

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії

Кафедра Машинознавства та обладнання промислових підприємств

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
до магістерської роботи

освітньо-кваліфікаційного рівня *магістр*

спеціальності *131 прикладна механіка*  
спеціалізації *технології машинобудування*

на тему «***Розробка технологічного процесу виготовлення деталі (шестерні ШВП 72.01), з проектуванням механічної ділянки по її виготовленню***»

Виконав: здобувач вищої освіти групи ТОМ-17дм

Калашник В.Л.

(прізвище, та ініціали)

\_\_\_\_\_

(підпис)

Керівник Алтухов В.М.

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_

(підпис)

Завідувач кафедри Архипов О.Г.

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_

(підпис)

Рецензент Боровік П.В.

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_

(підпис)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 135 с., 31 табл., 31 рис., 10 дод., 35 джерел.

У магістерській роботі розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Шестерня ШВП 72.01».

Проведено критичний аналіз норм точності деталі й аналіз на технологічність. Розглянуті два варіанти отримання заготовок й вибрано оптимальний. Розраховані режими різання й проведено нормування операцій. Спроектовано ділянку механічної обробки. Проведено розрахунок собівартості деталі й економічного ефекту зміни технологічного процесу.

На основі отриманих результатів розроблено комплект технологічної документації.

## ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

Креслення деталі.....	A1
Креслення заготовки.....	A2
Розрахунково-технологічна карта наладки.....	A1
Карта наладки верстату.....	A1
Пристосування верстатне.....	A1
Пристосування контрольне.....	A1
<u>План ділянки.....</u>	<u>A1</u>
Усього в листах формату A1 .....	6,5

Комплект технологічної документації на 40 сторінках.

## ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки	6
Вступ	7
1. Технологічна частина	8
1.1 Службове призначення і технічна характеристика виробу та деталі	8
1.2 Аналіз властивостей матеріалу деталі	9
1.3 Визначення типу виробництва	11
1.4 Аналіз відповідальності технічних вимог і норм точності службовому призначенню деталі	12
1.5 Аналіз технологічності конструкції деталі	15
1.6 Вибір способу отримання заготовки	17
1.7 Вибір технологічних баз	24
1.8 Розробка маршруту обробки деталі	25
1.9 Вибір способів обробки поверхонь	29
1.10 Визначення міжперехідних припусків і допусків	31
1.11 Формування операцій технологічного процесу	39
1.12 Розрахунок режимів обробки	40
1.13 Розрахунок норм часу	47
1.14 Технологічна наладка верстату	52
2. Конструкторська частина	54
2.1 Проектування верстатного пристосування	54
2.2 Проектування контрольного пристосування	58
3. Організація і планування виробництва	62
3.1 Визначення програми запуску деталей у виробництво	62
3.2 Визначення кількості робочих місць	62
3.3 Вибір організаційної форми виробництва деталі	67
3.4 Визначення технологічного циклу виготовлення партії деталей і побудова графіку руху	68

3.5	Організація обслуговування робочих місць	70
3.6	Розрахунок кількості робочих місць і робітників в цеху	74
3.7	Формування організаційної структури управління цехом	76
4.	Планування ділянки	78
4.1	Обґрунтування і вибір основних характеристик виробничої будівлі	78
4.2	Вибір і обґрунтування підйомно-транспортного устаткування	79
4.3	Проектування верстатного відділення	81
5.	Економічна частина	84
5.1	Калькуляції собівартості деталі	84
5.2	Розрахунок економічної ефективності проекту	90
5.3	Техніко-економічні показники роботи ділянки	91
6.	Охорона праці	92
6.1	Оцінка екологічної безпеки проекту	92
6.2	Система вентиляції	93
6.3	Виробниче освітлення	95
7.	Науково-дослідна частина.	98
7.1	Загальна інформація про різьби	98
7.2	Параметри різьб	100
7.3	Основні залежності	102
7.4	Методи нарізання різьб	105
7.5	Схеми зняття припуску	106
7.6	Точність обробки та похибки, що виникають	109
8.	Цивільний захист	115
	Висновки	117
	Перелік джерел посилання	118
	Додаток А. Просторова модель деталі «Шестерня ШВП 72.01»	
	Додаток Б. Просторова модель заготовки «Шестерня ШВП 72.01»	
	Додаток В. Схеми дії сил на заготовку	
	Додаток Г. Креслення деталі	

Додаток Д. Креслення заготовки

Додаток Е. Розрахунково-технологічна карта наладки

Додаток Ж. Карта наладки верстату

Додаток И. Пристосування верстатне

Додаток К. Пристосування контрольне

Додаток Л. План ділянки

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

НВ – твердість по Бринелю.

НРС – твердість по Роквеллу.

РТК – розрахунково-технологічна карта.

ІТР – інженерно-технічні робітники.

МОР – мастильно-охолоджуюча рідина.

ЛКМ – литі композиційні матеріали.

НС – надзвичайна ситуація.

ТБ – техніка безпеки.

## ВСТУП

Розвиток нових прогресивних технологічних процесів обробки, сприяє конструюванню більш сучасних машин і механізмів, і знижує їх собівартість. Актуальним завданням є підвищення якості машин і, в першу чергу, їх точності. Забезпечення заданої точності при найменших витратах – основне завдання при розробці технологічних процесів.

Вагомий внесок в теоретичне підґрунтя технології машинобудування своїми працями внесли у різні часи Тіме І.А. («Сопротивление металлов и дерева резанию» 1870 р.), Зворикін К.О. («Работа и усилия, необходимые для отделения металлических стружек» 1893 р.), Кривоухов В.А. («Обработка металлов резанием» 1931 р.). Вітчизняна технологічна наука створена головним чином працями Балакшина Б.С., Бородачова М.А., Соколовського А.П., Маталіна А.А. та інших [1].

Об'єктом дослідження в даній роботі є технологічний процес виготовлення деталі трансмісії – «Шестерня ШВП 72.01».

Предметом дослідження виступає розробка технології, що зробить процес виготовлення деталі менш трудомістким та затратним, приблизить виробництво до новітніх розробок в сфері машинобудування.

За мету, встановлено дослідження: повного обсягу робіт по виготовленню деталі на виробництві; систематизація знань по формуванню технологічних процесів в машинобудуванні; розробка практичних рекомендацій та вказівок по виготовленню деталі «Шестерня ШВП 72.01», для оптимізації і вдосконалення виробничого процесу.

У магістерській роботі відповідно до завдання передбачається проектування ділянки механічної обробки деталі трансмісії з розробкою технологічного процесу виготовлення деталі «Шестерня ШВП 72.01», проектування верстатного і контрольного пристосування, а також розрахунок техніко-економічних показників роботи ділянки і їх порівняння з базовим варіантом.

## 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Службове призначення і технічна характеристика виробу та деталі

Деталлю для формування технологічного процесу виробництва у магістерській роботі виступає «Шестерня ШВП 72.01».

У зв'язку з відсутністю складальних креслень, службове призначення деталі та її поверхонь є ймовірним. Шестерня є елементом трансмісії – веденим правим зубчастим колесом, виконує функцію передачі обертального руху і крутного моменту, встановлена на вісі і приводиться в рух від ведучого зубчастого колеса. Зубчасте колесо змінює швидкість обертального руху та виходячи з конструкції, ймовірно, переводить його у поступальний рух важеля закріпленого на маточині.

Задля більш детального розгляду питання технічної характеристики виробу, проведено нумерування поверхонь й їх розділення на типи (рис. 1.1):

- виконавчою поверхнею у деталей типу «колесо зубчасте» виступає бокова поверхня зуба (евольвента), поверхня 12;
- поверхні 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 і 11 визначають положення інших деталей вузлу, що приєднуються до цієї деталі, формують комплекти допоміжних баз;
- у даного виробу неповний комплект основних баз, що обумовлено умовами його роботи. Конструкторськими основними базами деталі є поверхня 1 і отвір 2, які і визначають положення деталі у вузлу;
- поверхні 13, 14, 15, 16, 17, 18 є вільними. Так само до вільних належать механічно необроблювані поверхні (не позначені на ескізі).

Для більш детального вивчення деталі «Шестерня ШВП 72.01», в системі САПР Компас 3D (додаток А, рисунок А.1) розроблено її просторову модель.



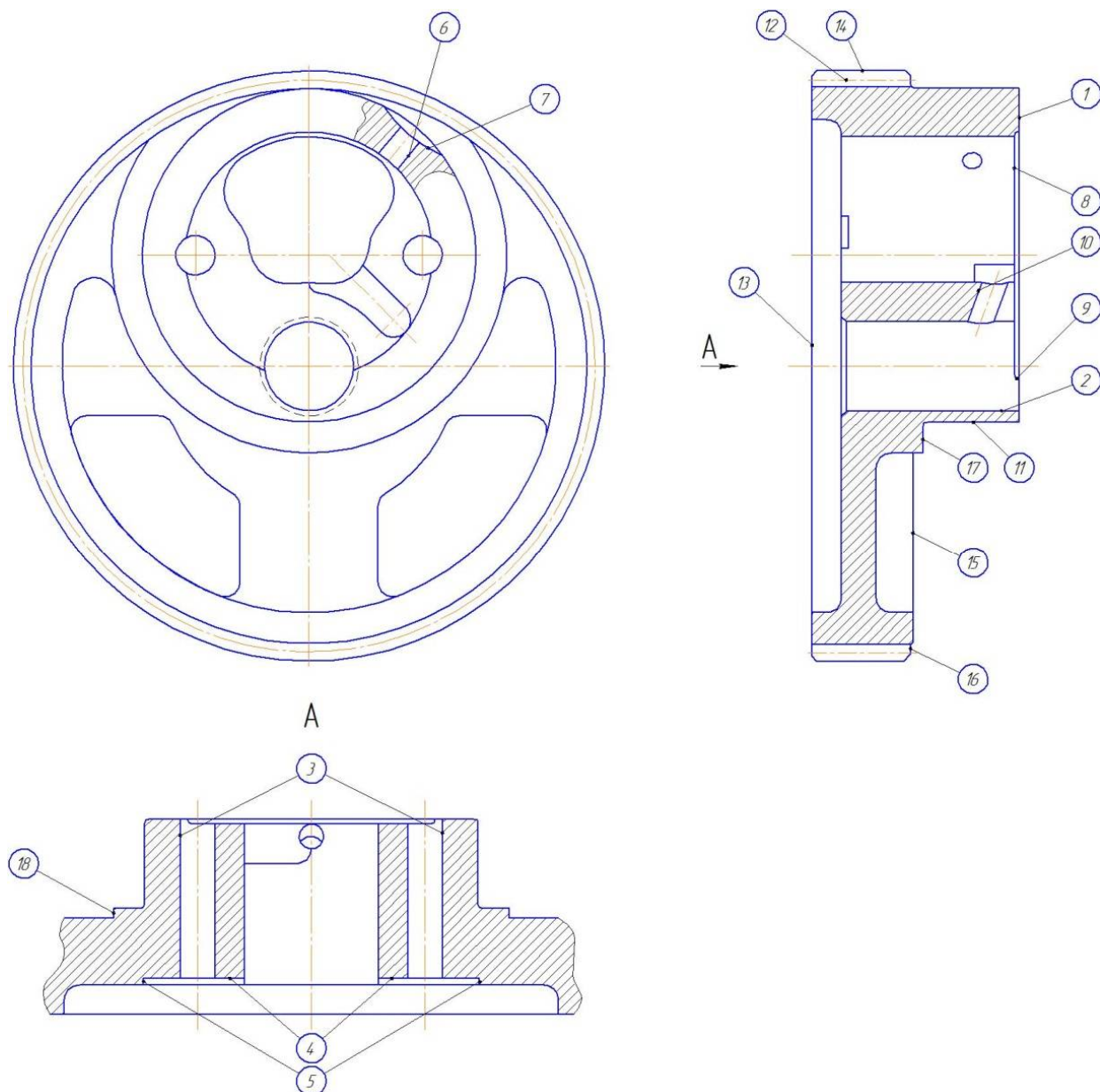


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Шестерня ШВП 72.01»

## 1.2 Аналіз властивостей матеріалу деталі

Згідно з кресленням, шестерня повинна бути виконана з сірого чавуну марки СЧ20 ГОСТ 1412-85.

Сірий чавун являє собою сплав заліза з вуглецем, графіт, що входить до його складу, має пластинчасту форму (табл. 1.1 та 1.2). Він знайшов широке застосування в машинобудуванні, оскільки дешевий, має високі ливарні і механічні властивості, добре обробляється різанням й утворює поверхню високої якості для вузлів тертя і нерухомих з'єднань [3].

Таблиця 1.1 – Хімічний склад чавуну марки СЧ20, %

Елемент	C	Si	Mn	P	S
	%			не більше, %	
Зміст	3, 3–3,5	1,4–2,4	0,7–1	0,2	0,15

Механічні властивості сірого чавуну СЧ20:

- границя короткочасної міцності 200 МПа;
- границя витривалості від 120 Н/мм<sup>2</sup> до 140 Н/мм<sup>2</sup>;
- відносне подовження від 0,4 % до 0,7 %;
- твердість від 143 НВ до 255 НВ.

Таблиця 1.2 – Фізичні властивості матеріалу СЧ20

T	E 10 <sup>-5</sup>	$\alpha$ 10 <sup>6</sup>	$\lambda$	$\rho$	C
°C	МПа	1/Град	Вт/(м×град)	кг/м <sup>3</sup>	Дж/(кг×град)
20	1	–	54	7100	–
100	–	9,5	–	–	480

Прийняті наступні скорочення:

T – температура, при якій отримані дані властивості;

E – модуль пружності першого роду;

$\alpha$  – коефіцієнт температурного (лінійного) розширення;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності;

$\rho$  – щільність матеріалу;

C – питома теплоємність матеріалу.

Великий вплив на механічні властивості чавуну має швидкість охолодження металу. Температура плавлення сірого чавуну від 1100 до 1250°C. Чим більше в чавуні вуглецю, тим нижче температура його плавлення і вологотекучість, а також підвищення вмісту вуглецю і кремнію знижує щільність матеріалу.

Даний матеріал застосовують для виготовлення складних і відповідальних відливок в автомобільній промисловості (блоки циліндрів, гільзи, гальмівні барабани), в верстатобудуванні та ін. СЧ20 має перлитну основу, практично не схильний до утворення усадочних раковин і пористості. Оскільки відноситься до доєвтектичних сплавів, має гарний комплекс механічних властивостей.

Альтернативними матеріалами до СЧ20 за найбільш наближеними фізико-механічними і хімічними властивостями є СЧ18 та СЧ 21 ГОСТ 1412-85, які хоча і не входять до стандартного ряду марок, але можуть застосовуватися за вимогами замовника.

### **1.3 Визначення типу виробництва**

Виходячи з маси деталі (1,1 кг) та програми випуску (1600 штук на рік) обрано середньосерійний тип виробництва [2].

Серійне виробництво характеризується виготовленням обмеженої номенклатури продукції партіями (серіями), що повторюються через певні проміжки часу. Особливості організації серійного виробництва полягають в тому, що вдається спеціалізувати робочі місця для виконання декількох подібних технологічних операцій, поряд з універсальним, застосовувати спеціальне устаткування і технологічне оснащення, широко застосовують працю робітників середньої кваліфікації поряд з високою кваліфікацією наладчиків.

Серійне виробництво характерно для випуску продукції встановленого типу, наприклад, металорізальних верстатів, насосів, компресорів та іншого обладнання широкого вжитку.

Так як в середньосерійному виробництві застосовується велика кількість складного обладнання та спеціального оснащення, налагодження устаткування здійснюється спеціальними робітниками – наладчиками. Особливості середньосерійного виробництва обумовлюють доцільність випуску продукції

по циклічному графіку. При цьому виникають необхідні умови для встановлення суворого порядку чергування виробів в цехах, на виробничих ділянках і робочих місцях.

Великого поширення набули універсальні збірні переналагоджувані пристосування, що дозволяють істотно підвищити коефіцієнт оснащеності виробництва. Ріжучий і вимірювальний інструмент як спеціальний, так і універсальний. Технологічна документація детально розробляється для найбільш складних і відповідальних заготовок при одночасному застосуванні спрощеної документації для простих заготовок.

У якості заготовок використовується: гарячий і холодний прокат, лиття, поковки і штампування. Необхідна точність досягається методами автоматичного отримання розмірів, рідше – пробними проходками.

Серійному виробництву властива непотокова форма організації виробництва. При непотоковій організації виробничого процесу рух заготовок, деталей на різних стадіях виготовлення, переривається їх перележуванням на робочих місцях або в проміжних складах.

#### **1.4 Аналіз відповідальності технічних вимог і норм точності службовому призначенню деталі**

Проведено якісний і кількісний аналіз технічних вимог, що пред'являються, до кожної поверхні деталі і перевіримо їх на відповідність службовому призначенню деталі.

Поверхня 1, яка виступає основною настановною базою, має вимоги по точності розташування, а також допуск і шорсткість.

До поверхні 2, яка є основною подвійною опорною базою, пред'являються вимоги по геометричній точності: допуск на діаметральний розмір по 8 квалітету і шорсткість.

До комплектів допоміжних поверхонь 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 та 11 ставляться вимоги щодо геометричної точності – допуски і шорсткість, а на поверхню 11 встановлений також і позиційний допуск.

Виконавча поверхня 12, евольвентний профіль зубу, має низку вимог: точність по середньому діаметру, шорсткість поверхні і радіальне биття.

До вільних поверхнях 13, 14, 15, 16, 17, 18 пред'являються вимоги розмірної точності і шорсткості.

Проведено кількісний аналіз і визначені фактичні вимоги до кожної поверхні, з урахуванням співвідношень та з огляду на те, що завищені параметри не порушують функціональних вимог до деталі:

$$T_{\text{ГФ}} = (0,25; 0,4; 0,6)IT,$$

$$T_{\text{ВП}} = (0,25; 0,4; 0,6)IT,$$

$$R_a = 0,05IT,$$

де  $IT$  – допуск на розмір, мм;




$T_{\text{ГФ}}$  – допуск геометричної форми, мм;

$T_{\text{ВП}}$  – допуск відносного повороту, мм;

$R_a$  – шорсткість поверхні, мкм.

Результати кількісного аналізу представлені в графі «примітка»: шорсткості – таблиця 1.4; допуски форми та розташування – таблиця 1.3.

Таблиця 1.3 – Точність відносного розташування та форми

№ пов.	Показники точності			Примітка
	вид	допуск, мм	база	
1		0,02	Л	0,12 мм
14		0,05	Л	0,009 мм
15		0,15	Л	0,021 мм

Таблиця 1.4 – Кількісний аналіз технічних вимог

№ пов.	Вид поверхні	Точність відстані		Шорсткість поверхні Ra, мкм	Примітка
		квалітет	IT, мм		
1	П	–	0,2	1,6	Ra10
2	О	R8	0,027	1,6	Ra1,25
3	О	H8	0,022	–	Ra1,25
4	П	–	0,8	6,3	Ra40
5	О	H14	0,52	12,5	Ra25
6	О	H14	0,3	12,5	Ra16
7	О	H14	0,43	12,5	Ra20
8	П	–	0,6	6,3	Ra32
9	О	H14	0,62	12,5	Ra32
10	О	H14	0,3	–	Ra16
11	Ц	f7	0,03	0,8	Ra1,6
12	Е	–	–	1,6	–
13	П	–	0,2	3,2	Ra10
14	Ц	–	0,14	1,6	Ra8
15	П	–	0,2	1,6	Ra10
16	П	–	0,4	3,2	Ra20
17	П	–	0,2	3,2	Ra10
18	Ц	h14	0,74	1,6	Ra40

Прийняті наступні скорочення:  
П – площина;  
О – отвір;  
Ц – циліндрична поверхня;  
Е – евольвента.

Аналіз технічних вимог показав:

- вимоги щодо якості поверхневого шару не відповідають розрахунковому значенню (перевищують) тільки у поверхні 2;
- позиційний допуск поверхні 14 і допуск на радіальне биття поверхні 15 є заниженими.

Аналіз робочого креслення деталі «Шестерня ШВП 72.01» показав, що на кресленні присутні наступні недоліки:

- відсутні розміри необроблюваних поверхонь;
- не вказані граничні відхилення розмірів, форм і розташування за застарілою системою ОСТ;
- виліток не в системі ГОСТ.

### **1.5 Аналіз технологічності конструкції деталі**

Проведено якісний аналіз технологічності конструкції деталі з урахуванням встановленого типу виробництва, оскільки кожному з типів виробництва властиві свої способи отримання заготовок і методи їх оброблення.

З точки зору отримання заготовки, враховуючи матеріал деталі (сірий чавун СЧ 20), єдиним раціональним способом отримання заготовки є лиття. Лиття в піщано-глинисті форми дозволяє витримати всі норми точності, що пред'являються до заготівлі. Даний спосіб лиття прийнятний для умов середньосерійного виробництва, не вимагає дорогого устаткування для заготівельного виробництва. Ці аспекти дозволяють отримати прийнятну собівартість заготовки. Технологічність форм деталі оцінюється з урахуванням особливостей обраного технологічного методу обробки, конкретних умов і типів виробництва, технологічних можливостей і особливостей обладнання.

Конфігурація деталі – типу диск, складна і вимагає стрижнів складної просторової форми. Площина роз'єму форми проходить посередині ділянки з найбільшим діаметром (по області зубчастого вінця), маточина розташована в нижній частині форми.

Слід виділити які елементи конструкції не є технологічними і ускладнюють виробництво деталі, а які не викликають проблем при отриманні.

До недоліків конструкції деталі відносяться:

- наявність маточини, що ускладнює конфігурацію зовнішнього контуру зубчастого колеса;
- маточина шестерні розташована ексцентрично, що значно ускладнює можливість її механічної обробки, точіння торця (поверхня 1) відбуватиметься за принципом переривчастого різання, а для обробки бічної поверхні потрібна установка в чотирьохкулачковому патроні;
- отвір  $\varnothing 5$  мм (поверхня 10) розташований під кутом, а його свердління можливо лише через отвір, при цьому потрібне спеціальне технологічне оснащення;
- отвір  $\varnothing 4$  мм (поверхня 6) розташований під кутом (потрібне спеціальне технологічне оснащення), поверхня входу свердла – циліндрична, таке свердління є не технологічним через можливість відведення свердла;
- сферичний елемент (поверхня 7) формується за допомогою спеціального інструменту (борфреза) і також виконується на циліндричній поверхні під кутом;
- в процесі точіння канавки (поверхня 8) інструмент перетинає кілька отворів, внаслідок чого буде змінюватися сила різання, сама канавка розташована на торці деталі і вимагає спеціального різального інструменту (різця для точіння торцевої канавки);
- обробка поверхні 15, через особливості конфігурації деталі буде проходити з переривчастим різанням.

Переваги конструкції деталі:

- можливість обробки шестерні черв'ячної фрезою;
- всі отвори в конструкції деталі є наскрізними;
- можливість обробляти більшість поверхонь деталі стандартними ріжучими інструментами;
- в конструкції деталі присутні вільні поверхні, що не обробляються механічно, внаслідок чого зменшується собівартість деталі і підвищується технологічність.



Внаслідок проведеного аналізу можна констатувати, що деталь не технологічна. Її виробництво пов'язане зі застосуванням спеціального оснащення і ріжучого інструменту.

## 1.6 Вибір способу отримання заготовки

Для вибору заготовки необхідно розглянути два варіанти і по техніко-економічними показниками вибрати найбільш доцільний для заданих умов виробництва, а саме умов середньосерійного виробництва, використовуючи методичні вказівки джерела [4].

У розділі розглянуто способи отримання заготовки для деталі «Шестерня», масою 1,1 кг з сірого чавуну марки СЧ20 ГОСТ 1412-85, з річною програмою випуску 1600 шт.

*Варіант 1.* За базовим технологічним процесом заготовку шестерні отримують литтям в піщано-глинисті форми з ручним формуванням за дерев'яними моделями. Маса заготовки за базовими даними становить  $m_3 = 2,3$  кг.

Точність виливки 11-0-0-11 ГОСТ Р 53464–2009 [5].

Проведемо техніко-економічні розрахунки заготовки, за формулою знайдемо масу металу необхідну для виготовлення деталі:

$$m_M = K \times m_3 = 1,3 \times 2,3 = 2,99 \text{ кг}, \quad (1)$$

де  $K = 1,3$  – коефіцієнт, що враховує витрати матеріалу заповнення ливникової системи, можливість витікання в площині роз'ємі форми.

Визначимо показники технологічності спроектованої заготовки:

– коефіцієнт використання металу:

$$K_{\text{вм}} = \frac{m_D}{m_M} = \frac{1,1}{2,99} = 0,38 \quad (2)$$

– коефіцієнт виходу готового металу:

$$K_{\text{вг}} = \frac{m_3}{m_{\text{м}}} = \frac{2,3}{2,99} = 0,77 \quad (3)$$

– коефіцієнт вагової точності:

$$K_{\text{вт}} = \frac{m_{\text{д}}}{m_3} = \frac{1,1}{2,3} = 0,48 \quad (4)$$

Розрахунок норми витрати металу:

$$H_{\text{р}} = m_3 \left( 1 + \frac{\alpha K}{n} \right), \quad (5)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт урахування методу лиття. Для лиття в піщано-глинисті форми:  $\alpha = 1,0$ ;

$n$  – кількість виливок в одній формі, шт.;

$K$  – коефіцієнт технологічних відходів лиття. В умовах середньосерійного виробництва розраховується за наступною емпіричною формулою:

$$K = 0,11 + \frac{1,49}{n \times m_3} - \frac{0,35}{(n \times m_3)^3} = 0,11 + \frac{1,49}{1 \times 2,3} - \frac{0,35}{(1 \times 2,3)^3} = 0,73,$$

$$H_{\text{р}} = 2,3 \left( 1 + \frac{1 \times 0,73}{1} \right) = 3,979 \text{ кг.}$$

Вартість литої заготовки за відрахуванням вартості повернених відходів:

$$C = \frac{C_6 \times H_{\text{р}}}{1000} \times \left( \frac{10000}{N} \right)^{0,12} \times K_{\text{т}} \times K_{\text{с}} \times K_{\text{м}} - (H_{\text{р}} - m_{\text{д}}) \times C_{\text{відх.}}, \quad (6)$$

де  $C_6$  – базова вартість 1 т виливок, складає 35000 грн/т (виливка з сірого чавуну, отримана литтям в піщано-глинисті форми);

$K_{\text{т}}$  – коефіцієнт урахування точності виливки:  $K_{\text{т}} = 0,95$ ;

$K_C$  – коефіцієнт урахування складності виливки:  $K_{Cl} = 1,04$ ;

$K_M$  – коефіцієнт урахування матеріалу виливки:  $K_M = 1,0$ ;

$C_{відх.}$  – вартість відходів:  $C_{отх} = 3$  грн/кг.

