	0,032	25,069
015	Токарська	11,4	0,030	1	0,030	27,048
020	Радіально-свердлильна	6,1	0,016	1	0,016	50,550
025	Радіально-свердлильна	7,8	0,020	1	0,020	39,532
030	Горизонтально-розточувальна	22,9	0,059	1	0,059	13,465
035	Горизонтально-фрезерна	9,3	0,024	1	0,024	33,156
040	Горизонтально-розточувальна	5,5	0,014	1	0,014	56,064
045	Радіально-свердлильна	8,3	0,022	1	0,022	37,151
	Усього	107	–	9	–	295,213

Кількість операцій, виконуваних на робочому місці, шт:

$$O = \frac{\eta_{з.н.сп.}}{\eta_{з.ф.}} = \frac{0,8}{0,061} = 13,177, \quad (3.5)$$

Результати розрахунків для інших механічних операцій представлені в таблиці 3.1.

Визначаємо  $\Sigma P$ ,  $\Sigma O$ ,  $\Sigma T_{шт-к}$ , а отримані розрахункові результати заносимо в табл. 3.1.

Коефіцієнт закріплення операцій визначаємо по формулі:

$$K_{з.о.} = \frac{295,213}{9} = 32,801 \quad (3.6)$$

										Арк
										15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ТМ.16510046.ПЗ

Отримане значення коефіцієнта ( $20 < K_{з.о.} < 40$ ) відповідає дрібносерійному типу виробництва [9, с. 19].

### 3.3 Визначення форми організації виробництва

Добовий випуск деталей визначаємо за формулою, шт:

$$N_{доб} = \frac{N_{пів}}{c}, \quad (3.7)$$

де  $c$  – кількість робочих днів на рік, приймаємо  $c = 253$  дня [9, с. 21].

$$N_{сут} = \frac{500}{253} = 1,976 \text{ шт/день.}$$

Добовий фонд часу роботи обладнання, хв:

$$F_{доб} = \frac{60 \cdot F_{д}}{258} = \frac{60 \cdot 4015}{253} = 952,17 \quad (3.8)$$

Середня трудомісткість механічних операцій, хв:

$$T_{ср} = \frac{\sum T_{ш-к}}{n} = \frac{107}{9} = 11,89, \quad (3.9)$$

де  $n$  – число операцій механічної обробки в технологічному процесі,  $n = 9$ .

Добова продуктивність потокової лінії при завантаженні її на 60%:

$$Q_{сут} = \frac{F_{сут}}{T_{ср}} \cdot 0,6 = \frac{952,17}{11,89} \cdot 0,6 = 80,08, \quad (3.10)$$

Якщо виконати порівняння  $N_{доб} = 1,976 \square Q_{доб} = 80,08$  то видно, що добовий випуск деталей набагато менше добової продуктивності потокової лінії при завантаженні її на 60%, тобто застосування однономенклатурної потокової лінії не є доцільним. Тому застосовуємо групову форму організації виробництва.

									Арк
									16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



### 3.4 Визначення такту випуску

Для визначення такту випуску деталей використовуємо формулу [9]:

$$\tau = \frac{60 \cdot F_{zod}}{N_{zod}} = \frac{60 \cdot 4015}{500} = 481,8, \text{ хв}, \quad (3.11)$$

### 3.5 Визначення партії запуску

$$N_{\text{пар.р.}} = N_{\text{сут}} \cdot a = 1,976 \cdot 21 = 41,496, \quad (3.12)$$

де  $a=21$  – періодичність запуску деталей у виготовлення, [9, с. 23].

Приймаємо розмір партії запуску 42 шт.

### 3.6 Характеристика обраного типу виробництва

Вихідними даними для визначення типу виробництва є трудомісткість виготовлення виробу й річна програма випуску. Трудомісткість виробу:  $T_{\text{из}}=107$  хв; річна програма випуску  $N=500$  шт.

Отримано результат - тип виробництва дрібносерійний. Розглянемо коротку характеристику даного типу виробництва.

При дрібносерійному виробництві, деталі виробляються партіями, які регулярно повторюються через відносно тривалі проміжки часу. Дрібносерійне виробництво - багатомноменклатурне. Дрібносерійне виробництво характеризується виконанням на багатьох робочих місцях досить великої кількості періодично повторюваних операцій. Об'єм випуску при такому виробництві може змінюватися від десятків до декількох тисяч виробів у рік.

При дрібносерійному виробництві застосовується універсальне обладнання, але в обґрунтованих випадках знаходить застосування також спеціалізоване й спеціальне обладнання. Застосовується обладнання зі ЧПК.

Технологічне обладнання розміщується за технологічними групами з

					ТМ.16510046.ПЗ	Арк
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

урахуванням напрямку основних вантажопотоків. Застосовуване оснащення - у більшості випадків універсальне, однак, в особливих випадках створюється високопродуктивне спеціальне оснащення; при цьому доцільність його застосування повинне бути попередньо обґрунтоване техніко-економічним розрахунком. Велике поширення має універсально-збірне, переналагоджуване технологічне оснащення, що дозволяє істотно підвищити коефіцієнт оснащеності виробництва. Як заготовки використовується гарячий і холодний прокат, лиття в землю, кування на молотах і на пресах. В обґрунтованих випадках знаходить застосування точні виливки, штампування, спеціальний прокат.

Необхідна точність досягається як методами автоматичного одержання розмірів (на верстатах з ЧПК), так і методами пробних ходів і промірів із частковим застосуванням розмітки (на універсальному устаткуванні).

Середня кваліфікація робітників вище, ніж у масовому виробництві, але нижче чим в одиничному. Поряд з робітниками високої кваліфікації, що працюють на складному універсальному устаткуванні використовується праця робітників-операторів, що працюють на верстатах з ЧПК. При складанні деталей у складальні одиниці може забезпечуватися повна, неповна, групова взаємозамінність, але в переважній більшості випадків застосовується компенсація розмірів і пригін по місцю.

Характеристика предметної форми організації виробництва.

При предметній формі організації роботи верстати розташовуються в послідовності технологічних операцій для однієї або декількох, що вимагають однакового порядку обробки. У тій же послідовності утворюється й рух деталей. Деталі обробляються на верстатах партіями; при цьому час виконання операції на окремих верстатах може бути не погоджений з іншими верстатами. Виготовлені деталі під час роботи зберігають біля верстатів і потім транспортують цілою партією. Деталі, що очікують надходження на наступний верстат для виконання чергової операції, зберігають або біля верстатів, або на спеціальних площадках між верстатами, на яких виконується контроль деталей.

					ТМ.16510046.ПЗ	Арк
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 АНАЛІЗ ДЕТАЛІ НА ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ

### 4.1 Якісна оцінка технологічності

Оцінка технологічності конструкції може бути двох видів: якісної та кількісної.

Якісна оцінка характеризує технологічність конструкції узагальненої на підставі досвіду виконавця й виконується як попередня. Якісну оцінку роблять по матеріалу, геометричній формі, якості поверхонь, по проставлянню розмірів і можливих способів одержання заготовки.

Деталь являє собою тіло призматичної форми із двома циліндричними порожнинами. Більшість поверхонь простої форми, досить розвинені й легко доступні, що дозволяє застосувати широко розповсюджені високопродуктивні методи обробки.

Деталь «Корпус» має високу твердість, розвинені поверхні, які можна використовувати як технологічні бази. Це приводить до мінімальних деформацій під дією сил різання й закріплення.

До нетехнологічних елементів на деталі можна віднести:

1. внутрішні циліндричні глухі отвори  $\varnothing 35^{+0,025}$ ;  $\varnothing 64^{+0,074}$ , що мають точність відповідну по 7 і 9 квалітетам відповідно. Особливо складно буде забезпечити необхідне конструктором плоске дно цих отворів;
2. наявність на поверхнях деталі великої кількості дрібних (у порівнянні з розмірами деталі) елементів, таких як отвору з різьбленням М6, МК6 і т.д.;
3. розташування вушок на задній стінці корпусу викликає утруднення при обробці поверхні задньої стінки і їхніх власних поверхонь.

У цілому, деталь «Корпус» є досить технологічною і зручною для виконання механічної обробки та дозволяє застосовувати високопродуктивні методи механічної обробки.

					ТМ.16510046.ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

## 4.2 Кількісний аналіз технологічності

Як кількісні показники технологічності можуть розглядатися наступні параметри: маса деталі, коефіцієнт використання матеріалу, коефіцієнт точності обробки, коефіцієнт шорсткості поверхонь, коефіцієнт уніфікації поверхонь, рівень технологічності конструкції по технологічній собівартості.

Коефіцієнт точності обробки визначаємо по формулі:

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (4.1)$$

де  $T_{cp} = \frac{\sum T_i n_i}{\sum n_i}$  – середня точність розмірів,

$T_i$  – номер квалітету;

$n_i$  – кількість розмірів і-того квалітету.

Кількість розмірів різних квалітетів для розглянутої деталі представлено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Кількість розмірів різних квалітетів

Квалітет	7	8	9	10	11	14
Кількість розмірів	7	1	6	1	1	30

Визначаємо середню точність розмірів:

$$T_{cp} = \frac{7 \cdot 7 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 6 + 10 \cdot 1 + 11 \cdot 1 + 14 \cdot 30}{7 + 1 + 6 + 1 + 1 + 30} = 11,957$$

Визначаємо коефіцієнт точності:

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{11,957} = 0,916$$

									Арк
									20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ.16510046.ПЗ

Коефіцієнт точності досить високий, що свідчить про технологічність деталі з погляду досягається точности, що, розмірів.

Коефіцієнт шорсткості поверхонь визначаємо по формулі:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{Ш_{cp}}, \quad (4.2)$$

де  $Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i n_i}{\sum n_i}$  – середня шорсткість поверхонь,

$Ш_i$  – значення шорсткості за критерієм Ra, мкм;

$n_i$  – кількість поверхонь із і-тією шорсткістю.

Кількість поверхонь із різними параметрами шорсткості для розглянутої деталі представлено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Кількість поверхонь із різною шорсткістю.

Шорсткість по Ra, мкм	0,63	2,5	5	20
Кількість поверхонь	1	12	1	32

Визначаємо середню шорсткість поверхонь:

$$Ш_{cp} = \frac{0,63 \cdot 1 + 2,5 \cdot 12 + 5 \cdot 1 + 20 \cdot 32}{1 + 12 + 5 + 32} = 12,99$$

Визначаємо коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{12,99} = 0,923$$

Коефіцієнт шорсткості досить високий, що свідчить про технологічність деталі з погляду шорсткості поверхонь, що досягається.

Визначаємо коефіцієнт уніфікації поверхонь як відношення числа уніфікованих поверхонь до загального числа поверхонь:

					ТМ.16510046.ПЗ	Арк
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{ун.пов} = \frac{K_{ун}}{K_{заг}} = \frac{41}{52} = 0,788,$$

де  $K_{ун} = 41$  шт. – кількість уніфікованих поверхонь;

$K_{заг} = 52$  шт. – загальна кількість поверхонь.

Коефіцієнт уніфікації поверхонь високий, що говорить про застосовність до більшості поверхонь уніфікованих технологічних методів їхнього одержання.

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу як відносини маси готової деталі до маси заготовки:

$$K_{им} = \frac{G_{д}}{G_{заг}} = \frac{13,2}{20,55} = 0,642.$$

Коефіцієнт використання матеріалу досить високий.

Аналіз деталі на технологічність показав, що деталь досить технологічною.

					ТМ.16510046.ПЗ	Арк
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 ВИБІР СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ

Вихідні дані:

Матеріал деталі БрО5Ц5С5

Маса деталі q, кг 13.2

Річна програма N, шт 500

Розглянемо наступні два варіанти, у яких операціями виготовлення, що відрізняються, є:

а) у першому варіанті: одержання заготовки виливком у піщані форми; фрезерування всіх зовнішніх поверхонь;

б) у другому варіанті: одержання заготовки виливком у металеві форми; відсутність обробки зовнішніх поверхонь, за винятком обробки верхньої й нижньої основи.

Показники у першому і другому варіантах зведені в табл.5.1

Ескіз заготовки представлений на рисунку 5.1.

Довідкові дані й порядок розрахунку приймаємо по рекомендаціях [9].

