

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))

*Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів*  
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

**Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної (роботи)

*перший (бакалаврський)*  
(освітній рівень)

на тему *Проектування технологічного процесу  
виготовлення важеля 1.1782.170.211*

Виконав: студент IV курсу, групи ТМЗ-61к  
напряму підготовки (спеціальності)

*131 Прикладна механіка*

*(Технології машинобудування)*

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

*Кузько О.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

\_\_\_\_\_ В.О. Залога

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ  
ВАЖЕЛЯ 1.1782.170.211**

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

Студент

*О.О. Кузько*

Керівник

*В.О. Колесник*

Нормоконтроль

*Ю.О. Денисенко*

ЗАТВЕРДЖЕНО

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

Форма № Н-9.01

Державний вищий навчальний заклад  
«Сумський державний університет»

Інститут, факультет ЦЗДВН  
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів  
Освітній рівень перший (бакалаврський)  
Напрямок підготовки \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)  
Спеціальність 131 Прикладна механіка (Технології машинобудування)  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології  
машинобудування, верстатів та  
інструментів

Залога В. О.

Сумський державний університет 2020 року  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів  
ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА

Кузько Олександр Олександрович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проектування технологічного процесу виготовлення  
важеля 1.1782.170.211

керівник проекту Колесник Віталій Олександрович, канд. техн. наук, ст. викладач  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «09» квітня 2020 року № 0524-III

2. Строк подання студентом проекту (роботи) «10» червня 2020 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) креслення деталі «Важіль 1.1782.170.211»  
річний обсяг випуску деталей – 210 шт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

4.1 Проаналізувати призначення виробу «Кран кульовий» та деталі «Важіль»


4.2 Проаналізувати технічні вимоги на виготовлення «Важеля 1.1782.170.211»

4.3 Визначити тип виробництва з формою організації виробництва

4.4 Проаналізувати технологічність конструкції «Важеля»

4.5 Вибрати способи одержання заготовки з розробкою технічних вимог

4.6 Проаналізувати існуючий технологічний процес виготовлення «Важеля»



**Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів**

## 5. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

## 6. Дата видачі завдання « 05 » лютого 2020 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз службового призначення виробу, деталі «Важіль 1.1782.170.211». Опис особливостей конструкції «Важеля»	03.02.20	
2	Технічні вимоги з виготовлення «Важеля»	12.02.20	
3	Визначення типу виробництва, форм організації	17.02.20	
4	Аналізування технологічності «Важеля»	20.02.20	
5	Вибір способів одержання заготовки та розроблення тех. вимог на заготовку	01.03.20	
6	Аналізування існуючого тех. процесу	15.03.20	
7	Проектування пристрою для фрезерної операції	20.03.20	
8	Пожежна безпека як фактор охорони праці	01.04.20	
	Креслення аркушу заготовки	08.04.20	
	Креслення аркушу маршруту обробки	15.04.20	
	Креслення аркушу операційної наладки	21.04.20	
	Креслення аркушу фрезерного пристрою	26.05.20	
	Оформлення карт тех. документації	30.05.20	

Студент

(підпис)

О. О. Кузько

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

В. О. Колесник

(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

Вступ .....		8
1 Аналіз службового призначення виробу «Кран кульовий», деталі «Важіль 1.1782.170.211» .....		9
2 Аналіз технічних вимог з виготовлення заданої деталі .....		13
3 Визначення типу виробництва і форм його організації .....		16
4 Аналіз технологічності конструкцій важеля .....		19
5 Вибір способів одержання заготовки з розробкою технічних вимог		21
6 Аналіз існуючого або типового технологічного процесу		25
6.1 Розрахунки припусків на механічні обробки $\varnothing 90f9^{(-0,036)}_{(-0,123)}$ .....		25
6.2 Обґрунтування і вибір схем базувань та закріплень заготовки .....		27
6.3 Вибір з обґрунтуванням металорізального верстата .....		32
6.4 Вибір з обґрунтуванням верстатних пристроїв, вимірювального та металорізального інструментів .....		33
6.5 Розрахунок та визначення режиму різання .....		35
6.6 Технічні нормування розглянутих операцій .....		47
7 Проектування спеціального верстатного пристрою .....		50
7.1 Обґрунтування вибору систем пристрою .....		50
7.2 Визначення якісного й кількісного результату заданої операції		50
7.3 З'ясування якісних й кількісних даних про заготовку, що надходить на задану операцію .....		51
7.4 Умови, де буде виготовлятися та експлуатуватися пристрій, що проектується .....		52

					ТМЗ 18190038-00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Проектування технологічного процесу виготовлення важеля 1.1782.170.211	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Кузько					5	76
Провер.		Колесник						
Реценз.								
Н. Контр.		Денисенко						
Утв.		Залога				СумДУ, ТМЗ-61к		

7.5 Функції що реалізують в пристрої .....	53
7.6 Обґрунтування і розробка схем базування заготовки .....	54
7.7 Побудова функціональних структур верстатного пристрою....	56
7.8 Обґрунтування схем закріплення заготовки .....	57
7.9 Точнісний розрахунок пристрою .....	61
7.10 Конструкція проєктованого пристрою з принципом дії .....	62
Висновки .....	64
Перелік джерел посилання .....	65
ДОДАТОК А – Креслення деталі «Важіль 1.1782.170.211» .....	68
ДОДАТОК Б – Розрахунок припусків .....	69
ДОДАТОК В – Специфікація .....	70
ДОДАТОК Г – Охорона праці .....	73



**Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів**

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра: 76 с., 11 рис., 9 табл., 18 джерел.

Метою роботи є проектування технологічного процесу виготовлення важеля 1.1782.170.211.

Об'єкт розробки – технологічний процес виготовлення «Важеля 1.1782.170.211».

Предмет розробки – деталь «Важіль 1.1782.170.211», що входить до складу виробу «Кульовий кран DN 200 PN 180».

В даній кваліфікаційній роботі бакалаврів проаналізували службове призначення виробу «Кульовий кран DN 200 PN 180» і деталі, крім того розглянуті технічні вимоги із якісними показниками технологічності конструкції деталі. Були розраховані припуски з обробки  $\varnothing 90_{f9}^{(-0,036)}_{(-0,123)}$  і обгрунтовано метод отримання вихідної заготовки штампуванням на КГШП.

Для двох операцій 055 (свердлильної) і 020 (токарної) проаналізовано та обгрунтовано можливі схеми базування заданої деталі. Проведено обгрунтування вибраного металорізального устаткування. Розглянуто запропоновані верстатні пристрої, вимірювальні і різальні інструменти. Розрахунково-аналітичним способом розраховані режими різання. Пронормовано розглянуті дві операції. Для фрезерної операції було розроблено спеціального верстатного пристрою.

Для технологічного процесу обробки «Важеля 1.1782.170.211» було оформлено альбом технологічної документації.

1.1782.170.211, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ВИГОТОВЛЕННЯ, ЗАГОТІВКА, ПРИПУСК, ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, НОРМУВАННЯ, БЕЗПЕКА, ОХОРОНА ПРАЦІ



## ВСТУП

Однією з головних задач сьогодення стає створення новітньої техніки для масового впровадження енергозощаджуючих технологій в усіх галузях народного господарства. Зараз перед машинобудуванням ставляться дуже важливі завдання, що потребують заощадження різних витрат виробництва.

Для вдосконалення обладнання для нафто- та газодобування, транспортування газу, перероблювання нафти потрібно розробляти кожного разу нові агрегати газоперекачувальні. Вони повинні відрізнятися від попередників високими економічними показниками – наприклад, економічно чистими викидами вихлопного газу, зниженням звукового тиску у децибелах. Високопродуктивні спеціальні верстати та прогресивні ріжучі інструменти як раз і потрібні для виробництва сучасних агрегатів.

Актуальним є підвищення технічних рівней та якісних показників продукції, виключаюче ручну працю устаткування, тощо. Також наразі необхідна утилізація відходів газових та нафтових родовищ, новітні комплекси по освоєнню та ремонту обладнання.

Для вирішення задач забезпечення якості оброблюваних поверхонь є вдосконалення різноманітних конструкцій різальних інструментів, що спрямовано на збільшення жорсткостей Т-системи.

Приведена кваліфікаційна робота бакалавра частково вирішує поставлені наукові завдання.

Мета роботи – це проектування технологічного процесу виготовлення важеля 1.1782.170.211.

Предмет роботи – це деталь «Важіль 1.1782.170.211», що входить до складу виробу під назвою «Кульовий кран DN 200 PN 180».

						ТМЗ 18190038-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			8

# 1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ВИРОБУ «КРАН КУЛЬОВИЙ», ДЕТАЛІ «ВАЖІЛЬ 1.1782.170.211»

Виробом (машина), що містить «Важіль 1.1782.170.211», слугує кульовий кран. Цей кульовий кран - запірна арматура для газонафтової промисловості, її встановлюють на трубопроводі для регулювання потоків робочих середовищ.

Розглянуті корпуси кранів можуть випускатись кованими, звареними, литими.

За способами керувань ці крани можуть виготовлятись з ручним управлінням, а також з іншим приводом (у нас це гідропневмопривід).

Технічні характеристики:

Різновид типу кульового крану - DN 200 та PN 180;

Діаметр номінальний кульового крану – 200 мм з номінальним тиском 18,0 МПа; робочим середовищем є звичайний газ (природний) за ТВ 322.0115 8561.005-98;

Температури:

робочого середовища – 212 – 317 К (-61<sup>0</sup> ...+43<sup>0</sup> С);

навколишніх середовищ – 212 -354 К (-61<sup>0</sup> ...+85<sup>0</sup> С);

Максимальне перепадання тисків з відкритим краном 18,0 (МПа);

Загальна герметичність крану - за классом А по ГОСТ 9349 – 95.

Крутний момент, потрібний для поворочування пробок при перепаданні тисків 18 МПа - 4950 Ньютоно-метрів;

В робочу порожнину циліндра подається газ з тиском 3 - 18 МПа , тоді спрацьовує механізм повороту. Газ що подається стискується під дією поршню, що призводить до поступального руху сухарик, який діє обертально на з кутами поворотів до 60 відсотків. Важіль через шпindelний блок буде передавати пробці крана кульового обертові рухи в положення «відкриття» або «закриття». Сила, що прикладається до рукоятки важеля в моменти, коли відкривають або закривають крани , буде не більшою 530 Н.

										Лист
										9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

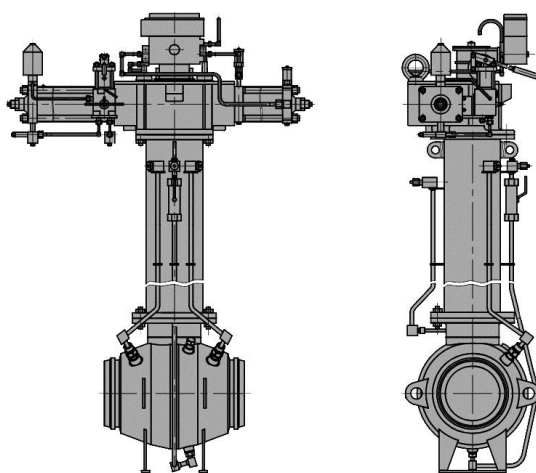


Рисунок 1.1 – Кран кульовий DN 200

Розглядаємий важіль є собі єдина сталева конструкція, яка складається з двох щік. В них від периферії до центру прорізано два пазика ( див. рисунок 1.2).

Важіль - це складова частина привода для передавання поступальних рухів поршню рухомого привода в обертові рухи пробки крана кульового.

Матеріалом важеля є сталь 40 ХН за ГОСТом 4543 – 78.

Отвір у важелі виконаний ексцентричним відносно осі щічок. Циліндричні заточення, а саме поверхні 4 та 3, виконані по торцям важеля, і ці поверхні виконують роль основних конструкторських баз (ОКБ). Ці бази слугують для установлення і обертання у корпусі привода важеля. Основною конструкторською базою є також поверхня 5, що призначена для упирання деталі в складальному корпусі. Поверхні внутрішні, наприклад, поверхня 1, - це допоміжні конструкторські бази, тобто ДКБ. Поверхня 2 - бічна поверхня паза - це виконавча база та одночасно ДКБ. Вона призначена для передавання поступальних рухів деталі-сухарика в обертові рухи деталі-важеля. Вільні поверхні – це зовнішні поверхні щічок та поверхні, що є переходними між основними.

Важіль містить шлицевого отвору (це 7 поверхня), на який саджають шпindelь крана кульового в ході складання. Ця поверхня є важливою для функціонального призначення виробу і тому є виконавчою, а також вона - ДКБ.

						ТМЗ 18190038-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			10

Кришку корпуса встановлено до верхнього торця деталі (це 6 поверхня), вона теж є ДКБ базою. Вільна поверхня (9 поверхня) – це центральний наскрізний отвір діаметром 36 мм, тому що він не несе ніякого функціональних навантажень. Технологічну кільцеву проточку виконано в нижній частині отвора. Це потрібно для виходів довбняка (8 поверхня). ДКБ є і поверхня 11, оскільки до нижнього торця важеля встановлюють шпindel. У зовнішню поверхню важеля встановлюють спеціальну скобу для фіксації положення в корпусі привода. Поверхню 10 (заточення) тому вважаємо за ДКБ.

На рисунці 1.3 наведено класифікацію ОКБ.