Використовуючи формулу (6), отримаємо:

$$C = \frac{35000 \times 3,979}{1000} \times \left(\frac{10000}{1600}\right)^{0,12} \times 0,95 \times 1,04 \times 1 - (3,979 - 1,1) \times 3 = \\ = 162,8 \text{ грн.}$$

*Варіант 2.* Рекомендованим методом отримання заготовки, виходячи з рекомендацій наведених в джерелі [4], є отримання виливки в піщано-глинистих формах з механічною формуванням по металевим моделям. Лиття в піщано-глинисті сирі форми з низько вологих (до 2,8%) високоміцних (більше 160 кПа чи 1,6 кг/см<sup>2</sup>) сумішей з високим і однорідним ущільненням до твердості не нижче 90 одиниць.

Мінімальний діаметр отворів, який доцільно отримувати литтям:

$$d_{min} \geq d_0 + 0,1L, \quad (7)$$

де  $d_0$  – вихідний діаметр для чавунних виливок:  $d_0 = 7$  мм;

$L$  – глибина отвору, мм.

Оскільки діаметр тільки центрального отвору більше вихідного діаметра, проведений його розрахунок за формулою (7):

$$d_{min} \geq 7 + 0,1 \times 33,5 = 10,35 \text{ мм}$$

З розрахунку випливає, що отвір можливо отримати литтям, але з метою спрощення виливки і через її близького значення з мінімальним розрахунковим

(з урахуванням припуску на механічну обробку), виконувати отвір литтям недоцільно.

Розрахунок наведеного габариту заготовки, виходячи з типу її конфігурації (деталь типу диск) здійснюється за формулою:

$$N = \frac{2}{3}(L + D) = \frac{2}{3}(0,0395 + 0,1196) = 0,106 \text{ м,}$$

де  $L, D$  – габаритні розміри, м.

Мінімальна товщина стінки для лиття чавуну в піщано-глинисті форми:

$$\begin{aligned} S_{min} &= 1,414 + 3,71N - 0,04N^2 + 0,002N^3 = \\ &= 1,414 + 3,71 \times 0,106 - 0,04 \times 0,106^2 + 0,002 \times 0,106^3 = \\ &= 1,8 \text{ мм} \end{aligned}$$

З креслення деталі слід, що найменша товщина стінки деталі 2,25 мм. Отже, всі стінки виливки можуть бути отримані литтям без зміни конструкції виливки або розмірів її елементів.

Визначено показники точності виливки відповідно до ГОСТ Р 53464-2009, таблиця 1.5.

Таблиця 1.5 – Показники точності виливки

Клас розмірної точності виливки	7 <sub>г</sub> – 11
Ступінь точності поверхні	9 – 16
Клас точності маси виливки	5 – 13 <sub>г</sub>
Ступінь короблення	5 – 8

Точність виливки 9-0-0-8 см 1,2 ГОСТ Р 53464-2009.

Допуски на розміри механічно оброблюваних поверхонь наведені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Допуски розмірів виливки

№ пов.	Розмір деталі, мм		Формування розмірів виливки	Прийнятий клас розмірної точності	Допуск, мм	Поле допуску
	номінальний	допуск				
17	119,6	0,14	В двох напівформах	9	2,4	+1,2 -1,2
14	67	0,03	В одній напівформі	8	1,4	+0,7 -0,7
16-18	20,5	0,4	В двох напівформах	9	1,6	+0,8 -0,8
16-1	39,5	0,2	В двох напівформах	9	1,8	+0,9 -0,9

Розташування виливки у формі – горизонтальне. Площина роз'єму форми проходить посередині найбільшого діаметра, маточина розташована в нижній частині. З метою спрощення конфігурації деталі маточині (Ø67) призначено напуск, приводячи її значення до розміру нижньої ступені (Ø80) в точці їх зближення.

У таблиці 1.7 визначений вид остаточної обробки для кожної з поверхонь, що підлягають механічній обробці.

Встановлюємо ряди припусків на обробку поверхонь виливки по ГОСТ Р 53464-2009: 7 для поверхні 11, одержуваної в одній напівформі 8, для інших поверхонь 9. Так само по ГОСТ Р 53464-2009 призначаємо припуски на механічну обробку (табл. 1.8).

На стінки виливки, перпендикулярні площині роз'єму, призначаємо ливарні ухили. Величину ливарних ухилів призначаємо за ГОСТ 3212-92 [6], для лиття в піщано-глинисті форми – 50'(при номінальній висоті 39,5 мм).

За результатами розрахунків в САПР Компас 3D розробимо модель виливки (додаток Б, рисунок Б.1).

Маса деталі становить  $m_d = 1,1$  кг. Маса заготовки в результаті побудови тривимірної моделі становить  $m_z = 1,9$  кг.

Таблиця 1.7 – Вид кінцевої обробки поверхонь

№ пов.	Характеристика поверхонь, мм				$K_p$	$K_{\Sigma}$	Вид кінцевої обробки
	деталі		виливки				
	допуск розміру, $T_{\partial}$	допуск форми й положення $T_{\partial}^{\phi} + T_{\partial}^{o.n.}$	допуск розміру, $T_z$	допуск форми й положення $T_z^{\phi} + T_z^{o.n.}$			
14	$0,14/2=0,07$	0,05	$2,4/2=1,2$	$0,25 \times 1,2=0,3$	0,058	0,166	чистова
11	$0,03/2=0,015$	$0,5 \times 0,015=0,075$	$1,4/2=0,7$	$0,25 \times 0,7=0,175$	0,021	0,042	тонка
15	0,4	$0,5 \times 0,4=0,2$	1,6	$0,25 \times 1,6=0,4$	0,25	0,5	чорнова
13	0,2	$0,5 \times 0,2=0,1$	1,6	$0,25 \times 1,6=0,4$	0,125	0,25	напівчиста
1	0,2	0,02	1,8	$0,25 \times 1,8=0,45$	0,111	0,044	напівчиста

Таблиця 1.8 – Припуски на механічну обробку

№ пов.	Загальний допуск елементу вилівки, мм	Вид кінцевої механічної обробки	Ряд припуску вилівки	Загальний припуск на сторону, мм
14	2,4	чистова	8	2,5
11	1,4	тонка	7	1,8
15	1,6	чорнова	8	2,1
13	1,6	напівчиста	8	2,7
1	1,8	напівчиста	8	2,8

Маса металу, який необхідний для виготовлення деталі, в попередніх розрахунках визначається за формулою (1):

$$m_M = K \times m_z = 1,3 \times 1,9 = 2,49 \text{ кг}$$

Визначимо показники технологічності спроектованої заготовки:

- коефіцієнт використання металу, формула (2):

$$K_{\text{ВМ}} = \frac{m_{\text{Д}}}{m_{\text{М}}} = \frac{1,1}{2,49} = 0,44$$

- коефіцієнт виходу готового металу, формула (3):

$$K_{\text{ВГ}} = \frac{m_{\text{З}}}{m_{\text{М}}} = \frac{1,9183}{2,49} = 0,77$$

- коефіцієнт вагової точності, формула (4):

$$K_{\text{ВТ}} = \frac{m_{\text{Д}}}{m_{\text{З}}} = \frac{1,1}{1,9183} = 0,57$$

Розраховано норми витрат металу, за формулою (5), при коефіцієнті технологічних відходів в умовах серійного виробництва:

$$K = 0,11 + \frac{1,49}{n \times m_{\text{З}}} - \frac{0,35}{(n \times m_{\text{З}})^3} = 0,11 + \frac{1,49}{1 \times 1,9183} - \frac{0,35}{(1 \times 1,9183)^3} = 0,84,$$

$$H_{\text{р}} = m_{\text{З}} \times \left(1 + \frac{\alpha K}{n}\right) = 1,9183 \times \left(1 + \frac{1 \times 0,84}{1}\right) = 3,53 \text{ кг.}$$

Вартість литої заготовки за вирахуванням вартості зворотних відходів, грн., Визначається за формулою (6):

$$C = \frac{35000 \times 3,53}{1000} \times \left(\frac{10000}{1600}\right)^{0,12} \times 1 \times 1,04 \times 1 - (3,53 - 1,1) \times 3 = 152,8.$$

Отримані розрахункові дані для двох варіантів виробництва заготовки внесені в порівняльну таблицю 1.9.

Таблиця 1.9 – Порівняння методів виробництва заготовок

Варіант	$m_z$ , кг	$m_m$ , кг	$K_{BM}$	$K_{BG}$	$K_{BT}$	$H_p$	$C$ , грн.
1	2,3	2,99	0,38	0,77	0,48	3,979	162,8
2	1,9183	2,494	0,44	0,77	0,57	3,53	152,8

Виходячи з отриманих даних, можна зробити висновок, що найбільш раціонально для подальших розрахунків слід прийняти лиття в піщано-глинисті форми з механічною формуванням по металевим моделям, оскільки цей спосіб забезпечує більш високу точність поверхні заготовки, а також дає порівняно кращі результати за собівартістю з меншими витратами матеріалу.

### 1.7 Вибір технологічних баз

Виходячи з креслення деталі становище більшості поверхонь деталі, відповідно до службового призначення, задається щодо торця 13. Цей торець виступає настановною базою деталі.

У якості чистової бази для обробки на більшості операцій, приймаємо поверхні 13 і 2 (рис. 1.1), прийнявши їх, ми дотримуємося принципу єдності баз. Принцип єдності баз не дотримується тільки у поверхонь точність яких не висока, що дозволяє отримати необхідні розміри в заданому полі допуску. Схема базування представлена на рисунку 1.2.

У якості чорнових баз на першій операції використовуються необроблювані поверхні. Базування проводиться в трьохкулачковому патроні. Схема базування представлена на рисунку 1.3. На цій операції відбувається підготовка технологічних баз для наступних операцій.

Для деталі кращою є обробка від валу. Суть обробки полягає в тому, що спочатку здійснюється точіння зовнішніх поверхонь, а потім – свердління і розточування центрального отвору. При цьому в ролі технологічної бази



виступає конструкторська основна база, що позитивно позначається на дотриманні розмірів, відхилень форми і розташування. На подальших операціях будуть виконуватися операції свердління ряду отворів і формоутворення зубчастого вінця.

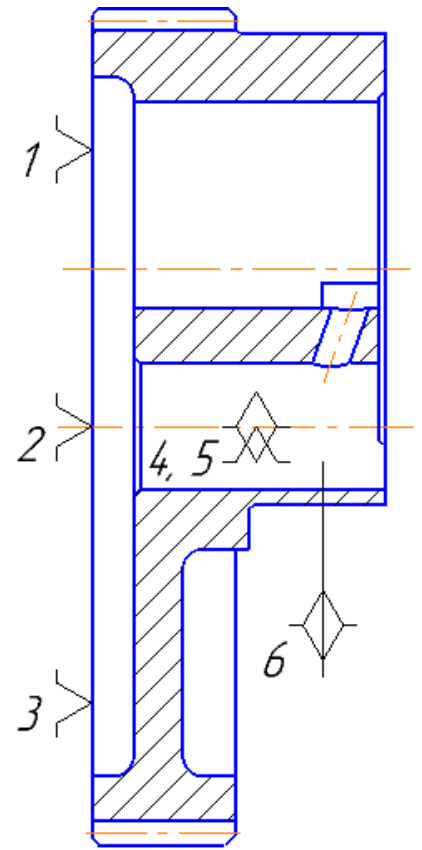


Рисунок 1.2 – Схема базування на чистових операціях

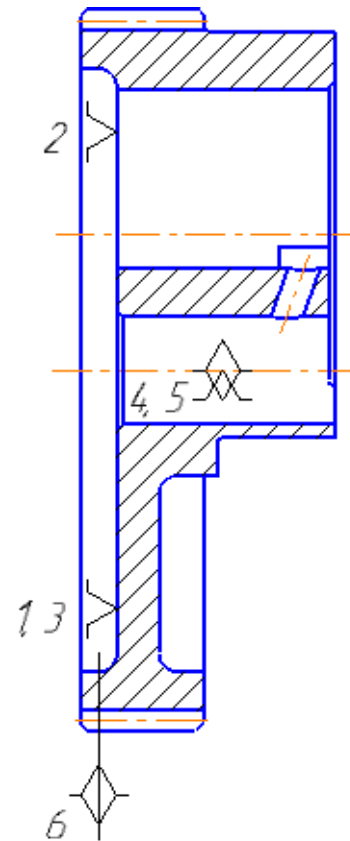


Рисунок 1.3 – Схема базування на чорнових операціях

### 1.8 Розробка маршруту обробки деталі

Маршрут обробки є технологічним описом виготовлення деталі на всіх операціях в заданій технологічній послідовності. Важливою вимогою, яку необхідно виконати при розробці технологічного процесу, є найбільш повне використання всіх технологічних можливостей застосовуваного обладнання, інструменту та пристосувань при максимально ефективних режимах обробки. При його складанні необхідно враховувати наступні принципи:

- в першу чергу необхідно обробити поверхню, що виступає базою для наступної операції;
- кожна наступна операція повинна зменшити похибки і поліпшити якість поверхні;
- поверхні з найбільш високими вимогами слід начисто обробляти в останню чергу.

На перших операціях механічної обробки здійснюється по черзі обробка технологічних баз зовнішньої циліндричної поверхні, правого і лівого торця шестерні, центрального отвору. Подальша чистова токарна обробка на верстаті з ЧПК буде проводитися для найбільш відповідальних поверхонь (торець маточини 1, торець вінця шестерні 15, зовнішня поверхня маточини 11 з формуванням торця 17).

Потім необхідно свердлити отвори. Оскільки для свердління отворів потрібно спеціальні пристосування, адже отвір 6 розташоване під кутом, то їх потрібно винести в окремі операції.

Далі буде проведена операція нарізування зубчастого вінця. А на останню операцію слід винести шліфування зовнішньої поверхні маточини.

Після механічної обробки деталь надходить на слюсарну і контрольну операції.

Вибір технологічного обладнання при виготовленні деталі «Шестерня» здійснюється за складеним технологічним процесом, враховуючи при цьому тип виробництва (див. 1.3), конфігурацію деталі, складність виконання операцій, розрахункові режими обробки поверхонь деталі і можливість їх отримання на обраному обладнанні.

При точінні зовнішніх і внутрішніх поверхонь використовуються токарно-гвинторізний верстат СУ-400 і токарний верстат з ЧПУ SL400 (табл. 1.10 та 1.11).

Для остаточної обробки поверхні 11, її шліфують на круглошліфувальних напівавтоматі ВШ-159УВ-01 (табл. 1.12).

Таблиця 1.10 – Технічні характеристики верстату моделі SL400.

Найбільший діаметр заготовки, мм:	– над станиною	400
	– над супортом	210
найбільша довжина обробки, мм		250
Максимальна швидкість обертання шпинделя, об/хв		2000
Подача супорта, мм/об (мм/хв):	– повздовжня	0,01 – 2,8
	– поперечна	0,005 – 1,4
Діаметр отвору в шпинделі, мм:		55
Число координат, що одночасно керуються		2
Максимальна робоча подача, мм/хв:	– повздовжня	2000
	– поперечна	1000
Швидкість холостих переміщень, мм/хв:	– повздовжніх	12000
	– поперечних	10000
Дискретність переміщень, мм:	– повздовжніх	0,01
	– поперечних	0,005
Число позицій різцетримача		8
Січення державки		20×20
Потужність електродвигуна, кВт		5,5/7,5
Габаритні розміри, Д×Ш×В, мм		2000×1300×1710
Маса, кг		2400

Таблиця 1.11 – Технічні характеристики верстату моделі СУ-400

Найбільший діаметр заготовки, мм:	– над станиною	440
	– над супортом	230
Найбільша довжина заготовки		750
Частота обертання шпинделя, хв <sup>-1</sup>		20 – 2000
Число швидкостей шпинделя		21
Подача супорта, мм/об (мм/хв):	– повздовжня	0,04 – 12
	– поперечна	0,02 – 6
Потужність двигуна головного руху, кВт		7,5/10
Габаритні розміри, Д×Ш×В, мм		2435×1185×1286
Маса, кг		2210

Таблиця 1.12 – Технічні характеристики верстату моделі ВШ-159УВ-01

Найбільші розміри заготовки:		
	– діаметр	250
	– довжина	1000
Конус Морзе передньої бабки		№ 5
Діаметр шліфувального круга, мм		80 – 500
Число обертів шпинделя шліфувальної бабки, мм/хв		50 – 500
Швидкість переміщення столу (безступінчасте регулювання), мм/хв		0,16 – 6
Кут повороту столу, град		–6; +9
Найбільше повздовжнє переміщення шліфувальної бабки, мм		200
Повздовжня подача шліфувальної бабки на один хід столу, мм/хв		безступінчасте регулювання
Потужність електродвигуна, кВт		5,5
Габаритні розміри, Д×Ш×В, мм		2950×2295×2150
Маса, кг		6000

Операція нарізування зубчастого вінця буде виконуватися на зубофрезерні верстаті 5Д312 (табл. 1.13).

Таблиця 1.13 – Технічні характеристики верстату моделі 5Д312

Найбільший діаметр колеса, мм	320
Найбільший модуль зубчастого колеса, мм	6
Найбільші розміри черв'ячних фрез L×D, мм	160×140
Найбільше осьове переміщення фрези, мм	75
Шаг переміщення фрези вздовж вісі, мм	0,05 – 1,5
Кількість швидкостей шпинделя фрези	14
Частота обертання шпинделя фрези, хв <sup>-1</sup>	80 – 475
Осьова подача, мм/хв	2,5 – 100 (безступінчасте)
Радіальна подача, мм/об	0,5 – 5
Потужність двигуна головного руху, кВт	6
Габаритні розміри, Д×Ш×В, мм	1790×1425×2350
Маса, кг	5785

Для свердління отворів використовується універсальний вертикально-свердлильний верстат 2Н125 (табл. 1.14).

Таблиця 1.14 – Технічні характеристики верстату моделі 2Н125

Найбільший умовний діаметр свердління, мм	25
Робоча поверхня столу, мм	400×450
Виліт шпинделю, мм	250
Найбільше вертикальне переміщення головки, мм	170
Найбільший хід шпинделя, мм	700
Частота обертання шпинделя, хв <sup>-1</sup>	45 – 2000
Подача шпинделя, мм/об	0,1 – 1,6
Найбільша допустима сила подачі, Н	15000
Потужність електродвигуна, кВт	4
Габаритні розміри, Д×Ш×В, мм	2350×785×915
Маса, кг	880

### 1.9 Вибір способів обробки поверхонь

На підставі даних по точності обробки різними методами, наведених в джерелі [7] на кожен механічно оброблювану поверхню деталі, призначено потрібну кількість переходів обробки.

Маршрут обробки поверхонь зведений в таблицю 1.15.

Таблиця 1.15 – Маршрут обробки поверхонь

№ пов.	Вимоги за точністю поверхонь		Маршрут обробки поверхонь	Технічні вимоги, досяжні		Міжперехідний припуск (на сторону), мм	Технологічний припуск та допуск
	IT	Ra		IT	Ra		
Заготовка				14-16	20-5		
1	39,5 <sub>-0,2</sub>	1,6	Точіння: чорнове напівчисте чистове	12 10 8	12,5 6,3 1,6	2,4 0,3 0,1	45±1,8 40,6±0,125 40,3±0,05 39,5 <sub>-0,2</sub>
2	18R8	1,6	Свердління Розточ.: чорнове чистове	12 10 8	12,5 6,3 1,6	7,5 1 0,5	15±0,09 17±0,035 18 <sup>-0,023</sup> <sub>-0,05</sub>
3	8H8	–	Свердління Розгорт.	12 8	12,5 6,3	3,5 0,5	7,8±0,075 8 <sup>+0,022</sup>
4	1,5	6,3	Цекування	12	6,3	1,5	1,5±0,05
5	22	12,5	Цекування	12	6,3	1,5	22±0,105
6	4	12,5	Свердління	12	12,5	2	4±0,06

Кінець таблиці 1.15

7	2±0,15	12,5	Зенкування	12	12,5	2	2±0,15
8	1 <sub>-0,6</sub>	6,3	Точіння однократне	12	6,3	1	1 <sub>-0,6</sub>
9	50	12,5	Точіння однократне	12	6,3	1	50±0,125
10	5		Свердління	12	12,5	2,5	5±0,06
12	–	1,6	Зубофрез.	–	1,6	–	–
15	20,5 <sub>-0,4</sub>	3,2	Точіння: чорнове напівчисте чистове	12 10 9	12,5 6,3 3,2	1,5 0,4 0,2	22,6±1,6 21,1±0,105 20,7±0,042 20,5 <sub>-0,052</sub>
16	20 <sub>-0,2</sub>	3,2	Точіння однократне	9	3,2	0,5	20,5 <sub>-0,052</sub> 20 <sub>-0,2</sub>
11	67f7		Точіння: чорнове напівчисте чистове Шліфув.	12 10 8 7	12,5 6,3 1,6 0,8	3,3 3 0,15 0,05	80±0,7 73,4±0,15 67,4±0,06 67,1±0,023 67 <sub>-0,06</sub> <sup>-0,03</sup>
13	20,5 <sub>-0,4</sub>	3,2	Точіння: чорнове напівчисте чистове	12 10 9	12,5 6,3 3,2	2 0,45 0,25	25,3±1,6 23,3±0,105 22,85±0,042 22,6±0,026
14	119,6 <sub>-0,14</sub>	1,6	Точіння: чорнове напівчисте чистове тонке	12 10 9 8	12,5 6,3 3,2 1,6	1,6 0,5 0,25 0,15	124,6±1,2 121,4±0,2 120,4±0,08 119,9±0,043 119,6 <sub>-0,14</sub>
17	18 <sub>-0,2</sub>	1,6	Точіння: чорнове напівчисте чистове Шліфув.	12 10 9 8	12,5 6,3 3,2 1,6	1,25 1 0,5 0,25	15±1,2 16,25±0,09 17,25±0,035 17,75±0,022 18 <sub>-0,2</sub>
18	80	1,6	Точіння: чорнове напівчисте чистове	12 10 8	12,5 6,3 1,6	1,5 0,4 0,2	82,1±1,6 80,6±0,15 80,2±0,06 80±0,023

## 1.10 Визначення міжперехідних припусків і допусків

Використовуючи методику, наведену в джерелі [8], визначено міжперехідні припуски і допуски на поверхню  $\text{Ø}67f7_{(-0,06)}^{(-0,03)}$  отримані дані занесені в таблицю 18. Маршрут обробки поверхні наведено в таблиці 1.16.

Для заготовки отриманої литтям:

- відхилення положення:

$$p = p_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} \times L = 2 \times 18 = 36 \text{ мкм},$$

де  $p_{\text{кор}}$  – величина короблення;

$\Delta_{\text{к}} = 2$  – питоме короблення, мкм;

$L = 18$  – довжина площини, мм.

Для заготовки після чорнового точіння:

- відхилення положення:

$$p_{\text{ост1}} = p_{\text{заг}} \times k_y = 36 \times 0,06 = 2,16 \text{ мкм},$$

де  $k_y$  – коефіцієнт уточнення:  $k_y = 0,06$ ;  $k_y = 0,05$ .

- похибка установки:  $\varepsilon = 150$  мкм

Для заготовки після напівчисте точіння:

- відхилення положення:

$$p_{\text{ост.2}} = k_y \times p_{\text{ост1}} = 0,05 \times 2,16 = 0,1 \text{ мкм}$$

Для заготовки після шліфування:

- похибка установки:  $\varepsilon = 15$  мкм.

Розрахуємо величину мінімального двостороннього припуску, мкм, за формулою:

$$2Z_{i \min} = 2 \left( R_{z(i-1)} + h_{(i-1)} + \sqrt{p_{(i-1)}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (7)$$

де  $R_{z(i-1)}$  – висота нерівностей профілю на попередньому переході, мкм;

$h_{(i-1)}$  – глибина дефектного слою на попередньому переході, мкм;

$p_{(i-1)}$  – загальне відхилення положення поверхні, мкм;

$\varepsilon_i$  – похибка встановлення заготовки на переході, мкм.

Мінімальний припуск на чорновому точінні, за формулою (7):

$$2Z_{2 \min} = 2 \left( 100 + 100 + \sqrt{36^2 + 150^2} \right) = 708,5 \text{ мкм}$$

Мінімальний припуск на напівчистому точінні, за формулою (7):

$$2Z_{3 \min} = 2(50 + 50 + 2,16) = 204,3 \text{ мкм}$$

Мінімальний припуск на чистовому точінні, за формулою (7):

$$2Z_{4 \min} = 2(25 + 25 + 0,1) = 100,2 \text{ мкм}$$

Мінімальний припуск на шліфуванні, за формулою (7):

$$2Z_{5 \min} = 2(5 + 15 + 15) = 70 \text{ мкм}$$

Діаметр на останньому переході приймається рівним мінімально допустимому з урахуванням допуску –  $d_{\min} = 66,94 \text{ мм}$ .



Мінімальний діаметр визначений за формулою:

$$d_{\min i} = d_{\min-1} + z_{\min i}, \quad (8)$$

де  $d_{\min-1}$  – мінімальний діаметр на попередньої операції;

$2z_{\min i}$  – мінімальний припуск на  $i$ -й операції.

Значення мінімального діаметра по переходах за формулою (8):

– чистове точіння:

$$d_{\min} = 66,94 + 0,070 = 67,01 \text{ мм}$$

– напівчисте точіння:

$$d_{\min} = 67,01 + 0,100 = 67,11 \text{ мм}$$

– чорнове точіння:

$$d_{\min} = 67,11 + 0,204 = 67,314 \text{ мм}$$

– заготовка:

$$d_{\min} = 67,314 + 0,708 = 68,022 \text{ мм}$$

Перевірка правильності проведених розрахунків відповідно до умови:

$$2z_{\max} - 2z_{\min} = T_3 - T_d,$$

$$1760 - 1050 = 740 - 30,$$

$$710 = 710,$$

де  $2z_{max} = 1760$  мкм – сума максимальних припусків по переходах:

$2z_{min} = 1050$  мкм – сума мінімальних припусків по переходах:

$T_3 = 740$  мкм – допуск на заготовку;

$T_D = 30$  мкм – допуск на деталь.