Таблиця 5.1 – Дані для розрахунку вартості заготовки по варіантах

Найменування показників	1 варіант	2 варіант
Вид заготовки	виливок у піщані форми	виливок у кокіль
Клас точності	3	2
Група складності	3	3
Маса заготовки Q	20,55	13,7
Вартість 1 т. заготовки, прийнятих за базу С, грн	29000	29000
Вартість 1 т. стружки S <sub>отх</sub> , грн	4430	4430

										Арк
										23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ТМ.16510046.ПЗ

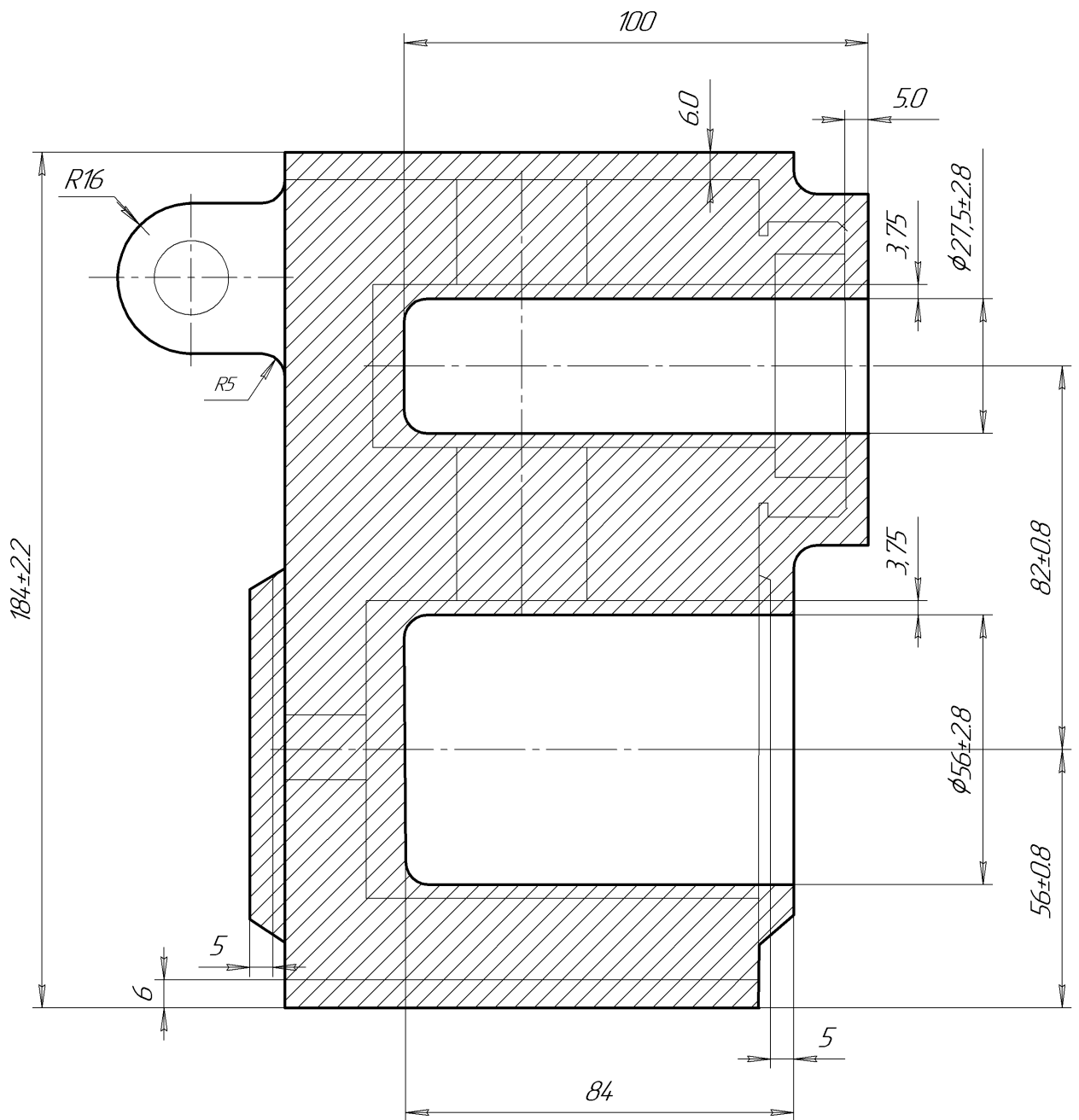


Рисунок 5.1 – Ескіз заготівки

Вартість заготівки у 1 варіанті:

$$S_{\text{заг}} = ([C/1000] \times Q \times K_T \times K_c \times K_B \times K_M \times K_P) - (Q-q)S_{\text{отх}}/1000, \quad (5.1)$$

де  $K_T = 1.05$ ;  $K_c = 1$ ;  $K_B = 0.98$ ;  $K_M = 5.4$ ;  $K_P = 1$ .

$$S_{\text{заг1}} = ([29000/1000] \times 20.55 \times 5.55) - (20.55 - 13.2) \times 4430/1000 = 3274,96 \text{ грн}$$

Вартість заготівки у 2 варіанті:

					ТМ.16510046.ПЗ		Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			24



$S_{\text{заг2}} = ([29000/1000] \times 13.6 \times 5.55) - (13.6-13.2) \times 4430/1000 = 2187,15$  грн,  
де  $K_T = 1.1$ ;  $K_c = 1$ ;  $K_B = 0.99$ ;  $K_M = 5.4$ ;  $K_P = 1$ .

Річний економічний ефект

$$E = (S_{\text{заг1}} - S_{\text{заг2}}) \times N = (3274,96 - 2187,15) \times 500 = 543905 \text{ грн.} \quad (5.2)$$

З наведеного розрахунку видно, що 2 варіант економічно більш вигідний. Зменшення вартості заготовки відбулося за рахунок зменшення припусків на обробку, а підвищення точності формоутворення дозволило виключити мехобробку поверхонь корпусу, що не сполучаються. Таким чином, застосування другого варіанту виготовлення корпусу дає річний економічний ефект у сумі більш ніж 500 тис грн. При цьому заощаджується 4,6т бронзи БрО5Ц5С5. Приймаємо даний варіант для подальшої розробки.

					ТМ.16510046.ПЗ	Арк
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

### 6.1 Розрахунок припусків на діаметральні розміри

Розрахуємо припуски на діаметральний розмір  $\varnothing 35H7$  із застосуванням ЕОМ.

Розрахунок припусків на обробку ведемо шляхом складання таблиці 6.1 у яку послідовно записуємо маршрут обробки отвору  $\varnothing 35H7$  і значення елементів припуску. Сумарне значення Rz і T становить 400 мкм [1, табл.27]. Після першого технологічного переходу величина T для деталей з кольорових металів виключається, тому для чорнового й чистового розгортання знаходимо тільки Rz, відповідно 50 і 10 мкм.

Таблиця 6.1 – Дані для розрахунку припусків на обробку отвору  $\varnothing 35H7$ .

Технологічний перехід	Елементи припуску			
	Rz	T	P	E
Заготівка	400	400	465	-
Розточування попереднє	50	-	24	580
Розгортання попереднє	10	-	-	26,8

Отримані значення заносимо в ЕОМ при розрахунку.

Результати розрахунку представлені в додатку А.

Схема розташування полів припусків і допусків представлена на рисунку 6.1.

					ТМ.16510046.ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

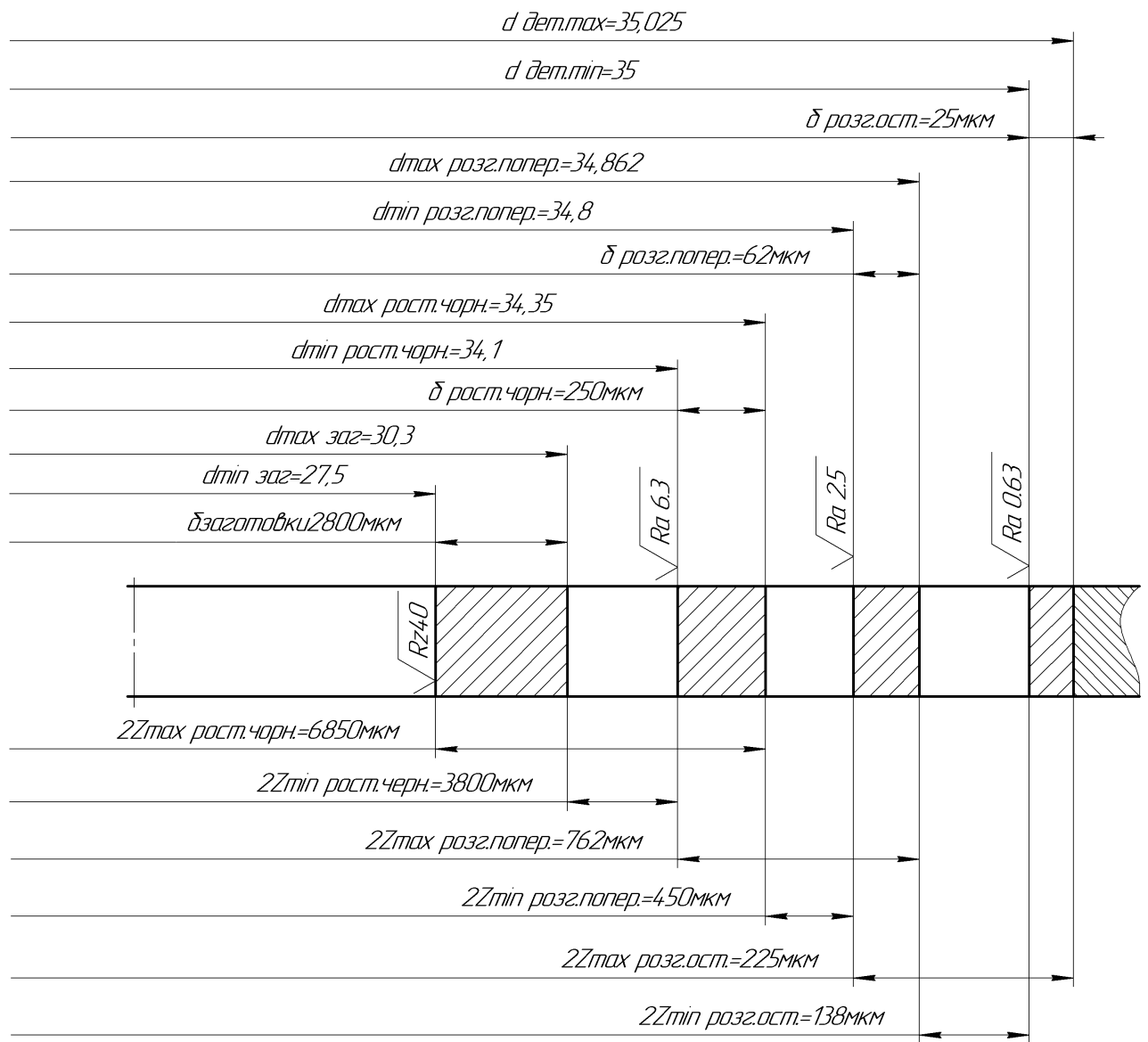


Рисунок 6.1 - Схема розташування припусків і допусків на розмір  $\varnothing 35H7$ .

## 6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування й закріплення заготовки

### Операція №005 «Горизонтально-фрезерна».

На даній операції проводиться обробка верхньої й нижньої площин корпусу. Операція виконується за два установи. Закріплення деталей проводиться на столі верстата із застосуванням пристосування УСПО. Як ріжучий інструмент використовуються торцеві фрези, оснащені пластинами твердого сплаву.

За технологічні бази на першому установі операції при обробці корпусу Б-4647.04.00.016 по існуючому техпроцесу прийняті поверхні, які не піддають-

					ТМ.16510046.ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

ся мехобробці: задня поверхня деталі (настановна база), бічна поверхня (подвійна опорна база) і верхня поверхня площини (опорна база).

Схема базування на першій операції представлена на рисунку 6.2.

Це забезпечує найменший зсув оброблених поверхонь щодо неопрацьованих. Ці поверхні мають достатні розміри й необхідну точність, у них відсутні ливарні прибутки, літники й ін. дефекти. Крім того, забезпечується відсутність погрішності базування на лінійний розмір  $15\pm 0,3$ , що визначає товщину основи деталі.