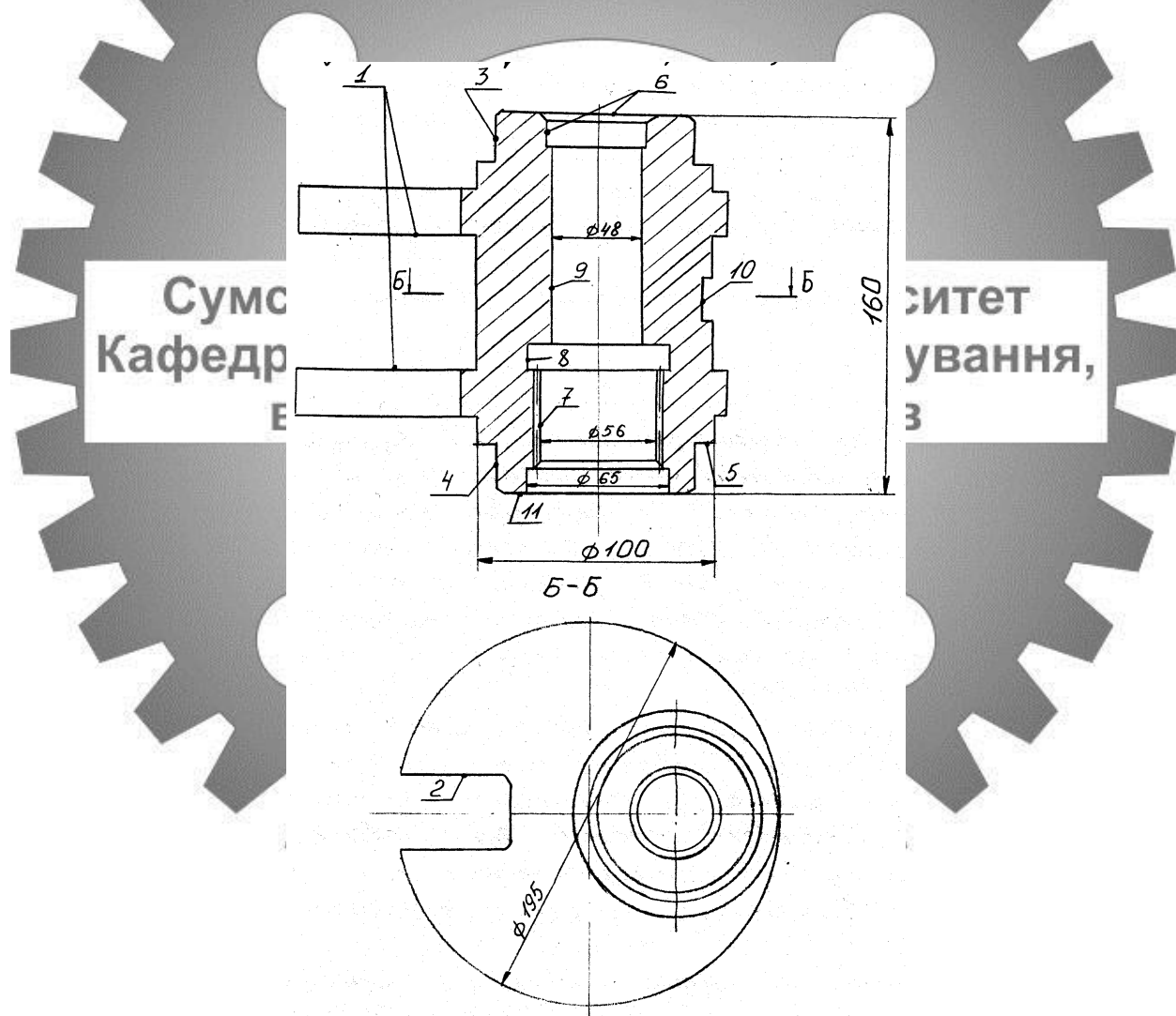


Рисунок 1.2 – Деталь «Важіль 1.1782.170.211» з пронумерованими поверхнями

										Лист
										11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМЗ 18190038-00 ПЗ					

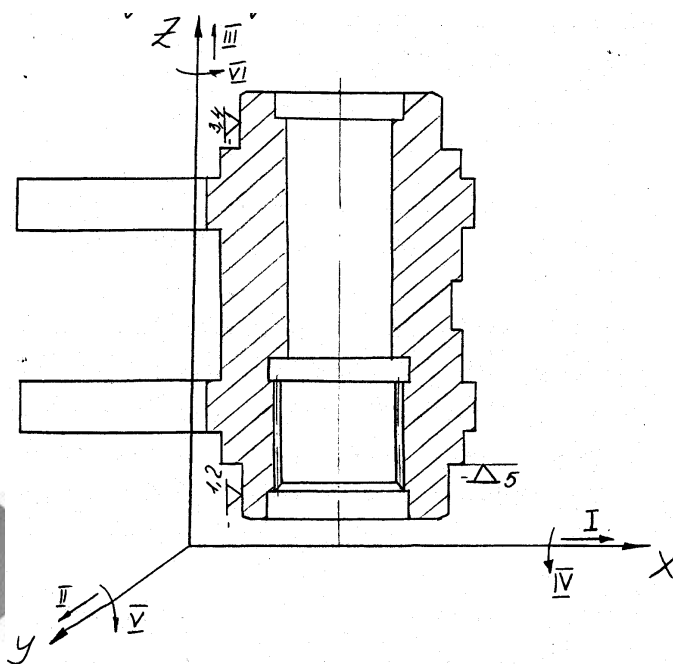


Рисунок 1.3 –Базування важеля у виробі

Розглянемо таблицю відповідності та матрицю зв'язків при базуванні.

Таблиця 1.1 –Відповідності при базуванні

Зв'язок	Ступені свободи	Бази
1, 4, 2, 3	V, I, II, IV	Подвійна НБаза
5	III	Опорна База

Таблиця 1.2 – Таблиця матриці зв'язків

	X	Y	Z	Назва бази
1	1	1	0	ПодвійнаНБ
$\alpha$	1	1	0	
1	0	0	1	ОпорнаБ
$\alpha$	0	0	0	

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ З ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАДАНОЇ ДЕТАЛІ

На кресленні деталі «Важіль» до деталі пред'явлено деякі вимоги сумарних допусків форми та розміщення. Найжорсткіші технічні вимоги пред'явлено до поверхонь 35H11, Ø90f9. Для поверхні Ø90f9 допуск співвісності 0,05 мм відносно поверхні Д. Це необхідно для забезпечення параметрів точності розташування важеля відносно штоку виробу. Також для забезпечення правильного розташування в них пальця наявні допуски відхилень паралельності і симетричності розташування пазу 35 мм.

Креслення «Важеля» є представленим у трьох проєкціях з одним перетином та двома виносками. На поле креслення наявні технічні вимоги для виготовлення важеля. Вони зроблені у виді основного напису, умовних позначок, текста. Жорсткі вимоги пред'явлено до обробки ОКБ та виконавчих поверхонь важеля. Наведені відомості надають повну інформацію про особливості та конструкцію важеля.

Шорсткість обробок важеля також залежить від функціонального призначення поверхонь. Саме тому поверхні: 35H11, Ø90f9, Ø56H11, які мають контакт із деталями у складальному вузлі, виконані з шорсткістю 1,6 або 3,2. Інших додаткових вимог до якості обробки ми не бачимо, тому інші поверхні мають шорсткість обробки грубішу - 6,3 за ГОСТом 2.308 - 77.

Більшість розмірів виконано за 14 квалітетом, це відповідає вимогам до точності в хімічній та нафтовій промисловості машинобудування. До поверхонь 60H11, 56H11 та до інших поверхонь пред'явлено підвищені вимоги до точності виготовлення їх розмірів та форми, оскільки вони грають важливу роль у функціональному призначенні деталі. Такі розміри виконано за 11 або 9 квалітетами.

Точна та надійна робота механізму важеля забезпечується виконанням цих вимог. Не можна одержати необхідний точний та працездатний виріб, якщо буде

					ТМЗ 18190038-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

знижено точність виготовлення та якість поверхневого шару деталі. Але й завищення таких технічних вимог приводитиме до подорожчання виготовлення і це є неприпустимим моментом.

Також необхідно враховувати характери навантаження та напружень під час роботи важеля. Саме тому матеріалом деталі обрано сталь 40 ХН. Цю сталь призначають для важелів, валів, корпусів, шатунів, зубчастих коліс та інших важконавантажених виробів, що призначені для праці з вібраціями або динамічними навантаженнями, ударними коливаннями.

На кресленні важеля габаритні розміри зазначено досить правильно, вони відповідають тим розмірам, що рекомендовано у ряді розмірів. Їх обрано залежно від розмірів крана кульового конструктивно, розраховано виходячи з забезпечення працездатності виробу та його міцності.

Розглянемо хімічний склад сталі 40 ХН:

C: 0,44 – 0,36 %; Mn: 0,52 – 0,85 %; P и S: до 0,038 %; Si: 0,16 – 0,38 %; Ni: 1,2 – 1,5 %; Cu - не більш 0,35 %; Cr: 0,48 – 0,76 %.

Розглянемо технологічні властивості сталі 40 ХН:

Сталь є важкозварювальною, зварюється під флюсом. Потрібні підігрівання з наступною термообробкою. Матеріал сталі перетином до 6 мм може прохолоджуватися на повітрі, а від 52 до 215 мм – в мульді. Потребує охолодження з піччю при 205 до 320 мм.

Рекомендовані температури кування: с початку 1280<sup>0</sup> С, а в кінці - 840<sup>0</sup> С.

Рекомендовано невелике легування хромом – для підвищення червоностійкості та твердості матеріалу.

Зазвичай оброблюваність матеріалу різанням при гарячекатанному стані з твердістю HB 168 – 175 од.:  $\tau_B = 68 \text{ кгс/мм}^2$ ,

$\tau_B = 680 \text{ МПа}$ ,  $\tau_T = 48 \text{ кгс/мм}^2$ ;  $K_{\text{вб.ст.}} = 0,8$ .  $K_{\text{вт.в.сп.}} = 1,2$ ;

Сталь 40ХН має підвищення флокеночуткості, схильність до ударної крихкості при роботі.

										Лист
										14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						







### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВ І ФОРМ ЙОГО ОРГАНІЗАЦІЇ

Шуканий тип виробництва та відповідні форми організацій робіт визначають саме характер технологічних процесів та їх побудову.

Тому тип виробництва будемо визначати розрахунковим шляхом, використовуючи формули джерела [2].

За ГОСТом 3.1108-76 тип виробництв характеризують за допомогою коефіцієнта  $K_{зо}$  закріплення операцій. Цей коефіцієнт вказує відношення усіх наявних операцій технології виготовлення, що виконувані протягом одного місяця, поділене на кількість місць робочих у цеху [2]:

$$K_{зо} = \frac{\sum O_{оп}}{\sum P_{роб}}, \quad (3.1)$$

маємо  $\sum O_{оп}$  – це сума наявних операцій;  $\sum P_{роб}$  – це сума кількості робітників, які виконують свої операції.

В таблицю 3.1 будемо зводити вихідні дані з результатами розрахунків.

Маємо розрахункову кількість устаткування за операціями в цеху:

$$m_{роз} = \frac{N \cdot T_{ум}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{зн}} = 0,001 \cdot T_{ум},$$

де  $N=210$  шт. – це річна програма випуску деталей «Важіль»;

$F_d = 4029$  годин – це дійсний річний фонд часу роботи устаткування у цеху;

$\eta_{зн.} \approx 0,75 \dots 0,80$  – це нормативний коефіцієнт завантаження устаткувань:

Приймаємо  $\eta_{зн.} = 0,80$ .

Визначаємо фактичну величину коефіцієнту завантажень робочих місць:

$$\eta_{зфакт} = \frac{m_{роз}}{P}. \quad (3.2)$$

Визначення кількості операцій, що виконані на одному робочому місці в цеху:

$$O = \frac{\eta_{зн}}{\eta_{зфакт}} \quad (3.3)$$

Тоді

$$K_{зо} = \frac{102,9}{6} \approx 17,5$$

									Лист
									16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Тому маємо тип виробництва - середньосерійний.

Таблиця 3.1 – Дані для розрахунків типа виробництва

Номер з найменуванням операцій	$T_{шт., хв.}$	$m_{роз}$	$p$	$\eta_{зфакт}$	$O$
020 токарна	629,8	0,629	1	0,629	1,28
030 токарна	61,0	0,061	1	0,061	13,2
035 токарна з ЧПК	720,0	0,720	1	0,720	1,12
045 фрезерна з ЧПК	90	0,090	1	0,090	8,90
055 рад.-свердлильна	8,3	0,083	1	0,083	66,8
060 зубодовбальна	68	0,068	1	0,068	11,6
Сума загальна: $\Sigma$	1577,1	-	6	-	102,9

Визначення форми організації на виробництві згідно [2].

Шукана добова кількість деталей:

$$N_{суточ} = \frac{N}{254} = 0,89 \approx 1 \text{штук,}$$

при цьому 254 – кількість днів роботи за рік.

Далі знаходимо: число добової продуктивності нашої потокової лінії за завантаженням на відсотків 60:

$$Q_c = \frac{F_{суточ}}{T_{cp}} \cdot \eta_z = \frac{951}{261,6} \cdot 0,75 = 2,9 \approx 3 \text{штуки,}$$

де

$$F_{суточ} = \frac{60F\varnothing}{254} = \frac{60 \cdot 4029}{254} = 951 \text{хв}$$

де  $F_{суточ}$  – фонд добовий часу робочого обладнання на підприємстві [2].

$$T_{cp} = \frac{\sum T_{шт}}{n} = 261,6 \text{хв} -$$

$n$  – це прийнята кількість операцій обробки.

Порівнюючи  $N_{суточ} = 1 \text{ шт.} < Q_{суточ} = 3 \text{ шт.}$  можна робити висновки, що випуск за добу важелів менше ніж добова продуктивність лінії із завантаженнями на 60%. Тому видно, що одномоделна лінія потокова

недоцільна. Більш рекомендованою тоді буде форма організації виробництва – групова, а не потокова. Визначимо величину партії запуску заготовок.

Знаходимо кількість заготовок важелів у одній партії [2]:

$$N_{\text{парт}} = N_{\text{суточ}} \cdot a = 1 \cdot 29 = 29 \text{ штук.},$$

де маємо  $a = 29$  дн. – величина періодичності запуску заготовок важелів при виготовленні в цеху.

Корегуємо партію заготовок важелів шляхом визначення числа змін на обробку всієї партії заготовок важелів:

$$C = \frac{T_{\text{сп}} \cdot N_{\text{пар.}}}{F_{\text{зм}} \cdot \eta_{\text{зн.}}} = \frac{261,6 \cdot 22}{474 \cdot 0,75} = 17,2 \approx 18,0$$

де  $F_{\text{зм}} = \frac{F_{\text{дооб.}}}{\nu} = \frac{951}{2} = 474$  (хв) – величина фонду часу праці устаткувань в цеху [2];

$\nu = 2$  – це кількість в цеху змін. Маємо кількість деталей в одній партії:

$$N_{\text{пар.р.}} = \frac{F_{\text{ст}} \cdot C \cdot \eta_{\text{зн.}}}{T_{\text{сп}}} = \frac{474 \cdot 0,75 \cdot 18}{261,6} = 25 \text{ шт.}$$

Наведемо найбільш характерні параметри середньосерійного типу виробництва:

- Робочі в цеху місця спеціалізуються для виконання кількох закріплених постійно за ними операцій, що є близькими за технологічним характером.
- Розроблення технологічних процесів у вигляді маршрутно-операційних карт.
- Верстати використовують як універсальні, так і спеціальні.
- Середня кваліфікація працюючих робітників.
- Дотримання принципів взаємозамінності при обробці, при цьому устаткування розташовують за ходом процесу обробки заготовок важелів, що вимагають однаковий порядок обробки з точки зору технології.