Розрахунки проведені правильно.

Таблиця 1.16 – Розрахунок припусків на поверхню  $\varnothing 67f7_{(-0,03)}^{(-0,06)}$

Технологічні переходи	Елементи припуску, мкм				$2Z_{min}$ , мкм	Розрахунковий розмір $d_{min}$ , мм	Допуск $T$ , мкм	Прийняті розміри		Граничні значення розмірів	
	$R_z$	$h$	$\rho$	$\epsilon$				$d_{max}$ , мм	$d_{min}$ , мм	$2z_{max}$	$2z_{min}$
Заготовка	100	100	36	–	–	68,022	740	68,75	68	–	–
Точіння чорнове	50	50	2,16	150	708	67,314	300	67,6	67,3	1150	700
напівчисте	25	25	0,1	–	204	67,11	120	67,22	67,1	380	200
чистове	5	15	–	–	100	67,01	46	67,05	67	170	100
шліфування	2,5	5	–	15	70	66,94	30	66,97	66,95	60	50
										$\Sigma$ 1760	1050

Зобразимо отримані припуски в графічному вигляді (рисунки 4 та 5).

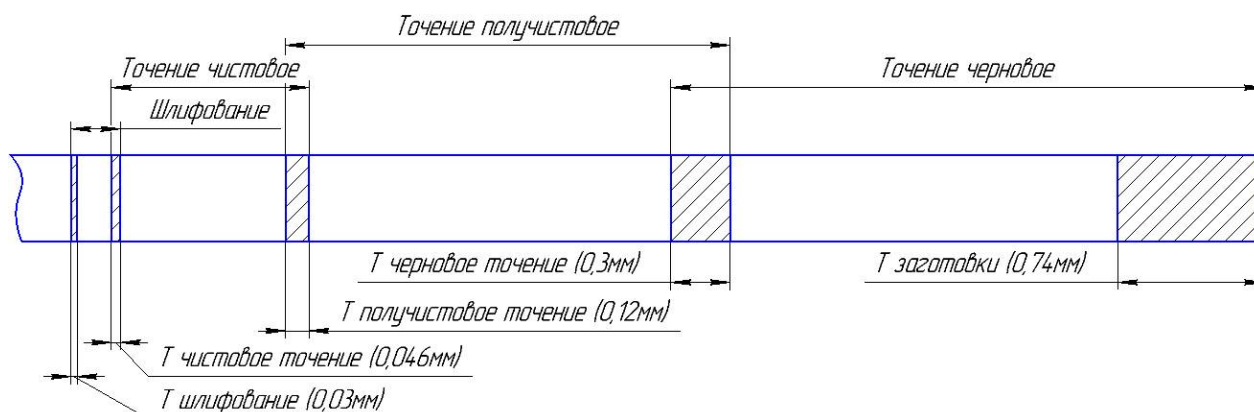


Рисунок 1.4 – Зображення допусків за технологічними операціями

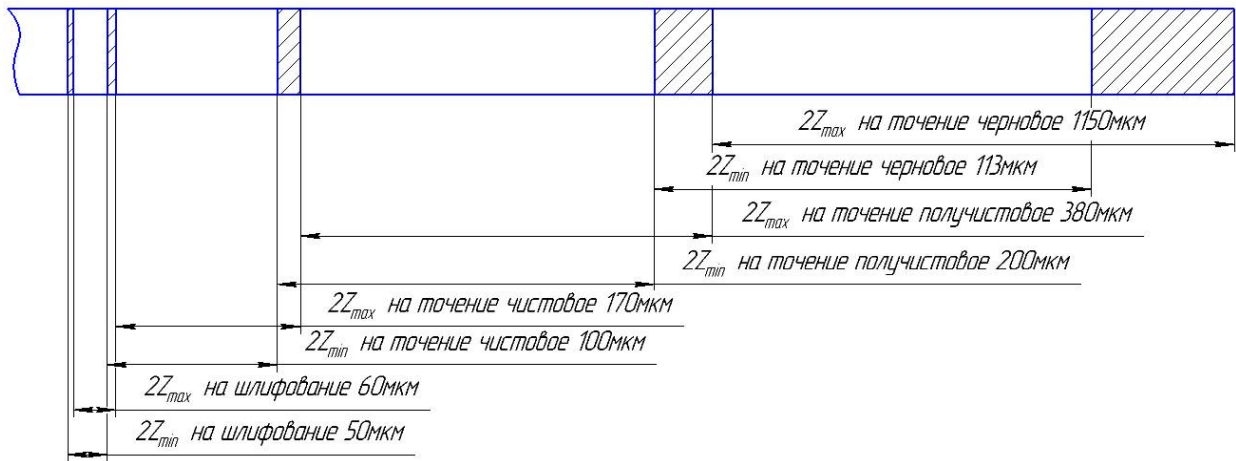


Рисунок 1.5 – Зображення граничних припусків

Аналогічним методом проведено розрахунок для поверхні 1, пов'язаної з базою лінійним розміром  $39,5_{-0,2}$ . Ця поверхня вимагає чорнового, напівчистого і чистового точіння.

Для заготівлі отриманої литтям:

- відхилення розташування, при  $\Delta_k = 2$  й  $R = 40$ :

$$p = \Delta_k \times R = 2 \times 40 = 80 \text{ мкм}$$

Для заготівлі після чорнового точіння, при  $k_y = 0,06$ :

- відхилення положення:

$$p_{\text{ост1}} = p_{\text{заг}} \times k_y = 80 \times 0,06 = 4,8 \text{ мкм}$$

- похибка установки:  $\varepsilon = 100$  мкм

Для заготівлі після напівчистого точіння при  $k_y = 0,05$ :

- відхилення положення:

$$p_{\text{ост.2}} = p_{\text{ост1}} \times k_y = 0,05 \times 4,8 = 0,24 \text{ мкм}$$

- похибка установки:  $\varepsilon = 80$  мкм

Розрахуємо величину мінімального двостороннього припуску, мкм, за формулою:

$$Z_{i \min} = (R_z + h)_{i-1} + p_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i, \quad (9)$$

де  $R_z$  – висота нерівностей профілю на попередньому переході, мкм;

$h$  – глибина дефектного шару на попередньому переході, мкм;

$p_{\Sigma i-1}$  – сумарне відхилення розташування поверхні, мкм;

$\varepsilon_i$  – похибка установки заготовки на виконуваному переході, мкм.

Мінімальний припуск на чорновому точінні, за формулою (9)::

$$Z_{2 \min} = (100 + 100) + 80 + 100 = 380$$

Мінімальний припуск на напівчистому точінні, за формулою (9):

$$Z_{2 \min} = (50 + 50) + 4,8 + 80 \approx 185$$

Мінімальний припуск на чистовому точінні, за формулою (9):

$$Z_{2 \min} = (25 + 25) + 0,24 \approx 50$$

Довжину на останньому переході приймаємо рівною мінімально допустимій з урахуванням допуску:  $l_{\min} = 39,3$  мм.

Мінімальну довжину на попередніх операціях, визначаємо за формулою:

$$l_{\min i} = l_{\min i-1} + Z_{\min i}, \quad (10)$$

де  $l_{\min i-1}$  – мінімальна довжина на попередньої операції;

$Z_{\min i}$  – мінімальний припуск на  $i$ -й операції.

Значення мінімальної довжини по переходах, за формулою (10):

– напівчисте точіння:

$$l_{min} = 39,3 + 0,050 = 39,35 \text{ мм}$$

– чорнове точіння:

$$l_{min} = 39,35 + 0,185 = 39,535 \text{ мм}$$

– заготовка:

$$l_{min} = 39,535 + 0,380 = 39,915 \text{ мм}$$

Перевірка правильності проведених розрахунків відповідно до умовою:

$$z_{max} - z_{min} = T_3 - T_d,$$

$$1195 - 615 = 620 - 40,$$

$$580 = 580,$$

де  $z_{max} = 1195$  мкм – сума максимальних припусків по переходах;

$z_{min} = 615$  мкм – сума мінімальних припусків по переходах;

$T_3 = 620$  мкм – допуск на заготовку;

$T_d = 40$  мкм – допуск на деталь.

Розрахунок проведено правильно.

Дані розрахунку занесені в таблицю 18, за якими отримані припуски зображені в графічному вигляді (рисунок 1.6 та 1.7).

Для інших поверхонь міжпереходні припуски призначені табличним методом і занесені в таблицю 1.15.

Таблиця 1.17 – Розрахунок припусків на поверхню 39,5<sub>-0,2</sub>

Технологічні переходи	Елемент припуску, мкм				$2Z_{min}$	Розрахунковий розмір $I_{min}$ , мм	Допуск $T$ , мкм	Прийняті розміри		Граничне значення припусків	
	$R_z$	$h$	$\rho$	$\varepsilon$				$I_{max}$ , мм	$I_{min}$ , мм	$2z_{max}$	$2z_{min}$
Заготовка	100	100	80	–	–	39,915	620	40,53	39,91	–	–
Точіння чорнове	50	50	4,8	100	380	39,535	250	39,78	39,53	750	380
напівчисте	25	25	0,24	80	185	39,35	100	39,45	39,35	335	185
чистове	5	5	–	–	50	39,3	40	39,34	39,3	110	50
										$\Sigma$ 1195	615

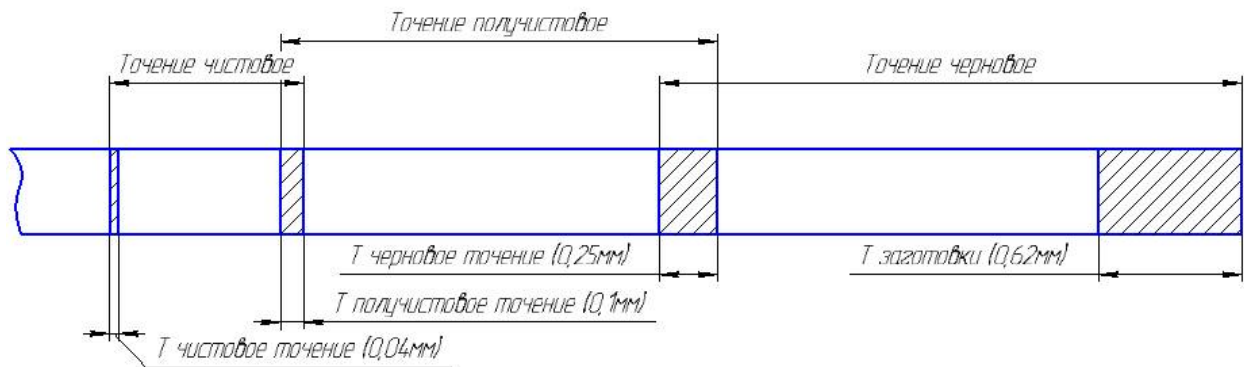


Рисунок 1.6 – Зображення допусків за технологічними операціями

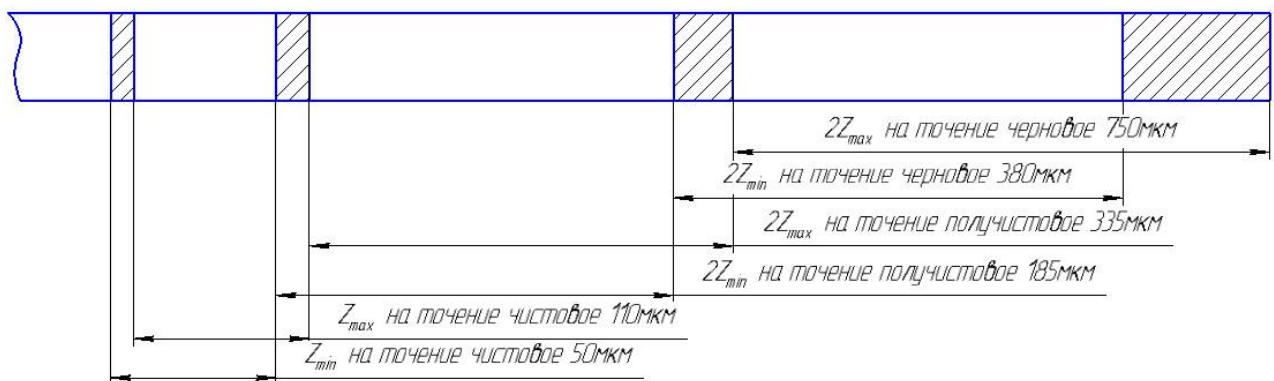


Рисунок 1.7 – Зображення граничних припусків

### 1.11 Формування операцій технологічного процесу

Виходячи з встановленої послідовності обробки поверхонь і вибраного обладнання складені операції технологічного процесу із зазначенням верстата, номера оброблюваної поверхні і змісту переходів необхідних для досягнення вимог, результат зведений в таблицю 1.18 [2, 22, 23, 27]. Поверхні пронумеровані відповідно до рисунку 1.1.

Таблиця 1.18 – Операційний технологічний процес обробки деталі «Шестерня ШВП 72.01»

Номер та найменування операції	Найменування та модель верстату	Номер за ескізом, найменування поверхні, що оброблюється	Переходи при обробці поверхні
005 Заготовча			
010 Термічна			
015 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний СУ-400	14 зовнішня циліндрична поверхня	чорнове точіння
020 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний СУ-400	13 торець	чорнове точіння
		2 отвір	свердління чорнове розточ.
025 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний СУ-400	1 торець	чорнове точіння
030 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний СУ-400	14 зовнішня циліндрична поверхня	напівчисте точіння
035 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний СУ-400	13 торець	напівчисте точіння чистове точіння
		14 зовнішня циліндрична поверхня	чистове точіння тонке точіння

Продовження таблиці 1.18

040 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний СУ-400	2 отвір	чистове розточ.
045 Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК SL400	11 зовнішня циліндрична поверхня	чорнове точіння напівчисте точіння чистове точіння
		15 торець	чорнове точіння напівчисте точіння чистове точіння
		1 торець	напівчисте точіння чистове точіння
		9 отвір (канавка)	однократне точіння
050 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний СУ-400	16 торець	однократне точіння
055 Вертикально-свердлильна	Вертикально свердлильна 2Н125	3 отвір	свердління розгорткування
		5 отвір	цекування
060 Вертикально-свердлильна	Вертикально свердлильний 2Н125	6 отвір	свердління
		7 отвір	зенкерування
065 Контрольна			
070 Зубофрезерна	Зубофрезерний 5Д312	12 евольвента	фрезерування
075 Кругло-шліфувальна	Кругло-шліфувальний ВШ-152УВ-01	11 зовнішня циліндрична поверхня	шліфування
080 Контрольна			

### 1.12 Розрахунок режимів обробки

Розрахунок режимів різання для свердління отвору 3 (рис. 1.1) на операції 050, проведений за методикою, викладеною в [7].



*Вихідні дані:*

- матеріал – сірий чавун СЧ20 ГОСТ 1412–85;
- твердість – 225 НВ;
- точність обробки –  $\varnothing 7H12(\pm 0,075)$ ;
- параметр шорсткості поверхні  $R_a = 12,5$  мкм;
- заготовка – вилівка;
- маса – 1,9 кг;
- отвір у суцільному металі, наскрізний;
- верстат вертикально-свердлильний моделі 2Н125;
- пристосування – спеціальне, з ручним приводом.
- зміст переходу: свердлити по чергово два отвори  $\varnothing 7H12(\pm 0,075)$  довжиною 33,5 мм з параметром шорсткості  $R_a 12,5$ ;
- охолодження – немає;
- інструмент – свердло спіральне  $\varnothing 7,8$ , матеріал ріжучої частини Р6М5.

*Розв'язання*

Визначення глибини різання, по формулі:

$$t = \frac{D}{2} = \frac{7}{2} = 3,5 \text{ мм}$$

Розрахункова подача, визначається за формулою:

$$S_p = S_{\text{табл}} K_{1s} = 0,23 \times 1 = 0,23 \text{ мм/об,}$$

де  $S_{\text{табл}} = 0,23$  мм/об – табличне значення подачі;

$K_{1s} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує вплив механічних властивостей оброблюваного матеріалу на подачу.

Отримане значення округляємо до найближчого, наявного на верстаті:  
 $S = 0,2$  мм/об.

Розрахункову швидкість, слід визначити з формули:

$$V_p = V_{\text{табл}} K_{1v} K_{2v} K_{3v} K_{4v} K_{5v} K_{6v} K_{7v} K_{8v} K_{9v},$$

де  $V_{\text{табл}} = 26,2$  м/хв – табличне значення швидкості різання;

$K_{1v} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу;

$K_{2v} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує форму заточування інструменту;

$K_{3v} = 0,8$  – коефіцієнт, що враховує наявність охолодження: без охолодження;

$K_{4v} = 0,88$  – коефіцієнт, що враховує глибину оброблюваного отвору;

$K_{5v} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує відношення фактичного періоду стійкості до нормативного;

$K_{6v} = 0,8$  – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

$K_{7v} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує марку матеріалу інструменту;

$K_{8v} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує склад покриття: без покриття;

$K_{9v} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує довжину робочої частини свердла;

$$V_p = 26,2 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,8 \times 0,88 \times 1,0 \times 0,8 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 14,75 \text{ м/хв.}$$

Розрахункова частота обертання шпинделя, визначається за формулою:

$$n_p = \frac{1000V_p}{\pi D} = \frac{1000 \times 14,75}{7,8\pi} = 670,72 \text{ об/хв}$$

Наведемо отриману частоту обертання шпинделя до найближчого меншого значення, з ряду, наявного на верстаті:  $n = 500$  об/хв.

Фактична швидкість різання, в такому випадку буде становити:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{\pi \times 7,8 \times 500}{1000} = 11 \text{ м/хв}$$

Потужність різання під час свердління, кВт, визначається за формулою:

$$N = \frac{N_{\text{табл}}}{K_{1N}} = \frac{0,3}{1} = 0,3 \text{ кВт},$$

де  $N_{\text{табл}} = 0,3$  кВт – табличне значення потужності свердління;

$K_{1N} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує вплив механічних властивостей матеріалу на потужність різання.

Згідно з паспортними даними біля верстата 2Н125 ефективна потужність двигуна головного руху при  $500 \text{ хв}^{-1}$  становить 2,2 кВт. Оскільки потужність різання менше ефективної потужності приводу, обробка з вибраними режимами можлива.

Крутний момент, визначаємо за формулою:

$$M_{\text{кр}} = \frac{9750N}{n} = \frac{9750 \times 0,3}{500} = 5,85 \text{ Нм}$$

Осьова сила при свердлінні, розраховується за формулою:

$$P = \frac{P_{\text{табл}}}{K_{1P}} = \frac{791}{1} = 791 \text{ Н},$$

де  $P_{\text{табл}} = 791$  Н – табличне значення осьової сили;

$K_{1P} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує вплив механічних властивостей матеріалу на осьову силу.

У відповідності з паспортними даними верстата, найбільше зусилля, що допускається механізмом подачі, становить 9 кН, що більше розрахункового значення, отже, обробка з вибраними режимами можлива.

Зробимо розрахунок режимів різання для точіння поверхні 14 (рис. 1.1) на операції 015, за методикою, викладеною в джерелі [7].

*Вихідні дані:*

- матеріал – сірий чавун СЧ20 ГОСТ 1412–85;
- твердість – 225 НВ;
- точність обробки –  $\varnothing 121,4 \pm 0,2$ ;
- параметр шорсткості поверхні  $R_a = 12,5$  мкм;
- заготовка – вилівка;
- маса – 1,9 кг;
- верстат токарно-гвинторізний моделі СУ-400;
- пристосування – самоцентруючий трьохкулачковий патрон.
- зміст переходу: точити поверхню на розмір  $\varnothing 121,4 \pm 0,2$  довжиною 45 мм з параметром шорсткості  $R_a 12,5$ ;
- охолодження – немає;
- інструмент – різець прохідний відігнутий з твёрдосплавною пластиною ВК8.

### *Розв'язання*

Глибина різання на даному переході призначена за нормативами з джерела [9], і становить –  $t = 1,6$  мм.

Виходячи з рекомендацій, для точіння поверхні діаметром від 100 мм до 400 мм, глибиною різання до 3 мм і відповідно до параметрів ріжучого інструменту вибираємо подачу –  $S_{\text{табл}} = 0,5$  мм/об.

Отримане значення подачі можливо встановити на верстаті СУ-400, приймаємо  $S = 0,5$  мм/об.

Розрахункова швидкість, визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v = \frac{243}{50^{0,2} \times 1,6^{0,15} \times 0,5^{0,4}} \times 0,53 = 72,4 \text{ м/хв},$$

де  $C_v = 243$  – емпіричний коефіцієнт;

$x, y, m$  – показники ступеню:  $x = 0,15$ ;  $y = 0,4$ ;  $m = 0,2$ ;

$K_v$  – коефіцієнт, який є твором коефіцієнтів які враховують вплив матеріалу заготовки  $K_{mv} = 0,8$ , стан поверхні  $K_{pv} = 0,8$ , матеріал інструменту  $K_{iv} = 0,83$ :

$$K_v = K_{mv} \times K_{pv} \times K_{iv} = 0,8 \times 0,8 \times 0,83 = 0,53,$$

$T$  – період стійкості інструменту, приймаємо рівним 50 хв.

Розрахункова частота обертання шпинделя, визначається як:

$$n_p = \frac{1000V_p}{\pi D} = \frac{1000 \times 72,4}{121,4\pi} = 189,8 \text{ об/хв}$$

Наведемо отриману частоту обертання шпинделя до найближчого меншого значення, з ряду, наявного на верстаті:  $n = 125$  об/хв.

Фактична швидкість різання, становитиме:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{\pi \times 121,4 \times 125}{1000} = 47,7 \text{ м/хв}$$

Розрахунок сили різання по складовим, керуючись формулою:

$$P_{z,y,x} = 10 \times C_p \times t^x \times S^y \times V^n \times K_p \quad (11)$$

– тангенціальна складова сили різання, за формулою (11):

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

де  $C_p = 92$  – емпіричний коефіцієнт;

$x, y, n$  – показники ступеню:  $x = 1$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = 0$ ;

$K_p$  – коефіцієнт, який є твором коефіцієнтів які враховують вплив матеріалу заготовки  $K_{mp} = 1,1$  і ряду коефіцієнтів, що враховують геометричні параметри ріжучої частини інструменту ( $K_{\varphi p} = 0,89$ ;  $K_{\gamma p} = 1$ ;  $K_{\lambda p} = 1$ ;  $K_{rp} = 0,93$ ):

$$K_p = K_{mp} \times K_{\varphi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{rp} = 1,1 \times 0,89 \times 1 \times 1 \times 0,93 = 0,83,$$

$$P_z = 10 \times 92 \times 1,6^1 \times 1^{0,75} \times 47,7^0 \times 0,83 = 1221,76 \text{ Н.}$$

– радіальна складова сили різання, за формулою (11):

$$P_y = 10 \times C_p \times t^x \times S^y \times V^n \times K_p,$$

де  $C_p = 54$  – емпіричний коефіцієнт;

$x, y, n$  – показники ступеню:  $x = 0,9$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = 0$ ;

$K_p$  – коефіцієнт, який є твором коефіцієнтів які враховують вплив матеріалу заготовки  $K_{mp} = 1,1$  і ряду коефіцієнтів, що враховують геометричні параметри ріжучої частини інструменту ( $K_{\varphi p} = 0,5$ ;  $K_{\gamma p} = 1$ ;  $K_{\lambda p} = 1,25$ ;  $K_{rp} = 0,82$ ), за формулою (34):

$$K_p = K_{mp} \times K_{\varphi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{rp} = 1,1 \times 0,5 \times 1 \times 1,25 \times 0,82 = 0,56,$$

$$P_y = 10 \times 54 \times 1,6^{0,9} \times 1^{0,75} \times 47,7^0 \times 0,56 = 824,33 \text{ Н.}$$

– осьова складова сили різання, за формулою (11):

$$P_x = 10 \times C_p \times t^x \times S^y \times V^n \times K_p,$$

де  $C_p = 46$  – емпіричний коефіцієнт;

$x, y, n$  – показник ступеню:  $x = 1$ ;  $y = 0,4$ ;  $n = 0$ ;

$K_p$  – коефіцієнт, який є твором коефіцієнтів які враховують вплив матеріалу заготовки  $K_{mp} = 1,1$  і ряду коефіцієнтів, що враховують геометричні параметри ріжучої частини інструменту ( $K_{\varphi p} = 1,17$ ;  $K_{\gamma p} = 1$ ;  $K_{\lambda p} = 0,8$ ;  $K_{rp} = 1$ ):

$$K_p = K_{mp} \times K_{\varphi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{rp} 1,1 \times 1,17 \times 1 \times 0,8 \times 1 = 1,03,$$

$$P_x = 10 \times 46 \times 1,6^1 \times 1^{0,4} \times 47,7^0 \times 1,03 = 758,08 \text{ Н.}$$

Потужність різання, визначається за формулою:

$$N = \frac{P_z \times V}{1020 \times 60} = \frac{1221,76 \times 47,7}{1020 \times 60} = 0,95 \text{ кВт}$$

Згідно з паспортними даними біля верстата СУ-400 ефективна потужність двигуна головного руху становить 7,7 кВт. Оскільки потужність різання менше ефективної потужності приводу, обробка з вибраними режимами можлива.

Для інших переходів режими різання призначаються за нормативами джерела [9].

### 1.13 Розрахунок норм часу

Проводиться розрахунок норми часу на операцію 055, вертикально-свердлувальний. Розрахунок ведемо за даними джерела [10].

Операція містить 3 переходи:

- 1) свердління двох отворів  $\varnothing 7,8$  мм, довжиною 33,5 мм;
- 2) розгорткування двох отворів  $\varnothing 8$  мм, довжиною 33,5 мм;
- 3) цекування двох отворів  $\varnothing 22$  мм на глибину 1,5 мм.