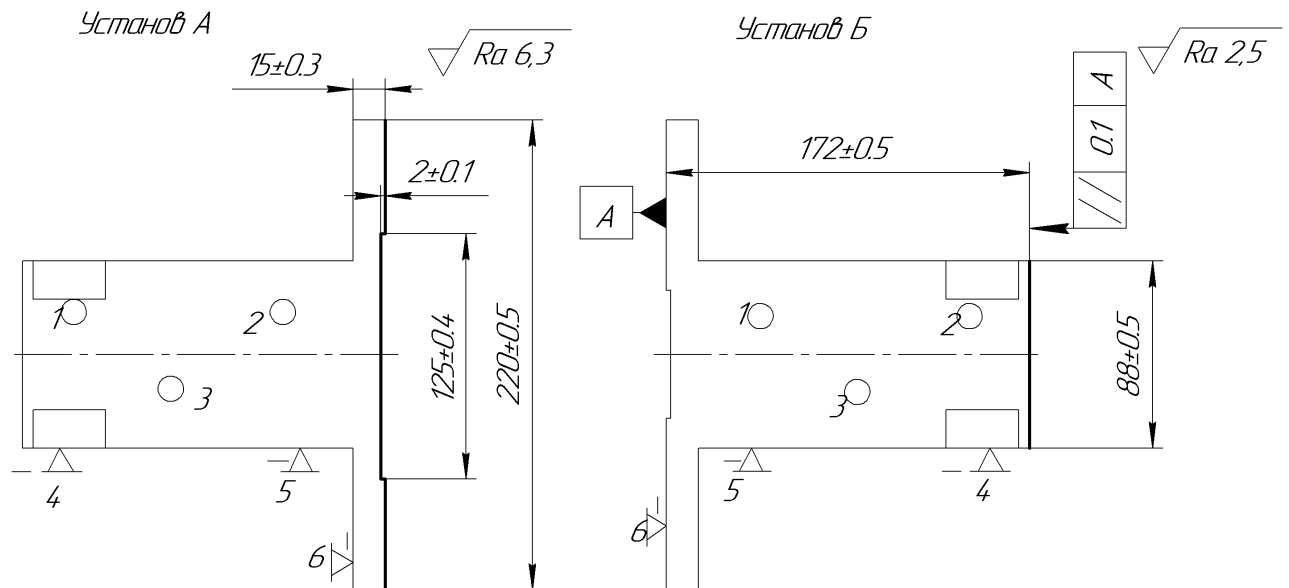


Рисунок 6.2 - Схема базування на першій операції.

При використанні іншої схеми базування для цього розміру буде виникати похибка базування, що не дозволить забезпечити його точність.

На другому установі комплект базових поверхонь не практично змінюється, за винятком опорної бази, що переноситься на попередньо оброблену поверхню верхньої підстави.

Така схема базування забезпечує одержання габаритного розміру деталі  $172\pm 0,5$  мм без погрішності базування.

### Операція №010 «Токарно-гвинторізна».

Виконується обточування зовнішньої поверхні під нарізку різьблення, проточування канавки, обточування фаски й безпосередні нарізування різьб-

						ТМ.16510046.ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			28

лення. Щоб здійснити необхідні формотворні рухи, потрібно сполучити вісь обертання шпинделя верстата з віссю різьбової поверхні. Для установки заготовки на токарно-гвинторізному верстаті використовується косинець, що закріплюється на планшайбі. Корпус базується на косинці по 2-х площинах і закріплюється прихватами. Токарська обробка проводиться твердосплавними різцями, а нарізування різьблення - різцем. Схема базування представлена на рисунку 6.3.

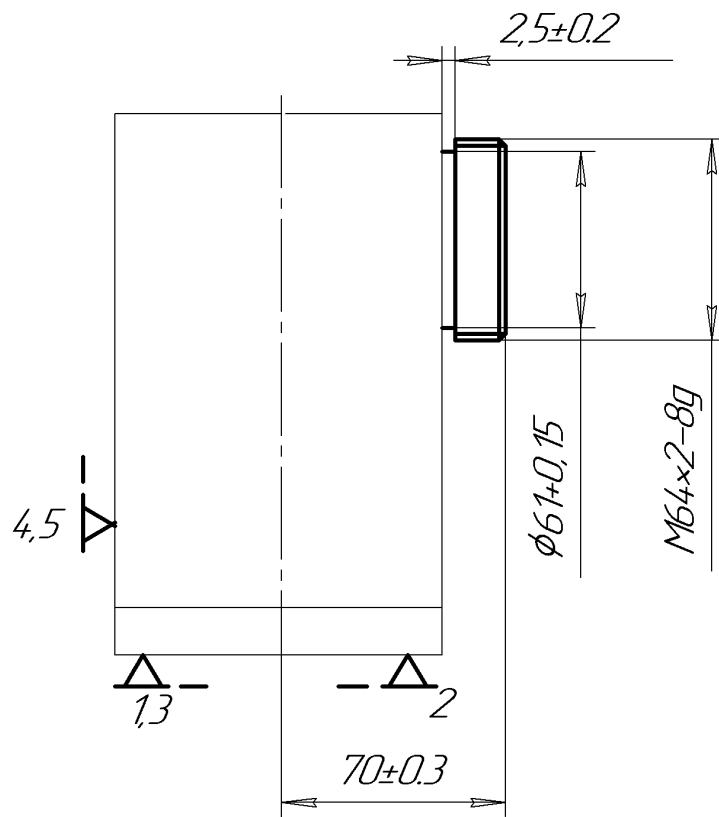


Рисунок 6.3 - Схема базування на першій операції

### 6.3 Вибір металорізального обладнання

Для виконання фрезерних переходів обробки корпуса досить застосування універсальних вертикально- або горизонтально-фрезерних верстатів моделей 6Н13П и 6Р82Г, що мають наступні характеристики, які представлені в таблиці 6.2.

										Арк
										29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ТМ.16510046.ПЗ

Таблиця 6.2 – Характеристики фрезерних верстатів

Найменування верстата	6Н13П	6Н82Г
Основні розміри	400×1600	320×1250
Габаритні розміри	2370×2140×2245	1840×1680×2830
Потужність ел/дв, кВт	5,8	7,5
Маса, кг	4300	3700

Ці верстати забезпечують середню економічну точність відхилення від правильної геометричної форми:

площинності й паралельності          0.1-0.06 мм на довжині 300  
 взаємної перпендикулярності          0.08-0.05 мм на довжині 300.

Дана точність цілком достатня для обробки деталей відповідно до технічних вимог.

Обробка різі М64×2-8g корпуси вимагає обертання деталі по осі різьбової поверхні. Такий рух здійснений на токарно-гвинторізних або карусельних верстатах. Виходячи з геометричних розмірів оброблюваної деталі, а також з огляду на необхідність розміщення спеціального пристосування для закріплення заготовки з більшим ексцентриситетом вибираємо на операцію токарно-гвинторізний верстат 16К30.

Технічна характеристика верстата 16К30 [2, стор. 16, табл. 9].

- діаметр заготовки над станиною, мм:                                630
- діаметр заготовки над супортом, мм:                                320
- найбільша довжина заготовки, мм                                      1400
- частота обертання шпинделя, об/хв:                                    6,3–1250;
- число щаблів обертів шпинделя:                                        24;
- поздовжня подача, мм/об:     0, 06-1,0;
- число щаблів подач супорта:    32;
- потужність електродвигуна    15 кВт.

## 6.4 Обґрунтування вибору пристосувань, ріжучого та мірильного інструменту

Для обробки заготовок, які періодично повторюються у виробництві, а також для обробки заготовок, подібних по технологічних ознаках, ефективно застосування комплексу елементів універсально-збірних пристосувань, які служать для установки різноманітних деталей масою до 300кг і габаритними розмірами до 1000×400×300 мм на свердлильних і фрезерних верстатах. Механізація пристосувань здійснюється із застосуванням гідравлічного або пневматичного приводу.

На горизонтально-фрезерному токарно-гвинторізному верстаті встановлюються пристосування, зібрані з комплексу елементів і складальних одиниць різних конструкцій, з яких методом агрегування можна компоувати пристосування для виконання будь-яких операцій. Основною системою є УСПО, оснащена гідро- або пневмоприводом.

Різальний інструмент для виконання розглянутих операцій застосовується універсальний, стандартизований.

Для чорнового фрезерування площин заготовки використовується торцева збірна фреза з механічним кріпленням ножів із твердого сплаву ВК8. Позначення: *Фреза 2214-0157 ДСТ9473-80.*

Для установки фрези в шпindelь верстата як допоміжний інструмент використовується *Оправка 6222-0069 ДСТ13786-85.*

Для виконання токарської обробки використовуються різці токарські збірні з механічним кріплення багатогранних пластин, що не переточуються, із твердого сплаву ВК8 (чорнова обробка) і ВК6 (напівчистова обробка). Позначення різців: *Різець 2102-0075 ВК8 ДСТ 18877-73; Різець 2103-0053 ВК6 ДСТ 18879-73; Різець прорізний 20x16x120;2.5;20 ВК6М; Різець 2660-05032 ДСТ18876-73.*

					ТМ.16510046.ПЗ	Арк
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для контролю параметрів деталей використовується як універсальний шкальний, так і спеціальний мір'яльний інструмент. Вимір зовнішніх і внутрішніх розмірів проводиться штангенциркулем II-250-0.1 ДСТ 166-89.

Точний вимір проводиться мікрометром МВМ 350-0.01 ДСТ 4380-86.

## 6.5 Розробка структури операції

### Операція №005 «Горизонтально-фрезерна»

На даній операції проводиться обробка верхньої й нижньої площин корпусу 016 або обробка площини прилягання корпусу 004. Закріплення деталей виконується на столі верстата із застосуванням деталей УСПО. Як ріжучий інструмент використовуються торцеві фрези, оснащені пластинами твердого сплаву. Ескіз операції показаний на рисунку 6.4.

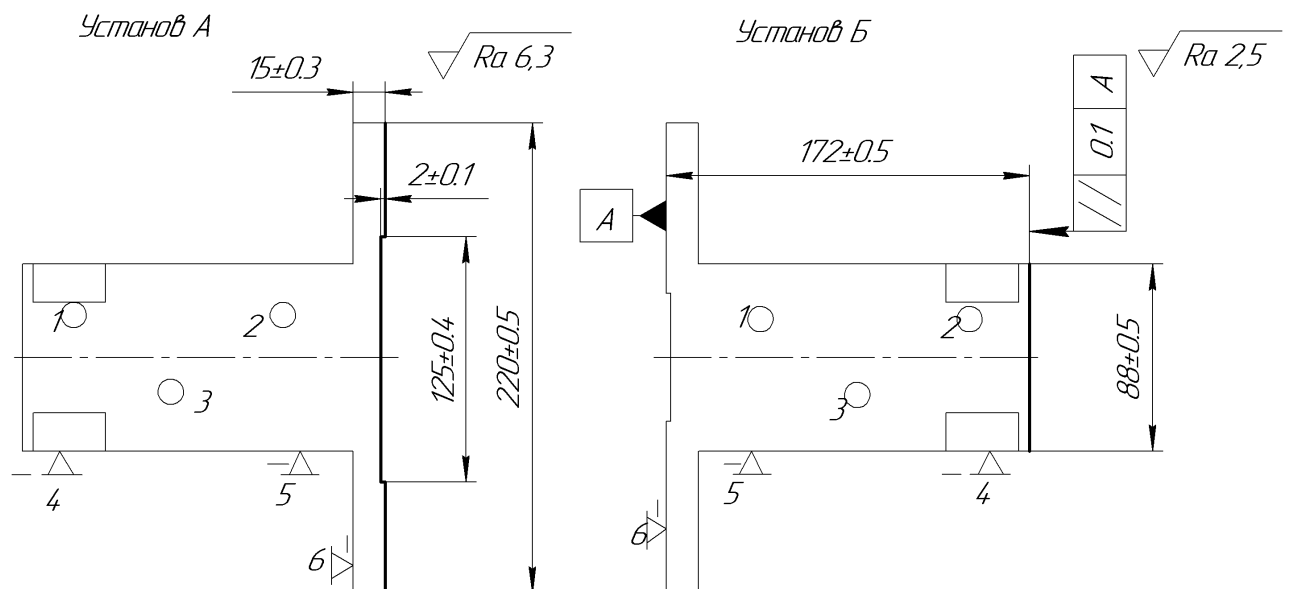


Рисунок 6.4 - Ескіз операції №005 «Горизонтально-фрезерна».