#### 4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ВАЖЕЛЯ

Проведемо аналіз технологічності важеля за якісними параметрами [20]. За ГОСТом 14.302 – 78 технологічний процес розробляють для деталей, конструкція котрих була проаналізована на технологічність.

Якщо виконується умова максимальної продуктивності з найменшою собівартістю, то тоді конструкцію деталі вважають технологічною, та її оброблюваність стає можливою за мінімальні витрати.

Проведячи якісну оцінку, необхідно зробити аналіз конструкції деталі за матеріалом, з якої її виготовляють.

Матеріалом деталі є сталь 40ХН за ГОСТом 4543 - 71.

Розглянемо хімічний склад сталі 40ХН: С: 0,44 – 0,36 %; Мп: 0,52 – 0,85 %; Р і S: до 0,038 %; Si: 0,16 – 0,38 %; Ni: 1,2 – 1,5 %; Cr: 0,48 – 0,76 %;

Технологічними властивостями є: схильність сталі до відпускнуї крихкості, оброблювання різанням в горячекатанному стані з НВ 168 - 171;  $\sigma_s = 695$  МПа. Сталь володіє підвищеної флокенонуткістю.

Зробивши аналіз характеристик даного матеріалу, робимо висновок про можливу сталь - замітник. За призначенням та наявним характеристикам матеріалу найбільше підходять сталі типу 38ХА або 45Х.

Виходячи з економічних доцільностей використання заданої сталі та виходячи з перерахованих властивостей, можна зробити висновок, що за цими показниками деталь є нетехнологічною.

Згідно із заводською технологією заготовку одержують куванням на молотах. Ми пропонуємо заготовку важеля одержувати штампуванням на КГШП. Цим знижуються обсяги механічних обробок важеля, зменшується об'єм металу, що уходить в стружку при обробці, і дає можливість наблизити конфігурацію її до деталі в найбільшій мірі.

Деталь «Важіль» не є тонкостінною. Важіль достатньо твердий для можливості закріплення з наступною механічною обробкою. Деталь містить для

									Лист
									19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

базування з достатньою кількістю розвинених поверхонь. Тому за цим показником деталь можна вважати досить технологічною.

Поверхні, що вимірюються, є легко доступними. Розміри неробочих поверхонь - з широкими допусками, а поверхні важеля - значну шорсткість. Досить точні розміри інших поверхонь та їх висока чистота обробки, допуски взаємного розташування та форми – є обґрунтованими функціональним призначенням деталі у вузлі. Такі поверхні деталі одержано шляхом чистового точіння без круглого шліфування. Цим виключають точіння канав для виходів кола шліфувального.

На кресленні важеля більшість розмірів проставлено від однієї бази. Це полегшує процес контролю таких розмірів.

Обробка поверхні шліців є нетехнологічною, тому що вона не є наскрізною, та, як найбільш точна, потребує виконання канавки для виходів інструмента  $\varnothing 65 \times 12$  при обробці важеля. Також нетехнологічним є ексцентриситет осі отвору відносно осі пазу, що може викликати складнощі при точінні та обробці пазу 35H11, де потрібне використання спеціальних пристроїв та інструментів. Вищевказане є обумовленим функціональним призначенням деталі «Важіль», тому це виключає можливість зміни її форми та розмірів.

Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

										Лист
										20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМЗ 18190038-00 ПЗ

## 5 ВИБІР СПОСОБІВ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТІВКИ З РОЗРОБКОЮ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ

Заготовку «Важеля» на підприємстві отримують методом кування, це дає невелику точність розмірів з великими припусками на виготовлення. При цьому маємо значні витрати металу і це не зовсім вигідно. Більш доцільним для серійного виробництва було б застосування штампувань з КГШП. Результатом є підвищення продуктивності праці на існуючому виробництві.

При штампуванні формоутворення заготовки здійснюється спеціальним інструментом – штампом, що являє собою спеціальний вид обробки металу тиском. Існуючі конструкції штампів для КГШП дають менший зсув штампуєчих половинок, а також зменшують припуски на обробку більш ніж на 22%, а штампувальних ухилів майже у декілька разів. Тому з являється можливість виготовляти при куванні деталі дуже складних форм з чистою поверхнею (рівень шорсткості - приблизно  $R_z = 22-100$  ). І тому ми маємо збільшення важливого коефіцієнта використання металу.

Розрахунки методу штампування будемо робити згідно із ГОСТом 7505 – 85. Маємо індивідуальне нагрівання заготовки.

Вихідними даними заготовки важеля є:

Маса важеля – 7,500 кг.

Матеріал виготовлення заготовки – сталь 40ХН ГОСТ 4543-85,

Далі наведемо вихідні дані, що необхідні для розрахунків.

Маса заготовки з методом куванням (розрахункова) дорівнює 14 кг, при цьому маємо розрахунковий коефіцієнто  $K_{роз} = 2,0$ ;

Отримуємо масу перемноженням:  $7,5 \cdot 2 = 15,0$  ( кг).

Також група сталі заготовки буде М2.

Також клас точності заготовки – Пр. 2 (Т2).

Також ступінь складності заготовки – 34.

						ТМЗ 18190038-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			21





Для радіусу закруглення допуски, що незазначені – за розділом 5.26

Для розмірів з граничними відхиленнями невказаними – за розділом 5.6.

Для достатнього залишкового облою 1,2 мм – за розділом 5.9.

Для заусенців обираємо значення 5,3 мм – за розділом 5.12.

Для відхилень від площинностей – 0,8 мм – за розділом 5.16.

Маємо зсування за поверхнею рознімання штампів, що допускають – 0,82 мм – за таблицею 9.1.

Порівняння двох типів одержання виду заготовки: вільним куванням на молотах та методом штампування з КГШП.

Проведемо визначення вартості отримання заготовок [2]:

$$S_{загот} = \left( \frac{C_i}{1000} K_m Q_i K_v K_c K_n \right) - (Q - q) \frac{S_{відход}}{1000}, \quad (5.1)$$

$C_i$  – вартість однієї тони заготовок важелів,

$K_m$  – коефіцієнт з марки матеріалу заготовок важелів,

$S_{відход}$  – це вартість відхода заготовок важелів,

$K_c$  – коефіцієнт з групи складності заготовки важеля,

$K_r$  – коефіцієнт з класа точностей заготовки важеля,

$K_n$  – коефіцієнт, який залежить від обсяга виробництва на підприємстві,

$K_v$  – коефіцієнт з маси заготовок важелів,

$q$  – маса деталі важеля згідно з кресленням деталі «Важіль».

Виходячи з сучасних розцінок, знайдемо шукані коефіцієнти для двох варіантів одержання заготовок.

Тоді для собівартостей з масою поковки  $Q_{заг}$  не вище 22 кг матимемо  $C_1 = 21,7$  грн за 1 кг нашого металу.

З урахуванням цього знайдемо собівартість заготовок, що отримані різними методами. Обов'язково враховуємо збільшення величини припусків поковки у зрівнянні із штамповкою на КГШП:

$$Q_{шт} = 13,8 \text{ кг}, \text{ а тоді } Q_n = 21 \text{ кг}.$$

За наступною формулою знаходимо вартість поковки, куваної на молотах:

$$C_n = C_1 \cdot S \cdot z \cdot Gd, \quad (5.2)$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						23



Маємо  $C_1$ , де собівартість одного кілограму штампувальної заготовки,  
 $S$  відповідає коефіцієнту складностей форм заготовки важеля,  
 $z$  – це поправковий коефіцієнт на поковки,  
 $G_d$  – дорівнює масі поковки важеля.

В результаті маємо вартість штамповки на КГШП:

$$C_{шт} = C_1 \cdot S \cdot K_N \cdot G_d \quad (5.3)$$

$K_N$  – дорівнює коефіцієнту, що враховує річні обсяги випуску важелів.

Тоді для заготовок-тіл обертання та близьких до них за формою заготовок 1-ої групи складності будемо мати наступне:  $S=1,0$ ;  $K_N=1,0$ ;  $z=0,59$ .

В результаті розрахунків отримуємо:

$$C_{поковки} = 1,400 \cdot 1,00 \cdot 0,59 \cdot 21,0 = 19,6 \text{ (грн / кг),}$$

$$C_{штамповки} = 1,400 \cdot 1,00 \cdot 0,59 \cdot 13,8 = 14,9 \text{ (грн / кг).}$$

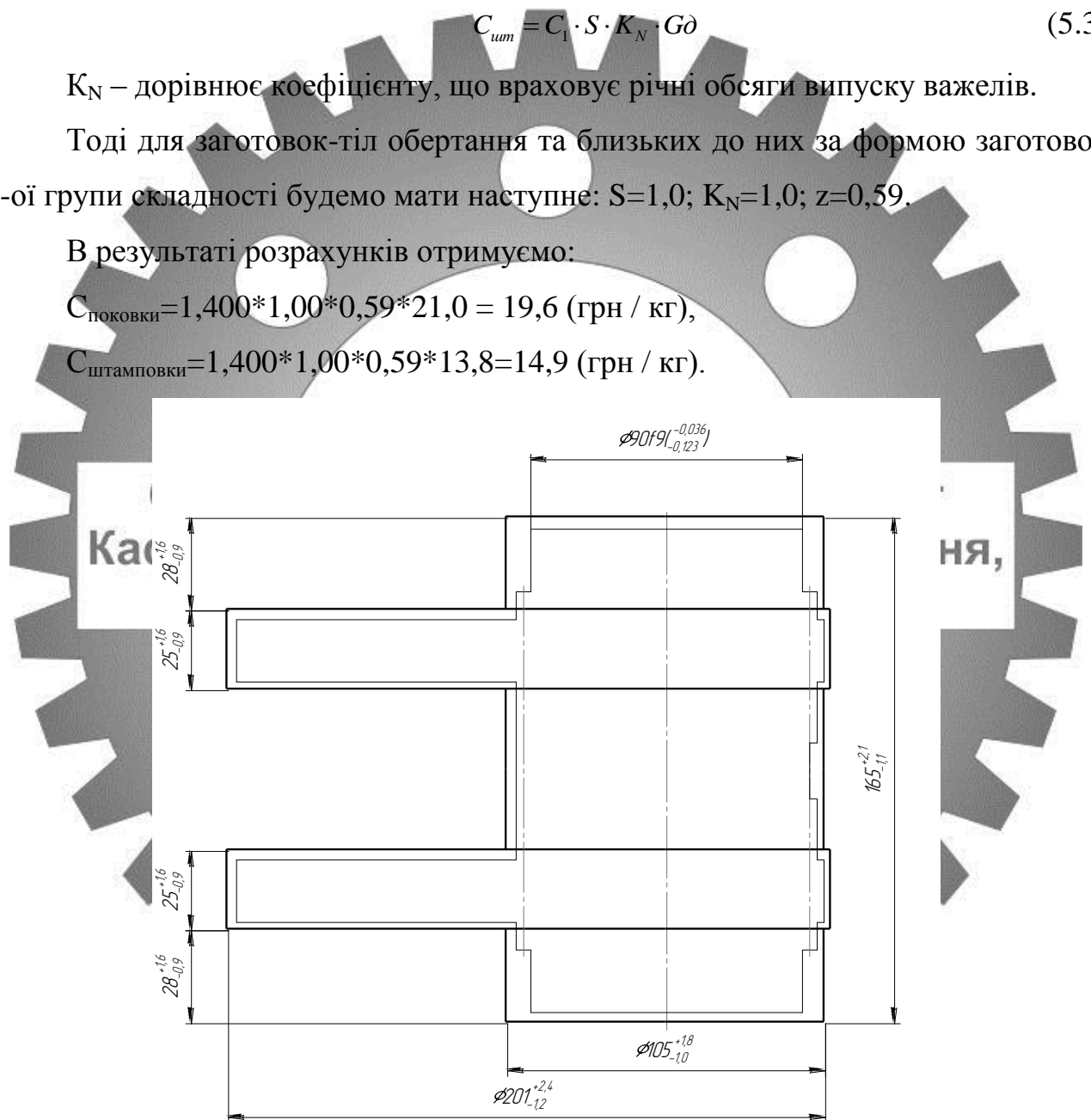


Рисунок 5.1 – Креслення штамповки «Важеля 1.1782.170.211»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМЗ 18190038-00 ПЗ

Лист

24

За матеріалами [2, табл. 2.7] та обов'язковим урахуванням на цей час існуючих розцінок на матеріали, маємо вартість відходу матеріалів:

$$S_{\text{отход}} = 285 \text{ гривень / за тону}$$

Визначаємо розрахункові вартості двох варіантів одержання заготовок шляхом підстановки цих значень:

Для штампованої на КГШП заготовки:

$$S_{\text{шт}} = (11,9 \cdot 15 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 0,87 \cdot 1) - (15 - 7,5) \cdot \frac{250}{1000} = 142,8$$

Для кованої на молотах заготовки:

$$S_{\text{м}} = (16,8 \cdot 21 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 0,87 \cdot 1) - (21 - 7,5) \cdot \frac{250}{1000} = 231,5 \text{ (грн)}$$

При порівнянні двох вартостей видно, що собівартість штамповки на КГШП більш низька у порівнянні з поковкою на молотах:

$$142,8 \text{ грн} < 231,5 \text{ грн}$$

Економія при отриманні заготовки методом штампування у порівнянні із методом кування на молотах:

$$E = (S_{\text{пок}} - S_{\text{штамп}}) \cdot N_{\text{річн}} = (231,5 - 142,8) \cdot 210 = 18627 \text{ (грн)}$$

## 6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО АБО ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ [20]

### 6.1 Розрахунки припусків на механічні обробки $\varnothing 90f9_{(-0,123}^{0,036)}$

Необхідний розрахунок допусків та припусків на діаметральні розміри ми робимо для одного з найбільш точних діаметрів, що взято з креслення «Важеля 1.1782.170.211» діаметр  $\varnothing 90f9_{(-0,123}^{0,036})$  мм. Необхідний розрахунок здійснюємо за комп'ютерною програмою під назвою «Rozrahunok priruskiv».