Ріжучий інструмент:

- 1) свердло  $D_c = 7,8$  мм зі швидкоріжучої сталі Р6М5;
- 2) розгортка  $D_p = 8$  мм зі швидкоріжучої сталі Р6М5;
- 3) цековка  $D_{\text{ц}} = 22$  мм з твердосплавними пластинами ВК8.

Розрахункові розміри обробки:

- 1) діаметр свердла  $D_c = 7,8$  мм; довжина резання  $l_{\text{рез}} = 33,5$  мм; глибина резання  $t = 3,9$  мм, довжину робочого ходу знайдем за формулою:

$$L_{\text{рх}} = l_{\text{рез}} + l_1, \quad (12)$$

де  $l_1 = 10$  мм – довжина врізання й перебігу, свердлом діаметром до 25 мм.

$$L_{\text{рх}} = 33,5 + 10 = 43,5 \text{ мм}$$

2) діаметр розгорткування  $D_p = 8$  мм; довжина різання  $l_{\text{рез}} = 33,5$  мм; глибина різання  $t = 0,1$  мм, довжину робочого ходу знайдем за формулою (12), при  $l_1 = 8$  мм:

$$L_{\text{рх}} = 32,5 + 8 = 41,5 \text{ мм}$$

3) діаметр цекування  $D_{\text{ц}} = 22$  мм; довжина різання  $l_{\text{рез}} = 1,5$  мм; глибина різання  $t = 7$  мм; довжину робочого ходу знайдем за формулою (12), при  $l_1 = 3$  мм:

$$L_{\text{рх}} = 1,5 + 3 = 3,5 \text{ мм}$$

Вибір подачі:

1) подачу для свердління беремо у відповідності до пункту 1.9:  $S_c = 0,2$  мм/об;

2) подачу на розгорткування вибираємо у відповідності до рекомендацій [10]:  $S_p = 0,1$  мм/об;

3) подачу на цекування вибираємо у відповідності до рекомендацій [10]:  $S_3 = 0,1$  мм/об.

Швидкість різання та частота обертання:

1) фактична швидкість різання (пункт 1.7):  $V_c = 11$  м/хв; частота обертання (пункт 1.7):  $n_c = 500$  об/хв;

2) табличне значення швидкості обертання [10]:  $V_{\text{рт}} = 42$  м/хв; розрахуємо частоту обертання:



$$n_{pp} = \frac{1000V_p}{\pi D} = \frac{1000 \times 42}{\pi \times 8} = 1671,12 \text{ об/хв}$$

Приведемо значення частоти обертання до існуючої на верстаті:

$$n_p = 1400 \text{ об/хв.}$$

Фактична швидкість різання при цьому дорівнює:

$$V_p = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{\pi \times 8 \times 1400}{1000} = 35,18 \text{ м/хв}$$

3) у відповідності до нормативу [10]:  $V_{цт} = 11,3$  м/хв; розрахункова частота обертання:

$$n_{цр} = \frac{1000V_p}{\pi D} = \frac{1000 \times 11,3}{\pi \times 22} = 163,5 \text{ об/хв}$$

Приведемо значення частоти обертання до існуючої на верстаті:

$$n_{ц} = 125 \text{ об/хв.}$$

Фактична швидкість різання при цьому дорівнює:

$$V_{ц} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{\pi \times 22 \times 125}{1000} = 8,64 \text{ м/хв}$$

Основний час:

1) основний час на свердління:

$$T_{oc} = \frac{L_{px}}{n_c S_c} \times i = \frac{43,5}{500 \times 0,2} \times 2 = 0,87 \text{ хв.}$$

де  $i$  – кількість проходів.

2) основний час на розгорткування:

$$T_{op} = \frac{L_{px}}{n_c S_c} \times i = \frac{41,5}{1400 \times 0,1} \times 2 = 0,59 \text{ хв}$$

3) основний час на цекування:

$$T_{оц} = \frac{L_{рх}}{n_c S_c} \times i = \frac{4,5}{125 \times 0,1} \times 2 = 0,72 \text{ хв}$$

Основний час на операцію:

$$T_o = T_{ос} + T_{оз} + T_{оц} = 0,87 + 0,59 + 0,72 = 2,18 \text{ хв}$$

Допоміжний час.

Допоміжний час на установку і зняття однієї деталі в свердлильному пристосуванні з гвинтовим затискачем з обробленою базою без вивірки  $T_{ву} = 0,64$  хв.

Допоміжний час пов'язаний з переходами:

$$T_{пер} = 0,1 \times 3 + 0,02 \times 6 + 0,08 \times 6 + 0,05 \times 3 + 0,07 \times 2 = 1,19 \text{ хв},$$

де 0,1 хв – свердління, розгортання, цекування по кондуктору з механічною подачею і переміщенням інструменту до наступного отвору до 200 мм;  
 0,02 хв – включення або виключення обертання шпинделя;  
 0,08 хв – зміна частоти обертання шпинделя або подачі;  
 0,05 хв – встановити або зняти інструмент (в патроні);  
 0,07 хв – змінити кондукторну втулку.

Допоміжний час на вимірювання калібром-пробкою (0,11 хв) і штангенциркулем (0,1 хв):  $T_{изм} = 0,21$  хв. Оскільки час на вимірювання менше основного часу, вважаємо його перекривають і не враховуємо в розрахунку сумарного допоміжного часу.

Сумарне допоміжний час на операцію:

$$T_B = T_{ву} + T_{пер} = 0,64 + 1,19 = 1,83 \text{ хв}$$

Розрахунок штучного часу.

Відповідно до рекомендацій [9]: час на обслуговування робочого місця 3,5% від оперативного часу; час відпочинку (час на перерви і особисті потреби) 4% від оперативного часу.

Оперативне час, розраховується за формулою:

$$T_{оп} = T_o + T_v = 2,18 + 1,83 = 4,01 \text{ хв}$$

Тобто: на обслуговування  $T_{обс} = 0,14$  хв; на відпочинок  $T_{отд} = 0,16$  хв.

Штучний час на операцію:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{обс} + T_{отд} = 4,01 + 0,14 + 0,16 = 4,31 \text{ хв}$$

Підготовче-заклучний час на партію деталей в даному випадку буде знаходиться за формулою:

$$T_{п-з} = T_{нип} + T_{доп},$$

де  $T_{нип}$  – час на наладку верстата, інструменту та пристосування, при установці деталі в кондуктора вручну:  $T_{нип} = 11$  хв;

$T_{доп}$  – час на отримання інструменту і пристосування і їх здачу після закінчення обробки:  $T_{доп} = 5$  хв;

$$T_{п-з} = 11 + 5 = 16 \text{ хв.}$$

При розмірі партії деталей  $n = 51$  штуки, штучно-калькуляційний час, хв, буде знаходитися за формулою:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n} = 4,31 + \frac{16}{51} = 4,56 \text{ хв}$$

Для інших операцій, норми часу визначимо за довідковими даними.

## 1.14 Технологічна наладка верстату

На токарній операції з ЧПК проходить обробка бокової поверхні маточини, а також канавки на її торці.

При обробці поверхонь складної і несиметричною або круглої форми застосовують чотирьохкулачкові патрони з індивідуальним і незалежним ручним приводом. Незалежне переміщення кожного кулачка дозволяє іноді використовувати чотирьохкулачкові патрони при точній обробці деталей тіл обертання.

Чотирьохкулачковий патрон (рис. 1.8) не має властивостей автоматичного центрування заготовки, так як кожен з чотирьох кулачків переміщається незалежно. Однак такі патрони дозволяють встановлювати і закріплювати заготовки складної, несиметричною форми так, щоб вісь оброблюваної поверхні розташовувалася або на осі обертання шпинделя, або в іншому потрібному положенні.

Кулачки встановлюють в зворотній і прямій позиції. Зворотній позиція застосовується, якщо потрібен затиск заготовки з великою площею перерізу.



Рисунок 1.8 – Чотирьохкулачковий патрон

Попередня установка проводиться таким чином: кулачки патрона розводять на відстані приблизно рівні розмірам заготовки, використовуючи ризики на торцевій поверхні планшайби патрона; підтримуючи заготовку руками, переміщують спеціальний ключем кулачок патрона до його торкання з заготовкою; потім повертають шпиндель і переміщують кулачок і т. д (рисунок 1.9).

Більш точну установку здійснюють за допомогою індикатора годинникового типу: індикатор встановлюють на супорті верстату і визначають биття заготовки як різницю найбільшого і найменшого показання індикатора, поділену навпіл [21].

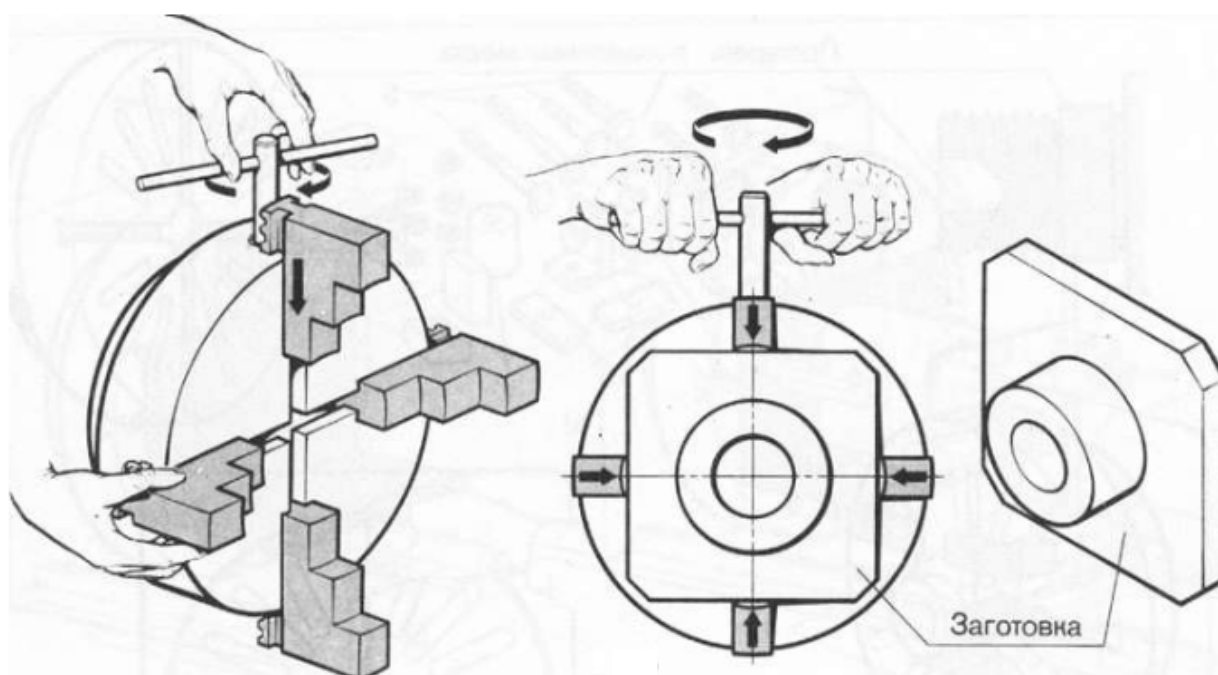


Рисунок 1.9 – Установка заготовки в чотирьохкулачковому патроні

## 2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 2.1 Проектування верстатного пристосування

Спроектоване пристосування призначене для установки і закріплення заготовки шестерні під час свердління двох отворів на операції 055, і являє собою кондукторну плиту, до якої прикріплені установчі елементи і елементи затиску.

Для реалізації необхідного за технологічним процесом комплекту баз, в конструкції пристосування передбачені наступні елементи: 3 опори (установча база), центратор (подвійна опорна база), призма рухома (за рахунок контакту з ексцентрично розташованої маточиною позбавляє заготовку одного ступеню свободи, реалізуючи тим самим опорну базу) [30].

На вертикально-свердлильній операції відбувається почергове свердління, розгортання і цекцування двох отворів, для цих цілей в пристосуванні передбачені три пари швидкозмінних втулок і проміжні втулки.

Закріплення заготовки здійснюється за допомогою гвинтового затиску з ручним приводом, що складається зі шпильки, закріпленої до плити гвинтом і підтискної шайби.

З огляду на невелику масу пристосування (7,68 кг) його транспортування здійснюється вручну, для цих цілей до кондукторній плиті прикріплені ручки.

Установка пристосування здійснюється на підставку, закріплену на столі верстату.

Розрахуємо сили різання, що діють під час свердління наскрізного отвору  $\varnothing 7 \pm 0,075$  мм довжиною 33,5 мм з подачею  $S = 0,2$  мм/об.

Знайдемо осьовий момент сили:

$$M_0 = 10 \times C_M \times D^q \times S^y \times K_p,$$

де  $C_M, K_p$  – відповідні коефіцієнти:  $C_M = 0,041$  ;  $K_p = 1,15$ ;

$q, y$  – показники ступеню:  $q = 2$ ;  $y = 0,7$ ;

$$M_0 = 10 \times 0,041 \times 7^2 \times 0,2^{0,7} \times 1,15 = 6,1 \text{ Нм.}$$

Розрахуємо коефіцієнт запасу  $k$ , який забезпечує надійне закріплення заготовки в процесі її обробки:

$$k = k_0 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_5 \times k_6,$$

де  $k_0$  – гарантований коефіцієнт запасу;  $k_0 = 1,5$ ;

$k_1$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через дію випадкових нерівностей;  $k_1 = 1,2$ ;

$k_2$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання внаслідок затуплення різального інструменту;  $k_2 = 1,15$ ;

$k_3$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при безперервному свердлінні;  $k_3 = 1,0$ ;

$k_4$  – коефіцієнт, що характеризує сталість сили затиску, для затискних механізмів з ручним приводом;  $k_4 = 1,3$ ;

$k_6$  – коефіцієнт, що враховується при наявності моментів, що прагнуть повернути заготовку;  $k_6 = 1,0$ ;

$$k = 1,5 \times 1,2 \times 1,15 \times 1 \times 1,3 \times 1 \times 1 = 2,7.$$

Виконаємо аналіз і складемо схему дії сил, що діють на заготовку в процесі обробки (додаток В, рис. В.1 та В.2).

Виходячи зі схеми, видно, що при виникаючих силах різання, заготовка під дією осьової сили буде відриватися від опори, а крутний момент від осьової сили різання, буде прагнути повернути заготовку. Отже, слід розглянути випадки хиткого становища заготовки в процесі обробки при відриві й провороті.

Відрив.

$$\sum P_{x0} = 0,$$

$$k \times P_0 - Q = 0,$$

де  $P_0$  – осьова сила;

$$l_0 = 23 \text{ мм} - \text{відстань};$$

$$P_0 = \frac{M_0}{l_0} = \frac{6,1 \times 10^3}{23} = 265 \text{ Н},$$

$$Q = k \times P_0 = 2,7 \times 265 = 715,5 \text{ Н}.$$

Проворот.

$$\sum M_0 = 0,$$

$$k \times M_0 - F \times l - F_1 \times l_1 = 0,$$

де  $F$  – сила тертя на гайці;

$F_1$  – сила тертя на опорах:

$$l = 17 \text{ мм}; l_1 = 109 \text{ мм}.$$

$$F = f \times Q; \quad F_1 = f_1 \times Q,$$

де  $f, f_1$  – коефіцієнт тертя:  $f = 0,4; f_1 = 0,17$ ;

$$k \times M_0 - Q \times f \times l - Q \times f_1 \times l_1 = 0,$$

$$Q = \frac{k \times M_0}{f \times l + f_1 \times l_1} = \frac{2,7 \times 6,1 \times 10^3}{0,4 \times 17 + 0,17 \times 109} = 650 \text{ Н}.$$

Розрахуємо параметри приводу.

Приймаємо в якості затиску гвинтовий механізм. Дана конструкція дозволяє застосовувати стандартизовані деталі. Крім того, вона має здатність до самогальмування [25].

Розрахунок ведемо по більшому значенню  $Q = 650 \text{ Н}$ .

Розрахунковий діаметр різьби визначимо за формулою:



$$d = c \sqrt{\frac{Q}{\sigma}}$$

де  $c$  – коефіцієнт для основної метричної різьби  $c = 1,4$ ;

$\sigma$  – допустиме напруження розтягування або стиснення,  $\sigma = 100 \text{ МПа}$ ;

$$d = 1,4 \sqrt{\frac{650}{100}} = 3,6 \text{ мм.}$$

Приймаємо М10 з шагом  $P = 1,25 \text{ мм}$ .

Обчислимо момент  $M$ , який необхідно прикласти до гайки для створення сили закріплення.

$$M = 0,2 \times Q \times d_2 = 0,2 \times 650 \times 9,026 = 1174 \text{ Н} \times \text{мм}$$

Визначимо довжину рукоятки, виходячи з допустимого зусилля на ключі при зусиллі  $[P]=147 \text{ Н}$ :

$$l = \frac{M}{[P]} = \frac{1174}{147} = 7,89 \text{ мм}$$

Приймаємо виходячи зі стандартного ряду рекомендовану довжину рукояті ключа для гайки М10:

$$l = 140 \text{ мм}$$

Розрахунок проведено у відповідності до джерела [24].

Описуючи роботу пристосування можна сказати, що до основних елементів пристосування відносяться: плита кондукторна 4, центратор 5, шайба 6, втулка швидкозмінна 13, гайка 15, призма 17.

Заготовка встановлюється центральним отвором на центратор 5 і піджимається за допомогою шайби 6 і гайки 15. Точне положення шестерні здійснюється за рахунок притиску рухомої призми 17, яка базується в направляючій 3. У кондукторну плиту 4 запресовані проміжні втулки 14, в які встановлюються швидкозмінні втулки 13 направляючі ріжучий інструмент, фіксуються вони установочними гвинтами 12. після свердління по черзі двох отворів відбувається заміна швидкозмінних втулок для розгортання отворів, в свою чергу після розгортання втулки знімаються і через отвір в проміжних втулках відбувається цекування. По закінченню обробки натискним гвинтом 11 відводять призму 17 і відгвинчують гайку 15.

Для установки пристосування на стіл верстату передбачені уніфіковані підприємством підставки, а в кондукторній плиті виконані пази для придання точного положення пристосуванню.

## **2.2 Проектування контрольного пристосування**

Пристосування призначене для контролю відхилення від перпендикулярності поверхні 1 (рис. 1.1) [26].

У деталі «Шестерня» виконується центральний отвір, який виконаний з допуском за восьмим квалітетом. Цей отвір є базою для контролю точності. Відхилення від перпендикулярності поверхні 11 допускається в межах 0,02 мм.

Схема контролю відхилення приведена на рисунку 2.1. У якості вимірювального приладу використовується вимірювальна головка ІЧ 0,01 за ГОСТ 15593-70 [11]. Для установки вимірювального приладу застосовується конічна оправка.

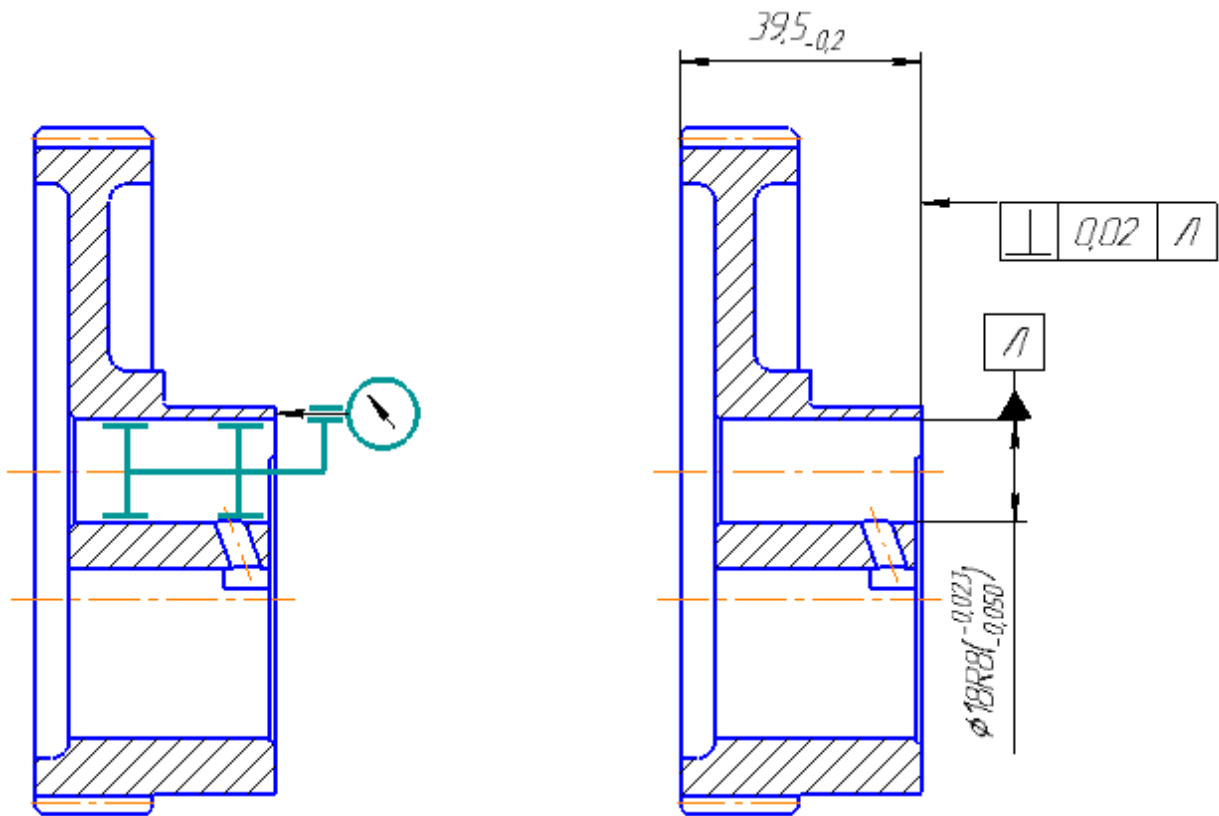


Рисунок 2.1 – Контрольований параметр деталі і схема контролю

Розрахунок конічної оправки виконаний за методикою, викладеною в джерелі [12].

*Вихідні дані:*

- найбільший діаметр оброблюваного отвору  $d_{max} = 17,977$  мм;
- найбільший діаметр базового отвору  $d_{min} = 17,95$  мм;
- діаметр контролюємої поверхні  $D = 67$  мм;
- довжина базового отвору  $B = 33,5$  мм;
- довжина контролюємої поверхні  $B_l = 18$  мм;
- контрольований допуск на відхилення від перпендикулярності  $\delta = 0,02$  мм.

Найбільший діаметр оправки:

$$D_o = d_{max} + 0,02 = 17,977 + 0,02 = 17,997 \text{ мм}$$

Конусність оправки з умови забезпечення необхідної точності контролю торцевого биття:

$$k = \frac{2\delta}{D} = \frac{2 \times 0,02}{67} = 0,0006$$

За конусність приймається найближче стандартне значення:

$$k = 1:1500$$

Робоча довжина оправки:

$$L_p = \frac{D_o - d_{min}}{k} + B + F = \frac{17,997 - 17,95}{0,0006} + 33,5 + 10 \approx 121,8 \text{ мм,}$$

де  $F$  – запас довжини конусної частини оправки з боку меншого діаметру.

За рекомендацією [13]:  $F = 10$  мм.

Так, як  $L_p \leq 250$ , то достатньо однієї оправки.

Допуск радіального биття оправки:

$$3 \text{ мкм} \leq \delta_{p \text{ оп}} \leq 0,1\delta_p$$

Приймаємо допуск радіального биття оправки щодо осі центрів:  
 $\delta_{p \text{ оп}} = 0,005$  мм.

Матеріал оправки – сталь 20Х. Термообробка – цементация на глибину 1,2...1,5 мм твердістю 57...63 HRC.

У центральний отвір шестерні встановлюється конічна оправка 1. З огляду на точність обробки базового отвору, застосування конічної оправки дозволить виміряти відхилення від перпендикулярності з мінімальною похибкою.

Вимірюється поверхня розташована ексцентрично щодо центрального отвору, для зміщення центру передбачений механізм з важелем 2 прикріпленим до стійки 3. На стійці розташований кронштейн, в якому закріплена вимірювальна головка 4, що фіксується штифтом 5. Для обертання деталі в процесі вимірювання, важіль 6 через шпильку 7 з'єднаний з рукояткою.

Для зняття показань, деталі дають один-два оберти.

### 3 ОРГАНІЗАЦІЯ І ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА

#### 3.1 Визначення програми запуску деталей у виробництво

Для визначення партії деталей необхідно розрахувати річну та місячну програму запуску.

Визначаємо річну програму запуску:

$$N_3 = N \times 1,15 = 1596 \times 1,15 = 1836 \text{ шт/рік}$$

Місячна програма запуску деталі:

$$N_{3.м} = \frac{N_3}{12} = \frac{1840}{12} = 153 \text{ шт/м}$$

Для серійного виробництва розрахунок величини партії деталі для одночасного запуску розраховується за формулою:

$$n \approx \frac{N_{3.м} \times \alpha}{F_3} = \frac{153 \times 7}{21} = 51 \text{ шт}$$

де  $\alpha = 5 \dots 10$  – необхідний запас днів для забезпечення безперервної роботи складального цеху або ділянки, приймаємо  $\alpha = 7$  днів;

$F_3$  – ефективний місячний фонд часу роботи:  $F_3 = 21$  день.

#### 3.2 Визначення кількості робочих місць

Для визначення кількості обладнання, необхідно розрахувати наступні параметри:

Середню трудомісткість операцій, хв:

$$t_{\text{шт-к.ср}} = \frac{\sum_{i=0}^n t_{\text{шт-к}}}{n},$$

де  $n$  – кількість операцій, шт.;

$\sum t_{\text{шт-к}}$  – сумарне штучно-калькуляційний час, хв;

$$t_{\text{шт-к.ср}} = \frac{55,69}{12} = 4,64 \text{ хв.}$$

Середнє завантаження одного робочого місця даної деталі на місяць:

$$T_{\text{ср.м}} = N_{\text{з.м}} \times t_{\text{шт-к.ср}},$$

$$T_{\text{ср.м}} = 154 \times 4,64 = 714,56 \text{ хв.}$$

Питома трудомісткість місячної програми запуску деталі «Шестерня»:

$$T_{N\%} = \frac{100 \times T_{\text{ср.м}}}{60 \times F_{\text{з.м}}},$$

де  $F_{\text{з.м}} = 300$  годин при числі змін  $j = 45\%$ .