### Операція №010 «Токарно-гвинторізна»

Виконується обточування зовнішньої поверхні під нарізку різьблення, проточування канавки, обточування фаски й безпосередні нарізування різьблення. Щоб здійснити необхідні формотворні рухи, потрібно сполучити вісь обертання шпинделя верстата з віссю різьбової поверхні. Для установки заготі-

						ТМ.16510046.ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			32



вки на токарно-гвинторізному верстаті використовується косинець, що закріплюється на планшайбі. Корпус базується на косинці по 2-м площинам і закріплюється прихватами. Токарська обробка проводиться твердосплавними різцями, а нарізування різьблення - різцем. Ескіз операції показаний на рисунку 6.5.

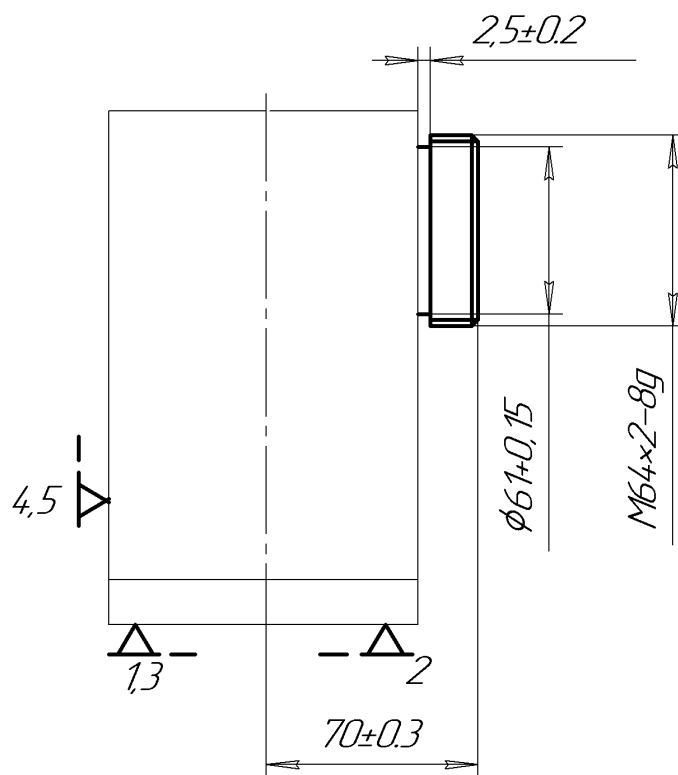


Рисунок 6.5 - Ескіз операції №010 «Токарно-гвинторізна»

## 6.6 Розрахунок режимів різання

### Чорнове фрезерування нижньої площини корпусу

Верстат- горизонтально-фрезерний 6Р82Г, глибина фрезерування  $t=5$  мм.

Технічні характеристики верстата:

розмір робочої поверхні стола, мм	320×1250
найбільше поздовжнє переміщення, мм	800
потужність ел/д, кВт	7.5
ККД	0.75
максимальна сила, що допускається механізмом подачі Рмп, Н	500

					ТМ.16510046.ПЗ		Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			33

Призначаємо глибину різання. Так як обробка чорнова, то глибина різання дорівнює припуску:  $t=5$  мм

По [12] додаток 23 при ширині фрезерування  $B=102$  мм вибираємо фрезу із вставними ножами із твердого сплаву марки ВК8.

$D_f=125$  мм;  $z=16$ ;  $d$  посадочн.=50 мм

Геометричні параметри:

кут нахилу зубів  $30^\circ$ ;

передній кут  $0^\circ$ ;

задній кут  $17^\circ$ ;

Подача на один зуб:  $S_z=0,15-0,30$ мм/зуб, приймаємо  $S_z=0,2$  мм/зуб

Стійкість фрези [2]:  $T=180$  хв

Швидкість різання визначаємо за формулою, м/хв:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v = \frac{74,3 \cdot 125^{0,45}}{180^{0,33} \cdot 5^{0,3} \cdot 0,2^{0,4} \cdot 102^{0,1} \cdot 10^{0,1}} \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 63,74 \quad (6.1)$$

де  $C_v=74,3$ ,  $q=0,45$ ,  $x=0,3$ ,  $y=0,4$ ,  $u=0,1$ ,  $p=0,1$ ,  $m=0,33$  - коефіцієнт і показники ступеня у формулі швидкості різання, [2, табл.39, стор. 288]

$T = 180$  хв - період стійкості фрези [2, табл.40, стор. 290];

$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}$  - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, де

$K_{pv} = 0,9$  - коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання [2, табл.5, стор. 263];

$K_{iv} = 1$  - коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання [2, табл.6, стор. 263].

$K_{mv} = 1$  - коефіцієнт, що враховує вплив властивостей матеріалу заготовки на швидкість різання:

Розрахункова частота обертання:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 63,74}{3,14 \cdot 125} = 162,396 \text{ об/хв.} \quad (6.2)$$

									Арк
									34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ.16510046.ПЗ

Коректуємо по паспорту верстата:  $n_d = 160$  об/хв;  $V_d = 62.8$  м/хв.

Визначаємо хвилинну подачу.

$$S_{mp} = S_z \times Z \times n = 0.2 \times 10 \times 160 = 320 \text{ мм/хв.} \quad (6.3)$$

Коректуємо по паспорту:  $S_{md} = 315$  мм/хв = 0.196 мм/зуб

3.7 Визначаємо головну складову сили різання - окружну силу, Н:

$$P_z = \frac{10C_p t^x s_z^y B^n z_p}{D^q n^w} K_{MP} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 5^{0,86} \cdot 0,2^{0,72} \cdot 102^1 \cdot 16}{125^{0,86} \cdot 160^0} \cdot 0,3 = 3716, \quad (6.4)$$

де  $C_p=68,2$ ,  $q=0,86$ ,  $x=0,86$ ,  $y=0,72$ ,  $n=1$ ,  $w=0$  - коефіцієнт і показники ступеня у формулі швидкості різання, [2, табл.41, стор. 291];

$K_{MP} = 0,3$  – коефіцієнт, що враховує вплив властивостей матеріалу заготовки на силу різання [2, табл.9, стор. 264].

Ефективну потужність різання визначаємо за формулою, кВт:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{2 \cdot 100} = \frac{3716 \cdot 62,8}{60 \cdot 1020} = 3,81. \quad (6.5)$$

Перевіримо достатність потужності:

$$N_{шт} = N_e \times \text{ккд} = 7.5 \times 0.75 = 5.6 \text{ кВт} \quad (6.6)$$

$N_p < N_{шт}$  (  $3.8 < 5.6$  ) - обробка можлива.

Режими різання на операцію:  $t=5$  мм;  $S_m=315$  мм/хв;  $V=62.8$  м/хв;  $n=160$  об/хв.

### Операція №015 «Токарна»

Розрахунок режимів різання виконуємо відповідно до методики, викладеної в [2], для всіх переходів токарної операції.

Послідовність обробки:

А. Установити, закріпити, зняти заготовку;

1) Підрізати торець у розмір  $70 \pm 0,3$  згідно з ескізом;

									Арк
									35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ.16510046.ПЗ

- 2) Зняти фаску  $2 \times 45^\circ$  і точити циліндр  $\varnothing 64h11$  на довжину  $20h14$  згідно з ескізом;
- 3) Точити канавку  $2,5 \pm 0,2$  до  $\varnothing 61^{+0,15}$  згідно з ескізом;
- 4) Нарізати різьблення  $M64 \times 2-8g$  на довжину 18 мм згідно з ескізом;
- 5) Контроль отриманих розмірів виконавцем.

Величини припусків визначаємо відповідно до виконаного розрахунку припусків і заносимо в таблицю 6.2.

Величину подачі визначаємо відповідно до рекомендацій [2, табл.11, стор. 266]. Прийняті значення заносимо в таблицю 6.3.

Швидкість різання визначаємо по формулі:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v \quad (6.7)$$

де  $C_v$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $m$  - коефіцієнт і показники ступеня формулі швидкості різання, [2, табл.17, стор. 269].  $C_v=182$ ,  $x=0,12$ ,  $y=0,3$ ,  $m=0,23$ ;

$T = 60$  хв - період стійкості різця [3, стор. 268];

$K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{Iv} = 0,7 \cdot 2,7 \cdot 0,9 = 1,7$  – поправочний коефіцієнт, що враховує умови обробки

$K_{Mv} = 0,7$  – коефіцієнт, що враховує вплив властивостей оброблюваного матеріалу заготовки на швидкість різання [2, табл.4, стор. 263];

$K_{Iv} = 0,9$  - коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання [2, табл.5, стор. 263];

$K_{Iv} = 1$  - коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання [2, табл.6, стор. 263];

$K_{\phi v} = 0,7$  - поправочний коефіцієнт по куту  $\phi$  [3, табл.18, стор. 271];

$K_{\phi 1 v} = 0,91$  - поправочний коефіцієнт по куту  $\phi_1$  [3, табл.18, стор. 271];

Визначаємо частоту обертання шпинделя, об/хв:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \quad (6.8)$$

					ТМ.16510046.ПЗ	Арк
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.3 – Результати розрахунку режимів різання на операції №010 «Токарно-гвинторізна»

№ пере-ходу	Розмір за-готівки, мм	Розмір піс-ля оброб-ки, мм	Число проходів, і	Глибина різання t, мм	Подача s, мм/про	швидкість різання $v_{РАС}$ , м/хв	частота обертання $n_{РАС}$ , про/хв	$n_{ГПР}$	$v_{ГПР}$	Сила рі-зання $P_z$ , Н	Потуж-ність N, кВт
2	75	70,00	1	5,00	0,7	110,76	476,69	400	92,94	1349,06	2,05
3	74	64,00	1	5,00	0,7	110,76	476,69	400	92,94	1349,06	2,05
4	64	61,00	1	2,50	0,25	60,72	302,13	250	50,24	290,99	0,24
5	64	61,00	5	0,30	2	11,64	57,90	32	6,33	3353,95	0,35

ТМ.16510046.ПЗ

Приймаємо по паспорті верстата найближче менше значення.

Визначаємо фактичну швидкість різання, м/хв:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (6.9)$$

Визначаємо тангенціальну складову сили різання по формулі [2, стор. 271]:

$$P_z = C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p \quad (6.10)$$

де  $C_p$ ,  $q$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $n$  - коефіцієнт і показники ступеня у формулі сили різання, [3, табл.41, стор. 291].  $C_p=55$ ,  $x=1$ ,  $y=0,66$ ,  $n=0$ ;

$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\varphi} \cdot K_{\gamma} \cdot K_{\lambda} = 0,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,62$  – поправочний коефіцієнт, що враховує умови обробки

$K_{M_p} = 0,75$  – коефіцієнт, що враховує вплив властивостей оброблюваного матеріалу заготовки на швидкість різання [2, табл.10, стор. 265];

$K_{\varphi} = 0,89$  - поправочний коефіцієнт по куту  $\varphi$  [2, табл. 23, стор. 275];

$K_{\gamma} = 1$  - поправочний коефіцієнт по куту  $\gamma$  [2, табл. 23, стор. 275];

$K_{\lambda} = 1$  - поправочний коефіцієнт по куту  $\lambda$  [2, табл. 23, стор. 275];

Ефективну потужність різання визначаємо по формулі, кВт:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} \quad (6.11)$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 6.3.

## 6.7 Технічне нормування операцій

### Операція №005 «Горизонтально-фрезерна»

Виконуємо розрахунок норми технічного часу на операцію.

Визначаємо машинний час:

					ТМ.16510046.ПЗ	Арк
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_0 = \frac{L_p}{S_{\min}} \quad (6.12)$$

де  $L_p = L + \ell_1 + \ell_2'$  – шлях різання, мм,

де  $L = 220$  мм - довжина обробки;

$\ell_1 = \sqrt{t \cdot D - t} = \sqrt{5 \cdot 125 - 5} = 24,49 \approx 25$  мм – величина врізання й виходу фрези;

$\ell_2' = 1-5$  мм – величина перебігу для напівчистої обробки, приймаємо  $\ell_2 = 3$ .