						ТМЗ 18190038-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			25

Автором використовуваного методу розрахунків на комп'ютері є професор В.М.Кован.

Шукані параметри поверхонь після кількох механічних обробок знаходимо за допомогою підказок програми.

В результаті видно, що припуски, знайдені аналітичним методом проф. Кована, є меншими за припуски, знайдені за ГОСТами (див. п.5), тобто цей метод дозволяє зменшити припуски на обробку.

Роздрук результатів розрахунків на комп'ютері наведено у додатку Б.

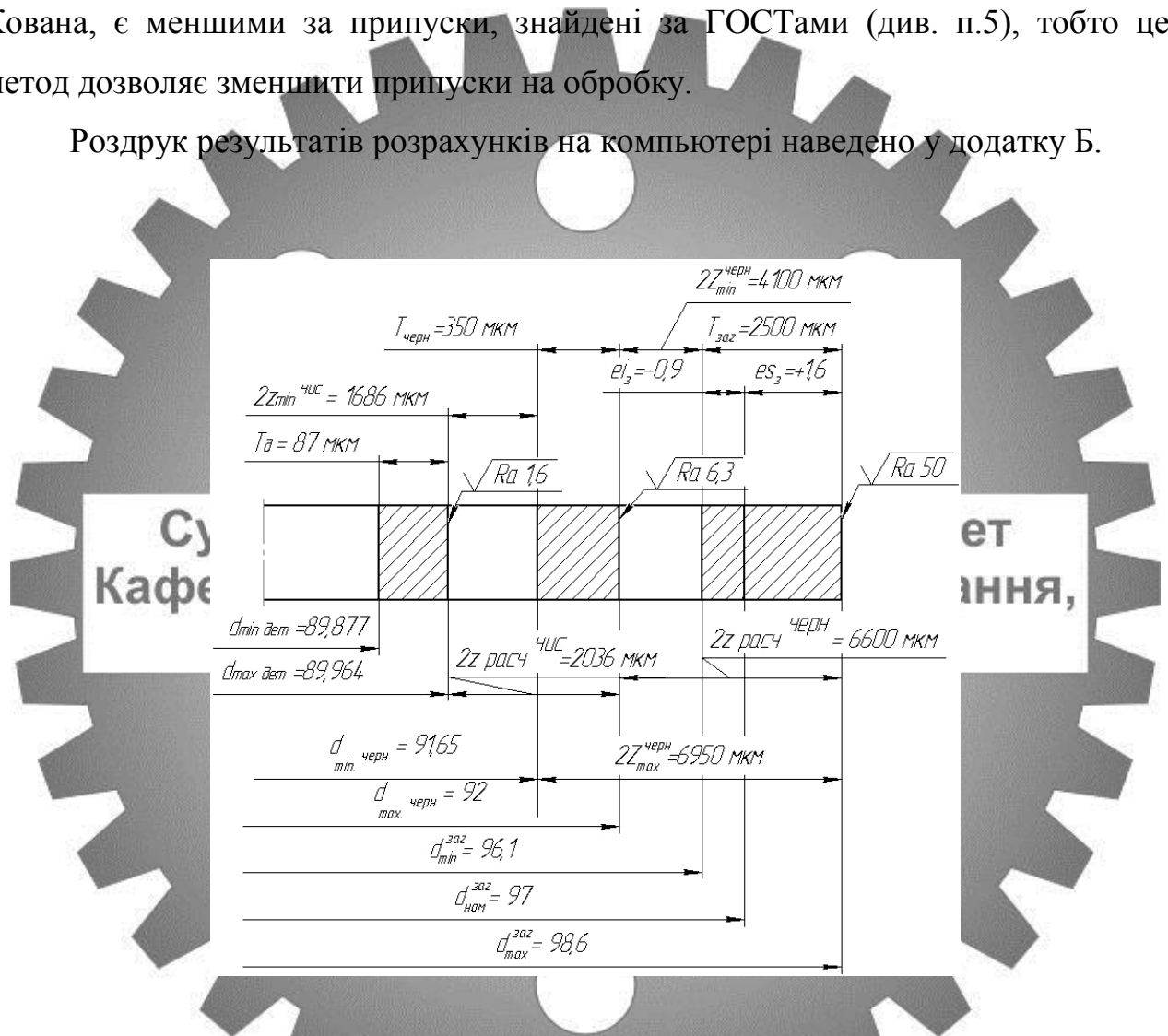


Рисунок 6.1 – Схема розміщення допусків з припусками при обробці діаметрального розміру  $\varnothing 90f9(-0.036/-0.123)$  важеля

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

## 6.2 Обґрунтування і вибір схем базувань та закріплень заготовки

Обґрунтування і аналіз можливих схем базування і закріплень заготовки важеля здійснюватимем для двох розглядаємих операцій технології обробки – радіально-свердлильної 055 та токарно-гвинторізної 020.

Виходячи з того, що при механічній обробці важеля заготовка повинна бути правильно зорієнтована відносно елементів Т-системи. Траєкторія рухів інструмента залежить саме від цього. Не менш важливим є і необхідність забезпечення нерухомості важеля відносно пристрою під час обробки.

Розглянемо операцію токарно-гвинторізну 020.

Деталь «Важіль» встановлюють у самоцентруючий трикулачковий патрон механізованим затиском кулачків.

Вибираємо головні базові поверхні:

На цю роль з усіх наявних поверхонь, що утворюють деталь, підходять дві діаметральні поверхні – 90 та 100.

Оскільки  $\varnothing 90$  найточніше оброблено (по IT9) і до того ж шорсткість поверхні є не гіршою  $Ra = 1,6$  мкм, то найкраще підходить саме ця поверхня. Вона не заважає доступу інструментів до оброблюваних поверхонь, та, вибрана за базову, вона позбляє важіль двох ступенів свободи, що відповідає подвійній опорній базі з точки зору теорії базування.

В якості установлюваної бази може виступати два торці заготовки.

Визначаємо можливі похибки базувань за варіантом №1:

$$E_{\delta A} = 0; E_{\delta H} = 0; E_{\delta C} = T_H = 1200 \text{ мкм}; E_{\delta B} = T_A = 750 \text{ мкм (рис. 6.2);}$$

$$E_{\delta C} = 0; E_{\delta H} = 0; E_{\delta A} = T_H = 1200 \text{ мкм};$$

$$E_{\delta B} = T_A + T_H = 1200 + 750 = 1950 \text{ мкм (рис. 6.3).}$$

Установ А

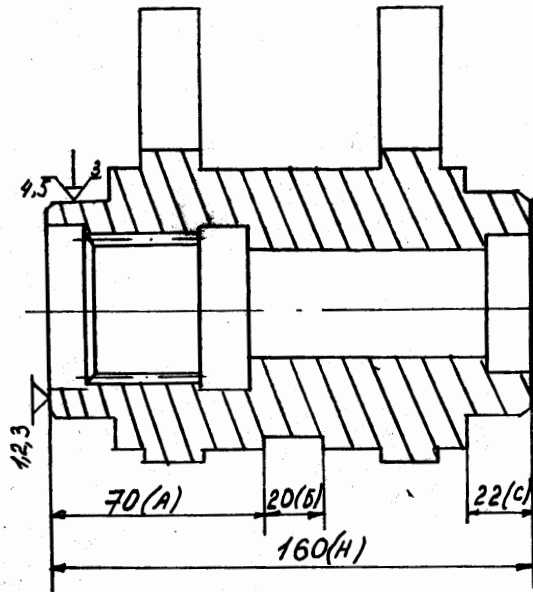


Рисунок 6.2 – Схема базування на установі А операції 020

Сумський державний університет  
Установ Б  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

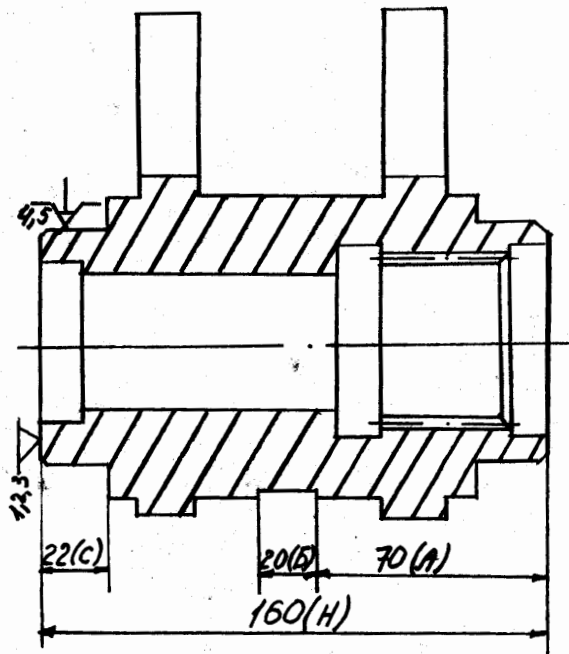


Рисунок 6.3 – Схема базування на установі Б операції 020

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМЗ 18190038-00 ПЗ

Лист

28

Складемо таблицю відповідності і таблицю матриці зв'язків при базуванні.

Таблиця 6.1 – Таблиця відповідності при базуванні на 020 операції

Зв'язки	Степінь свобод	
2, 1, 3	I, VI, V	Установлювальна Б
5, 4	III, II,	Подвійно-опорна Б
6	IV	Опорна Б

Таблиця 6.2 – Матриця зв'язків при базуванні на 020 операції

	X	Y	Z	
1	1	0	0	Установлювальна Б
$\alpha$	0	1	1	
1	0	1	1	Подвійно-опорна Б
$\alpha$	0	0	0	
1	0	0	0	Опорна Б
$\alpha$	0	0	0	

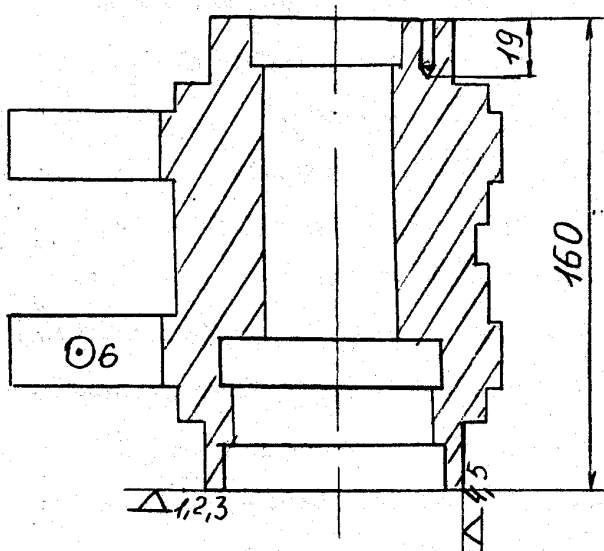
Наявні вимірвальна та технологічна бази для ряду розмірів не збігаються в другому варіанті, тому погрішність базування існують майже на всі розміри. На установі А ж дотримується відомий принцип сполучення баз, саме тому погрішність базувань буде меншою. Тому більш доцільним є застосування першої схеми базування важеля, де більше забезпечується задана точність при обробці.

Розглянемо операцію радіально-свердлильну 055.

При базуванні на радіально-свердлильній операції використовують торець заготовки, що встановлюють в машинних лещатах. Він не заважає доступу інструментів до оброблюваних поверхонь, та, вибраний за базову поверхню, він позбавляє важіль трьох ступенів волі, що відповідає установлювальній базі з точки зору теорії базування.

Обі поверхні  $\varnothing 90f9$  і  $\varnothing 65$  можуть грати функції подвійної опорної бази. Базування по пазу дає упирання важеля в одну точку, це позбавляє важіль однієї ступені волі: це є опорна база. Розрахуємо похибки базувань за різними варіантами:

Варіант №1

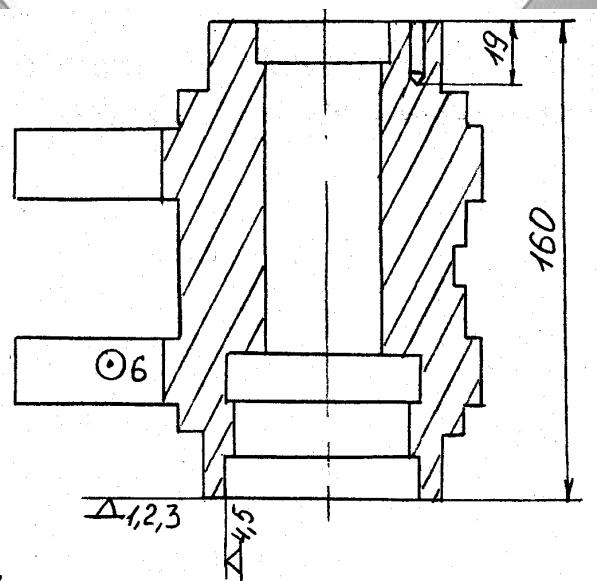


Сумський державний університет  
 Кафедра технології машинобудування,  
 верстатів та інструментів

$$E_{619} = T_{160} = 1000; E_{6160} = 0;$$

Рисунок 6.4 – Схема базування на 055 операції (I варіант)

Варіант №2



$$E_{619} = T_{160} = 1000; E_{6160} = 0;$$

Рисунок 6.5 – Схема базування на 055 операції (II варіант)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Похибки базування уздовж осі заготовки у першому та другому варіантах є однаковими. Вважаю, що доцільно в якості схеми базування важеля застосувати схему базування №1, оскільки заготовку базують за зовнішню циліндричну поверхню  $\varnothing 90$  і вона тому найбільш точно буде оброблена (за дев'ятим квалітетом), також шорсткість цієї поверхні гарна -  $Ra = 3,2$  мкм.

Тому виникає можливість багатоінструментальної обробки різних поверхонь важеля, а також це дозволяє обробити оптимальну кількість поверхонь різними інструментами за один прохід.