За формулою (47) питома трудомісткість дорівнює:

$$T_{N\%} = \frac{100 \times 714,56}{60 \times 300} = 3,97\%$$

Визначаємо число змін випуску деталі за місяць:

$$\Phi = j \times T_N = 0,45 \times 3,97 = 1,78 \text{ змін}$$

Прийнято 2 зміни.

Визначення місячного ефективного фонду часу роботи обладнання, відповідає тривалості випуску деталі:

$$f_{зм} = \frac{F_{эф} \times \Phi}{j},$$

$$f_{зм} = \frac{300 \times 1,78}{45} = 11,86 \text{ год.}$$

Прийнято 12 годин.

З огляду на тип виробництва, визначаємо потрібну кількість верстатів за вихідними даними.

Кількість верстатів розраховано окремо для кожної операції за формулою і округлено до цілого числа (табл. 3.1):

$$C_{pi} = \frac{N_{з.м} \times t_{шт-к}}{60 \times f_{м.з}}$$

Розраховано коефіцієнт завантаження за формулою, дані занесені в таблицю 3.2:

$$\eta_{zi} = \frac{C_{pi}}{C_{при}}$$

Коефіцієнт завантаження обладнання:

$$K_{з.сп} = \frac{\sum C_p}{\sum C_{пр}} = \frac{11,89}{18} = 0,66$$



Таблиця 3.1 – Розрахунок кількості верстатів

Розрахунок	Прийняте значення	Розрахунок	Прийняте значення
$C_{p1} = \frac{153 \times 2,03}{60 \times 12} = 0,43$	$C_{пр.1} = 1$	$C_{p7} = \frac{153 \times 7,95}{60 \times 12} = 1,7$	$C_{пр.7} = 2$
$C_{p2} = \frac{153 \times 2,72}{60 \times 12} = 0,58$	$C_{пр.2} = 1$	$C_{p8} = \frac{153 \times 1,63}{60 \times 12} = 0,35$	$C_{пр.8} = 1$
$C_{p3} = \frac{153 \times 1,83}{60 \times 12} = 0,39$	$C_{пр.3} = 1$	$C_{p9} = \frac{153 \times 4,56}{60 \times 12} = 0,97$	$C_{пр.9} = 1$
$C_{p4} = \frac{153 \times 1,66}{60 \times 12} = 0,35$	$C_{пр.4} = 1$	$C_{p10} = \frac{153 \times 1,42}{60 \times 12} = 0,3$	$C_{пр.10} = 1$
$C_{p5} = \frac{153 \times 4,04}{60 \times 12} = 0,87$	$C_{пр.5} = 1$	$C_{p11} = \frac{153 \times 23,9}{60 \times 12} = 5,11$	$C_{пр.11} = 6$
$C_{p6} = \frac{153 \times 1,55}{60 \times 12} = 0,33$	$C_{пр.6} = 1$	$C_{p12} = \frac{153 \times 2,4}{60 \times 12} = 0,51$	$C_{пр.12} = 1$

Таблиця 3.2 – Розрахунок коефіцієнту завантаження

$\eta_{з1} = \frac{0,43}{1} = 0,43$	$\eta_{з7} = \frac{1,7}{2} = 0,85$
$\eta_{з2} = \frac{0,58}{1} = 0,58$	$\eta_{з8} = \frac{0,35}{1} = 0,35$
$\eta_{з3} = \frac{0,39}{1} = 0,39$	$\eta_{з9} = \frac{0,97}{1} = 0,97$
$\eta_{з4} = \frac{0,35}{1} = 0,35$	$\eta_{з10} = \frac{0,3}{1} = 0,3$
$\eta_{з5} = \frac{0,87}{1} = 0,87$	$\eta_{з11} = \frac{5,11}{6} = 0,85$
$\eta_{з6} = \frac{0,33}{1} = 0,33$	$\eta_{з12} = \frac{0,51}{1} = 0,51$

За отриманими даними складено графік завантаження обладнання (рис. 3.1) з позначеним середнім коефіцієнтом завантаження устаткування  $\eta_{ср}$ , що дозволяє наочно продемонструвати завантаження кожної одиниці обладнання на ділянці і в цеху в цілому.

Таблиця 3.3 – Зведені дані щодо кількості верстатів та завантаження устаткування деталлю

№ пов.	Найменування операції	$t_{шт-к}$	$C_p$	$C_{пр}$	$\eta$	Модель верстату
015	Токарно-гвинторізна	2,0,3	0,43	1	0,43	Токарно-гвинторізний СУ-400
020	Токарно-гвинторізна	2,72	0,58	1	0,58	Токарно-гвинторізний СУ-400
025	Токарно-гвинторізна	1,83	0,39	1	0,39	Токарно-гвинторізний СУ-400
030	Токарно-гвинторізна	1,66	0,35	1	0,35	Токарно-гвинторізний СУ-400
035	Токарно-гвинторізна	4,04	0,87	1	0,87	Токарно-гвинторізний СУ-400
040	Токарно-гвинторізна	1,55	0,33	1	0,33	Токарно-гвинторізний СУ-400
045	Токарна з ЧПК	7,95	1,7	2	0,85	Токарний з ЧПК SL400
050	Токарно-гвинторізна	1,63	0,35	1	0,35	Токарно-гвинторізний СУ-400
055	Вертикально-свердлильна	4,56	0,97	1	0,97	Вертикально-свердлильний 2Н125
060	Вертикально-свердлильна	1,42	0,3	1	0,3	Вертикально-свердлильний 2Н125
070	Зубофрезерна	23,9	5,11	6	0,85	Зубофрезерний напівавтомат 5Д312
080	Круглошліфувальна	2,4	0,51	1	0,51	Круглошліфувальний напівавтомат ВШ-152УВ-01

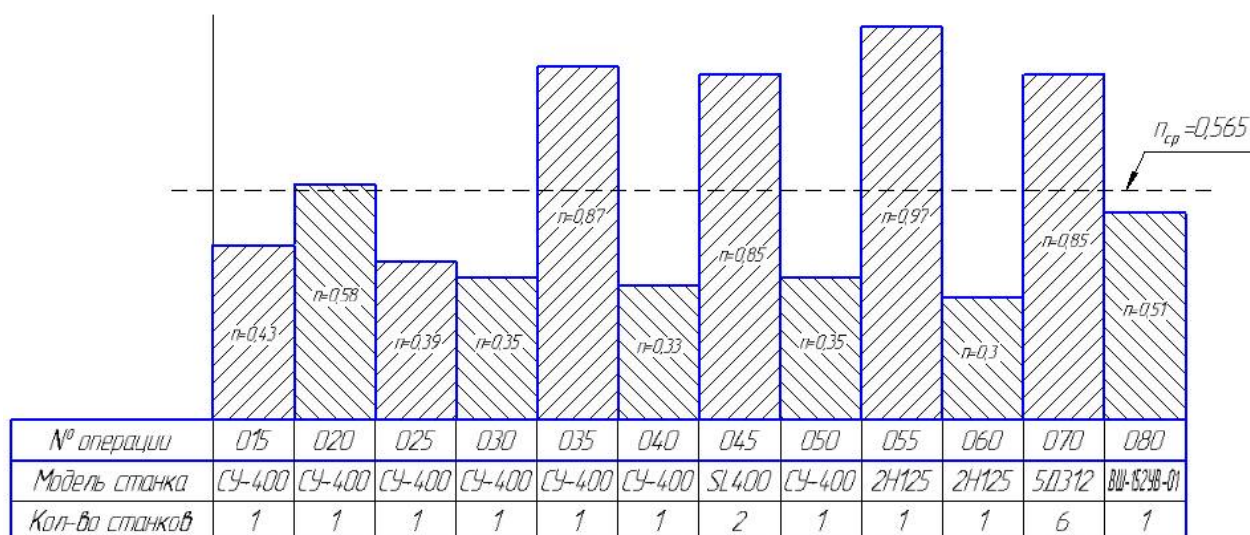


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання для потокової лінії

### 3.3 Вибір організаційної форми виробництва деталі

Механічні цехи проектують, як правило, з розрахунку їх роботи в 2 зміни. Як виняток всі унікальні верстати, а також частина великих і важких верстатів розраховують на роботу в 3 зміни.

При проектуванні, користуються дійсним річним фондом часу роботи устаткування, робочих місць і робітників. Дійсний річний фонд відповідає номінальному за вирахуванням втрат.

Механоскладальне виробництво організують у самостійні механічні і складальні цехи або об'єднані механоскладальні цехи, що складаються з механічних і складальних відділень.

При наявності на заводі декількох механічних, складальних або механоскладальних цехів кожен з них спеціалізується на випуску певних виробів, вузлів і деталей.

Організація механоскладального виробництва залежить від конструктивних і технологічних особливостей виробів, серійності виробництва і розміру річного випуску.

Найбільш досконалою формою організації виробництва є така, при якій отримання заготовки, механічна обробка, складання, фарбування і упаковка

об'єднані в єдиний безперервний технологічний процес. Її застосовують при масовому виробництві. У більшості ж випадків виробництво групують по окремих цехах відповідно до особливостей технологічного процесу. Вироби, передбачені програмою, розподіляють по окремих цехах по вузловій, технологічній чи змішаній ознаці [2].

При організації цехів за вузловою ознакою – за кожним з цехів закріплюють всі деталі певного вузлу або виробу.

В даному курсовому проекті для серійного виробництва найбільш раціональної організаційної формою виробництва буде предметно-замкнута ділянка по випуску деталей з двозмінним режимом роботи.

### **3.4 Визначення технологічного циклу виготовлення партії деталей і побудова графіку руху**

Для умов середньосерійного виробництва, виходячи з даних технологічного процесу, можливий послідовний або паралельно-послідовний вид руху.

Прийнято паралельно-послідовний вид руху, оскільки при ньому тривалість циклу виготовлення партії деталей істотно менша. Даний вид руху характеризується тим, що деталі з операції на операцію передаються транспортними партіями. При цьому відбувається часткове суміщення часу виконання суміжних операцій.

Тривалість технологічного циклу, хв, при паралельно-послідовному вигляді руху визначається за формулою:

$$T_{\text{п-п}} = n \times \sum_{i=1}^m \frac{t_{\text{шт.к.}i}}{C_{\text{пр.}i}} - (n - n_T) \times \sum_{i=1}^{m-1} \left( \frac{t_{\text{шт.к.}i}}{C_{\text{пр.}i}} \right)_k,$$

де  $n$  – кількість деталей в операційній партії:  $n = 32$  шт.;

$n_T$  – кількість деталей у транспортній партії:  $n_T = 17$  шт.;

$t_{\text{шт.к.}i}$  – штучно-калькуляційна норма часу на операцію, хв;

$\left(\frac{t_{\text{шт-к}}}{C}\right)_k$  – найбільш короткий операційний цикл (з кожної пари суміжних операцій), хв.

Загальна тривалість циклу визначається з формули (71):

$$T_{\text{п-п}} = 51 \left( \frac{2,03}{1} + \frac{2,72}{1} + \frac{1,83}{1} + \frac{1,66}{1} + \frac{4,04}{1} + \frac{1,55}{1} + \frac{7,95}{2} + \frac{1,63}{1} + \frac{4,56}{1} + \frac{1,42}{1} + \frac{23,9}{6} + \frac{2,4}{1} \right) - (51 - 17) \times (2,03 + 1,83 + 1,66 + 1,66 + 1,55 + 1,55 + 1,63 + 1,63 + 1,42 + 1,42 + 2,4) = 983,12 \text{ хв}$$

Зсув для кожної пари операцій визначається за формулою:

$$S_i = (n - n_T) \times \left(\frac{t_{\text{шт.}i}}{C_i}\right)_k,$$

$$S_1 = (51 - 17) \times 2,03 = 69 \text{ хв};$$

$$S_2 = (51 - 17) \times 1,83 = 62,2 \text{ хв};$$

$$S_3 = S_4 = (51 - 17) \times 1,66 = 56,4 \text{ хв};$$

$$S_5 = S_6 = (51 - 17) \times 1,55 = 52,7 \text{ хв};$$

$$S_7 = S_8 = (51 - 17) \times 1,63 = 55,4 \text{ хв};$$

$$S_9 = S_{10} = (51 - 17) \times 1,42 = 48,3 \text{ хв};$$

$$S_{11} = (51 - 17) \times 2,4 = 81,6 \text{ хв}.$$

Графік роботи ділянки при паралельно-послідовному вигляді руху предметів праці представлений на рисунку 12.

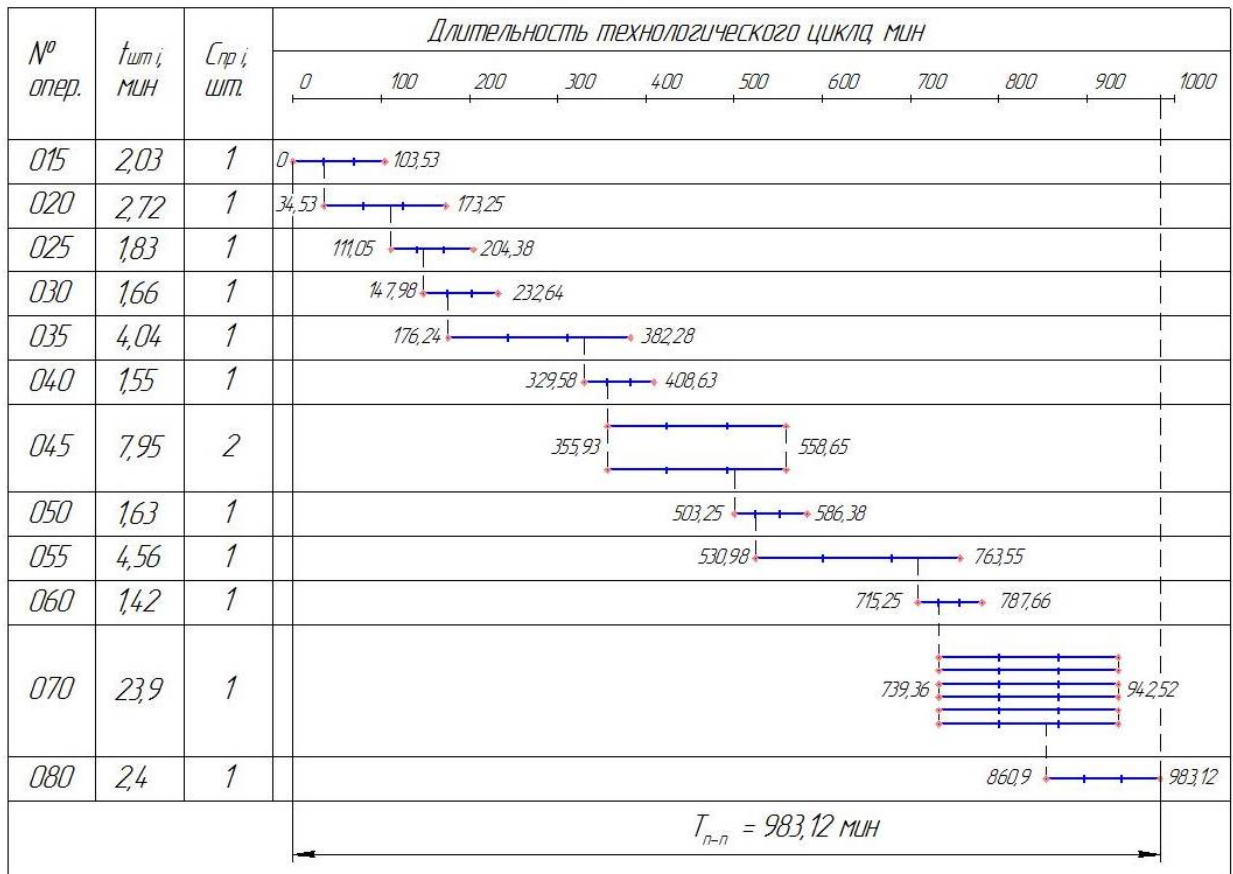


Рисунок 3.2 – Графік роботи ділянки

### 3.5 Організація обслуговування робочих місць

Приймається централізована планово-попереджувальна система обслуговування робочих місць, так як при середньосерійному типі виробництва вона найбільш ефективна. При такій системі обслуговування полегшується управління між структурними підрозділами підприємства.

Тривалість ремонтного циклу для обладнання ділянки розраховується за такою формулою:

$$T_{р.ц.} = A \times K_{т.п.} \times K_{о.м.} \times K_y \times K_{к.с.},$$

де  $A$  – встановлений норматив часу оперативної роботи верстата, вр./год.;

$K_{т.п.}$  – коефіцієнт, що враховує тип виробництва;

$K_{о.м.}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал, що обробляється на верстатах нормальної точності;

$K_y$  – коефіцієнт, що враховує умови експлуатації обладнання;

$K_{к.с.}$  – коефіцієнт, що враховує вагові характеристики верстатів.

Оскільки в даному технологічному процесі використовуються верстати тільки з лезвійним інструментом. Приймаються наступні значення для всіх верстатів:

- $A = 24000$  вр./год.;
- $K_{т.п.} = 1,3$  – для середньосерійного типу виробництва;
- $K_{о.м.} = 0,8$  – для чавуну;
- $K_y = 1,1$  – для лезвійного інструменту;
- $K_{к.с.} = 1$ .

Виходить:

$$T_{р.ц.} = 24000 \times 1,3 \times 0,8 \times 1,1 \times 1 = 27456 \text{ год.}$$

Визначається тривалість ремонтного циклу в роках за формулою:

$$T_{р.ц.}^{рік} = \frac{T_{р.ц.}}{\Phi_{д.о.}} = \frac{27456}{4015} = 6,8 \text{ років,}$$

де  $\Phi_{д.о.} = 4015$  – ефективний фонд часу роботи обладнання, год.

Структура міжремонтного циклу для всіх легких і середніх верстатів, що використовуються в технологічному процесі, вагою до 10 т:

К-О-М-О-М-О-С-О-М-О-М-О-С-О-М-О-М-О-К.

Тривалість міжремонтного періоду в місяцях:

$$T_{р.ц.}^{міс.} = \frac{T_{р.ц.}^{рік} \times 12}{\Pi_c + \Pi_m + 1} = \frac{6,8 \times 12}{2 + 6 + 1} = 9 \text{ міс.,}$$

де  $\Pi_c$ ,  $\Pi_m$  – кількість відповідно середніх і малих ремонтів.

Тривалість міжоглядового періоду в місяцях:

$$T_{p.c.}^{m.c.} = \frac{T_{p.c.}^{p.k.} \times 12}{\Pi_c + \Pi_m + \Pi_o + 1} = \frac{6,8 \times 12}{2 + 6 + 9 + 1} = 4,5 \text{ міс.},$$

де  $\Pi_o$  – кількість оглядів.

Слід визначити трудомісткість ремонту для 2 верстатів: токарного з ЧПУ SL400 і вертикально-свердлильного 2Н125.

Трудомісткість ремонту обчислюється як:

$$T_{\text{рем.}} = P \times H \times C,$$

де  $P$  – категорія ремонтної складності устаткування;

$C=1$  – кількість одиниць однойменного обладнання (для 1 верстату);

$H$  – норма часу на одиницю ремонтної складності (див. табл. 22).

Таблиця 3.4 – Норма часу обладнання

Вид ремонту	Норма часу, н.-год.			Усього, год.
	слюсарні роботи	верстатні роботи	інші роботи	
Огляд	0,75	0,1	–	0,85
Малий	4,0	2,0	0,1	6,1
Середній	16,0	7,0	0,5	23,5
Капітальний	23	10	2,0	35

Визначається трудомісткість ремонтів для верстату SL400. Для даного обладнання категорія ремонтної складності  $P = 15$ . Трудомісткість ремонтів:

– капітального  $T_{\text{рем.}}^K = 15 \times 35 \times 1 = 525$  год.;

– середнього  $T_{\text{рем.}}^C = 15 \times 23,5 \times 1 = 352,5$  год.;

– малого  $T_{\text{рем.}}^M = 15 \times 6,1 \times 1 = 91,5$  год.;

– огляду  $T_{\text{рем.}}^O = 15 \times 0,85 \times 1 = 12,75$  год.



Для верстату 2Н125 категорія ремонтної складності  $P = 9,5$ .

Трудомісткість ремонтів:

- капітального  $T_{\text{рем.}}^{\text{К}} = 9,5 \times 35 \times 1 = 332,5$  год.;
- середнього  $T_{\text{рем.}}^{\text{С}} = 9,5 \times 23,5 \times 1 = 223,25$  год.;
- малого  $T_{\text{рем.}}^{\text{М}} = 9,5 \times 6,1 \times 1 = 57,95$  год.;
- огляду  $T_{\text{рем.}}^{\text{О}} = 9,5 \times 0,85 \times 1 = 8,075$  год.

За отриманими даними будуюмо річний графік ремонтних робіт по верстатах [33].

Таблиця 3.5 – Графік ремонтних робіт

№ верстату	Модель верстату	Категорія ремонтної складності	Дата останнього ремонту	Вид ремонтних робіт													
				К	О	М	О	М	О	С	О	М	О	М	О		
2	SL400	15	04.2018/ С		12,75			91,5									12,75
3	2Н125	9,5	06.2018/ О			57,95			8,075								

Витрати ріжучого інструменту протягом місяця на токарно-гвинторізний операції 015, визначаються за формулою:

$$K_p = \frac{N_{\text{з.м.}} \times t_0}{60 \times T_{\text{інстр}} \times (l - k)}$$

де  $N_{\text{з.м.}} = 153$  – кількість деталей по місячній програмі, шт.;

$t_0 = 0,8$  – основний час на перехід, хв;

$k$  – коефіцієнт передчасного виходу інструменту з ладу ( $k \approx 0,15$ );

$T_{\text{інстр}}$  – основний час роботи інструменту до повного зносу, год.

Основний час роботи інструменту до повного зносу визначається як:

$$T_{\text{інстр}} = \left( \frac{L}{l} + 1 \right) \times t_c = \left( \frac{6}{0,5} + 1 \right) \times 0,83 = 10,79 \text{ років,}$$

де  $L = 6$  – допустима величина сточування робочої частини, мм;

$l = 0,5$  – середня величина шару, що знімається, мм.;

$t_c = 0,83$  – стійкість інструменту, рік.

Витрати ріжучого інструменту на перехід в місяць складуть:

$$K_p = \frac{153 \times 0,8}{60 \times 10,79 \times (0,5 - 0,15)} = 0,54 \text{ шт.}$$

Тобто 1 різець. Для даного переходу на рік потрібно 8 різців.

### 3.6 Розрахунок кількості робочих місць і робітників в цеху

Кількість робочих місць в цеху з розрахунку річної трудомісткості робіт, виконуваних в цеху по формулі:

$$C_{\text{р.ц.}} = \frac{T_{\text{цех}}}{60 \times \Phi_{\text{д.о.}} \times K_{\text{в.н.}} \times K_3} = \frac{41112223}{60 \times 4015 \times 1,08 \times 0,8} = 198 \text{ шт.,}$$

де  $T_{\text{цех}}$  – загальна річна трудомісткість робіт, що виконується в цеху, хв., за матеріалами переддипломної практики  $T_{\text{цех}} = 41112223$  хв.;

$K_{\text{в.н.}}$  – коефіцієнт виконання норм виробітку (для механічних цехів серійного виробництва  $K_{\text{в.н.}} = 1,08$ );

$K_3$  – середній коефіцієнт завантаження робочих місць при даному типі виробництва (для середньосерійного виробництва  $K_3 = 0,8$ );

$\Phi_{\text{д.о.}}$  – ефективний фонд часу роботи верстата,  $\Phi_{\text{д.о.}} = 4015$  років.

Кількість основних робітників у цеху розраховується за формулою:

$$P_0 = \frac{T_{\text{цех}}}{60 \times \Phi_p \times K_{\text{в.н.}}} = \frac{41112223}{60 \times 1820 \times 1,08} = 349 \text{ чол.}$$

де  $\Phi_p$  – Ефективний річний фонд часу роботи робітника, год. (для 40-годинного робочого тижня з 24 днями відпустки –  $\Phi_p = 1820$  год.).

Кількість допоміжних працівників (робітники ремонтних та інструментальних служб, транспортні та підсобні робітники, робітники складів і комірники, наладчики тощо) можна визначити в залежності від кількості виробничих працівників. Для механічних цехів середньосерійного виробництва допоміжні працівники складають 20-25% від основних:

$$P_B = (0,2 \dots 0,25) \times 349 = 69,8 \dots 87,25 = 78 \text{ чол.}$$

Чисельність інженерно-технічних працівників (ІТП) визначається як частина від загальної кількості робочих (суми основних і допоміжних робітників).

– чисельність ІТР рівна 11-13%:

$$P_{\text{ІТР}} = (0,11 \dots 0,13) \times (349 + 78) = 46,97 \dots 55,5 = 52 \text{ чол.}$$

– чисельність лічильно-контрського персоналу (СКП) дорівнює 4-5%:

$$P_{\text{СКП}} = (0,04 \dots 0,05) \times (349 + 78) = 17,08 \dots 21,3 = 19 \text{ чол.}$$

– чисельність молодшого обслуговуючого персоналу (МОП) становить 2-3%:

$$P_{\text{МОП}} = (0,02 \dots 0,03) \times (349 + 78) = 8,54 \dots 12,8 = 10 \text{ чол.}$$

### 3.7 Формування організаційної структури управління цехом

В якості організаційної структури управління прийнято функціональну структуру.

У функціональних структурах створюються функціональні підрозділи, що наділені повноваженнями і відповідальністю за результати своєї діяльності.

Суть полягає в тому, що виконання окремих функцій та конкретних питань покладається на фахівців, тобто кожен орган управління спеціалізується на виконанні окремих видів управлінської діяльності. В організації, як правило, фахівці одного профілю об'єднуються у спеціалізовані структурні підрозділи (відділи). Таким чином, загальне завдання управління організацією ділиться, починаючи з середнього рівня, за функціональним критерієм. Звідси і назва – функціональна структура управління (рисунок 1.13).

Переваги:

- висока компетентність фахівців, що відповідають за здійснення функцій (підвищення професіоналізму);
- звільнення лінійних менеджерів від вирішення деяких спеціальних питань;
- стандартизація, форматизація і програмування процесів і операцій управління;
- виключення дублювання і паралелізму у виконанні управлінських функцій;
- зменшення потреби у фахівцях широкого профілю;
- централізація стратегічних рішень і децентралізація оперативних.