Допоміжний час визначаємо по формулі, хв:

$$T_d = T_{\text{УСТ}} + T_{\text{ПЕР}} + T_{\text{ВИМ}} + T_{\text{П.В.}} + T_{\text{ЗМ.ІНС.}}, \quad (6.13)$$

де  $T_{\text{УСТ}} = 6$  – час на установку й зняття деталі, хв [13];

$T_{\text{ВИМ}} = 0,15$  – час на виміри, хв [13];

$T_{\text{ПЕР}}$  – час, пов'язаний з переходом, хв [13, карта 37];

$T_{\text{П.В.}} = 0,12$  – час на переміщення органів верстата за 1 холостий хід, хв [13, карта 38];

$T_{\text{ЗМ.ІНС.}} = 0,1$  хв - час на зміну інструмента, хв [13, карта 39];

Таблиця 6.4 – Розрахунок норми основного й допоміжного часу для операції №005

№ п/п	$L + l_{\text{ВР}} + l_{\text{ПЕР}}$ мм	$T_0$ , хв	$T_{\text{УСТ}}$ , хв	$T_{\text{ПЕР}}$ , хв	$T_{\text{ВИМ}}$ , хв	$T_{\text{П.В.}}$ , хв	$T_{\text{ЗМ.ІНС.}}$ , хв	$T_d$ , хв
1.	248	0,79	6		0,15	0,12		6,27
2.	173	0,55		0,1	0,15	0,12		0,37
3.	116	0,37	6	0,1	0,15	0,12		6,37
Σ		1,71						13,01

									Арк
									39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ.16510046.ПЗ

Норму штучного часу визначаємо за формулою, хв:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{O}} + T_{\text{B}} K_{\text{ТВ}} \left( 1 + \frac{a_{\text{ОБС}} + a_{\text{ОТЛ}}}{100} \right) = 1,71 + 13,01 \left( 1 + \frac{4 + 4}{100} \right) = 15,90 \quad (6.14)$$

де  $K_{\text{ТВ}}=1$  – поправочний коефіцієнт на допоміжний час залежно від характеру серійності робіт [13, карта 1];

$a_{\text{ОБС}}=4\%$  – час на обслуговування робочого місця, хв [13, карта 19];

$a_{\text{ОТЛ}}=4\%$  – час на відпочинок і особисті потреби, хв [13, карта 19];

Розрахунок норми підготовчо-заклучний час.

Підготовчо-заклучний час містить у собі:

1. Час на налагодження верстата - 14 хв, [13, карта 19];
2. Час на одержання інструмента й пристосувань виконавцем роботи до початку й здача їх після закінчення обробки партії деталей - 10 хв [13, карта 19].

$$T_{\text{ПЗ}}=14+10=24 \text{ хв.} \quad (6.15)$$

Норму штучно-калькуляційного часу визначаємо по формулі:

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{ПЗ}}}{N_{\text{ДЕТ}}} = 15,90 + \frac{24}{42} = 16,47, \text{ хв.} \quad (6.16)$$

### **Операція №010 «Токарно-гвинторізна»**

Розрахунок норми технічного часу на операцію виконуємо відповідно до [13]. Результати розрахунків норм часу заносимо в таблицю 6.5.

Основний час визначаємо по формулі, хв:

$$T_{\text{O}}=(L+I_{\text{ВР}}+I_{\text{ПЕР}})/(n \cdot s), \quad (6.17)$$

де  $L$  - довжина обробки, мм;

$I_{\text{ВР}}$  – величина врізання, мм;

$I_{\text{ПЕР}}$  – величина перебігу, мм.

										Арк
										40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ТМ.16510046.ПЗ



Таблиця 6.5 – Розрахунок норми основного й допоміжного часу для операції №010

№ п/п	L+I <sub>ВР</sub> +I <sub>ПЕР</sub> мм	T <sub>О</sub> , хв	T <sub>УСТ</sub> , хв	T <sub>ПЕР</sub> , хв	T <sub>ИЗМЕР</sub> , хв	T <sub>П.З</sub> , хв	T <sub>СМ.ИНС.</sub> , хв	T <sub>В</sub> , хв
	27	0,089	7,0		0,13	0,1	0,10	7,33
	180	0,643			0,13	0,1	0,10	0,33
	2,5	0,024		0,1	0,26	0,1	0,10	0,56
	20	1,587		0,25	0,2	0,5	0,10	1,05
Σ		2,343						9,27

Допоміжний час визначаємо по формулі, хв:

$$T_{\text{д}} = T_{\text{УСТ}} + T_{\text{ПЕР}} + T_{\text{ВИМ}} + T_{\text{П.В.}} + T_{\text{ЗМ.ИНС.}} + T_{\text{ЗМ.ПОД.}} + T_{\text{ЗМ.ОБ.}}, \quad (6.18)$$

де  $T_{\text{УСТ}}$  – час на установку й зняття деталі, хв [13, карта 6];

$T_{\text{ПЕР}}$  – час, пов'язане з переходом, хв [13, карта 18];

$T_{\text{ВИМ}} = 0,13$  – час на виміри одного розміру, хв [13];

$T_{\text{П.В.}} = 0,1$  – час на переміщення органів верстата за 1 холостий хід, хв [13, карта 18];

$T_{\text{ЗМ.ИНС.}} = 0,1$  хв - час на зміну інструмента, хв [13, карта 18];

Норму штучного часу визначаємо по формулі, хв:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{О}} + T_{\text{д}} K_{\text{ТД}} \left( 1 + \frac{a_{\text{ОБС}} + a_{\text{ОТЛ}}}{100} \right) \quad (6.19)$$

де  $K_{\text{ТД}} = 1$  – поправочний коефіцієнт на допоміжний час залежно від характеру серійності робіт [13, карта 1];

$a_{\text{ОБС}} = 5,5\%$  – час на обслуговування робочого місця, хв [13, карта 19];

$a_{\text{ОТЛ}} = 4\%$  – час на відпочинок і особисті потреби, хв [13, карта 19];

									Арк
									41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ.16510046.ПЗ

$$T_{шт} = 2,343 + 9,27 \left( 1 + \frac{5,5 + 4}{100} \right) = 12,72$$

Розрахунок норми підготовчо-заключний час.

Підготовчо-заключний час містить у собі:

1. Час на налагодження верстата - 17 хв, [13, карта 19];
2. Час на одержання інструмента й пристосувань виконавцем роботи до початку й здача їх після закінчення обробки партії деталей - 10 хв [13, карта 19].

$$T_{пз} = 17 + 10 = 27 \text{ хв.} \quad (6.20)$$

Норму штучно-калькуляційного часу визначаємо по формулі:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{N_{дет}} = 12,72 + \frac{27}{42} = 13,36 \quad (6.21)$$

Отримані результати розрахунку норм часу на спроектовані технологічні операції зводимо до таблиці 6.6.

Таблиця 6.6. – Норми часу на спроектовані технологічні операції, хв.

№ опер.	Основний час	Допоміжний час	Штучний час	Штучно-калькуляційний час
005	4,68	1,3	6,128	6,28
010	2,34	9,27	12,72	13,36

Призначення науково обґрунтованих норм штучного часу дозволило знизити виробничі витрати на виконання операцій технологічного процесу.

					ТМ.16510046.ПЗ	Арк
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ

Завдання: спроектувати верстатне пристосування для операції №020 «Комплексна на обробних центрах з ЧПК. Ескіз операції зображений на рис. 7.1.

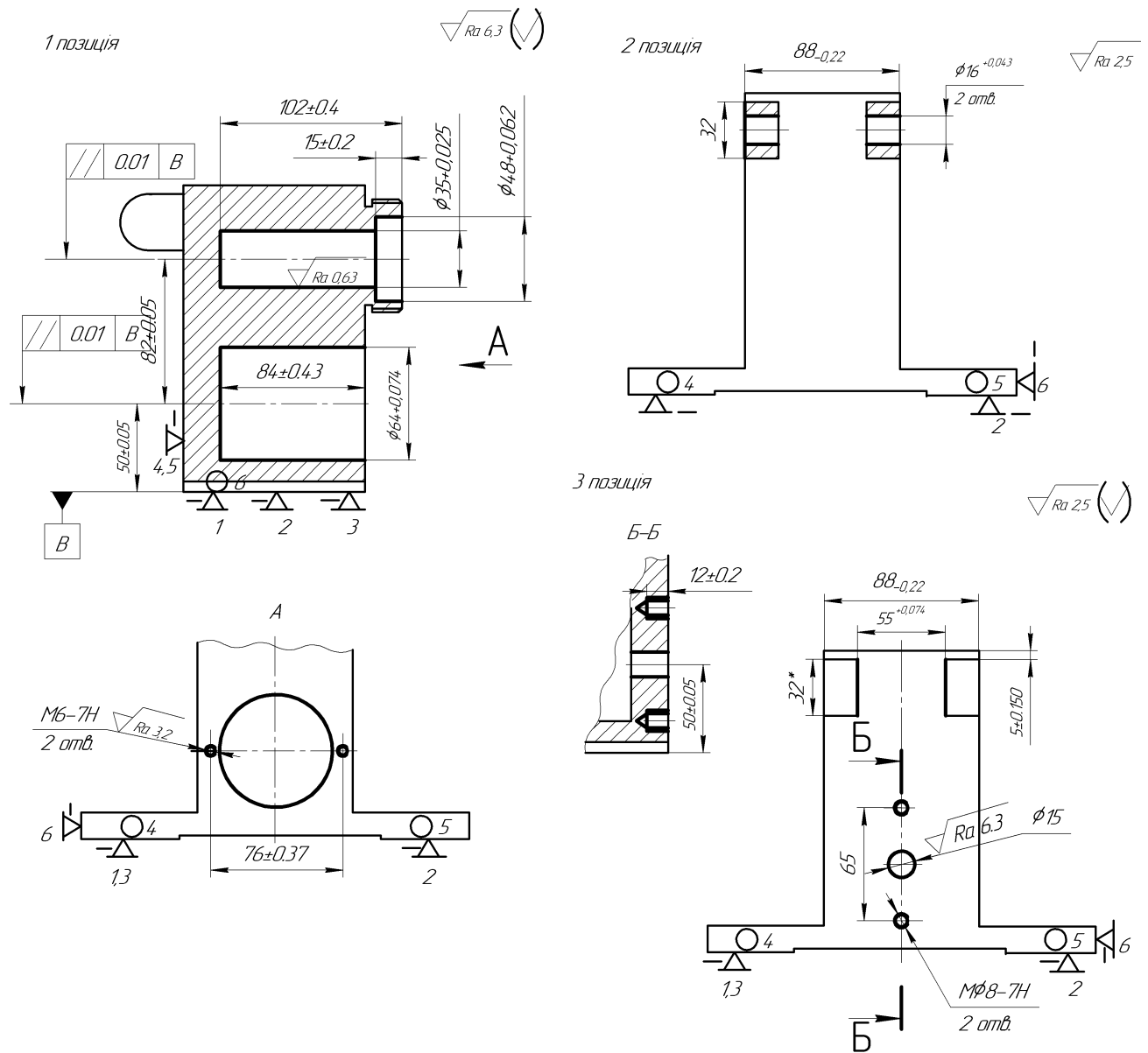


Рисунок 7.1 – Ескіз операції №020 «Комплексна на обробних центрах з ЧПК»

### 7.1 Обґрунтування необхідності створення пристосування

У цей час заготовка обробляється в пристосуванні з немеханізованим приводом. Робітник на даній операції має третій розряд. Застосування спеціального пристосування з механізованим приводом дозволить знизити розряд верстатни-

						ТМ.16510046.ПЗ	Арк
							43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

ка на даній операції, знизити трудомісткість обробки, підвищити стабільність точності параметрів операції.

## **7.2 Визначення умов, у яких буде виготовлятися й експлуатуватися пристосування**

Річна програма випуску визначена в 500 деталей. Така програма з урахуванням трудомісткості передбачає одиничний тип виробництва. З урахуванням цього планується не дуже висока інтенсивність використання пристосування. При заданому періоді виробництва 3 роки, або 36 місяців, пристосування повинне здійснити 15000 циклів.

## **7.3 Складання переліку реалізованих функцій**

0. Переміщення й попередня орієнтація заготовки.
  1. Базування заготовки.
  2. Закріплення заготовки.
  3. Базування пристосування на верстаті.
  4. Закріплення пристосування на верстаті.
  5. Підведення й відведення енергоносія.
  6. Утворення вихідної сили для закріплення.
  7. Керування енергоносієм.
  8. Заміна настановних (затисних) елементів.
  9. Об'єднання функціональних вузлів (корпус).
  10. Обробка поверхонь.
  11. Створення безпечних умов праці.