Схема базування №1 є вдалою за сприяння зручному базуванню і закріпленню деталі. Крім того виникає можливість подальшого використання дешевих верстатів та технологічного оснащення.

Таблиця 6.3 – Таблиця відповідності при базуванні на 055 операції

Зв'язки	Степінь свобод	
2, 1, 3	I, VI, V	Установлювальна Б
5, 4	III, II,	Подвійно-опорна Б
6	IV	Опорна Б

Таблиця 6.4 – Матриця зв'язків при базуванні на 055 операції

	X	Y	Z	
1	1	0	0	Установлювальна Б
$\alpha$	0	1	1	
1	0	1	1	Подвійно-опорна Б
$\alpha$	0	0	0	
1	0	0	0	Опорна Б
$\alpha$	0	0	0	



### 6.3 Вибір з обґрунтуванням металорізального верстата

Розглянемо 020 операцію токарно-гвинторізму.

На даній токарній операції застосовується токарно-гвинторізний верстат мод. 16К20. Це обґрунтовано невеликими розмірами заготовки та середньосерійним типом виробництва. При цьому забезпечується багатоінструментальна обробка різних поверхонь.

Технічною характеристикою та параметрами верстата моделі 16К20 є:

Найбільший діаметр заготовки, мм	
над станиною	420,0
над супортом	230,0
Розташування центрів на висоті, мм	220
Найбільший діаметр прутка, мм	
що у патроні	56
Довжина обробки, що найбільша, мм	728
Величина кроку різі, що нарізається:	
- метричної, мм	0,25-110
- модульної	0,50-116
- питчевої	50-0,26
- дюймової (кількість ниток на 1 дюйм)	50-0,26
Діаметр отвору шпинделю, мм	60
Величина діаметру патрона за ГОСТ 2678-89, мм	350
Величина перетину різця, мм	30x30
Частота обертання шпинделю, мм/об	15,0-1650
Конус отвора пинолі	Морзе 5
Внутрішній конус Морзе шпинделя	7
Величина потужності електропривода головного руха, кВт	11
Подача у мм/об:	
- поперечна	0,026-1,8

Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

- поздовжня 0,058-2,8

Розміри габаритні, мм

- довжина 2518

- висота 1535

- ширина 1168

Маса верстата, кг 2842

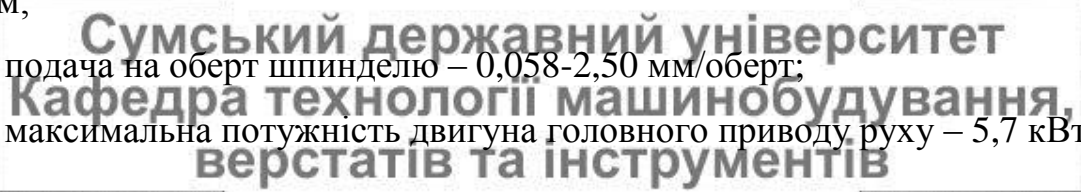
Розглянемо операцію радіально-свердлильну.

На операції 055 застосовують радіально-свердлильного верстата 2М55.

Верстат задовольняє усім необхідним параметрам обробки:

- найбільший умовний діаметр свердла при свердлінні по сталі – 50 мм;
- частоти обертань шпинделю – 25-2200 об/хв.;
- відстань від нижнього торця шпинделю до верхньої поверхні плити – 455-1650 мм;

- подача на оберт шпинделю – 0,058-2,50 мм/оберт;
- максимальна потужність двигуна головного приводу руху – 5,7 кВт.



6.4 Вибір з обґрунтуванням верстатних пристроїв, вимірювального та металорізального інструментів

Операція токарно-гвинторізна 020:

ми застосовуємо універсальні інструменти і пристрої. Закріплюємо заготовку в трикулачковому патроні діаметром 200 мм, що самоцентрує, клас точності Н. Позначення патрону -7100-0053 ГОСТ 2678-85.

Різальними інструментами є різець прохідний 2110 – 0071 ГОСТ 18879-78 (різець правий, з перетином  $h \times b = 25 \times 25$  мм, виконання 1; з кутом урізання пластини в стрижень  $0^\circ$  та у плані  $\varphi = 45^\circ$ , із пластинкою з твердого сплава Т5К10); різець відрізний 2135-0029 ВК8 ГОСТ 18886-79 (різець правий, перетину  $h \times b = 25 \times 18$  мм; виконання 2, з кутом у плані  $\varphi = 90^\circ$ ).

										Лист
										33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМЗ 18190038-00 ПЗ

З огляду на попередню обробку заготовки, то із вимірювальних інструментів застосовуємо тільки штангенциркуль ШЦ-II-200-0,1-ГОСТ 166-89.

Операція радіально-свердлильна 055:

заготовку закріплюють в лещатах 7825-0313 ГОСТ 4043-79 (виконання А типу 1).

Використовують на цій операції 2 свердла: свердло 2300-0015 ГОСТ 886-79 ( $\varnothing 3,3$  мм;  $l = 67$  мм) та свердло 2300-0024 ГОСТ 886-77 ( $\varnothing 4,2$  мм;  $l = 76$  мм).

Як вимірювальний інструмент використовують калібр-пробку  $\varnothing 3,3$  та калібр-пробку  $\varnothing 4,2$ , крім того штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

Спеціальний пристрій для виготовлення деталі застосовують тільки для нетехнологічного пазу 35Н11, при цьому використовують точне устаткування та інструмент - тому що деталь «Важіль» є складною у виготовленні та він є нетехнологічною деталлю.

**Сумський державний університет**  
**Кафедра технології машинобудування,**  
**верстатів та інструментів**

**6.5 Розрахунок та визначення режиму різання**

Згідно із завданням аналізуємо операцію токарно-гвинторізну 020.

На операції 020 точаться найбільші розміри заготовки. Матеріалом для обробки слугує сталь 40ХН з межами міцності  $\sigma_B = 689$  МПа. Маємо спосіб отримання заготовки – штамповка на КГШП.

Діаметр штамповки 204 мм, діаметр деталі по кресленню  $d=194$  мм, довжина 169 мм.

Назначимо верстат моделі 16К20 токарно-гвинторізний.

Наведемо дані верстату по паспорту:

- величина поздовжньої подачі на верстаті, мм / оберт:

0,05; 0,072; 0,082; 0,098; 0,12; 0,14; 0,16; 0,17; 0,18; 0,19; 0,2; 0,23; 0,24; 0,25; 0,29; 0,34; 0,38; 0,45; 0,49; 0,55; 0,58; 0,66; 0,75; 0,79; 0,85; 0,96; 1,05; 1,16; 1,25; 1,5; 1,59; 1,75; 1,95; 2,05; 2,14; 2,25; 2,45; 2,82; 3,14; 3,38; 3,85; 4,15.

- частоти обертів, об/хвил, шпинделя:

					ТМЗ 18190038-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

10,0; 18; 22; 28; 32,5; 40; 54; 65; 90; 104; 125; 150; 215; 260; 320; 460; 550; 650; 860; 1000; 1050; 1220; 1800; 2150.

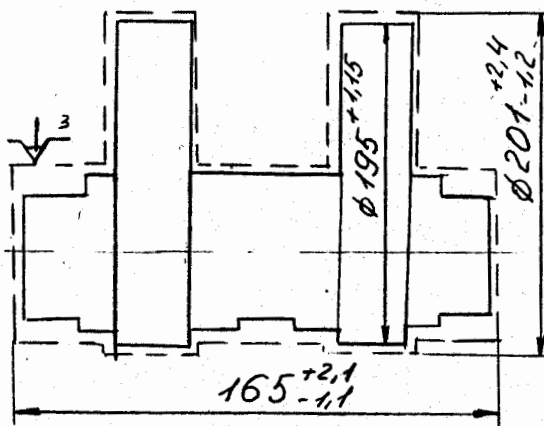


Рисунок 6.6 – Схема для операції 020

Осьова максимальна сила  $P_{\max}=6000$  Н; ККД  $\eta=0,8$ ;  $N_{\text{ел.}}=10$  кВт.

Закріплення заготовки приймемо у трикулачковому патроні.

Глибину різання на операції визначимо за формулами.

Припуск на обробку:

$$\Delta = \frac{D-d}{2} = \frac{201-195}{2} = 3(\text{мм})$$

На останньому переході глибина різання буде  $t_{\text{н.чис.}}=0,50$  мм. Одним проходом знімається весь другий припуск:

$$t_{\text{черн.}} = \Delta - t_{\text{н.ч.}} = 3 - 0,5 = 2,5 (\text{мм});$$

б) Знаходимо геометричні параметри різця.

Приймемо прохідний токарний різець, призначений для напівчистої і чорнової обробок, а саме правий з кріпленням багатогранної пластини; його кути  $\varphi=47^\circ$ ; кут  $\varphi_1=13^\circ$ . Товщину пластини знаходимо рівною 4,75 мм.

Твердий сплав Т15К6 –це матеріал частини пластинки. Умовне позначення багатогранної пластинки маємо таке: 1123-090609 ГОСТ 19079-89).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Орієнтовна чорнова подача 1,2-1,7 мм /об; глибина  $t = 2,6$  мм, перетин державки різця приймаємо як 20x25 мм, задній кут  $\alpha = 8^\circ$ , а значення переднього куту -  $\gamma = 11^\circ$ .

Вибиремо значення періодів стойкості різця:  $T_3 = 34$  хвилини.

Величину подачі знаходимо за таких значень:

-а) подача, що допускається міцністю механізму подачі:

$$S_{m.n.2} = \sqrt[0.75]{\frac{P_{m.n.2}}{4 \cdot C_p \cdot \left(\frac{K_{v2} \cdot C_{v2}}{T^{m2}}\right)^{np2} \cdot t^{xp2} \cdot K_{p2}}} = \sqrt[0.75]{\frac{6055}{4 \cdot 300 \cdot \left(\frac{346 \cdot 0,89}{32^{0,25}}\right)^{-0,35} \cdot 2,2^{1,2} \cdot 0,83}} = 2,2 \text{ (мм/оберт)}$$

-б) подача, що допускається міцністю державки різцевої:

$$S_{np1} = \sqrt[0.75]{\frac{H^2 B [\sigma_{uz}]}{60 \cdot C_{pz1} \left(\frac{C_v \cdot K_v}{T^m}\right)^{np1} \cdot K_p \cdot t^{xpi2} \cdot \alpha_{pц1}}} \quad (6.1)$$

Знаходимо  $H=26$  мм;  $B = 24$  мм;  $[\sigma_u] = 485$  МПа (державка - сталь 40Х ГОСТ);  $\alpha_{pц1} = 1,7$ ,  $H = 34$  мм;

$y_{pz} = 0,85$ ;  $x_p = 1,2$ ;  $np = -0,14$ ;  $C_v = 345$ ;  $C_{pz} = 315$ ;  $m = 0,3$ ;  $x_v = 0,16$ .

$$K_v = K_{mv1} \cdot K_{uv1} \cdot K_{nv1}; \quad (6.2)$$

де  $K_{uv1} = 1,1$  – коефіцієнт, що характеризує якість матеріалу різця.

$K_{nv1} = 0,85$  – коефіцієнт стана поверхонь заготовки важеля;

$K_{mv1}$  – коефіцієнт з якості матеріалу обробки:

$$K_v = 1,0 \cdot 0,85 \cdot 1,07 = 0,89$$

$$K_{\phi p} = 1,1; \quad K_{\gamma p} = 1,1; \quad K_{\lambda p} = 1,1; \quad K_{\tau p} = 0,95$$

$$K_{p1} = K_{\phi p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{m p} \cdot K_{\tau p}; \quad (6.3)$$

$$K_{mp1} = \left(\frac{\sigma_\epsilon}{755}\right)^n = \left(\frac{695}{755}\right)^{0,76} = 0,950$$

$$K_{mv1} = K_r \left(\frac{755}{\sigma_\epsilon}\right)^n = 1,0 \cdot \left(\frac{755}{692}\right)^{1,0} = 1,08$$

$$K_{p1} = 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 0,95 = 0,98;$$

$$S_{np.p1} = \sqrt[0,75]{\frac{22 \cdot 483 \cdot 28^2}{65 \cdot 315 \cdot 0,81 \left(\frac{340 \cdot 0,87}{30^{0,2}}\right)^{-0,15} \cdot 36 \cdot 2,3^{1,1}}} = \sqrt[0,75]{\frac{6225130}{3542678 \cdot 0,46}} = 5,38 \text{ (мм/оборот)}$$

-в) Подача, що допускається міцністю різальної пластинки різця:

$$S_{np.n.} = y_p \sqrt[0,75]{\frac{340 \cdot C^{1,35} \cdot \left(\frac{\sin 60}{\sin \varphi}\right)^{0,8}}{10 \cdot C_p \cdot \left(\frac{C_v \cdot K_v}{T^m}\right)^{np} \cdot t^{xp-0,77} \cdot K_p}} = \sqrt[0,75]{\frac{340 \cdot 4,76^{1,35} \cdot \left(\frac{\sin 60}{\sin 45}\right)^{0,8}}{10 \cdot 300 \cdot \left(\frac{340 \cdot 0,87}{30^{0,2}}\right)^{-0,15} \cdot 2,5^{1-0,77} \cdot 0,89}} = 2,1 \text{ (мм / об)}$$

-г) Подача, що допускається твердістю різця:

$$S_{ж.p.1} = \sqrt[0,75]{\frac{f_{p1} \cdot B \cdot E_{p1} \cdot H^3}{41 \cdot C_p \cdot t^{xp1} \cdot \left(\frac{C_{v1} \cdot K_{v1}}{T^{m1}}\right)^{np1} \cdot \alpha_{p1}^3 \cdot K_{p1}}} \quad (6.4)$$

$f_p = 0,12$  мм – це прогин інструменту;

$E_p = 2,1 \cdot 10^5$  М Па – величина модуля пружності державки різця.

$$S_{ж.p.} = \sqrt[0,75]{\frac{0,12 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 20 \cdot 25^3}{40 \cdot 300 \cdot \left(\frac{340 \cdot 0,87}{30^{0,2}}\right)^{-0,15} \cdot 2,5^{1,0} \cdot 0,89 \cdot 38^3}} = \sqrt[0,75]{\frac{62500 \cdot 10^5}{16526 \cdot 10^5}} = 5,89 \text{ (мм/об)}$$

-д) Подача, яку допускають твердість матеріалу заготовки важеля:

$$S_{ж.д.1} = \sqrt[0,75]{\frac{E \cdot I \cdot f_p \cdot \mu}{11 \cdot C_p \cdot \left(\frac{K_{v1} \cdot C_{v1}}{T^{m1}}\right)^{np2} \cdot t^{xp1} \cdot \alpha^{31} \cdot K_p}} = \quad (6.3)$$

$$= \sqrt[0,75]{\frac{0,22 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 12^4 \cdot 0,45 \cdot 186^5}{11 \cdot 300 \cdot \left(\frac{345 \cdot 0,85}{32^{0,25}}\right)^{-0,25} \cdot 2,3^{1,1} \cdot 0,88 \cdot 168^4}} = 1238 \text{ (мм / об)}$$

-е) Знаходимо економічну величину обертів шпинделя:

$$n_{E1} = \frac{1000 \cdot C_{v1} \cdot K_{v1}}{T^{m1} \cdot \pi \cdot D \cdot S^{y_1} \cdot t^{x_1}} = \frac{1000 \cdot 348 \cdot 0,89}{30^{0,2} \cdot 3,14 \cdot 215 \cdot 2,3^{0,45} \cdot 2,5^{0,23}} = \frac{284650}{2329,15} = 119 \text{ (об / хв.)}$$

Таке число обертів можна реалізувати на верстаті мод. 16К20, оскільки нерівність  $12,6 < 119 < 1800$  буде виконуватися.