Недоліки:

- надмірна зацікавленість у реалізації цілей і завдань своїх підрозділів;
- труднощі у підтримуванні постійних взаємозв'язків між різними функціональними підрозділами;
- поява тенденцій надмірної централізації;

- тривалість процедур прийняття рішень;
  - застигла організаційна форма, насилу реагує на зміни;
- складність поділу влади (множинність підпорядкованості).

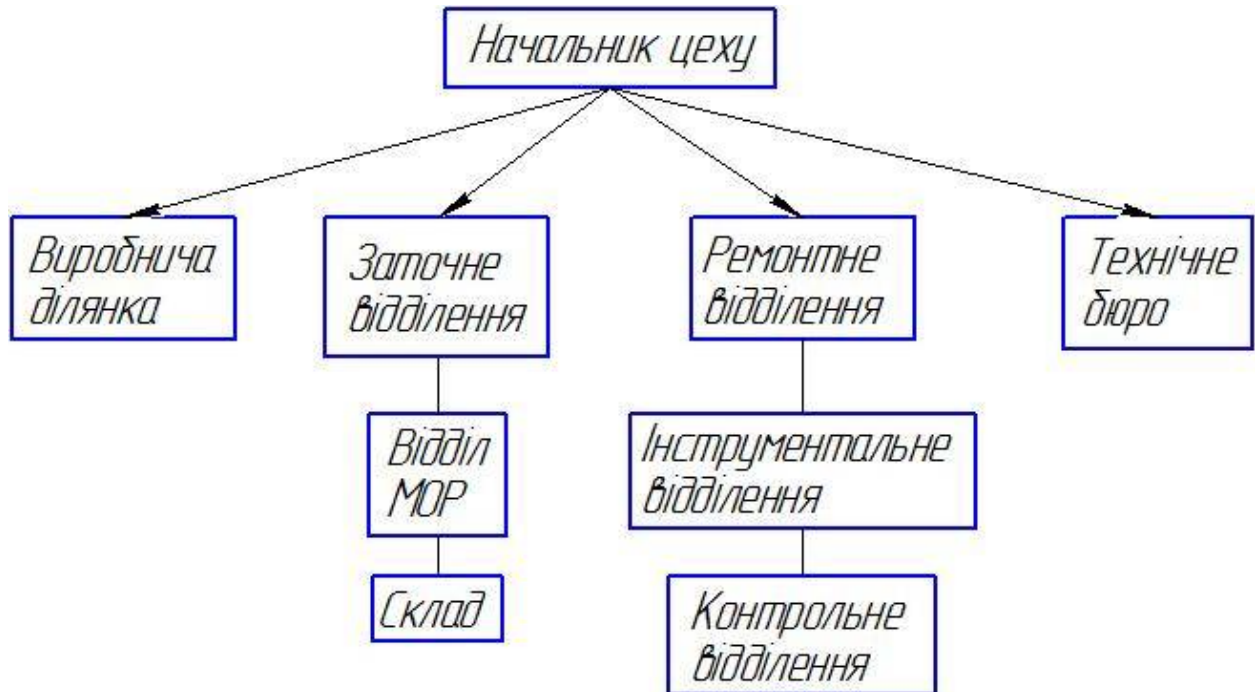


Рисунок 3.3 – Структура управління цехом

## 4 ПЛАНУВАННЯ ДІЛЯНКИ

### 4.1 Обґрунтування і вибір основних характеристик виробничої будівлі

Для ділянки з виробництва деталі «Шестерня ШВП 72.01» відповідно до єдиної модульної системи (ЕМС) прийнято одноповерхова безкранова будівля з повним каркасом, оскільки це дозволяє використовувати уніфіковані будівельні конструкції. У будівель з повним каркасом вертикальними несучими елементами є колони; зовнішні стіни виконують захисну функцію [28].

Для виробничої будівлі механічного цеху застосовується уніфікована сітка колон, яка характеризує співвідношення кроку колон і ширини прольоту ( $A \times B$ ). Відстані  $A$  і  $B$  вимірюються між осями колон. Приймається сітка колон рівна  $12 \times 18$  м, так як вона є кращим варіантом для даної виробничої будівлі. Колони, уніфіковані залізобетонні, мають перетин  $500 \times 500$  мм.

Габарити будівлі формуються з уніфікованих типових секцій (УТС). Одна УТС має розміри  $72 \times 72$  м площею  $5184 \text{ м}^2$ .

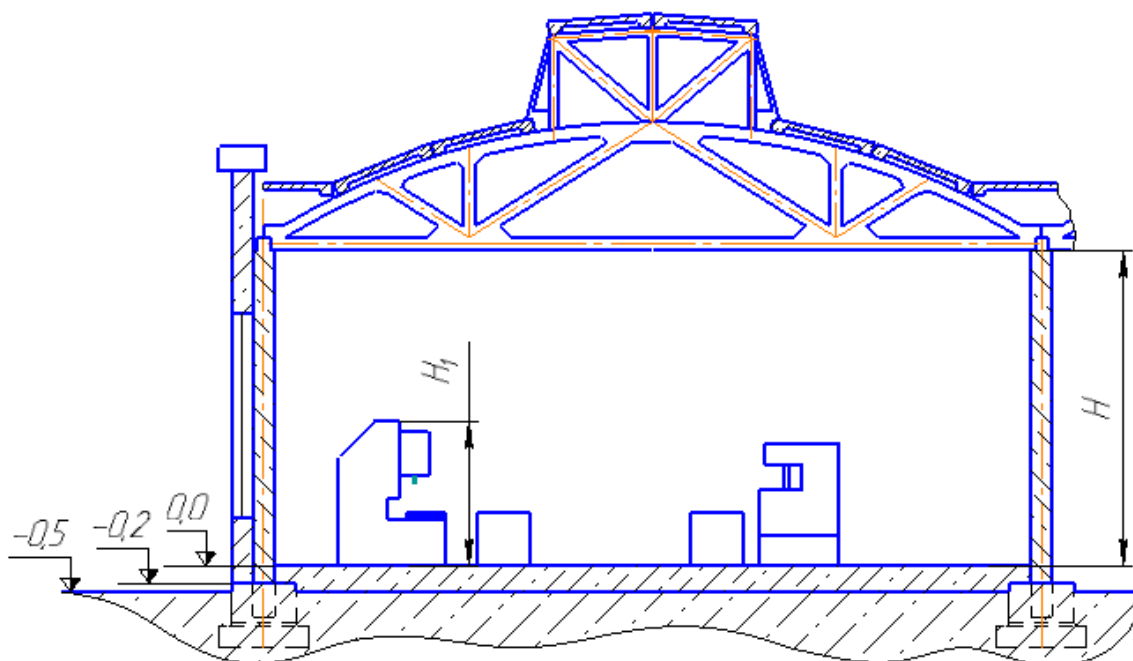


Рисунок 4.1 – Схема визначення висоти прольоту

По периметру будівлі (під стінами) уніфікований крок А, рівний 12 м зменшується до 6 м.

Висота прольоту визначається як відстань від рівня підлоги будівлі до нижньої затяжки несучої ферми, оскільки прийнято безкранову будівлю.

Визначення висоти прольоту визначається за найвищим верстатом на ділянці, (вертикально-свердлильний верстат 2Н125)  $H_1 = 2700$  мм. Прийнята мінімальна стандартна висота  $H = 6000$  мм.

Несучі конструкції покриттів (ферми, балки), крокові і підкрокові. Крокові балки перекривають проліт (від 18 м до 30 м), а підкрокові перекривають крок колон (12 м).

Використовується скатна покрівля зі світлоаераційними ліхтарями, так як така покрівля дозволить поліпшити освітлення та аерацію в цеху.

Для ділянки з виробництва деталі «Шестерня» приймаються розсувні ворота, шириною 5 м.

Підлоги в залежності від характеру впливу на них, може мати різні види покриттів. Приймається полімерцементне покриття з максимальним технологічним навантаженням від  $30 \text{ кН/м}^2$  до  $50 \text{ кН/м}^2$  [31].

#### **4.2 Вибір і обґрунтування підйомно-транспортного устаткування**

Оброблювана деталь «Шестерня» має масу 1,1 кг і відноситься до легких за масою деталей. За формою відноситься до деталей класу тіл обертання. Для зручності завантажувально-розвантажувальних операцій деталь буде транспортуватися в тарі.

За функціональним призначенням, транспорт поділяється на: цеховий і міжопераційний.

Проводиться класифікація транспортних засобів:

- за призначенням – міжопераційний вид транспорту;
- за способом переміщення вантажу – в тарі.

Засоби міжопераційного транспорту застосовуються для переміщення оброблених деталей між робочими місцями. У непотоковому виробництві деталі обробляються і транспортуються партіями на незначні відстані.

Виходячи, з типу виробництва і маси деталі в якості міжопераційного транспорту обрано ручний візок.

Прийнято гідравлічний візок з ножичним підйомом моделі НТЛ10. Яка дає можливість як переміщати вантаж, так і піднімати його на невелику висоту. Технічні характеристики візки наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики візки НТЛ10

Габарити, Д×Ш×В, мм	1535×540×1240
Вантажопідйомність, кг	1000
Висота підйому, мм	85 – 800
Довжина вил, мм	1150
Відстань між вилами, мм	220
Ширина вили, мм	160

Як підйомного засоби застосовується пересувний консольний кран на колоні моделі VSSK MOB, призначений для перенесення вантажів відносно невеликої маси (до 250 кг) на відстань в радіусі 5 м. Кран має можливість вільного переміщення і може виконувати свої функції з поздовжнього проїзду, не вимагаючи тим самим додаткових площ для під'їзду до робочої зони. Технічні характеристики використовуваного крана представлені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики крана VSSK MOB

Вантажопідйомність, кг	250
Виліт стріли, мм	5000
Висота, мм	2750
Ширина полки, мм	100
Особиста маса, кг	862



### 4.3 Проектування верстатного відділення

Виходячи із прийнятого типу виробництва – середньосерійний тип, приймаємо подетальну спеціалізацію ділянки. При подетальній спеціалізації ділянки, їх спеціалізують за ознакою виготовлених технологічних процесів. Основним принципом при розробці методу розташування обладнання на ділянці є забезпечення прямоточності руху деталей в процесі їх обробки відповідно до технологічного процесу, а також визначення відстаней між обладнанням, колонами і стінами.

Щодо поздовжнього проїзду, вибирається поздовжнє розташування, коли верстат фронтальною стороною звернений до проїзду. При такому розташуванні полегшується подача до верстату заготовок, інструменту, видалення відходів і підведення комунікацій [29].

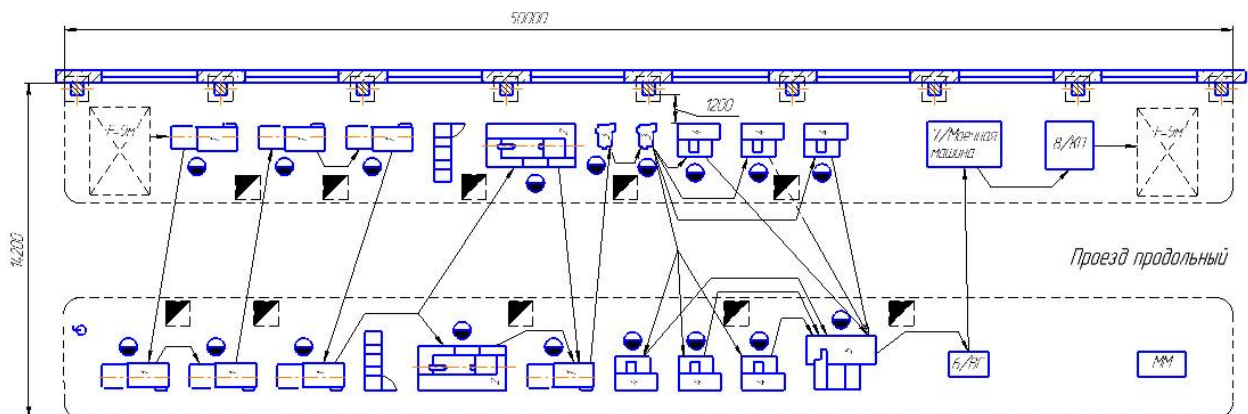


Рисунок 4.2 – Схема розташування обладнання щодо поздовжнього проїзду

Ширина поздовжнього проїзду залежить від виду міжопераційного транспорту і встановлюється нормами технологічного проектування. Прийнята ширина поздовжнього проїзду 4000 мм, а магістральних проїздів – 5000 мм.

Для здійснення обслуговування та ремонту обладнання необхідно передбачити достатні відстані між верстатами, колонами і стінами.

Таблиця 4.3 – Відстані між верстатами, стінами, колонами і поздовжнім проїздом

Назва	Найбільший з габаритних розмірів верстата в плані, м	
	а до 1,8	б, в від 0,8 до 4
Між проїздом і фронтом верстата	1,6	1,6
Між верстатами, встановленими бічними сторонами	0,9	0,9
Від колон і стін до верстата, розташованого тильною стороною	0,7	0,8
Від колон і стін до верстата, розташованого бічною стороною	1,2	1,2

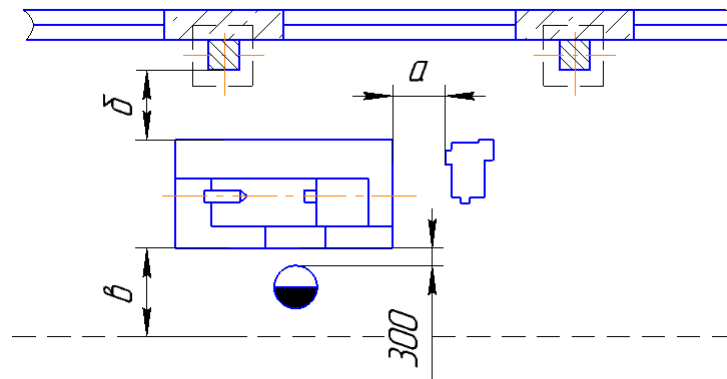


Рисунок 4.3 – Схема із зазначеними відстанями між верстатами та елементами будівель

Визначення площі верстатного відділення, укрупнено:

$$F_{\text{ср}} = A \times Б,$$

де А – довжина ділянки, м;

Б – ширина ділянки, м;

$$F_{\text{ср}} = 50 \times 14,2 = 710 \text{ м}^2.$$

Виконавши планування ділянки, отримуємо площу 710 м<sup>2</sup>.

Для легких верстатів загального призначення з масою до 3 тон (2Н125,  $m = 1400$  кг) приймаємо установку на підлозі.

На загальні фундаменти встановлюємо інші верстати, так як їх маса перебуває в межах 3-10 тон (СУ-400  $m=3010$ кг; SL400  $m=4000$ кг; 5Д312  $m=5785$ кг; ВШ-152УВ-01  $m=6000$ кг).

Для предметно-замкнутої ділянки середньосерійного виробництва кількість стружки визначаємо укрупнено.

Один металорізальний верстат утворює за годину таку кількість стружки:

- малий верстат (2 верстати) – 4 кг;
- середній (16 верстатів) – 6 кг;

Продуктивність стружкоутворення проекрованої ділянки складе:

$$q = 2 \times 4 + 16 \times 6 = 104 \text{ кг/год.}$$

Приймаємо механізовану систему збирання стружки, при якій стружка збирається біля верстата в спеціальну тару і в міру накопичення видаляються з ділянки в відділення її збору та переробки.

Для проекрованої ділянки в якості складів використовуються майданчики для зберігання заготовок і готової продукції, розрахунок яких слід зробити укрупненим способом.

Склад для заготовок розміщується на початку технологічного ділянки і визначається як від 1 до 5% площі верстатного відділення:

$$F_{\text{заг}} = 0,01 \times 845 = 8,45 \approx 9 \text{ м}^2$$

Склад для зберігання готової продукції розташований в кінці ділянки і визначається як від 1 до 5% площі верстатного відділення:

$$F_{\text{с.г.п.}} = 0,01 \times 845 = 8,45 \approx 9 \text{ м}^2$$

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Калькуляції собівартості деталі

Для складання калькуляції собівартості деталі та кошторису витрат на виготовлення деталі визначається вартість матеріалів для виготовлення деталі. Для даної деталі заготівлею буде виліток вартістю 86,6 грн. Розрахунок собівартості заготівлі наведено в технологічній частині (див. 1.6).

Основна заробітна плата основних робітників цеху визначається за формулою:

$$Z_{\text{осн.}} = C_{\text{год.}} \times T_{\text{цех}} \times 1,43$$

де  $Z_{\text{осн.}}$  – заробітна плата основних робітників цеху, грн.;

$T_{\text{цех}}$  – Річна трудомісткість робіт, виконуваних в цеху, н-год.:

$$T_{\text{цех}} = 41112223 = 685203,72 \text{ год.}$$

1,43 – коефіцієнт, що враховує всі доплати до прямої заробітної плати;

$C_{\text{год.}}$  – тарифна ставка, грн/год., для робочих III розряду  $C_{\text{год.}} = 124$  грн/год.

Для основних робітників заробітна плата в рік становить:

$$Z_{\text{осн.}} = 124 \times 685203,72 \times 1,43 = 121500323,63 \text{ грн.}$$

Визначається заробітна плата основних робітників ділянки з випуску однієї деталі «Шестерня ведена права». Розрахунок оформимо у вигляді таблиці 27 Штучний час на операціях наводиться в годинах [32].

З огляду на чисельність ІТП, СКП і МОП розраховується фонд заробітної плати для категорії працівників, виходячи з посадових окладів:

- ИТР: 7850 грн.;
- СКП: 5900 грн.;
- МОП: 3400 грн.

Таблиця 5.1 – Фонд заробітної плати основних робочих ділянки по обробці однієї деталі

№	Найменування операції	Т <sub>шт.</sub> , нормо-годин	Розряд робіт	Часова тарифна ставка, грн.	Основний фонд зарплати, грн.		
					пряма	доплата, 43%	сума
015	Токарно-гвинторізна	0,03	III	124	3,72	1,6	5,32
020	Токарно-гвинторізна	0,05	III	124	6,2	2,7	8,9
025	Токарно-гвинторізна	0,03	III	124	3,72	1,6	5,32
030	Токарно-гвинторізна	0,02	III	124	2,48	1,1	3,58
035	Токарно-гвинторізна	0,07	III	124	8,68	3,7	12,38
040	Токарно-гвинторізна	0,02	III	124	2,48	1,1	3,58
045	Токарна з ЧПК	0,13	III	124	16,12	6,9	23,02
050	Токарно-гвинторізна	0,02	III	124	2,48	1,1	3,58
055	Вертикально-свердлильна	0,08	III	124	9,92	4,3	14,22
060	Вертикально-свердлильна	0,02	III	124	2,48	1,1	3,58
070	Зубофрезерна	0,39	III	124	48,36	20,8	69,16
080	Круглошліфувальна	0,04	III	124	4,96	2,1	7,06
Усього					111,6	48	159,6

Визначаємо річний фонд заробітної плати ІТР, СКП й МОТ:

$$Z_{\text{ІТР}} = 7850 \times 12 \times 52 = 4898400 \text{ грн.}$$

$$Z_{\text{СКП}} = 5900 \times 12 \times 19 = 1345200 \text{ грн.}$$

$$Z_{\text{МОП}} = 3400 \times 12 \times 10 = 408000 \text{ грн.}$$

Розраховуються витрати на утримання та експлуатацію обладнання.

Вартість верстатів, що використовуються на ділянці:

- СУ-400 – 310000 грн.;
- SL400 – 1150000 грн.;
- 2Н125 – 73000 грн.;
- 5Д312 – 750000 грн.
- ВШ-152УВ-01 – 1230000 грн.

Середня вартість одного верстату визначається як:

$$C_{\text{вр.ср.}} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{\text{вр.}}}{n} =$$

$$= \frac{310000 \times 7 + 1115000 \times 2 + 73000 \times 3 + 750000 \times 6 + 1230000}{18} =$$

$$= 574778 \text{ грн.}$$

де  $\sum_{i=1}^n C_{\text{вр.}}$  – вартість усіх верстатів ділянки, грн.;

$n=18$  – кількість верстатів на ділянці.

Середня потужність одного верстата на ділянці можна визначити як:

$$N_{\text{вр.ср.}} = \frac{\sum_{i=1}^n N_{\text{вр.}}}{n} = \frac{10 \times 7 + 7,5 \times 2 + 4 \times 2 + 6 \times 6 + 5,5}{18} = 7,47 \text{ кВт}$$

де  $\sum_{i=1}^n N_{\text{вр.}}$  – потужність всіх верстатів ділянки, кВт.

Вартість верстатів в цеху визначається як:

$$C_{\text{вр.}}^{\text{цех}} = C_{\text{вр.ср.}} \times C_{\text{р.ц.}} = 574778 \times 198 = 113806044 \text{ грн.}$$

Обчислюється вартість інструментів, приладів, регулюючих пристроїв в

цеху розраховуються укрупнено в розмірі 10% від вартості верстатів, встановлених в цеху:

$$C_{\text{інстр.}}^{\text{цех}} = 0,1 \times C_{\text{вр.}}^{\text{цех}} = 0,1 \times 113806044 = 11380604,4 \text{ грн.}$$

Вартість транспортних засобів цеху складе 2% від вартості верстатів:

$$C_{\text{тр.}}^{\text{цех}} = 0,02 \times C_{\text{вр.ср.}} \times C_{\text{р.ц.}} = 0,02 \times 574778 \times 198 = 2276120,88 \text{ грн.}$$

Знаючи вартість основних фондів цеху, визначається величина амортизаційних відрахувань з розрахунку 12% від загальної вартості верстатів, транспортних засобів і оснащення в цеху, грн.:

$$\begin{aligned} A &= (C_{\text{інстр.}}^{\text{цех}} + C_{\text{тр.}}^{\text{цех}} + C_{\text{вр.}}^{\text{цех}}) \times 0,12 = \\ &= (11380604,4 + 2276120,88 + 113806044) \times 0,12 = \\ &= 15295532,31 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Витрати на силову електроенергію:

$$Z_{\text{ел.}} = C_{\text{ел.}} \times \sum M \times \Phi_{\text{д.о.}} \times K_3$$

де  $C_{\text{ел.}} = 3,87$  грн. – ціна 1 кВт×г електроенергії;

$\sum M$  – сумарна потужність електродвигунів верстатів цеху, кВт:

$$\sum M = N_{\text{вр.}}^{\text{ср.}} \times C_{\text{р.ц.}}$$

Витрати на силову електроенергію складають:

$$\begin{aligned} Z_{\text{ел.}} &= C_{\text{ел.}} \times N_{\text{вр.}}^{\text{ср.}} \times C_{\text{р.ц.}} \times \Phi_{\text{д.о.}} \times K_3 = 3,87 \times 7,47 \times 198 \times 4015 \times 0,75 = \\ &= 17236281,17 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Витрати на воду, стиснене повітря і пар через малість їх значень будуть враховані в інших витратах.

Об'єм будівлі цеху:

$$B = P_{\text{цеху}} \times H = 5184 \times 6 = 31104 \text{ м}^3$$

де  $P_{\text{ц}} = 5184 \text{ м}^2$  – площа будівлі цеху;

$H = 6 \text{ м}$  – висота цеха.

Амортизаційні відрахування на будівлю і споруди визначаються за формулою:

$$M = 0,03 \times 40 \times B = 0,03 \times 40 \times 31104 = 37324,8 \text{ грн.}$$

Кошторис витрат на утримання і експлуатацію обладнання цеху наведена в таблиці 5.2.

Кошторис цехових витрат оформлена у вигляді таблиці 5.3.

Таблиця 5.2 – Кошторис витрат на утримання і експлуатацію устаткування

№	Найменування статей	Примітка	Сума, грн.
1	Амортизаційні відчислення		218 223 999,96
2	Витрати на електроенергію		17 236 281,17
3	Зарплата допоміжних робітників з урахуванням соціального страхування	$Z_{\text{всп}} \cdot 1,14$	7 582 824
4	Допоміжні матеріали	300 грн. на 1 верстат	5 400
5	Поточний ремонт обладнання	200 грн. на 1 верстат	3 600
6	Знос малоцінних і швидкозношуваних інструментів і пристосувань	60 грн. на 1 робітника цеху (505 чол.)	30 300



Продовження таблиці 5.2

7	Інші витрати	12 грн. на 1 робітника цеху	6 060
	Разом за кошторисом (И)		243 095 809,13
	Основна зарплата основних робочих ( $Z_{осн}$ )		84 959 745,67
	Відносини витрат на утримання і експлуатацію устаткування до фонду оплати праці	$P_{с.о} = \frac{И}{Z_{осн}}$	2,8

Таблиця 5.3 – Кошторис цехових витрат

№	Найменування статей	Примітка	Сума, грн.
1	Зарплата ІТР, СКП та МОТ		6 284 400
2	Витрати на випробування, експерименти, раціоналізацію і винаходи	1% від $Z_{осн}$	849 597,45
3	Витрати на відновлення швидкозношуваних інвентарю та пристосувань	9 грн. на 1 робітника цеху	4 545
4	Амортизаційні відрахування на будівлі і споруди		37 324,8
5	Інші витрати цеху	7% от $Z_{осн}$	5 947 182,2
	Разом по кошторису (Ц)		13 123 049,45
	Основна зарплата основних робочих ( $Z_{осн}$ )		84 959 745,67
	Відносини витрат на утримання і експлуатацію устаткування до фонду оплати праці	$P_{ц} = \frac{Ц}{Z_{осн}}$	0,15

За розрахунковими даними складається калькуляція собівартості деталі  
(див. табл. 5.4).