Виходячи з умов реалізації цих функцій і вимог до результатів їхньої реалізації, здійснюємо пошук прототипів з накопиченого фонду технічних рішень. Перевагу віддаємо апробованим практикою стандартним технічним носіям функцій.

					ТМ.16510046.ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

## 7.4 Розробка й обґрунтування схеми базування

### Вибір головної базової поверхні

У якості головної базової поверхні виступає площина нижньої основи, що складається із двох ділянок. Кожна із цих ділянок, будучи встановлена на опорні пластини, формує установчу базу, що позбавляє заготівку трьох ступенів волі (двох обертань і одного переміщення). Вони досить точно оброблені (IT 9), шорсткість поверхонь  $R_a = 6,3$  мкм.

Застосування цих поверхонь у якості базових не перешкоджає доступу інструментів до оброблюваних поверхонь.

### Вибір подвійної опорної базової поверхні

У якості подвійної опорної бази виступає задня площина деталі. Ця база позбавляє заготівку двох ступенів волі - одного переміщення уздовж осі деталі одного обертання.

Застосування даної поверхні в якості базової також не перешкоджає доступу різальних інструментів до оброблюваних поверхонь.

Схема базування заготівки представлена на рисунку 8.2

Точносні параметри базових поверхонь, певні раніше, порівнянні з точносними параметрами оброблюваних, що забезпечує виконання точносних вимог, пропонованих до обробки. Аналіз структури зв'язків, що виникають при базуванні, можна здійснити, побудувавши таблицю однобічних зв'язків (див. таблицю 7.1).

З таблиці 7.1 видно, що на заготівку накладено 8 однобічних зв'язків. Тільки два з них повні, інші - неповні, що обумовлено наявністю зазору між посадковою поверхнею призми й заготівки.

					ТМ.16510046.ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

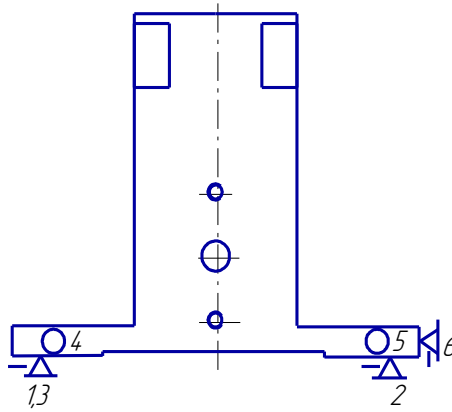


Рисунок 7.2 - Схема базування на операції №020.

Таблиця 7.1 – Таблиця однобічних зв'язків.

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
	Сила закріплення												
	Сила тертя												

Щоб заготівка була врівноваженою під час обробки, необхідно позбавити заготівку можливості переміщатися по координатах  $x'$ ,  $z$ ,  $\omega_x$ ,  $\omega_x'$ .

### 7.5 Функціональна структура пристосування

Функціональна структура проектованого пристосування представлена на рисунку 7.3.

### 7.6 Розробка й обґрунтування схеми закріплення

З таблиці 7.1 видно, що складова  $P_x'$  ПВС урівноважується реакцією  $R_x'$  ( $R_x' = P_x'$ ). Інші складові ПВС не врівноважені й вимагають додаткових сил за-

														Арк
														46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата										

кріплення. При даній схемі базування доцільно застосувати важільне закріплення, що створює ПУС, надійно фіксуючу заготовку.

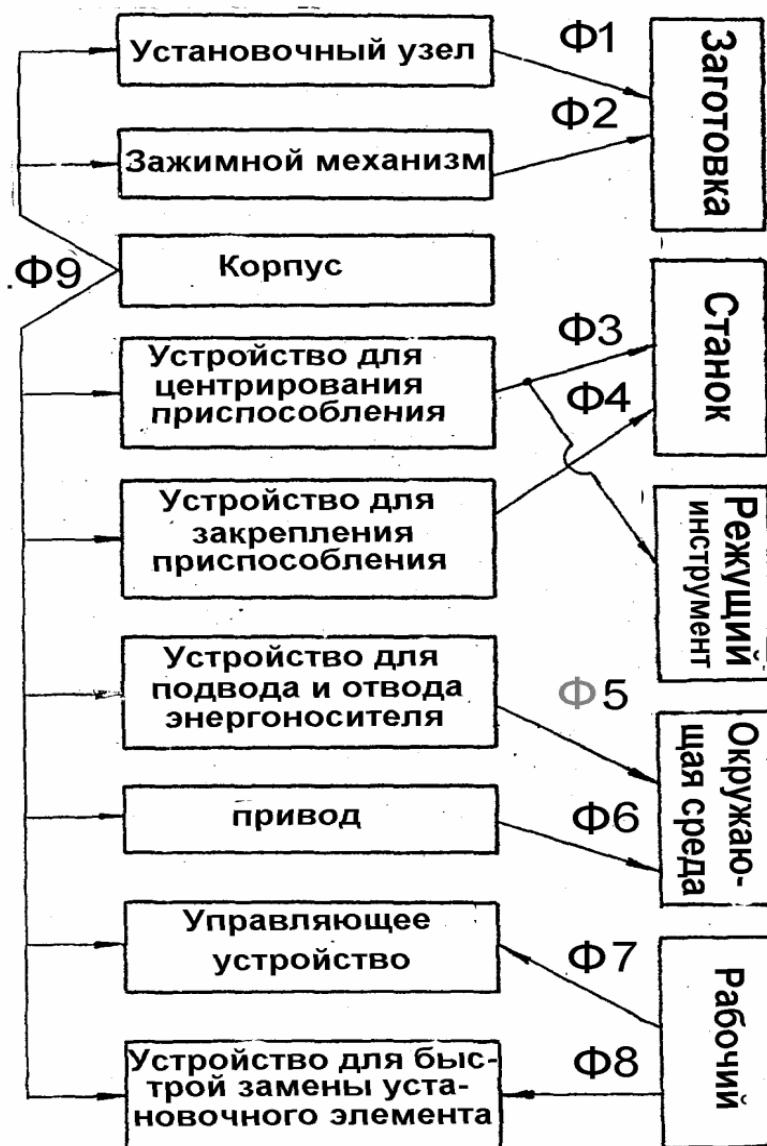


Рисунок 7.3 – Функційна структура проектуемого пристосування

### 7.7 Розробка й обґрунтування схеми закріплення

З таблиці 7.1 видно, що складова  $P_x'$  ПВС урівноважується реакцією  $R_x'$  ( $R_x' = P_x'$ ). Інші складові ПВС не врівноважені й вимагають додаткових сил закріплення. При даній схемі базування доцільно застосувати важільне закріплення, що створює ПУС, надійно фіксуючу заготовку.

Недоліком зазначеного способу зрівноважування є високий рівень енергетичних витрат на закріплення. Силкові потоки, що виникають при обробці, створюють напруги скручування й вигину, що рівномірно розподіляються по об'єму заготовки і мають незначну величину. У таких умовах не виникає особливих вимог до структурної однорідності силових полів. При цьому можливо огрубіти структуру ПУС до локально-дискретної. Це спрощує конструкцію затискного пристрою, оскільки поле, що врівноважує, такої структури може бути створено закріпленням у двох призмах важільним пристроєм типу прихвата. Оскільки напрямки дії сили закріплення - паралельно стінкам шпонкового паза, що виготовляється, - не збігається з напрямком допуску симетричності стінок паза (у площині, перпендикулярної стінкам паза), то похибка закріплення заготовки в даному напрямку дорівнює нулю  $\epsilon_3 = 0$ .

Для аналізу структури і якості зв'язків, що виникають при закріпленні заготовки, побудуємо таблицю однобічних зв'язків (таблиця 7.2).

Додаток сили закріплення виключає зазор і перетворює зв'язку  $x, y, y', z', \omega_y, \omega_y', \omega_z, \omega_z'$  з неповних у повні, а також створює чотири відсутніх до комплекту зв'язку  $x', z, \omega_x$  і  $\omega_x'$ .

Таблиця 7.2 – Таблиця однобічних зв'язків

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
	Сила закріплення			W	W	W				W	W	W	W
	Сила тертя	F(w)						F(w)	F(w)				

Величина зусилля закріплення  $W$  розраховується з умови непровороту від сили  $P_z$  і умова незрушування заготовки під дією складової сили різання  $P_x$ .



## 7.8 Точносні розрахунки пристосування

З інформаційної точки зору розрахунки допусків на виготовлення елементів пристосування являють собою перетворення інформації про точність обробки поверхонь деталі на даній операції в точносні вимоги до пристосування.

Визначимо розрахункові параметри, тобто ті параметри, які найбільшою мірою впливають на досягнення заданих допусків оброблюваної деталі. У розглянутому випадку до розрахункового параметра варто віднести непаралельність осі призми і площини основи пристосування. Цей параметр є однорідним з допуском відхилення від симетричності, заданим на кресленні.

Припустима похибка виготовлення зазначених елементів пристосування по параметру непаралельності дорівнює:

$$\varepsilon_{np} \leq T_{-16} - K_T \times \sqrt{K_{T1} \times \varepsilon_{\sigma 16}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{II}^2 + \varepsilon_{II}^2 + K_{T2} \times \omega^2 + \varepsilon_{Поз}^2}, \quad (7.1)$$

де  $T = 100$  мкм - допуск симетричності стінок паза;

$K_T = 1.2$  – коефіцієнт, що враховує можливий відступ від нормального розподілу окремих складових;

$K_{T1} = 0.8$  – коефіцієнт прийнятий до уваги, коли похибка базування не дорівнює нулю (у цьому випадку  $\varepsilon_{\sigma 16} = 0$ );

$\varepsilon_3 = 0$  – похибка закріплення заготовки;

$\varepsilon_B = 30$  мкм – похибка установки пристосування на верстаті;

$\varepsilon_{II} = 0$  – похибка перекосу інструмента;

$\varepsilon_i = 25$  мкм – похибка, що виникає внаслідок зношування настановних елементів;

$\omega = 43$  мкм - середня економічна точність обробки [14, с.151, табл.7.1];

$K_{T2} = 0.6$  – коефіцієнт, що враховує ймовірність появи погрішності обробки;

$\varepsilon_{Поз} = 10$  мкм – похибка позиціонування;

$$\varepsilon_{np} \leq 100 - 1.2 \times \sqrt{0^2 + 0^2 + 30^2 + 0^2 + 25^2 + 0.6 \times 43^2 + 10^2} = 42 \text{ мкм.}$$

З урахуванням стандартного ряду допусків приймаємо  $\varepsilon_{ін} = 20$  мкм.

									Арк
									49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Отриманий допуск розділяємо по елементах пристосування в такий спосіб: непаралельність осі призми і настановної поверхні основи пристосування - не більше 0,02 мм.

### **7.9 Опис пристрою і принципу дії пристосування**

Розроблене пристосування працює наступним чином. Оброблювану заготовку встановлюють на установчі поверхні опорних пластин і штирів поз. 5, 6, які в свою чергу кріпляться на настановній плиті 6 з допомогою гвинтів 12. Закріплення заготовки здійснюється при подачі рідини під тиском в штокову порожнину гідроциліндрів, встановлених в базовій плиті 1, при цьому поршень разом зі штоком 17 переміщується вниз і через прихват 4 виробляється затиск заготовки. Розкріплення заготовки проводиться при подачі рідини в безштокову порожнину гідроциліндра, при цьому шток разом з поршнем піднімається вгору, а важелі 4 звільняють заготовку.

Пристосування в зборі встановлюється на столі верстата і орієнтується уздовж Т-образного паза столу за допомогою напрямних шпонок 18. Закріплення пристосування на столі верстата проводиться через вушка з шириною паза 20 мм.

Для транспортування пристосування служать рим-болти 9.

					ТМ.16510046.ПЗ	Арк
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

Проведений аналіз виявив ряд недоліків існуючого технологічного процесу виготовлення корпусів дозатора Б-4647.04.00.016, які в подальшому були усунені

Запропоновано раціональний варіант обробки деталі. Побудову технологічного процесу було виконано за принципом концентрації операцій, характерного для одиничного і дрібносерійного виробництва. Це дозволило скоротити кількість операцій механічної обробки до 4 штук.