-ж) Далі знайдемо економічну подачу, за яку прийемо подачу, яка буде найменшою серед тих, що допускаються – розглянутих раніш:

$$S_E = S_{\min 1} = \{1; 5,25; 5,65; 7,2; 8,5\}$$

Цю подачу, як видно, обмежено величиною міцності пластини різця.

Подача цілком реалізується на металорізальному верстаті моделі 16К20, тому що умова  $0,07 < 2,11 < 4,16$  тут виконується повністю.

Далі величину подачі за верстатом коректуємо:  $S_{T1} = 2,5$  мм / об.

-к) Величину подачі за потужністю верстата мод. 16К20 треба перевірити економічно:

$$S_{m.c.} = \sqrt[0,75]{\frac{N_s \cdot \eta \cdot 60 \cdot 1020 \cdot 1000}{10 \cdot C_p \cdot \left(\frac{C_v \cdot K_v}{T^m}\right)^{np} \cdot t^{xp} \cdot K_p \cdot \pi \cdot D \cdot n_s}} = \sqrt[0,75]{\frac{10 \cdot 0,8 \cdot 60 \cdot 1020 \cdot 1000}{10 \cdot 300 \cdot 0,47 \cdot 2,5 \cdot 0,87 \cdot 3,14 \cdot 201 \cdot 122}} = 0,78 \text{ (мм/об)}$$

Оскільки  $S_{m.c.} < S_{T1}$ , то технологічну розрахункову подачу прийемо  $0,780$  мм/об. Зкорегуємо її за верстатом:  $S = 0,76$  мм / об.

Знаходимо число обертів, яке допускається за потужністю верстата мод. 16К20:

$$n_{m.c.3} = \sqrt[1+np]{\frac{60 \cdot 1025 \cdot N_{E3} \cdot \eta}{10 \cdot C_p \cdot S^{np3} \cdot t^{xp3} \cdot \left(\frac{\pi \cdot D}{1000}\right)^{1+np3} \cdot K_{p3}}} = \sqrt[0,87]{\frac{60 \cdot 1025 \cdot 12 \cdot 0,85}{10 \cdot 345 \cdot 2,4 \cdot 0,81^{0,76} \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 209}{1000}\right)^{0,95} \cdot 0,85}} = 104,2 \text{ (об/хв)}$$

Згідно з даними коробки швидкостей верстату мод. 16К20 знайдемо  $i = 12$ . Після корегування по верстату:  $n_a = 100$  об / хв.

Визначаємо далі найбільшу продуктивність. Маємо величину подачі за 12-м щаблем:

$$S_{M10,1} = n_{a,1} \cdot S_{t,d,1} = 0,82 \cdot 12,0 = 9,84 \text{ мм / хв.}$$

Знаходимо тепер величину подачі технологічної розрахункової для кожного з наступних щаблів подач:



$$S_{t,p.(i+p)-4} = \sqrt[yp]{\frac{N_{E4} \cdot \eta \cdot 65 \cdot 1030}{10 \cdot C_p \cdot n_{(10+p)-4}^{1+np-4} \cdot t^{xp4} \cdot K_{p4} \cdot \left(\frac{\pi \cdot D}{1000}\right)^{1+np-4}}} = \frac{A}{\sqrt[yp]{n_{(10+p)-4}^{1+np-4}}} \quad (6.4)$$

$$A = \sqrt[yp]{\frac{60 \cdot 1030 \cdot N_{E-5} \cdot \eta}{10 \cdot C_{p5} \cdot t^{xp5} \cdot K_{p5} \cdot \left(\frac{\pi \cdot D}{1000}\right)^{1+np-5}}} = \sqrt[0,75]{\frac{12 \cdot 0,83 \cdot 60 \cdot 1030}{10 \cdot 343 \cdot 2,4 \cdot 0,81 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 218}{1000}\right)^{0,95}}} = 14,2$$

$$S_{t,p.11-5} = \frac{14,2}{\sqrt[0,75]{120^{0,95}}} = 0,06 \text{ (мм / об)}$$

$$S_{M.11-5} = n_{d-5} \cdot S_{t,d-5} = 120 \cdot 0,06 = 8,15 \text{ (мм / хв)}$$

Таблиця 6.5 – Таблиця режимів різання

Номер ступені	n, оберт/хв.	Подачі, мм / оберт.		S <sub>хв</sub> , мм/хв.	Примітки
		S <sub>гп</sub>	S <sub>гд</sub>		
11	100	-	0,70	14,1	оптимальні режими
12	125	0,07	0,07	8,14	

Найбільш оптимальним буде щабель  $i = 12$  саме для вибору найбільшої продуктивності праці:

$$S_{\text{опт.}} = 0,70 \text{ мм / оберт}; n_{\text{опт.}} = 125 \text{ об / хв.}; S_{\text{хв}} = 78 \text{ мм / хв.}$$

Знайдемо тепер швидкість різання розрахункову:

$$V_{\text{онм}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{онм}} \cdot D}{1000} = \frac{3,14 \cdot 215 \cdot 120}{1000} = 67,1 \text{ (м / хв)}$$

Тепер знаходимо оптимальну стойкість різця:

$$T_{\text{онм1}} = \sqrt[m]{\frac{K_v C_v}{V_{\text{онм1}} \cdot t^{xv1} \cdot S_{\text{онм}}^{yv1}}} = \sqrt[0,2]{\frac{0,85 \cdot 335}{64,1 \cdot 0,71^{0,40} \cdot 2,4^{0,25}}} = 91,4 \text{ (хв)}$$

За стійкістю  $Z$  коефіцієнт використання інструменту такий:



$$K_{T1} = \frac{T_{onm1}}{T_{T1}} = \frac{91,4}{30} = 3,2 > 1$$

Знаходимо силу різання за такою формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot S^{xp1} \cdot t^{xp1} \cdot V^{np1} \cdot K_p = 10 \cdot 345 \cdot 0,76^{0,78} \cdot 2,6^{1,1} \cdot 63,9^{-0,14} \cdot 0,9 = 7139 \text{ (к Н.)}$$

Знаходимо потужність різання за такою формулою:

$$N_{p1} = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020} = \frac{7139 \cdot 65,4}{61200} = 7,73 \text{ (к Вт)}$$

Знаходимо коефіцієнт використань обладнання за його потужністю:

$$K_{N1} = \frac{N_{p1}}{N_{E1} \cdot \eta} = \frac{7,7}{13,5 \cdot 0,89} = 0,95$$

Оскільки маємо  $1,0 > K_{N1}$ , тоді знайдений режим різання може бути реалізованим на верстаті мод. 16К20.

с) Знаходимо час машинний обробки:

$$T_o = \frac{l_{p\_summ}}{S_{M1}} = \frac{l^I + l^{II} + \alpha}{S_{M1}} \quad (6.5)$$

$$l^{II}k = 2,0 \text{ мм}, \quad l^Ik = \operatorname{ctg} \varphi \cdot t = \operatorname{ctg} 45^\circ \cdot 5 = 5 \text{ (мм)}$$

$$\text{Маємо } T_o = \frac{3 + 162 + 5}{76} = 2,41 \text{ (хв)}$$

Тоді для чорнового точіння знайдемо режими обробки:

$$t = 2,5 \text{ мм}; \quad S = 0,78 \text{ мм / оберт};$$

$$V = 68,5 \text{ м / хв.}; \quad n = 125 \text{ об / хв.}; \quad T_o = 2,42 \text{ хв.}$$

Для чистового точіння буде режим обробки:

$$T_{\text{чист}} = 0,42 \text{ мм};$$

$$D_{\text{чист}} = D - (2 \cdot t_{\text{чорн.}}) = 202,8 - 2 \cdot 2,5 = 198 \text{ мм}; \quad (6.6)$$

Допуск тоді дорівнюватиме 1252 мкм.

Величина прогину заготовки при  $N = 212 \text{ м / хв.}; \quad T_E = 61 \text{ хв.}:$

$$f_{\text{дл}} = \frac{1}{3} d \cdot T = \frac{1250}{3} = 0,43 \text{ мм};$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Проводимо розрахунок режимів різання табличним методом для окремого переходу цієї операції, а саме для підрізання торця заготовки.

Величина глибини різання дорівнює виразу:

$$t = \frac{D1 - D2}{2} = \frac{167 - 166}{2} = 0,50 \text{ мм}$$

Для проходу першого визначаємо подачу:  $S = 0,8 \div 1,1$  мм / оберт.

Тоді  $S = 0,85$  мм/оберт.

Величина швидкості різання дорівнюватиме:

$$V_{T1} = 115 \text{ м / хв.}$$

$K_v = 1,1$  - поправочний коефіцієнт технологічної системи;

$K_{mv} = 1,14$  поправочний коефіцієнт матеріала важеля;

$$\text{Тоді } V_{расч.} = 117 \cdot 1,15 = 134,55$$

Знайдемо силу різання при обробці:

$$2M_{крт} = 1270 \cdot 2 = 2540,0 \text{ (Н·м)}$$

$$P_{Zr} = 6125 \text{ Н}$$

$K_{вр}$  - це значення поправкового коефіцієнта, дорівнює 0,850;

$$\text{Тоді } 2M_{кр} = 2540 \cdot 0,85 = 1048,2 \text{ (Н·м)}$$

$$P_{Zr} = 6200 \cdot 0,83 = 5146 \text{ Н}$$

Знаходимо значення осьової сили:

$$P_x = P_{x табл.} \cdot K_{\gamma_{px}} \cdot K_{\lambda_{px}} \cdot K_{ум} \quad (6.7)$$

$$P_x = P_{x табл.} = 2200 \cdot 2 = 4400 \text{ (Н)}$$

$$\text{Тоді } P_{x табл.} = 4400 \text{ Н}$$

$$K_{ум} = 1,1;$$

$$K_{\lambda_{px}} = 1,1$$

$$K_{\gamma_{px}} = 1,1$$

Частоту шпиндельних обертів знаходимо так:

$$n_{расч.} = \frac{1000 \cdot V_{расч.}}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 134,55}{3,14 \cdot 195} = 219,7 \cdot 1,1 = 242,34 \text{ (об / хв)}$$

										Лист
										42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМЗ 18190038-00 ПЗ					

Проведемо за паспортом верстата коректування:  $n_1 = 250$  (об/ хв)

Шляхом перерахунку уточнюємо величину швидкості різання:

$$V = \frac{\pi \cdot n \cdot D}{1000} = \frac{3,14 \cdot 188 \cdot 250}{1000} = 124,34 \text{ (м / хв)}$$

Тепер знайдемо потужність різання при обробці:

$$N_{\text{табл.}} = 10 \text{ кВт} \cdot 1,2 = 12 \text{ кВт}$$

$$K_1 = 1,2$$

Отримане значення задовольняє даними паспорту обладнання 16К20.

Знаходимо значення основного часу обробки:

$$T_o = \frac{\alpha + l_{\text{вр.}} + l_{\text{пер.}}}{n \cdot S} \quad (6.8)$$

Знаходимо величину  $\alpha = 171$  мм;

Знаходимо величину врізання і перебігу:  $l_{\text{переб}} = l_{\text{врізан}} = 8$  мм. Маємо:

$$T_o = \frac{171 + 8 + 8}{250 \cdot 0,85} = 1,12 \text{ хв.}$$

Тоді режими різання получимо такі:

$$T_o = 1,12 \text{ хв.};$$

$$V = 124,30 \text{ м/хв.};$$

$$t = 0,25 \text{ мм};$$

$$n = 240 \text{ об/хв.}$$

$$S = 0,86 \text{ мм/об.};$$

Операція радіально-свердлильна 055.

Свердлиться глухий отвір діаметром 4,2 мм з глибиною отвору 20 мм.

Метод отримання заготовки - штаповка на КГШП, а матеріал - сталь 40ХН ГОСТ4543-79, межі міцності  $\sigma_b = 695$  МПа.

Обираємо обладнання типу радіально-свердлильний мод. 2М55. Він має 50 мм максимально для свердління у сталях; коефіцієнт корисної дії верстату  $\eta = 0,87$ ; максимальна потужність електричного двигуна головного привода 6,2 кВт;

					ТМЗ 18190038-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

конус Морзе отвору шпинделя використовується № 5; величина найбільшої сили подач 24 МН. Дані верстата 2М55:

Частоти обертання шпинделю – 24 - 2450 об / хв.

Діапазон подач - 0,062 - 2,6 мм / оберт.

Обираємо різальний інструмент – це свердло спіральне діаметром 4,2 мм. Швидкорізальна сталь Р6М5 ГОСТ 885-89.

Маємо геометрію заточування: кут нахилу поперечної кромки зі стандартним заточенням:  $\alpha = 12^\circ$ ;  $\omega = 32^\circ$ ;  $\psi = 54^\circ$ ;  $f_{v1} = 0,42$ ;  $2\phi = 118^\circ$ ;  $2\phi_0 = 72^\circ$

Кромка є подвійною з підточуваними поперечними кромками та суцільною стрічкою [5].