Таблиця 5.4 – Калькуляція собівартості деталі

№	Найменування статей	Витрати на 1 деталь, грн.	Примітка
1	Основні матеріали за вирахуванням відходів	152,8	Розділ 2.2.
2	Основна зарплата основних робочих	159,6	
3	Додаткова зарплата основних робочих	47,88	30 % от п.2
4	Відрахування на соціальне страхування, до Пенсійного фонду та центру зайнятості	80,9	39% от (п.2+п.3)
5	Витрати на утримання і експлуатацію устаткування	446,88	Пс.о × п.2
6	цехові витрати	23,94	Пц × п.2
	Разом цехова собівартість деталі:	912	
7	загальнозаводські витрати	478,8	300% от п.2
	Разом заводська собівартість деталі:	1390,8	

## 5.2 Розрахунок економічної ефективності проекту

Річний економічний ефект розраховується за формулою:

$$E = (C_6 - C_{пр.}) \times N_{\text{вип.}} - E_n \times K_{\text{дод.}}$$

де  $E$  – річний економічний ефект, р.;

$C_6$  – собівартість деталі за базовим варіантом. За матеріалами базового технологічного процесу  $C_6 = 1415,5$  грн.;

$C_{пр.}$  – розрахункова собівартість деталі по проекту,  $C_{пр.} = 1390,8$  грн.;

$E_n$  – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень;

$K_{\text{дод.}}$  – додаткові капітальні вкладення щодо базових, грн.

Проект ділянки серійного виробництва не передбачає капітальні

вкладення, отже  $E_n$  та  $K_{доп}$  з формули можна виключити.

Отримуємо річний економічний ефект:

$$E = (1415,5 - 1390,8) \times 1596 = 39421,2 \text{ грн.}$$

### 5.3 Техніко-економічні показники роботи ділянки

Техніко-економічні показники роботи ділянки розраховані та представлені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Техніко-економічні показники роботи ділянки

№ п/п	Показники	Одиниця виміру	Значення показнику (проект)	Значення показнику (за базовим варіантом)
1	Річний випуск: - в натуральному вигляді - в гривнях	шт. грн.	1596 2219716,8	1596
2	Трудомісткість однієї деталі	н/год	0,9	
3	Цехова собівартість деталі	грн.	912	930
4	Кількість верстатів на ділянці	шт.	18	21
5	Заводська собівартість деталі	грн.	1390,8	1415,5
6	Виробіток на одного робітника: - в нормо-годинах - в гривнях	н/год грн.	1820 348 138,46	
7	Економічний ефект	грн/год	39421,2	

Деталь за розробленим технологічним процесом дешевше на 24,7 грн. щодо базового варіанту.

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 6.1 Оцінка екологічної безпеки проекту

В дипломному проекті розроблено ділянку механічної обробки деталі «Шестерня ШВП 72.01». При її виготовленні використовуються різноманітні верстати та технологічне оснащення.

На рівень безпеки в спроектованій ділянці впливають різноманітні чинники:

- під час роботи верстатів від заготовки відділяється стружка;
- деякий інструмент обертається на великих швидкостях;
- у зоні різання виникає висока температура;
- при обробці деталі на деяких верстатах використовуються мастильна охолоджуюча рідина (МОР) (може випаровуватись під високою температурою);
- всі електричні системи на ділянці живляться від мережі змінного струму.

Оскільки в технологічному процесі присутня шліфувальна операція важливо розглянути питання утворення та впливу пилу у виробничому приміщенні. У процесі шліфування в повітря виділяється високодисперсний пил (0,5 – 3 мкм), до складу якого, окрім часток металу, входять частинки абразивної речовини (електрокорунд, карбід кремнію і т. п.) та матеріалу зв'язування (керамічна, силікатна та інші зв'язки).

Аерозолі нафтових масел, що входять до складу МОР, можуть викликати подразнення слизистих оболонок верхніх дихальних шляхів. МОР можуть шкодити організму при частому попаданні на відкриті ділянки шкіри, при тривалій роботі в одязі на який попало мастило.

У робітників, що займаються безпосередньою роботою за верстатом, розвиваються професійні захворювання, зокрема виражене розширення вен нижніх кінцівок у результаті тривалого стояння.

Зниженню стомлюваності та травматизму на робочому місці сприяє дотримання вимог ергономічності обладнання. Для дотримання цих вимог у спроектованому верстатному обладнанні присутні ручки для зручного переміщення оснащення та вільна зона ручного затиску заготовки. В контрольному пристосуванні заокруглено верхній кут підставки й вибрано ергономічну рукоятку.

Оскільки більшості шкідливих факторів не уникнути, на ділянці передбачаються засоби активного (навушники від впливу шуму, заземлення для підвищення електробезпеки, вентиляція повітря і т. д.) та пасивного захисту (захисні кожухи рухомих частин, захисні вікна робочих зон верстатів і т. п.).

Однією з умов безпечної і надійної роботи устаткування також є наявність контрольно вимірювальних приладів та систем сигналізації [34].

## **6.2 Система вентиляції**

Для проектування промислової вентиляції необхідно визначити параметр повітрообміну [2]. Оскільки точно визначити параметри шкідливих факторів на етапі проектування неможливо, проведено розрахунок за емпіричними даними.

1. Аналізуючи технологічний процес виробництва можна зробити висновок, що вентиляційна система повинна позбавляти наступних шкідливих факторів:

– видалення пилу, що локалізований, як сказано вище, в першу чергу в робочій зоні шліфувальних верстатів;

– видалення парів масел, що присутні на верстатах де будуть використані МОР.

2. Нормативним кількісним показником, що обмежує величину шкідливих виділень, можна вважати норматив використання МОР в залежності від матеріалу та характеру обробки (зокрема відмова від використання мастил при обробці деталей з чавуну).

3. Розглянуто повітрообмін з фактором виділення пилу на ділянці.

4. Кількість зовнішнього повітря яке подається до приміщення має відповідати умові:

$$\frac{L}{m} \geq L_{min}$$

де  $m$  – кількість робітників на ділянці в найчисельнішу зміну:  $m = 357$  чол.;

$L_{min}$  – мінімальна кількість зовнішнього повітря, при об'ємі повітря на одну людину:

$$V_1 = \frac{B}{P_{заг.}} = \frac{31104}{509} = 61,5 \text{ м}^3,$$

$P_{заг.}$  – загальна кількість робітників цеху, чол.;

Мінімальна кількість зовнішнього повітря на одну людину ( $V_1 \geq 20$ ) має значення  $L_{min} = 20 \text{ м}^3/\text{год}$ .

$$L \geq m \times L_{min} = 357 \times 20 = 7140 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Виходячи з умови, приймаємо значення кількості зовнішнього повітря що надходить до приміщення виробничої ділянки  $7200 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Кратність повітрообміну в механічному цеху повинна становити від 1 до 3 одиниць. Обчислення кратності проводиться за формулою:

$$k = \frac{L}{V_d} = \frac{7200}{4260} = 1,7$$

де  $V_d$  – об'єм ділянки:  $V_d = F_d \times H = 710 \times 6 = 4260 \text{ м}^3$ .

Кратність повітрообміну задовольняє умову.

5. Виходячи з розрахунків для проектування систем штучної загальнообмінної вентиляції буде прийнято значення повітрообміну  $7200 \text{ м}^3/\text{год}$ .

### 6.3 Виробниче освітлення

Для спроектованої ділянки виробничого приміщення проведено розрахунок та вибір системи освітлення. Розрахунок загального рівномірного освітлення проведено з застосуванням методу світлового потоку [2].

1. За нормативом ДБН В.2.5-28-2006 [35] встановлено розряд та підрозряд зорової роботи: розряд III, підрозряд в – середній.

2. З умови, що температура приміщення не буде знижуватись нижче  $+10^{\circ}\text{C}$  і напруга в мережі змінного струму не впаде нижче 90% від номінального значення, вибрано люмінесцентні лампи.

3. У якості системи освітлення вибрано комбіновану (за більш економічні показники).

4. Враховуючи забрудненість повітряного середовища, вимоги розподілу яскравості та вибухо- й пожежобезпечності, вибрано світильник типу ПВЛ (рис. 6.1).

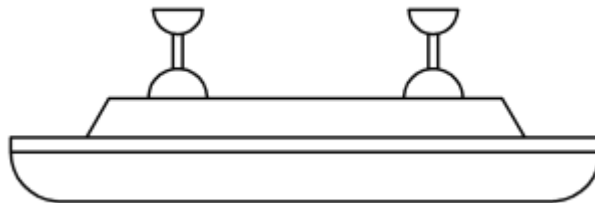


Рисунок 6.1 – Світильник типу ПВЛ

5. За схемою (рис. 6.2) розраховано висоту розташування світильників над освітлюваною поверхнею:

$$H_c = H - h_c - h_p = 6 - 0,5 - 1 = 4,5 \text{ м}$$

де  $H = 6 \text{ м}$  – загальна висота приміщення;

$h_c$  – висота від стелі до нижньої частини світильника:  $h_c = 0,3 \dots 0,5 \text{ м}$ ;

$h_p$  – висота від стелі до нижньої частини світильника:  $h_p = 0,8 \dots 1,2 \text{ м}$ .



Рисунок 6.2 – Розташування світильників над освітлюваною поверхнею

6. У якості способу розташування світильників вибрано симетричне шахове розташування (рис. 6.3), що забезпечить однакове освітлення обладнання, робочих місць та проходів.

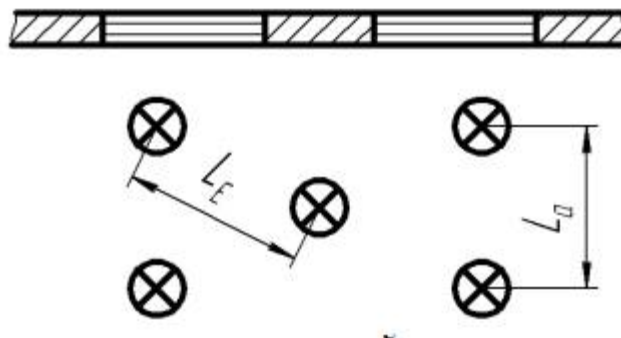


Рисунок 6.3 – Шахова схема розташування світильників

7. Встановлено відстані між світильниками  $L_a$  та  $L_E$ , з огляду на тип ПВЛ – 1,5 м. Визначення їх кількості:

$$n = \frac{S}{L_a \times L_E} = \frac{710}{1,5 \times 1,5} \approx 316 \text{ шт.}$$

де  $S = 710 \text{ м}^2$  – площа ділянки

8. З урахуванням розряду роботи та типу джерела освітлення, встановлено нормовану загальну освітленість  $E_3 = 300 \text{ лк}$ .

9. Проведемо розрахунок необхідного світлового потоку однієї лампи:



$$F_{\text{л}} = \frac{E_3 \times S \times z \times k}{N \times \eta} = \frac{300 \times 710 \times 1,2 \times 1,5}{632 \times 0,54} = 1123,4 \text{ лм}$$

де  $z = 1,2$  – коефіцієнт мінімальної освітленості;

$k = 1,5$  – коефіцієнт запасу;

$N = 632$  шт. – кількість ламп у світильниках;

$\eta = 0,54$  – коефіцієнт використання світлового потоку ламп, за показником приміщення:

$$i = \frac{a \times b}{H_c \times (a + b)} = \frac{14,2 \times 50}{4,5 \times (14,2 + 50)} = 2,46 \approx 3$$

$a$  та  $b$  – відповідно довжина та ширина ділянки, м.

10. За значенням світлового потоку підібрано лампу типу ЛБ20 (1180 лм; 59 лм/Вт).

## 7 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Тема науково-дослідної роботи: Моделювання похибки при обробці різьби. Безпосереднього зв'язку з темою дипломного проекту не має, однак будучи самостійною частиною відповідає вимогам спеціалізації усієї роботи.

### 7.1 Загальна інформація про різьби

Різьблення класифікують за конструктивними та експлуатаційними ознаками [17].

За конструктивними ознаками різьблення класифікують наступним чином:

- за формою поверхні (циліндрична, конічна);

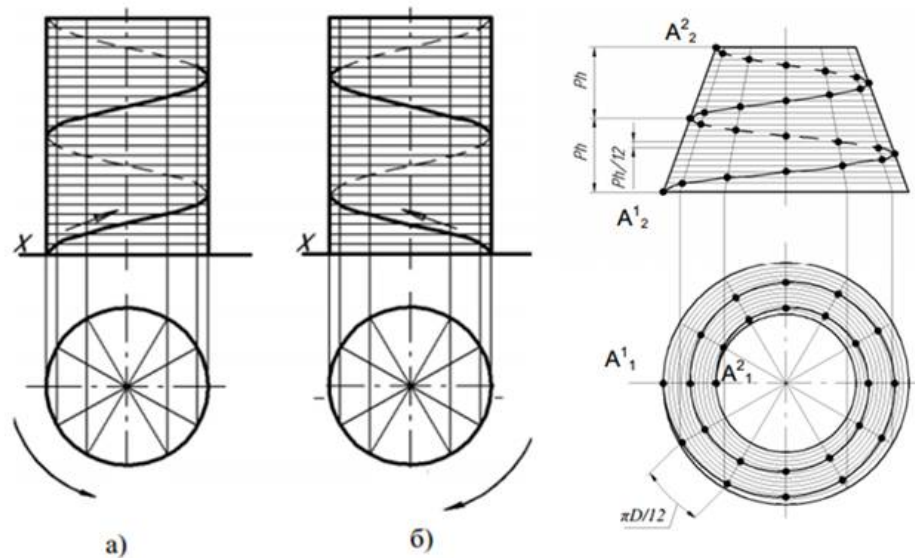


Рисунок 7.1 – Циліндрична (а – права; б – ліва) та конічна (права) гвинтова лінія

- у напрямку кута підйому різьблення (права – різьба, у якій виступ, обертаючись за годинниковою стрілкою, видаляється уздовж осі від спостерігача; ліва – різьба, у якій виступ, обертаючись проти годинникової стрілки, видаляється уздовж осі від спостерігача) (рисунок 20 – а. та б.);

- по розташуванню на деталі (зовнішня, внутрішня);

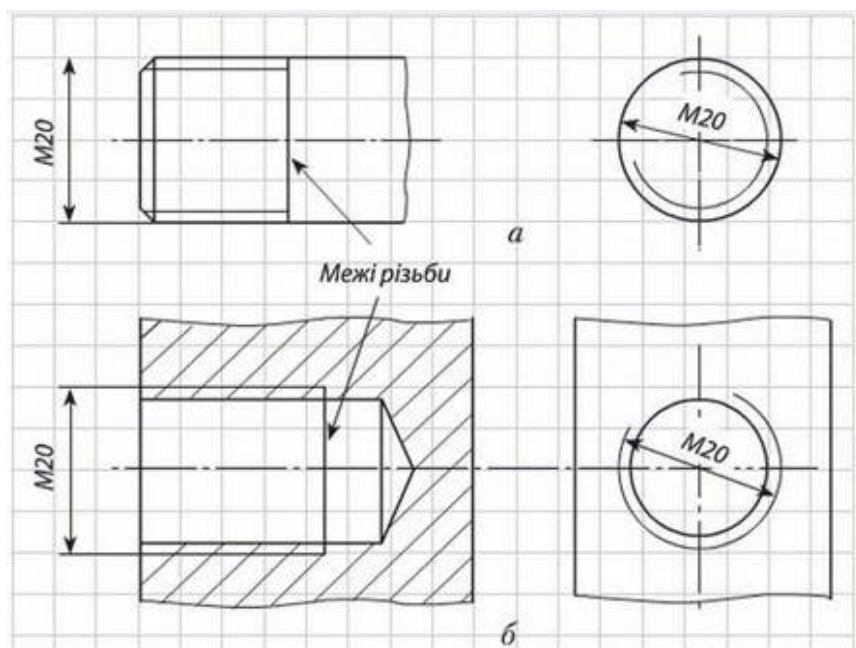


Рисунок 7.2 – Зображення: а – зовнішня різьба; б – внутрішня різьба

- в залежності від одиниць виміру розмірів (метрична, дюймова, пітчєва, модульна).
- по числу заходів (однозаходна – різьба, утворена одним виступом; багатозаходна – різьба, утворена двома або більше виступами з рівномірно розташованими заходами);

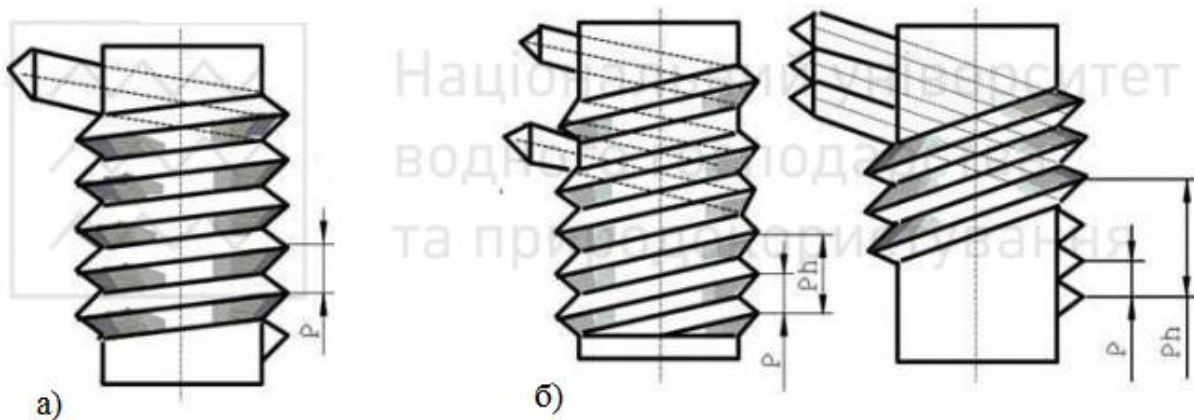


Рисунок 7.3 – Зображення: а – однозаходна різьба; б – багатозаходна різьба

– за формою профілю (трикутна, трапецеїдальних, прямокутна, упорна, кругла);

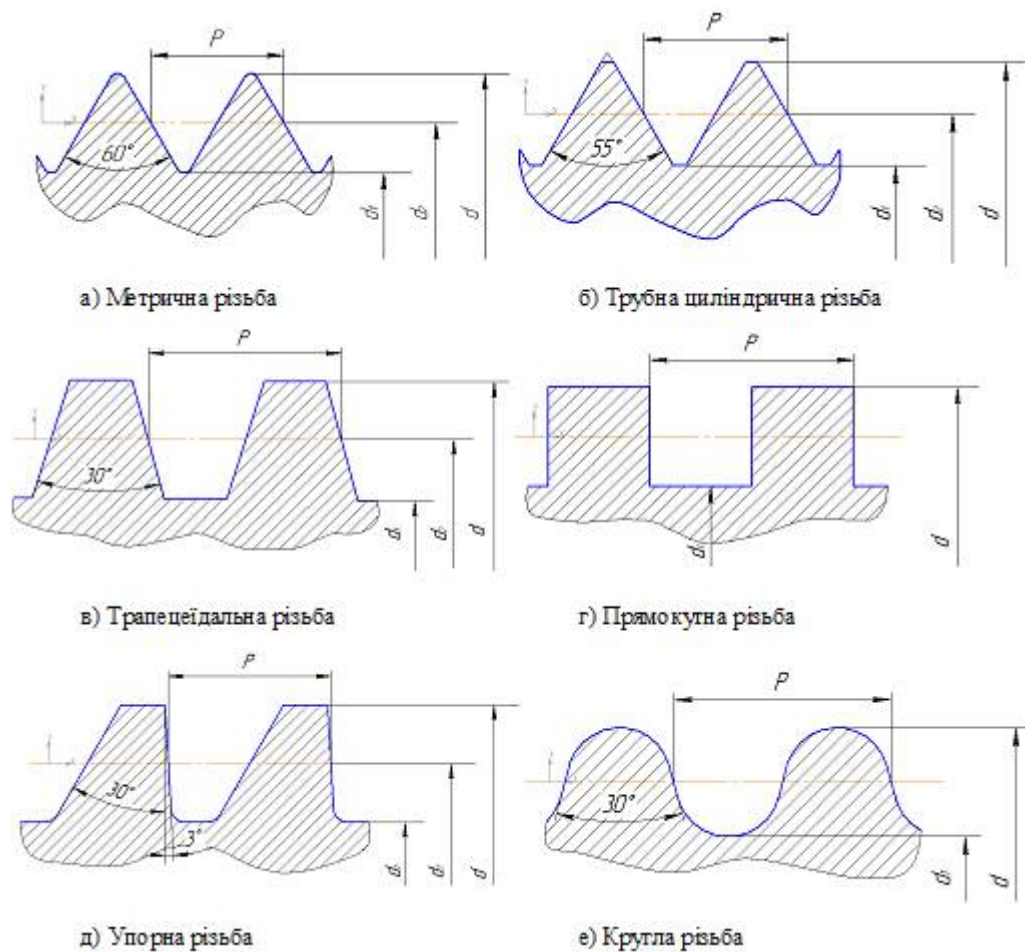


Рисунок 7.4 – Форми профілю різьб

За експлуатаційними ознаками розрізняють різьби загального призначення (кріпильні, кріпильний-ущільнювальні, ходові) та різьби спеціального призначення (застосовується для деталей певного типу) [14].

## 7.2 Параметри різьб

Номінальні розміри параметрів різьби є однаковими для болта (шпильки, гвинта і т. д.) і гайки (нарізного гнізда).

Зовнішній діаметр різьби  $d$  ( $D$ ) - діаметр уявного циліндра, дотичного до вершин зовнішньої різьби або западин внутрішньої різьби.

Внутрішній діаметр різьби  $d_1$  ( $D_1$ ) – діаметр уявного циліндра, вписаного у ставленні до вершин внутрішньої різьби або западин зовнішньої різьби.

Середній діаметр різьби  $d_2$  ( $D_2$ ) – діаметр уявного співвісного з різьбленням циліндра, що утворює якого перетинає профіль гвинтів в точках, де ширина канавки дорівнює половині номінального кроку  $P$  для однозаходної різьби і для багатозаходної різьби – половині номінального ходу  $t$ , розділеного на число заходів.

Крок різьби  $P$  – відстань між сусідніми однойменними бічними сторонами профілю, вимірний в напрямку, паралельному осі різьби.

Кут профілю  $\alpha$  – кут між бічними сторонами профілю в осьовій площині.

Кут підйому  $\psi$  – кут між дотичною до гвинтової поверхні в точці, що лежить на середньому діаметрі різьблення, і площиною, перпендикулярній осі різьби.

Для однозаходної різьби:

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{P}{\pi d_2 (\pi D_2)}$$

Для багатозаходної різьби:

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{t}{\pi d_2 (\pi D_2)}$$

Крім перерахованих параметрів різьби, розрізняють висоту вихідного профілю  $H$ , робочу висоту профілю  $H_1$  і висоту профілю  $H_2$ , вимірювані в напрямі, перпендикулярному до осі різьби. Параметри ( $H$ ,  $H_1$ ,  $H_2$ ) виражаються при відомих кутах нахилу профілю (або  $\alpha$ ) в частках кроку різьблення  $P$  [15].

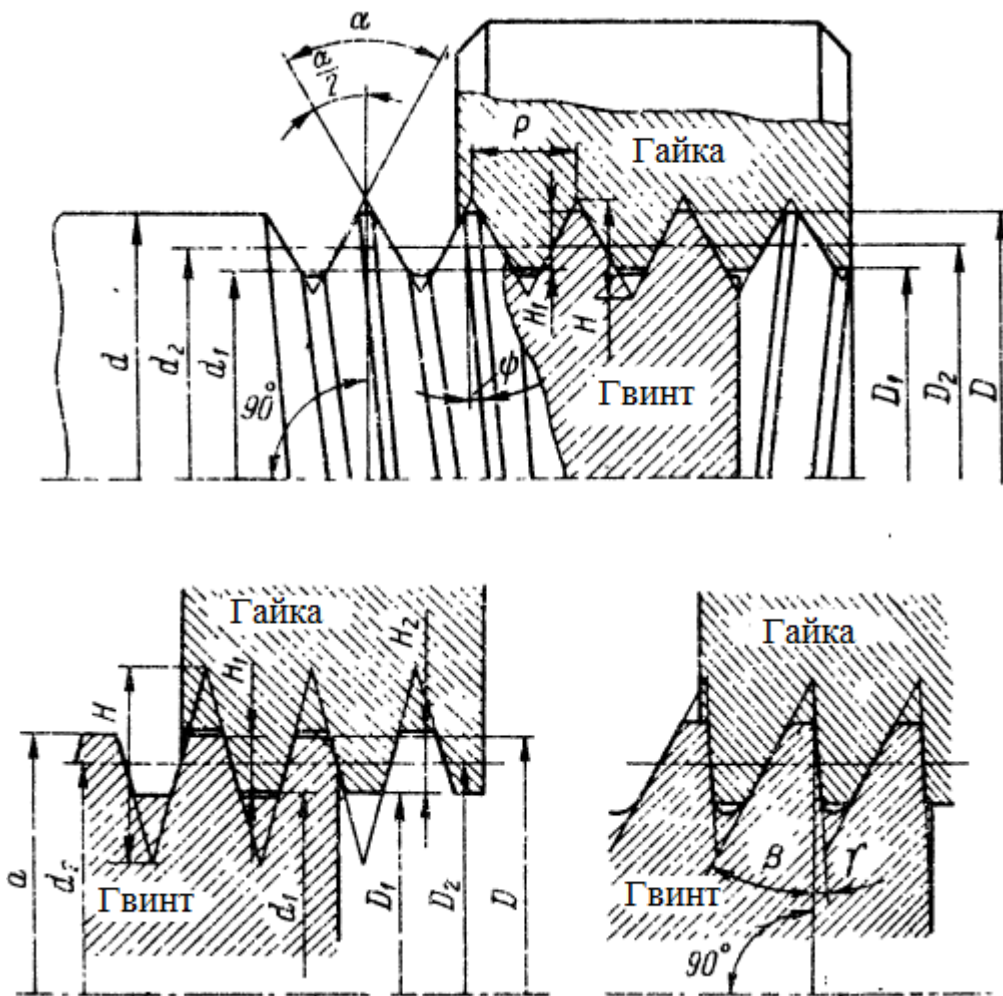


Рисунок 7.5 – Основні параметри різьби

### 7.3 Основні залежності

Для забезпечення вимог взаємозамінності згвинчувати виробів встановлюють бокові контури різьблення болта і гайки. На рисунку 2 товстою лінією показаний номінальний контур метричної різьби (посадка з нульовим гарантованим зазором), який є найбільшим боковим контуром різьблення болта і найменшим боковим контуром різьблення гайки. Від номінального контуру в напрямку, перпендикулярному до осі різьби, відраховують відхилення діаметрів, мають у своєму розпорядженні поля допусків, що визначає найменший граничний контур болта і найбільший – гайки [16].