Для двох операцій технологічного процесу були обґрунтовані способи обробки поверхонь деталі, схеми базування і закріплення. Обрані металорізальні верстати, при чому перевага була віддана високопродуктивним верстатів з ЧПУ. При виборі оснащення перевага віддавалася універсальній, окрім тих поверхонь, для формування яких необхідний спеціальний інструмент.

Для однієї найбільш складної операції розробленого технологічного процесу спроектовано верстатне пристосування. Розрахунок операційних припусків на один з найточніших діаметральних розмірів деталі виконано за допомогою ЕОМ. Для спроектованих операцій виконано розрахунок режимів різання і виконано технічне нормування операцій.

					ТМ.16510046.ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Справочник технолога машиностроителя. В 2 т. Т.1 / под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. -М.: Машиностроение, 1986.- 656с.
2. Справочник технолога машиностроителя. В 2 т. Т.2. / Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. -М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
3. Маталин А.А. Технология машиностроения. / А.А.Маталин - Л.: Машиностроение. 1985.-496с.
4. Металлорежущие станки. Каталоги-справочники. - М.: НИИМАШ, 1965-1972. - 461с.
5. Методичні вказівки до кваліфікаційної роботи бакалаврів для студентів спеціальності 6.05050201 «Технології машинобудування» / укладач В. Г. Євтухов. – Суми : Сумський державний університет, 2017. – 44 с.
6. Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів із технології машинобудування: у 2 частинах. – Ч. 2. Приклади оформлення технологічної документації / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов. – Суми : Сумський державний університет, 2011. – 59 с.
7. Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора. / Р.И. Гжиров - Л.: Машиностроение, 1984. - 464с.
8. ДСТ 7829-70. Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на прессах. Припуски и допуски.
9. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. 4-е изд., перераб. и доп. / А.Ф.Горбацевич, В.А.Шкред - Минск: Высшая школа, 1983.-256 с.
- 10.Худобин Л.В. Курсовое проектирование по ТМС. / Л. В. Худобин и др. - М.: Машиностроение, 1989.-288с.
- 11.Гусев А. А. Технология машиностроения (специальная часть). / А. А. Гусев,

					ТМ.16510046.ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

- Е. Р. Ковальчук, И. М. Колесов и др. – М.: Машиностроение, 1986. –480с.
12. Залого В. А. Расчет режимов резания при точении, сверлении, фрезировании / В. А. Залого – К.: ИСДО, 1994. – 168 с.
  13. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. - М.: Машиностроение, 1974. – 421 с.
  14. ГОСТ 2.105-95. Правила оформления документов общего назначения.
  15. ГОСТ 3.1107-81. Обозначения условные графические, применяемые в технологических процессах. Опоры и зажимы.
  16. ГОСТ 2.109-73. Основные требования к чертежам.
  17. ГОСТ 2.305-68. Изображения – виды, разрезы, сечения.
  18. ГОСТ 3.1201-85. ЕСТД. Система обозначения технологической документации.
  19. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
  20. БН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.
  21. Н 3223-85 (ДНАОП 0.03-3.14-85) Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях.
  22. СН 3044-84 (ДНАОП 0.03-3.12-84) Санітарні норми вібрації робочих місць
  23. ДСанПН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин.
  24. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
  25. ГОСТ 12.1.012-2004. Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования.
  26. СНиП 2.04.05-91\*. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
  27. СН 4088-86 Микроклимат производственных помещений/
  28. СН 2152-80. Санитарно-гигиенические нормы допустимых уровней ионизации воздуха производственных и общественных помещений.

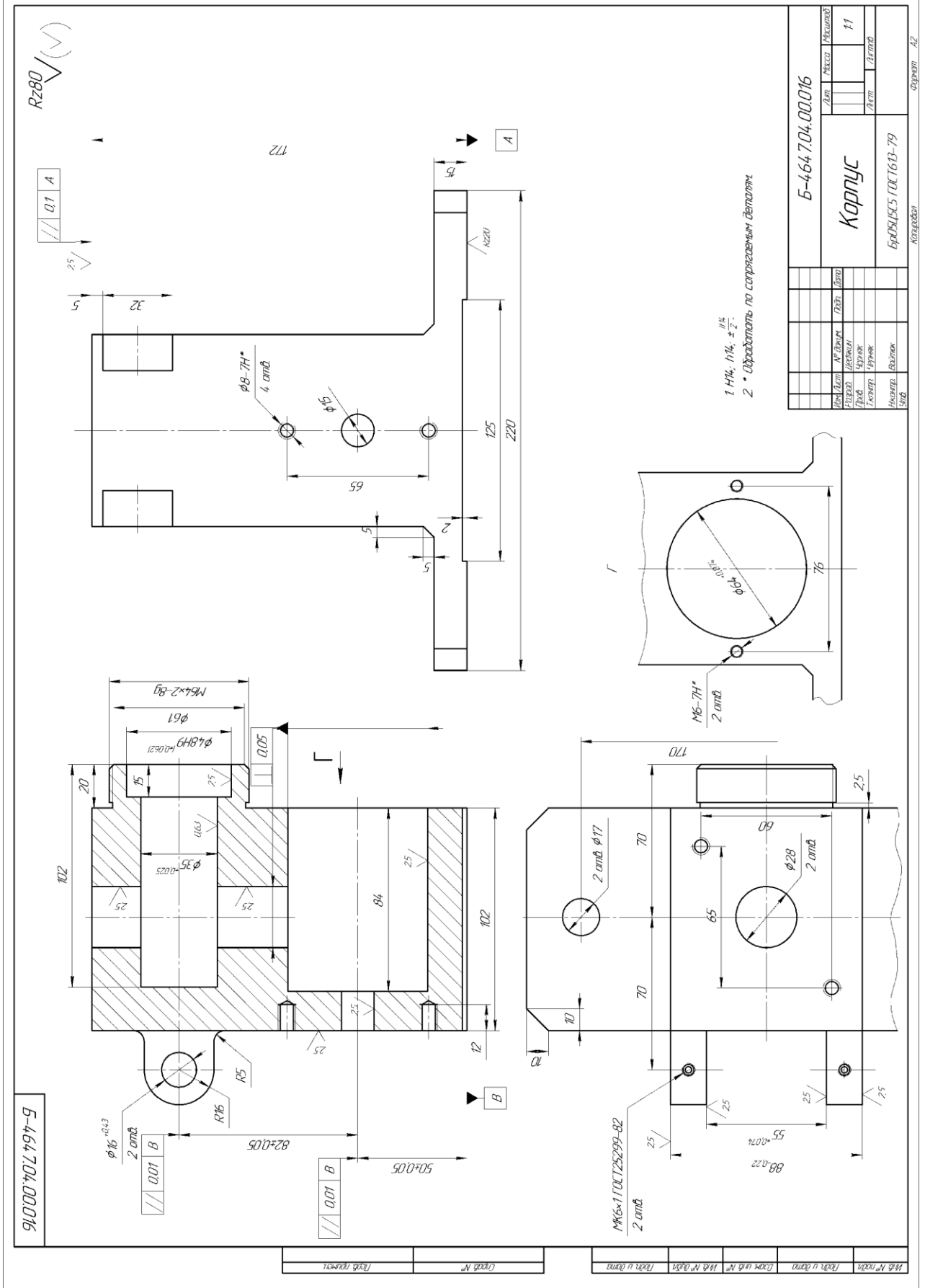
					ТМ.16510046.ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

- 29.ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- 30.ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
- 31.СНІП 2.09.04-87. Административные и бытовые здания.
- 32.ДБН В.2.5-27-2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.
- 33.ОНТП 24-86. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.

					ТМ.16510046.ПЗ	Арк
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# ДОДАТКИ

					ТМ.16510046.ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55





## РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА ДИАМЕТРАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ

Программа - 'prip' ver.7.1

СумГУ. Вычислительный центр факультета ТЕСЕТ

13.03.2020

Расчет выполнен для Пономаренко А. В., группа - ТМ-61

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

обрабатываемая поверхность - отверстие в заготовке с отверстием  $\phi 35+0.025$   
0

Наименование перехода или операции маршрута обработки поверхности	Обозначение точности	Предельные отклонения, мм	Элементы припуска, мкм				
			шероховатость Rz(i-1)	дефект слой h(i-1)	простр отклон p(i-1)	погрешность базир Eб(i)	закр. Ez(i)
Відливка	кл.точн. 11т	+1.400	-	-	-	-	-
	ГОСТ 26645-85	-1.400					
Розточування	квалитет 12	+0.250 0	80	400	465	580	0
Розгортання попередне	квалитет 9	+0.062 0	50	50	24	26.8	0
Розгортання чистове	квалитет 7 +0.025 0	+0.025 0	10	20	1	0	0

## РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА :

Расчетные значения			Принятые значения, мм							
припуск, мкм		расчетный размер, мм	расчетный размер	номинальный размер с предельными отклонениями	предельный размер		припуск, мкм			
мини	расч.				мини-мальный	макси-мальный	миним	расч.	макс.	
-	-	28.953	28.6	30	+1.400 -1.400	28.6	31.4	-	-	-
2447	5247	34.278	34.2	34.2	+0.250 0	34.2	34.45	2800	5600	5850
272	522	34.876	34.8	34.8	+0.062 0	34.8	34.862	350	600	662
62	124	35	35	35	+0.025 0	35	35.025	138	200	225

К О Н Е Ц   Р А С Ч Е Т А

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	кол.	Примечание	
						Документация			
		A1			TM 16510046-07-00.00СК	Сладальне кресення			
						Сборочные единицы			
Справ. №				1	TM 16510046-07-01.00	Плита	1		
						Детали			
					TM 16510046-07-00.01	Опора	2		
				3	TM 16510046-07-00.02	Кут	2		
				4	TM 16510046-07-00.03	Прихват	2		
				5	TM 16510046-07-00.04	Фіксатор	2		
					TM 16510046-07-00.05	Шпонка	2		
					TM 16510046-07-00.06	Упор	1		
					TM 16510046-07-00.07	Пробка	4		
					TM 16510046-07-00.08	Опора	1		
					TM 16510046-07-00.09	Втулка	6		
					TM 16510046-07-00.10	Штифт	6		
					TM 16510046-07-00.11	Втулка	6		
						Стандартные изделия			
						Болт М16-6дх240 ГОСТ 7808-70	2		
						Болт М18-6дх30 ГОСТ 7808-70	2		
						Болт В.2 М20-6дх35 ГОСТ 3033-79	2		
		TM 16510046-07-00.00							
		Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Инв. № подл.		Разраб. Проб.	Почомаренко Дегтярьов			Пристосування верстатне			
		Нконтр. Утв.	Денисенко Залога						
						Лит.	Лист	Листов	
						В/Р	1	2	
		СумДУ, ТМ-61							

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	кол.	Примечание
				Винт А2 М12-6дх25 ГОСТ Р 11738-84	2	
				Гайка М10-6Н ГОСТ 5915-70	2	
				Гайка М20-6Н ГОСТ 5915-70	2	
				Шайба 10 Л 65Г 029 ГОСТ 6402-70	2	
				Шайба 20Н12 ГОСТ 11371-78	2	
				Шайба 6 ОСТ 26-204096	2	
				Шпилька 2 М12-6дх90 ГОСТ 22034-76	2	
				Шпилька 2 М12-6дх120 ГОСТ 22034-76	2	

Инд. № подл.
Подп. и дата
Взам. инд. №
Инд. № дубл.
Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<i>ТМ 16510046-07-00.00</i>	Лист
						2

**ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

**Явища, які виникають при проходженні електричного струму в землю. Напряга кроку та дотику.**

Стікання струму в землю відбувається тільки через провідник, що знаходиться з нею в безпосередньому контакті. Такий контакт може бути випадковим чи навмисним. В останньому випадку провідник або група з'єднаних між собою провідників, що знаходяться в контакті з землею, називається заземлювачем. Одиначний провідник, що знаходиться в контакті з землею, називається одиначним заземлювачем, або заземлюючим електродом (іноді просто електродом), а заземлювач, що складається з декількох паралельно з'єднаних електродів, називається груповим чи складним заземлювачем. Напрягою відносно землі називається напряга відносно точки землі, що знаходиться поза зоною розтікання струму замикання на землю, тобто точки, потенціал якої може бути умовно прийнятий рівним нулю.