Довжина загальна свердла 118 мм. Величина робочої довжини свердла  $l = 79$  мм;

Робимо розрахунок глибини різання при свердлінні:  $t = \frac{D}{2} = \frac{4,20}{2} = 2,10$  (мм).

Призначимо стійкість далі вибраного свердла при обробці вуглецевої сталі свердлом із сталі Р6М5 будемо мати стійкість  $T_s = 14$  хв.

Находження величини подачі при свердлінні.

При жорсткій технологічній системі з свердлінням отворів глибиною  $l < 5D$  в сталях типу 40Х ГОСТ4543-79 з твердістю НВ = 177  $\sigma_{B1} = 696$  МПа та та діаметрах свердел 4-5 мм є рекомендованою подача величиною 0,10-0,15 мм/оберт. [5, с. 276]. Приймаємо  $S_{таб.} = 0,13$  мм/об. Тоді з урахуванням нерівності  $l < 5D$  поправочний коефіцієнт на подачу приймаємо рівним  $K_{1s} = 0,90$ ; з метою нарізання різі для досягнення більш високої якості отвору –  $K_{os} = 0,6$ . Маємо в результаті  $S_{д.} = 0,13 \cdot 0,90 \cdot 0,6 = 0,058$  мм/об.

Корегування проведемо за паспортом обладнання 2М55:  $S = 0,056$  мм/об.

Тепер перевіримо подачу за міцністю свердла. Подача, що допускається прочністю інструмента, дорівнює:

$$S_{пр.с.2} = \cdot K_{os} \cdot D^{0,6} C_s \cdot K_{сф} = 0,058 \text{ (мм/оберт)},$$

$$C_s = 0,061,$$

$$S_{пр.с.2} = 0,061 \cdot 4,3^{0,65} \cdot 0,89 \cdot 0,4 = 0,055 \text{ (мм / об)}$$

										Лист
										44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Умова витримується, оскільки  $0,055 < 0,058$ .

Прийняте значення подачі тепер перевіримо за осровою силою, що допускається міцністю механізму подач верстата 2М55. Визначаємо при цьому величину осевої сили:

$$P_{o1} = 10 \cdot S^y \cdot C_p \cdot K_p \cdot D^q, \quad (6.9)$$

Тоді  $C_p = 65$ ;  $q = 1,2$ ;  $y = 0,74$ ;

$$K_p = K_{m.p.} = \left( \frac{\sigma_s}{755} \right)^n = \left( \frac{685}{755} \right)^{0,75} = 0,95$$

Величина осевої сили:

$$P_{o1} = 10 \cdot 65 \cdot 4,3^{1,2} \cdot 0,056^{0,74} \cdot 0,95 = 354,4 \text{ (Н)}$$

Оскільки  $25 < 354,4$ , то бачимо, що умова прочності механізму подачі дотримано, тобто подача  $S = 0,056$  мм/оберт. є допустимою.

Визначаємо тепер величину швидкості різання при свердлінні:

$$V_{25} = \frac{C_{v6} \cdot D^{q_6}}{7^{m_6} \cdot S^{y_6}} \cdot K_{v6} \quad (6.10)$$

$$y=0,5; m=-0,28; q=0,28; C_v=7,03.$$

$$T = 14,5$$

$$K_v = K_{uv} K_{ev} K_{mv} \cdot K_{nv}, \quad (6.11)$$

$K_{mv}$  – є коефіцієнтом властивостей матеріалу обробки.

$$K_{mv6} = K_r \left( \frac{755}{\sigma_s} \right)^{mv6} = 1,0 \left( \frac{755}{685} \right)^{0,29} = 1,1$$

Згідно [5],

$K_{uv} = 1,1$  – є коефіцієнтом властивостей матеріала свердла;

$K_{nv} = 1,10$  - є коефіцієнтом стана поверхонь деталі;

$K_{ev} = 0,77$  – є коефіцієнтом глибини свердління у сталі;

Тоді  $V = 41,1$  (мм/хв).

Знайдемо значення частот обертань шпинделю верстата 2М55:

$$n = 2631 \text{ (об/хв)}$$

Прийmemo по паспорту  $n_d = 2550$  об/ хв.

Крутний момент та величина потужності, що затрачується різанням при свердлінні.

Величину крутного моменту знайдемо за формулою:

$$M_{кр} = 10 \cdot S_y^y C_m \cdot D \cdot K_p, \quad (6.12)$$

$$q = 2,1; C_m = 0,03449; v = 0,83;$$

$$K_{mp} = K_{p1} = 0,935$$

Потужність при свердлінні дорівнюватиме 0,35 кВт.

Визначаємо достаточність потужності приводу при свердлінні.

Свердління може проводитися, якщо виконується умова така:

$$N_{різ} \leq N_{мп1}$$

$$\text{Де } N_{мп1} = \eta \cdot N_{ел} = 0,83 \cdot 5,5 = 4,98 \text{ (кВт)}.$$

Тоді зробимо висновки, що обробка можлива ( $0,35 < 4,98$ ).

Знаходимо машинний час:

$$T_o = \frac{L_{p2}}{S_o \cdot n_o} \quad (6.13)$$

$$\text{де } L_{p3} = L'' + L + L'$$

$L'' = 2,2$  мм – величина перебігу інструмента;

$L' = 2,12$  мм – величина врізання інструмента;

$$L_{p2} = 18 + 2,12 + 2,2 = 22,32 \text{ (мм)}.$$

Знаходимо, що  $T_{осн} = 0,21$  хв.

Режими різання дорівнюватимуть:

$$n = 2150 \text{ об / хв}; S = 0,062 \text{ мм / об};$$

$$T_{осн} = 0,21 \text{ хв}; V = 24,1 \text{ м / хв}$$

Табличним методом зробимо розрахунок режиму різання на цю операцію.

Виконується свердління отвору  $\varnothing 3,40$ .

- Глибина різання дорівнює

$$t = \frac{D}{2} = \frac{3,4}{2} = 1,7 \text{ мм}.$$

- Визначимо подачі:

Згідно [4, с. 103] визначимо величину подачі.

$$S_{об} = 0,08 - 0,22 \text{ мм / об}$$

Приймаємо подачу  $S = 0,090 \text{ мм / об}$ .

- Тепер визначаємо швидкість різання:

$$V_{табл} = 31 \text{ м/хв. Тоді}$$

$$V_{розрах} = V_m \cdot K_{увт} \cdot K_{мвт} \cdot K_{лвт} ; \quad (6.14)$$

де  $K_{мвт}$  - є поправочним коефіцієнтом по механічним характеристикам=1,10;

$K_{ув}$  є поправочним коефіцієнтом по маркці інструмента=1,00;

$K_{lv}$  є поправочним коефіцієнтом на довжину отвору=1,10.

Маємо розрахункове значення швидкості  $V_{розрах} = 31 \text{ м/хв}$ .

- Знаходимо частоту шпинделя обертання верстата 2М55:

$$n = 2432 \text{ оберт/хв,}$$

зробимо коректування по паспорту:  $n = 2250 \text{ оберт/хв}$ .

Потрібно уточнити значення швидкості різання:

$$V_{ут} = 22,3 \text{ м / хв}$$

Потужність різання знаходимо за довідником:

$N = 0,85 \text{ кВт}$  [4, с. 105]. Маємо  $N = 5,6 \text{ кВт}$ , тому режими різання на даному верстаті здійснити можна.

Знаходимо величину основного часу обробки

$$T_0 = \frac{l_1 + l}{sn} \cdot i, \quad (6.15)$$

Визначаємо, що  $T_0 = 0,121 \text{ хв}$ .

Маємо режими різання для свердління:

$$S = 0,090 \text{ мм/оберт;}$$

$$t = 1,60 \text{ мм;}$$

$$V = 22,3 \text{ м/хв;}$$

$$n = 2250 \text{ об/хв.}$$

$$T_0 = 0,121 \text{ хв;}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



## 6.6 Технічні нормування розглянутих операцій

Токарно-гвинторізна операція 020.

А. Пишемо формулу основного часу на обробку при точінні:

$$T_o = 1,17 + 2,32 + 1,03 = 3,53 \text{ хв}$$

Б. Пишемо формулу допоміжного часу при точінні:

$$T_{доп} = T_{вст} + T_{вим} + T_{пер} \quad (6.16)$$

$T_{пер} = 0,41$  хв – час з переходом [6];

$T_{вст} = 0,51$  хв – час на встановлення знятої деталі;

$T_{доп} = 0,51 + 0,41 + 0,22 = 1,14$  хв.

$T_{вим} = 0,22$  хв – час вимірювання на операції;

В. Пишемо формулу часу з обслуговувань місць робочих:

$$\alpha_{обсл} = 3,6 \% - \text{від } t_{оп}$$

$$T_{об} = (T_o + T_{доп}) \cdot \frac{\alpha_{обсл}}{100} \quad (6.17)$$

$$T_{об} = (3,53 + 1,10) \cdot \frac{3,6}{100} = 0,14 \text{ хв}$$

Г. Пишемо формулу часу підготовчо-заключного при точінні:

$T_{п-з1} = 14,2$  хв [6, с.72] – час налагоджень верстатів, пристрів, інструментів.

$T_{п-з2} = 8,2$  хв – час на одержання пристрів і інструментів до початку роботи та здавання оснастки після закінчення работ;

$T_{п-з3} = 6,2$  хв – часи на додатковий прийом при обробці важеля;

Маємо як результат:  $T_{п-з} = 14,2 + 8,2 + 6,2 = 28,6$  (хв.)

Д. Пишемо формулу часу особистих потреб та відпочинку:

$\alpha_{отд} = 4 \%$  - беремо процент від оперативних часів;

$$T_{від} = (T_o + T_{доп}) \cdot \frac{\alpha_{отд}}{100} \quad (6.18)$$

$$T_{від} = (3,48 + 1,14) \cdot \frac{4}{100} = 0,17 \text{ (хв.)}$$

Е. Маємо формулу штучно-калькуляційного часу на операції:

										Лист
										48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						





## Шорсткість оброблених поверхонь

На кресленні деталі загальна шорсткість обробки поверхонь зазначена та має  $R_a=6,3$  мкм величини.

7.3 З'ясування якісних й кількісних даних про заготовку, що надходить на задану операцію

На цю фрезерну операцію заготовка надходить майже вже обробленою. Оброблений матеріал важеля - це сталь 40ХН ГОСТ 4345-89. Вага заготовки при цьому дорівнює 16 кг. Деталь досить тверда, оброблюваність її не є достатньою. Поверхні заготовки, що є тілом обертання, не досить розвинені, проте циліндричну поверхню  $\varnothing 195$  можна буде прийняти за базову. Від неї на кресленні проставлено розмір пазу.

Точність форми базових поверхонь  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів  
Допуски циліндричності та круглості у технічних вимогах та на кресленні важеля не зазначено, саме тому їх можна установити в межах допусків на відповідні розміри за кресленням:

$$T_{\varnothing 195} = 1130 \text{ мкм} = 1,13 \text{ мм.}$$

Для точності А геометричної згідно до ГОСТу, допуск шуканий дорівнює 0,55 мм; або допуск циліндричності  $T_{f/0/} = 0,55$  мм, це відповідає ступеню точності 13.

## Точність розмірів базових поверхонь

Для діаметра 195 мм за квалітетом ІГ14 маємо  $\varnothing 195_{-1,15}$ . Цей допуск є стандартним за величиною згідно до ГОСТу.

## Точність розташування базових поверхонь

									Лист
									51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					











Діаметр 90 мм буде підходити найкраще з точки зору, оскільки вона є найбільш точно оброблена –ІТ 9 квалітет з шорсткістю  $Ra = 1,6$ . Проте більш доцільніше з деяких міркувань прийняти за базову інший діаметр 195 мм; це вимірювальна база величини глибини паза. Принцип поєднання баз буде виконаним - сполучення вимірювальної та технологічної баз. Поверхня діаметром  $\varnothing 195$  мм, що була прийнята нами за головну, тепер позбавляє заготовку важеля 4 ступенів волі, тобто вона слугує подвійною напрямною базою.

Два торця важеля можуть бути опорними базами. Знаходимо похибку для першого варіанта базування важеля.

$$\varepsilon_{\delta 70,0} = T_{160} = 1200,0 \text{ (мкм)}; \varepsilon_{\delta 160,0} = 0;$$

$$\varepsilon_{\delta 20,0} = T_{160,0} + T_{70,0} = 1200,0 + 750,0 = 1950.$$

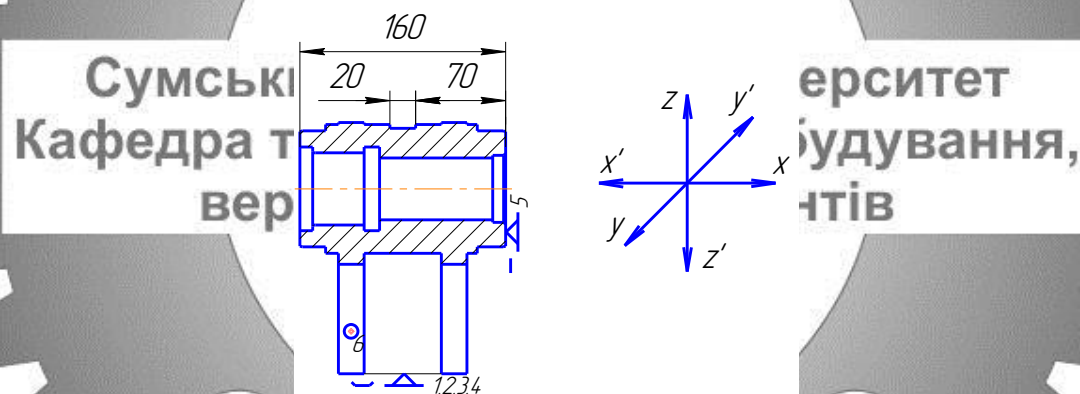


Рисунок 7.2 – Базування важеля по другому варіанту

Похибка  $\varepsilon_{\delta 21}$  дещо переверщує допуск  $T_{21}$ , а це неприпустимо.