Причинами стікання струму в землю є замикання струмоведучої частини на заземлений корпус електричного устаткування, падіння проводу на землю, використання землі як проводу тощо. У всіх цих випадках відбувається різке зниження потенціалу  $\varphi_3$  (тобто напряги відносно землі) заземленої струмоведучої частини до значення, рівного добутку струму  $I_3$ , що стікає в землю, на опір, який цей струм зустрічає на своєму шляху, тобто на опір заземлювача розтіканню струму  $R_3$  :

$$\varphi_3 = I_3 R_3, \quad (\text{Г.1})$$

Це явище, дуже сприятливе за умовами безпеки, використовують як засіб захисту від ураження струмом з випадковою появою напряги на металевих неструмоведучих частинах, які з цією метою заземлюють. Однак поряд зі зниженням потенціалу заземленої струмоведучої частини, при стіканні струму в землю виникають і негативні явища, а саме поява потенціалів на заземлювачі і

металевих частинах, що знаходяться в контакті з ним, а також на поверхні ґрунту навколо місця стікання струму в землю. Виникаючи при цьому різниці потенціалів окремих точок кола струму, у тому числі точок на поверхні землі, можуть досягати великих значень і становити небезпеку для людини. Значення потенціалів, їх різниці і характер змін, а отже, і обумовлена ними небезпека ураження людини струмом залежать від багатьох факторів: значення струму, що стікає в землю; конфігурації, розмірів, числа і взаємного розташування електродів, що складають груповий заземлювач; питомого опору ґрунту тощо. Впливаючи на деякі з цих факторів, можна знизити різниці потенціалів, що діють на людину, до безпечних значень. Розглянемо ці фактори більш докладно.

### Стікання струму в землю через поодинокий заземлювач.

Стікання струму в землю супроводжується виникненням потенціалів на заземлювачі та на поверхні землі навколо нього. Розглянемо, від чого залежить величина цих потенціалів та який характер їх розподілу на поверхні землі на прикладі стікання струму в землю через найпростіший заземлювач – півкулю радіусом  $r$ . Через цю півкулю в землю стікає струм з  $I$ , який подається на заземлювач за допомогою ізолюваного провідника (рис. Г.1).

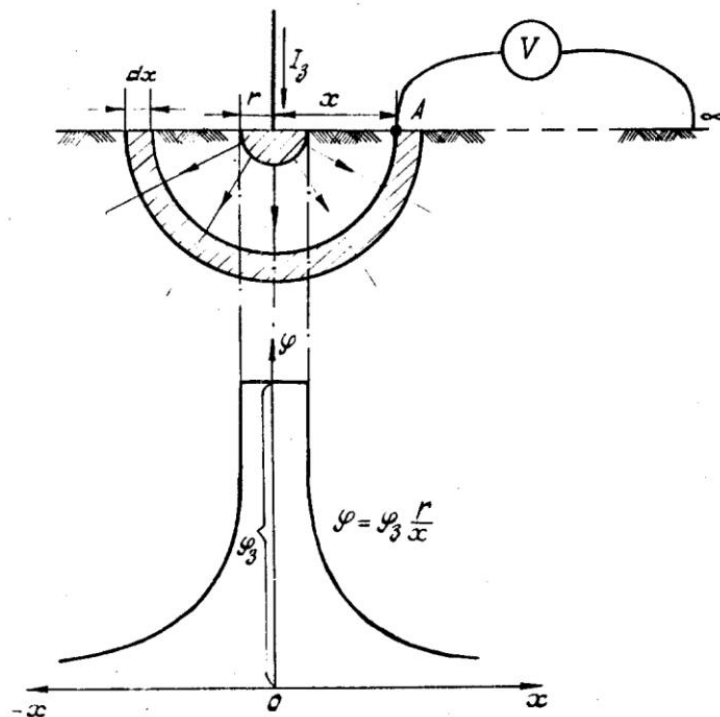


Рисунок Г.1 – Розподіл потенціалу на поверхні землі навколо півкульового заземлювача.

Слід зазначити, що такі заземлювачі в практиці майже не застосовуються. Але вони зручні при викладанні питання, яке розглядається, оскільки при цьому значно спрощуються математичні викладки. Для спрощення будемо вважати, що земля у всьому своєму об'ємі однорідна, тобто має в будь-якій точці однаковий питомий опір  $\rho$ . У цьому випадку струм в землі буде розтікатися від півкулі рівномірно і симетрично в усі боки (по радіусах), і густина його в землі буде зменшуватися з віддаленням від заземлювача (зі збільшенням перерізу шару землі, через який проходить струм). На відстані  $x$  від центра півкулі густина електричного струму складає:

$$j = \frac{I_3}{2 \cdot \pi \cdot x^2}. \quad (\Gamma.2)$$

В землі, де проходить струм, виникає так зване поле розтікання струму. Теоретично воно поширюється до безмежності. Проте в реальних умовах уже на відстані 20 м від заземлювача переріз шару землі, через який проходить струм, виявляється настільки великим, що густина струму тут практично дорівнює нулю. При постійному струмі, а також при перемінному струмі частотою 50 Гц поле розтікання можна розглядати як стаціонарне електричне поле, в якому густина електричного струму прямо пропорційна напруженості електричного поля:

$$\vec{j} = \frac{\vec{E}}{\rho}. \quad (\Gamma.3)$$

Неважко помітити, що це співвідношення є законом Ома в диференційній формі. При цьому лінії напруженості збігаються з лініями густини електричного струму, які у випадку, що розглядається, збігаються з радіусами заземлювача. Як відомо, напруженість електричного поля дорівнює спаду напруги, віднесеного до одиниці довжини лінії напруженості поля, тобто на одиниці шляху, що збігається з лінією напруженості поля. У даному випадку:

$$E = \frac{dU}{dx}, \quad (\text{Г.4})$$

де  $dU$  – спад напруги в елементарному шарі землі товщиною  $dx$

На основі сказаного легко визначити потенціал будь-якої точки на поверхні землі, наприклад, точки  $A$ , що знаходиться на відстані  $x$  від центра заземлювача. Величина потенціалу дорівнює спаду напруги в ґрунті на ділянці від  $x$  до безмежності:

$$\varphi = \int_x^{\infty} dU, \quad (\text{Г.5})$$

$$\text{де } dU = E \cdot dx = j \cdot \rho \cdot dx = \frac{I_z \cdot \rho}{2 \cdot \pi \cdot x^2} dx.$$

Розв'язавши цей інтеграл, отримуємо рівняння для потенціалу точки  $A$ , тобто рівняння потенціальної кривої:

$$\varphi = \frac{I_z \cdot \rho}{2 \cdot \pi \cdot x} 2 \times I_z. \quad (\text{Г.6})$$

Мінімальний потенціал, тобто  $0$ , буде мати точка, що знаходиться від заземлювача на відстані  $x = \infty$ . Практично область нульового потенціалу починається на відстані 20 м від заземлювача. Максимальний потенціал буде при найменшому значення  $x$ , яке дорівнює радіусу заземлювача, тобто безпосередньо на заземлювачі.

Отже, потенціал на поверхні землі навколо півкульового заземлювача змінюється за законом гіперболи, зменшуючись від максимального значення з до нуля з віддаленням від заземлювача (рис. Г.1). Очевидно, що для цього випадку екіпотенціальні лінії на поверхні землі являють собою концентричні кола, центром яких є центр заземлювача. В реальних умовах, коли ґрунт навколо заземлювача неоднорідний, екіпотенціальні лінії можуть значно відрізнитися від концентричних кіл, і при віддаленні від заземлювача потенціал буде змінюватися не за гіперболою, а за якоюсь іншою кривою. Застосовуючи аналогічні

міркування для заземлювачів будь-якої форми, отримаємо важливий висновок, а саме: потенціальна крива заземлювача будь-якої форми на відносно великій від нього відстані (у порівнянні з розмірами заземлювача) наближається до потенціальної кривої півкульового заземлювача і описується її рівнянням. Важливо відмітити також і те, що потенціал землі на відстані більше 20 м від заземлювача будь-якої форми, як і у випадку з півкульовим заземлювачем, можна вважати практично рівним нулю.

**Напруга кроку** (рис. Г.2), або крокова напруга, це різниця потенціалів  $\varphi_x$  і  $\varphi_{x+a}$  двох точок на поверхні землі в зоні розходження струму, що знаходяться на відстані кроку  $a = 0,8$  м:

$$U_{кр} = \varphi_x - \varphi_{x+a} = \frac{I_3 \cdot \rho}{2 \cdot \pi \cdot x} - \frac{I_3 \cdot \rho}{2 \cdot \pi \cdot x+a} = \frac{I_3 \cdot \rho \cdot a}{2 \cdot \pi \cdot x(x+a)}. \quad (\text{Г.7})$$

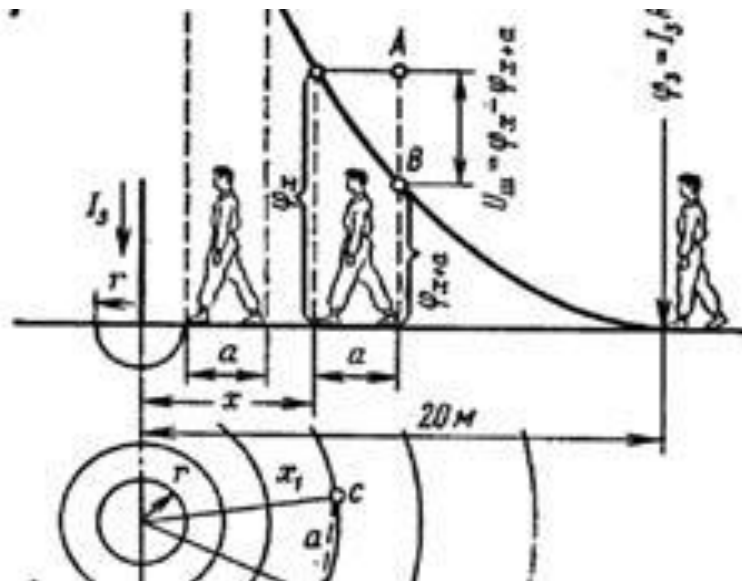


Рисунок Г.2 - Напруга кроку при одиночному заземлювачі

**Напруга дотику** -  $U_{дот}$  (рис. Г.3) характеризується відрізком АВ і залежить від форми кривої і відстані  $X$  між людиною, що торкається до заземленого обладнання, і заземлювачем.



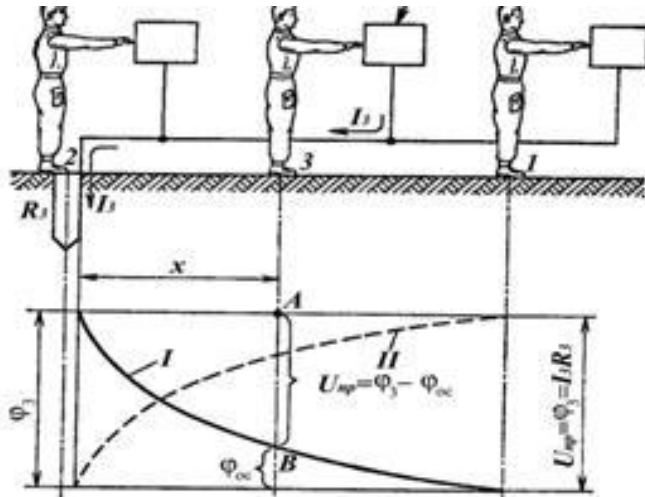


Рисунок Г.3 - Напряга дотику при одиночному заземлювачі: I – крива зниження потенціалу при віддаленні від заземлювача; II – крива, що характеризує зміну напруги дотику  $U_{\text{дот}}$  при зміні відстані від заземлювача,  $X$

Чим далі від заземлювача перебуває людина, тим більше  $U_{\text{дот}}$ , навпаки при  $X=20$  м,  $U_{\text{дот}}=\varphi_3$ . Таке положення найбільш небезпечне. При  $X=0$ , тобто людина стоїть на заземлювачі,  $U_{\text{дот}}=0$ , тобто це безпечний випадок, хоч людина і перебуває під потенціалом  $\varphi_3$ . В решті випадків  $U_{\text{дот}}$  зростає від 0 до  $\varphi_3$ .