Оцінимо погрішності базування за другим варіантом, маємо такі:

$$\varepsilon_{\delta 160,0} = 0; \varepsilon_{\delta 70,0} = 0;$$

$$\varepsilon_{\delta 20,0} = T_{70,0} = 750,0 \text{ мкм.}$$

Для заданого допуску розміру 20 похибка базування  $\varepsilon_{\delta 21}$  є більшою, проте це є меншим порівняно з варіантом попереднім. Перевагу віддаємо варіанту №2, що більш точний. Для позбавлення заготовки обертання вокруг осі,

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

передбачаємо палець спеціальний. Аналіз зв'язків остаточний зробимо після побудови таблиці однобічних зв'язків.

Таблиця 7.1 – Однобічні зв'язки при базуванні важеля

Індекс зв'язку	X'	X	Y'	Y	Z'	Z	$\omega_x'$	$\omega_x$	$\omega_y'$	$\omega_y$	$\omega_z$	$\omega_z'$
Реакція	R		R	R	R		R	R	R		R	R

### 7.7 Побудова функціональних структур верстатного пристрою

Функціональну структуру пристрою показано на рисунку 7.3.

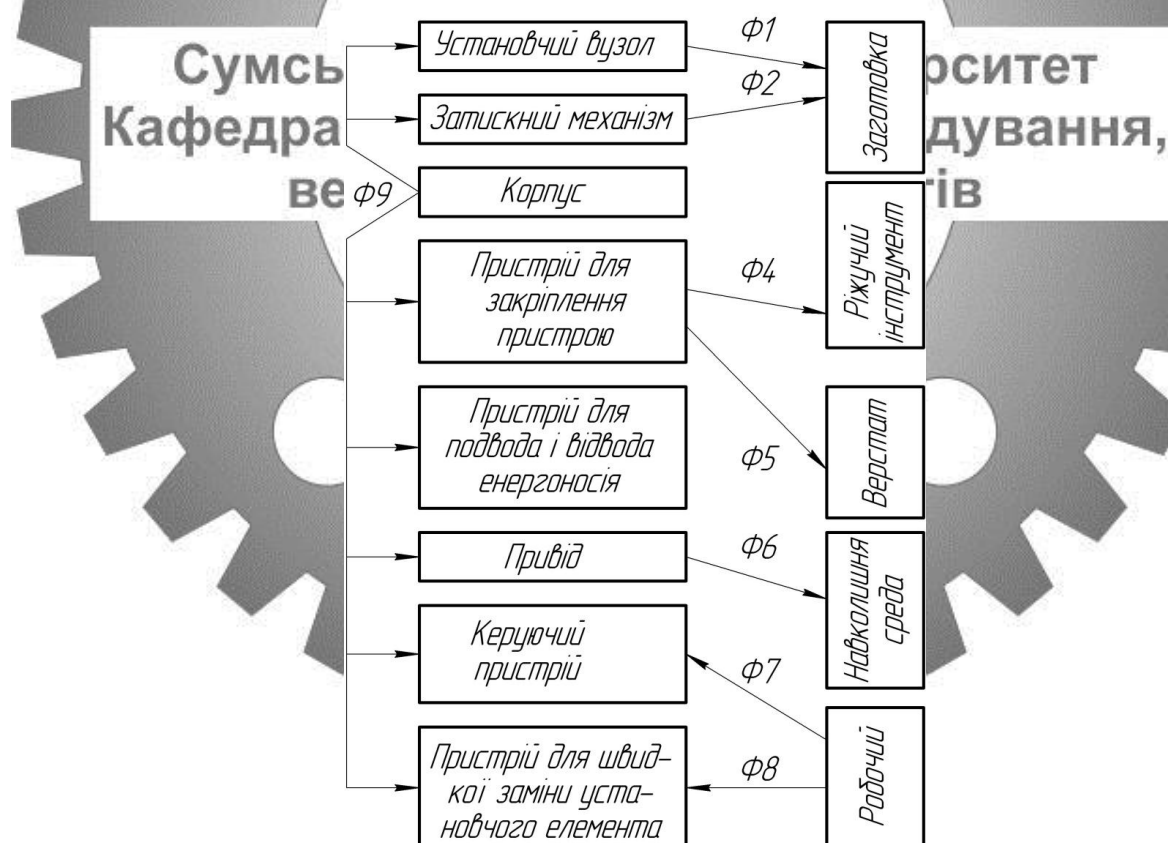


Рисунок 7.3 – Структура функціональна пристрою, що проектується

## 7.8 Обґрунтування схем закріплення заготовки

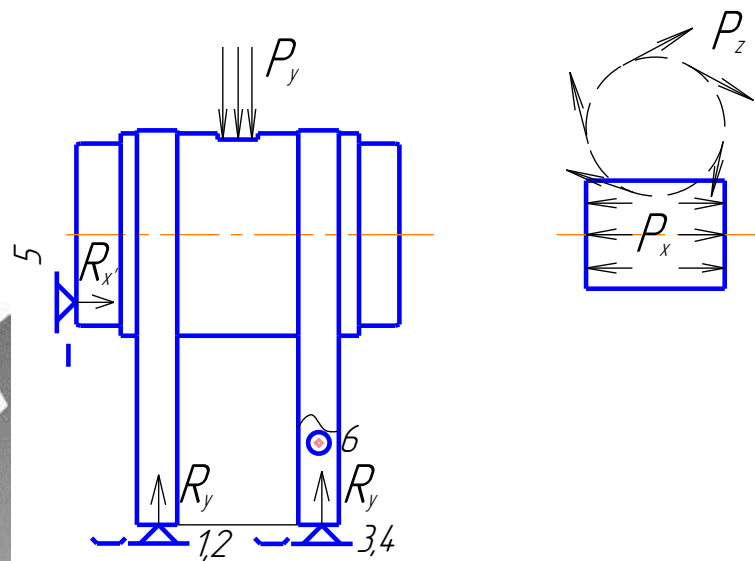


Рисунок 7.4 – Структури полів збурюючих сил

**Сумський державний університет**  
**Кафедра технології машинобудування,**  
**верстатів та інструментів**

У взаємозв'язку із прийнятою схемою базування важеля будемо будувати графічні моделі дії сил з метою визначення взаємних впливів полів збурюючих сил та зрівноважувальних.

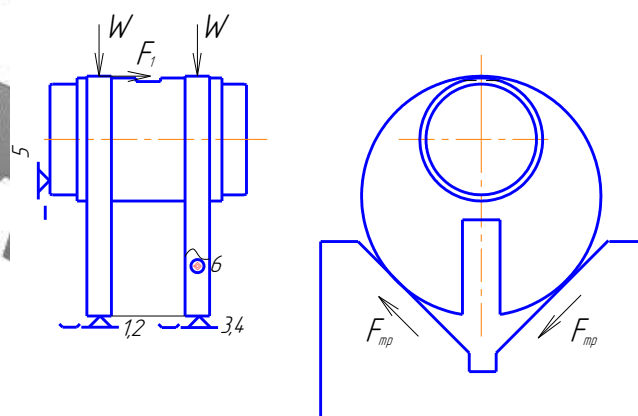


Рисунок 7.5 – Структури полів зрівноважувальних сил

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМЗ 18190038-00 ПЗ

Лист

57

Будемо визначати величину сили закріплення за умовою непровороту при обробці заготовки.

Таблиця 7.2 – Таблиця однобічних зв'язків при закріпленні важеля

Індекс зв'язку		x	x'	y	y'	z	z'	$\omega_x$	$\omega_y$	$\omega'_x$	$\omega'_y$	$\omega'_z$	$\omega_z$
Спосіб реалізації	Реакції	R	R		R		R	R	R	R		R	R
	Сили закріплення	W				W							
	Сили тертя	F											

Умови непровороту важеля при обробці:

$$M_{\text{тертя}} > M_{\text{різан}}, \quad (7.1)$$

$M_{\text{тертя}}$  – є момент тертя;

$M_{\text{різан}}$  – є момент різання.

$$M_{\text{різан}} = K \cdot M_{\text{крутний}} \quad (7.2)$$

$$M_{\text{крутн.}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}, \text{ (Н}\cdot\text{м)}. \quad (7.3)$$

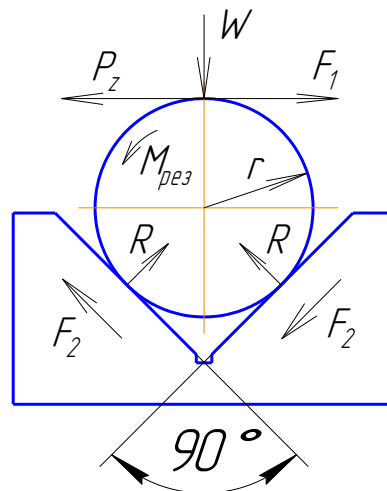


Рисунок 7.6 – Структури сил, діючих на важель





$$F_1 = f_1 \cdot W; \quad (7.8)$$

$W$  – сили закріплень заготовки;

$f_1$  – коефіцієнт тертя теоретичний,  $f_1 = 0,33$ .

$$R = \frac{W}{2} \cdot \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}}; \quad (7.9)$$

$$F_2 = f_2 \cdot R; \quad (7.10)$$

$R$  – реакція опор;

$f_2$  – є коефіцієнтом тертя;  $f_2=0,33$ .

отримані значення будемо підставляти в формулу:

$$\frac{W}{\sin \frac{\alpha}{2}} \cdot 2f_2 \cdot r + W \cdot f_1 \cdot r = M_{\text{пиз}} \cdot k; \quad (7.11)$$

$$W = \frac{M_{\text{пиз}} \cdot k}{r \cdot \left( f_1 + \frac{f_2}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right)}; \quad (7.12)$$

**Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів**

$$W = \frac{2,6 \cdot 78,2 \cdot 10^3}{98,3 \cdot \left( 0,33 + \frac{0,33}{\sin 45} \right)} = 3362 \text{ Н.}$$

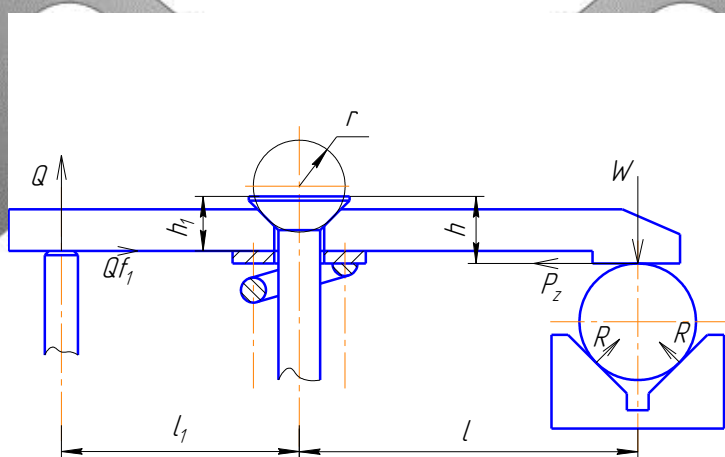


Рисунок 7.7 – Ескіз затискного вузла пристрою

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата







Пристрій базують на робочому столі фрезерного обладнання двома шпонками 18 та кріплять болтами у Т-подібних пазах.

Призму встановлювальну необхідно центрувати на базі пристрою за допомогою штифту та закріплювати гвинтами позиції 30 на кресленні.

Закріплення важеля здійснюють за допомогою прихвату 6. На призмі 3 базують заготовку. Осьове положення забезпечують стойкою 15, а кругове положення – пальцями 16. Пневмоциліндр двосторонньої дії використано в якості силового вузла. Стиснене повітря надходить в корпус 7 і шток разом з опорою 11 переміщується догори. Після цього планка 12 разом з опорою 13 переміщується догори. На шпильці 5 прихват 6 закріплюється нежорстко, тому за допомогою шайби 34 (а також 35) кінці прихватів на закріпленому важелі опускаються донизу й притискають заготовку до призми пристрою.

Для розкріплення обробленої деталі важеля подається стиснене повітря з верхньої частини циліндрової порожнини, і тоді шток опускається. Підтримку пружинами 13 здійснюють одночасно за допомогою прихватів. Подавання в пневмосистему стисненого повітря, що має тиск 0,60 МПа, здійснено триходовим розподільним краном 1 з рукояткою, що призначена для переключання.

Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата





10. Метод. указания «Определение режимов резания и техническое нормирование» (курс "Технологии машиностроения"/ Составители: Руденко А.Б, Топоров О.А. – Харьков: ХПИ, 1992. – 38 с.
11. Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних робіт, дипломних проектів з технології машинобудування для студентів ОКР «бакалавр» за напрямами підготовки: 6.050502 «Інженерна механіка», 6.050503; «спеціаліст» спеціальності 7.090202 «Технологія машинобудування» усіх форм навчання: у двох частинах. – Ч 2. Приклади оформлення технологічної документації / укладачі: В.О. Іванов, В.Г. Євтухов. – Суми: СумДУ, 2012.– 68 с.
12. Сергеев А. В. Техническое нормирование труда в механических цехах. Издание 4-е, исправленное и дополненное – Москва: Машиностроение, 1969. – 318 с.
13. Чумаков Г. С. Технологическая оснастка: уч. пособ. – Сумы: изд-во СумГУ, 2002. – 218 с.
14. Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Технологічна оснастка”/ Укладач П.В. Кушніров. – Суми: Вид-во Сум ДУ, 2009. – Ч.1. – 52с.
15. Методические указания по проектированию станочных приспособлений / Составитель Г.С.Чумаков – Сумы: изд-во СумГУ, 1999. – 36 с.
16. Металлообработка. Вращающийся инструмент. Каталог Sandvik Coromant. – S-1200: RUS/ 02. Sandvik Coromant, SB – 118 83.- Sveden, 2014.
17. Эффективность применения приспособлений/ В. В Микитянский, Л. М. Микитянская. – Москва: Машиностроение, 2009. – №9. – С. 52–54.
18. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / Л.В.Худобин. – Москва: Машиностроение, 1989. – 287с.
19. Технологічна оснастка механоскладального виробництва / А.І.Боровик. – Київ: Кондор, 2009 – 728 с.
20. Методичні вказівки до кваліфікаційної роботи бакалаврів для студ. спец. 6.05050201 «Технології машинобудування» / укладач В. Г. Євтухов. – Суми: Сумський державний університет, 2017. – 44 с.