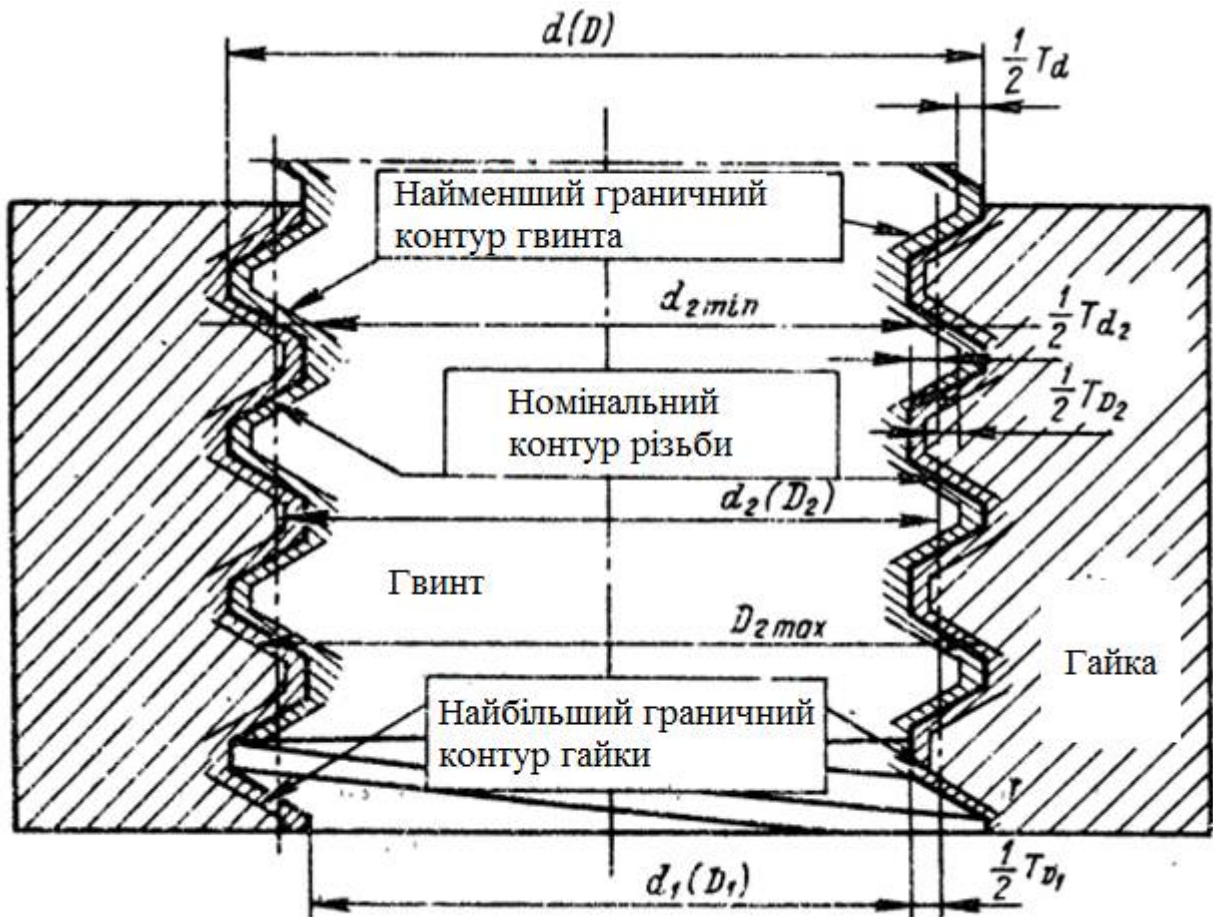


Рисунок 7.6 – Контури гайки й гвинта з показниками допусків

Згвинчуваність різьбових деталей і необхідна якість з'єднання забезпечується, якщо дійсні контури болта і гайки не виходитимуть за відповідні граничні контури на всій довжині згвинчування.

Посадки різьбових з'єднань (для різьби загального призначення і більшості, спеціальних різьб) визначаються в основному характером з'єднань по бічних сторонах профілю. Розташування полів допусків зовнішнього і внутрішнього діаметрів виключає можливість отримання натягу по вершинах і западин різьблення. Взаємне положення контактують бічних сторін профілю залежить від дійсних значень або відхилень середніх діаметрів, кроків різьблення і кутів нахилу профілю [19].

Згвинчення різьбових деталей, що мають прогресивні (залежні від числа витків) і місцеві відхилення кроку ( $\Delta P_n$ ) і відхилення кута профілю, ( $\Delta \alpha/2$ ),

можливо, якщо позитивна різниця середніх діаметрів гайки і болта, отримана за рахунок зменшення  $d_2$  у болта або збільшення  $D_2$  гайки, достатня для компенсації таких відхилень.

Необхідна зміна значення  $d_2$  або  $D_2$ , для компенсації похибок кроку, називається діаметральною компенсацією похибок кроку різьблення  $f_P$ :

$$f_P = \frac{2\Delta P_n}{tg\gamma + tg\beta}$$

При  $\gamma = \beta = \alpha/2$  (для різьб з симетричним профілем):

$$f_P = \Delta P_n ctg \alpha/2$$

Тоді:

$$T_{d_2}(T_{D_2}) = T'_{d_2}(T'_{D_2}) - (f_P + f_\alpha)$$

Допуск  $T'_{d_2}(T'_{D_2})$  являє собою ту частину сумарного допуску  $T_{d_2}(T_{D_2})$ , який може бути використаний як власне допуск по середньому діаметру при наявності похибок кроку і кутів профілю.

При роздільній перевірці кроку, половини кута профілю і середнього діаметру наведений середній діаметр повинен бути не більше номінального у гвинта і не менше номінального у гайки, і виміряний середній діаметр повинен бути:

- для болта:  $d_{2д} \geq d_{2\ min}$ ;
- для гайки:  $D_{2д} \leq D_{2\ max}$ .

При контролі різьбових виробів граничними калібрами немає необхідності у поелементній перевірці, так як ці елементи ( $T'_{d_2}$ ,  $f_P$ ,  $f_\alpha$ ) побічно контролюються прохідними і непрохідними калібрами [15].



## 7.4 Методи нарізання різьб

Методів нарізання й обробки різьби багато, при цьому використовують різноманітні верстати:

- токарні – нарізання різцями різьбовими й гребінками;
- токарні з ЧПК, револьверні автомати – нарізання різцями різьбовими, мітчиками, накатниками, різьбонарізними головками, плашками;
- свердлильні, фрезерні з ЧПК, обробні центри – нарізання мітчиками;
- верстати відповідного призначення: різьбофрезерні, різьбошліфувальні, різьбонакатні й інші типи.

Методи отримання різьби вибирають, враховуючи:

- розмір деталі – обертати деталь чи інструмент;
- розмір різьби – визначає вибір інструменту;
- точність обробки – різьбу 4-5 ступеню точності й 7-8 класу шорсткості (третій етап) можливо отримати нарізанням різьбовим різцем, шліфуванням, накатуванням; різьбу 6-го ступеню точності й 6-го класу шорсткості (другий етап) нарізають (різцем різьбовим, мітчиком, накатником, різьбонарізною головкою), фрезерують, накатують; нарізання круглими плашками дає різьбу 7-8 ступеню точності;
- об'єм випуску деталей – при невеликому випуску деталей застосовують нарізання різьбовим різцем на токарному верстаті, нарізання вручну мітчиком чи плашкою. З підвищенням випуску деталей механізують нарізання мітчиками та плашками, використовують гребінки та різьбонарізні головки, використовують різьбофрезерні, різьбошліфувальні й накатування. У масовому виробництві широко використовують високопродуктивні болторізні, гайкорізні й накатні верстати.

Підготовку поверхні під різьбу проводять точінням, а для відповідальних різьб – шліфують. Отвори під різьбу свердлять, а за необхідністю зенкерують чи розточують [18].

## 7.5 Схеми зняття припуску

Розглянуто схеми зняття припуску при нарізанні різьби різцем на токарному верстаті (з ЧПК).

Число робочих ходів (проходів) залежить від кроку різьби  $P$ , оброблюваного матеріалу і заданої шорсткості. Глибина різання для кожного проходу вибирається з умови сталості навантаження на різець, тобто приблизної рівності сумарної площі зрізу для кожного проходу.

Щоб визначити глибину різання і відповідно координату вершини різця по осі  $X$  для кожного проходу, необхідно знати висоту профілю різьби і розділити її на частини відповідно до прийнятого кількості проходів. Висота профілю залежить від виду різьблення і кроку.

Врізання різця для виконання різьблення з кроком до 2,5 мм зазвичай проводиться перпендикулярно до осі різьби (рис. 7.7а). При роботі за цією схемою в процесі різання беруть участь одночасно обидві ріжучі кромки різця, в результаті утворюється жорстка стружка ночноподібної форми, що збільшує навантаження на різець і знижує його стійкість. Для виконання різьблення з кроком більше 2,5 мм врізання проводиться під кутом  $\varepsilon/2$  (рис. 7.7б). В цьому випадку працює одна ріжуча кромка різця. Нарізування різьблення по цій схемі дозволяє забезпечити хороші умови стружкоутворення, але призводить до нерівномірного зносу різальних крайок різця.

Для полегшення стружкоутворення і підвищення стійкості різця рекомендується нарізати різьбу з розбивкою, тобто зі зміщенням в різні боки при кожному проході. В цьому випадку в роботі беруть участь по черзі обидві ріжучі кромки (рис. 7.7в). Розбивку здійснюють шляхом поглиблення по осі  $X$  і одночасного зміщення по осі  $Z$  вершини різця перед кожним робочим ходом. Така схема особливо доцільна при нарізанні трапецеїдальних різьб і канавок модульних гвинтів-черв'яків (рис. 7.8). Чистові проходи зазвичай виконують з урізуванням перпендикулярно до осі різьби.

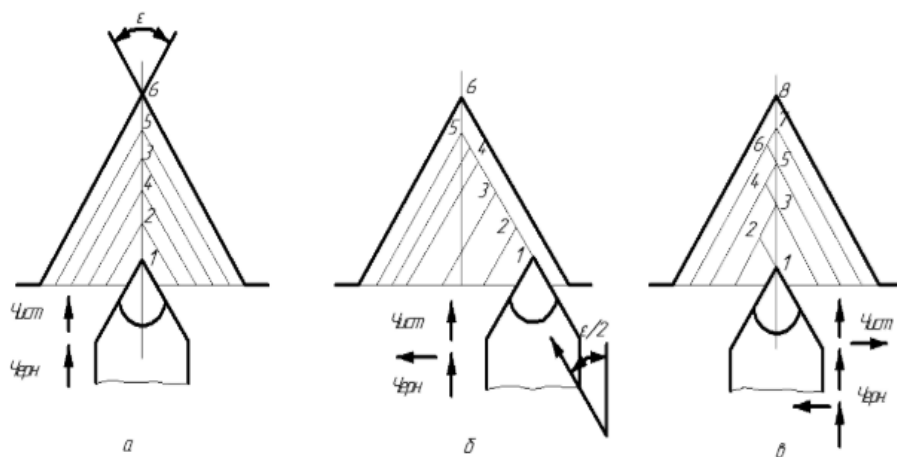


Рисунок 7.7 – Схема видалення припуску при нарізанні різьби

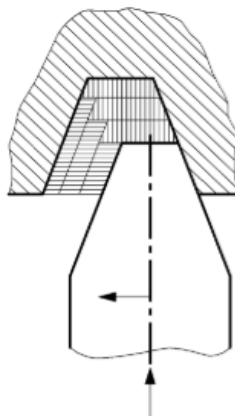


Рисунок 7.8 – Схема нарізання трапецеїдальної різьби

Шлях, що проходить різець, визначають за формулою:

$$l_{\text{пр}} = l + \Delta Z + \frac{B}{2},$$

де  $l$  – довжина робочої ділянки;

$\Delta Z$  – шлях проході (повітряний зазор);

$B$  – ширина різьбової канавки.

Шлях підходу задається з метою компенсації можливого «мертвого ходу» через зношування деталей кулькової гвинтової пари механізму подач. Величину шляхи підходу по осі  $Z$  приймають за спеціальною номограмі (рис. 7.9).

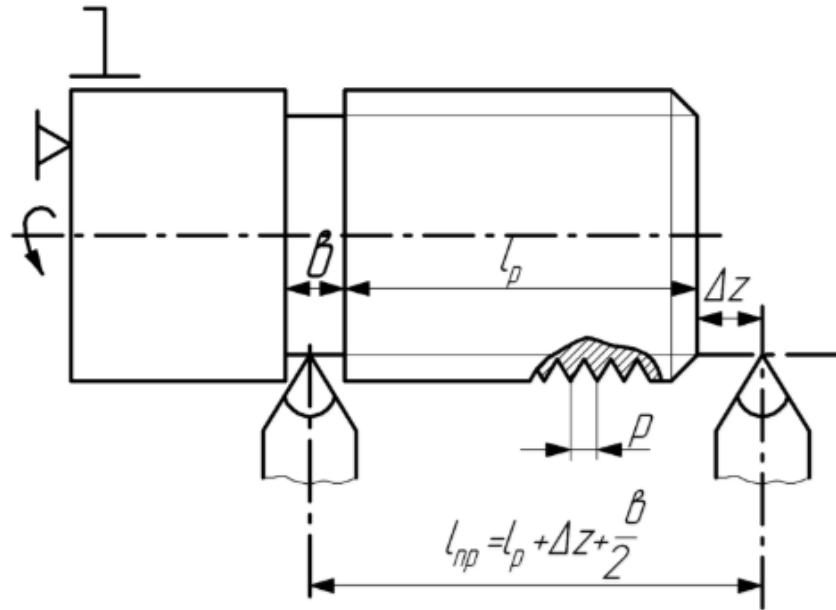


Рисунок 7.9 – Схема для визначення шляху робочого ходу різьбового різця

Врізання для лівої різьби проводиться в зарізьбову канавку, а вихід за межі нарізного ділянки (перебігаючи) задають рівним кроку різьблення. Перед поворотними ходами слід задавати відхід різця від поверхні деталі на 2...3 мм. При нарізуванні різьблення по автоматичному циклу цей відхід задається системою ЧПК. У разі нарізування різьблення без зарізьбової канавки, тобто зі стоком, шлях проходження різця  $L = l + \Delta Z$  мм.

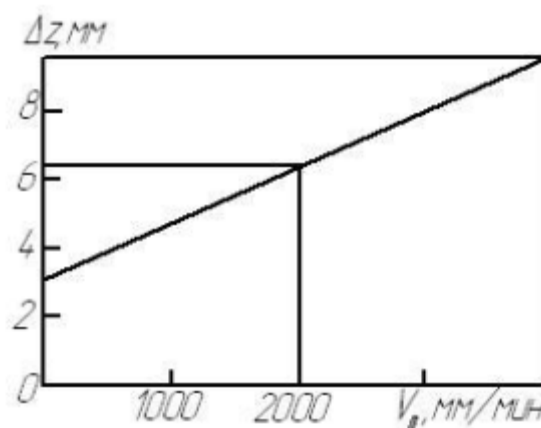


Рисунок 7.10 – Номограма для визначення шляху підходу різця по вісі Z

У разі нарізування багатозаходної різьби, розподіл на заходи проводиться зсувом вихідного положення різця по вісі Z на крок різьби P по керуючій програмі перед нарізуванням кожного заходу.

### 7.6 Точність обробки та похибки, що виникають

Під точністю обробки деталі розуміють ступінь її приближення або ступінь її відповідності еталонному зразку. Вона характеризується полем розсіювання  $\omega$  заданого розміру в деякій сукупності деталей.

$$\omega = A_{d \max} - A_{d \min}$$

де  $A_{d \max}$  та  $A_{d \min}$  – найбільший та найменший дійсні розміри в границях деякої сукупності деталей.

Для аналізу похибок, доцільно класифікувати похибки за джерелом їх виникнення. В умовах виробництва фактори, що викликають похибки, діють одночасно, усією сукупністю, від того доцільно розглядати похибку виготовленої різьби як квінтесенцію їх впливів (не виділяючи в загальному плані основних та малозначущих). При встановленні ж залежності між окремо взятими виробничими факторами й обумовленою його дією первинної похибки допускають, що інші фактори не діють.

1. *Вплив пружних деформацій технологічної системи під впливом сил різання.*

Механічна обробка заготовок на металорізальних верстатах виконується з використанням пристосувань та інструментів. Всі вузли та пристрої, які беруть участь в процесі обробки, і оброблювана заготовка утворюють пружну технологічну систему: верстат – пристосування – інструмент – заготовка. Для оцінки величини похибки важливою характеристикою системи є її жорсткість, тобто здатність чинити опір дії деформуючих сил.

Жорсткість пружної технологічної системи виражається відношенням складової зусилля різання, спрямованої по нормалі оброблюваній поверхні  $P_y$ , до зміщення леза інструменту щодо заготовки  $y$ , відраховується в тому ж напрямку:

$$j = \frac{P_y}{y} \text{ Н/мм}$$

Пружні деформації технологічної системи виникають під дією всіх складових сили різання. Але формула жорсткості враховує вплив тільки складовою  $P_y$ . Це пояснюється тим, що деформація системи  $y = P_y/j$  впливає на точність розміру безпосередньо, в той час як деформація під дією інших складових впливає на точність розміру в незначній ступені.

Для практичних цілей використовується поняття піддатливості, чисельна величина зворотна величині жорсткості:

$$w = \frac{1}{j} \text{ мкм/Н}$$

Величина податливості дорівнює відношенню величини зміщення леза інструменту  $y$  до величини нормальної складової зусилля різання  $P_y$ .

$$w = \frac{y}{P_y} \text{ мкм/Н}$$

Жорсткість системи залежить від жорсткості складових її елементів: верстату, інструменту, пристосування і заготовки. Жорсткість верстата, в свою чергу, залежить від жорсткості його вузлів.

Спосіб установки і закріплення заготовки в дуже великій мірі впливає на її податливість (жорсткість). а отже, і не величину похибок форми, розмірів і розташування оброблених поверхонь.

### 2. *Вплив деформацій заготовки під дією зусилля закріплення.*

При затиску заготовки зусилля, що виникають, досягають великих значень. При цьому недостатньо жорсткі заготовки отримують значні пружні деформації.

Таким чином отвір в деформованому стані буде круглий, але коли заготовку зняти, отвір отримає похибку форми – гранність. Це явище має великий вплив при нарізанні різьби в центральному отворі деталі.

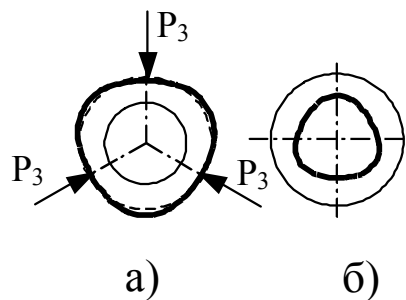


Рисунок 7.11 – Похибка форми: а – під час обробки; б – після зняття

### 3. *Вплив пружних деформацій системи під дією нагріву.*

В процесі обробки заготовок елементи системи знаходяться під безперервним впливом різних теплових джерел. Нагрівання елементів системи веде до їх температурних деформацій і до виникнення похибок обробки:

- похибка від температурних деформацій верстату – нагрівання вузлів верстату веде до зміни їх відносного положення (значення невелике, приблизно від 8 мкм до 12 мкм);

- похибка від температурних деформацій інструменту – температура з зони різання, передаючись на інструмент, викликає його відносне подовження (в деяких випадках від 30 мкм до 50 мкм);

– похибка від температурних деформацій заготовки – характер похибки залежить від рівномірності нагріву, при нерівномірному розподілі температури виникають короблення заготовки, що змінює її форму (до заготовки переходить більше 10% теплоти з зони різання).

#### 4. Вплив розмірного зносу інструменту.

Знос інструменту, вимірюваний по нормалі до оброблюваної поверхні і безпосередньо впливає на точність, прийнято називати розмірним. Стосовно до нарізання різьби різцем, розмірний знос – це радіальний знос.

Розмірний знос  $u$ , вимірюється в мкм і визначається в залежності від шляху різання  $L$ .

На графіку розмірного зносу (рисунок 3) відображено три характерні ділянки: I – початковий знос; II – нормальний знос; III – інтенсивний знос різця.

Інтенсивність зносу характеризується величиною відносного чи питомого зносу  $u_0$ :

$$u_0 = \frac{u}{L} \times 1000, \text{ мкм/км}$$

Значення  $u_0$  залежить від: матеріалу заготовки, режимів різання, матеріалу ріжучого інструменту, інтенсивності охолодження та т. д.

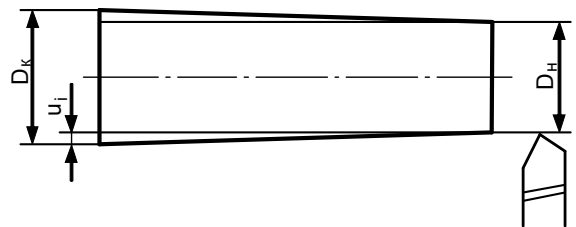
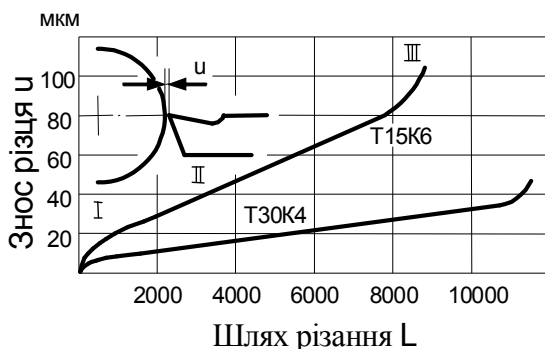


Рисунок 7.12 – Графік розмірного зносу різця та схема утворення похибки форми



### 5. *Вплив кінематичної похибки.*

Кінематичними називають похибки, що виникають при заміні точної схеми обробки наближеною схемою.

Наприклад при фрезеруванні різьби дисковою фрезою використовується наближена схема: вісь фрези встановлюється паралельно осі виробу, внаслідок чого виникає похибка профілю різьби, яка за своїм характером є кінематичною.

### 6. *Вплив неточності розмірного та профільного інструменту.*

Завжди має місце копіювання (перенесення на деталь) неточностей розмірних і профільних інструментів. Тому допуски на розмірні ріжучі інструменти (розгортки, зенкера, свердла, пазові різці і фрези) призначаються у багато разів меншими допусків на розміри відповідних оброблюваних поверхонь.

Профільні інструменти – різьбові різці і фрези, зуборізні інструменти, фасонні різці, фрези і шліфувальні круги. Неточність профілю таких інструментів, незалежно від причини її виникнення, переноситься на деталь, обумовлюючи появу похибок форми.

### 7. *Вплив геометричної неточності верстату.*

Існують норми точності верстатів, якими регламентуються неточності верстату в ненавантаженому стані – геометричні неточності. Кожна з геометричних неточностей верстату слугує причиною появи відповідної похибки обробки. В процесі експлуатації відбувається інтенсивний знос робочих поверхонь верстатів. В результаті зносу, і особливо внаслідок нерівномірного зносу частин верстату, геометричні неточності його значно зростають, обумовлюючи збільшення відповідних похибок обробки.

### 8. *Вплив залишкової напруги заготовки.*

Залишковими називають напруги, які існують в матеріалі заготовки при відсутності впливу зовнішніх сил. Залишкові напруги виникають в процесі виконання попередньої обробки і залишаються після її закінчення.

Це відбувається при всіх видах механічної обробки. Механізм їх утворення досить складний. Причиною можуть бути: силовий фактор,

нерівномірне нагрівання і охолодження, структурно фазові перетворення та інше.

#### 9. *Вплив налаштування верстату.*

Налаштування верстатів – це процес первісного встановлення необхідної точності відносного положення і руху виконавчих поверхонь інструменту, верстату і пристосування з метою отримання заданої точності оброблюваних заготовок. Використовуються два методи налаштування верстатів: настройка з обробкою пробних заготовок і статична настройка або настроювання за еталоном [20].

**Висновок:** На виникнення похибки під час нарізання різьби впливають у різній ступені дев'ять встановлених факторів:

- деформація технологічної системи під дією сили різання;
- деформація заготовки під дією зусилля закріплення;
- пружна деформація системи під дією нагріву;
- розмірний знос інструменту;
- кінематична похибка;
- неточність розмірного та профільного інструменту;
- геометрична неточність верстату;
- залишкова напруга заготовки;
- налаштування верстату.

## 8 ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА

Згідно з Конституцією України – кожен громадянин має право на захист свого життя і здоров'я. В умовах надзвичайних ситуацій виникає найбільша загроза життю людини. Тому одним з головних завдань цивільної оборони є захист робочого персоналу від наслідків надзвичайних ситуацій.

Існує три основних заходи захисту:

- укриття людей в захисних спорудах – інженерний захист;
- використання засобів індивідуального захисту;
- евакуація з можливого осередку ураження у безпечне місце.

Найбільш надійним є укриття людей в захисних спорудах. Але ефективно можна здійснити захист людей в разі комплексного використання усіх способів з урахуванням конкретних обставин. Ось чому на підприємствах заздалегідь і в час проявлення надзвичайної ситуації необхідно проводити комплекс заходів щодо забезпечення надійного захисту робітників і службовців.

В Законі "Про цивільну оборону України" зазначено, що адміністрація об'єктів незалежно від форм власності та господарювання забезпечує своїм працівникам місця в сховищах, надає засоби індивідуального захисту, сприяє здійсненню заходів та створенню сил для подолання наслідків надзвичайних ситуацій.

Конкретні заходи щодо захисту працівників на об'єкті можуть бути різними в залежності від стану, умов та характеру виробництва. Їх можна визначити на основі попередньої оцінки стану та ефективності реалізації того чи іншого способу захисту людей.

Інженерний захист робітників і службовців – це захист з використанням захисних споруд: сховищ і протирадіаційних укриттів (ПРУ). Це є найбільш надійний спосіб захисту людей практично від усіх факторів ураження.

Ефективно і надійно інженерний захист робітників і службовців забезпечується при виконанні таких умов:

- загальна місткість захисних споруд дозволяє укривати всіх

працюючих в найбільшій зміні;

- властивості захисних споруд відповідають потрібним;
- системи життєзабезпеченні захисних споруд забезпечують безперервне перебування в них людей на протязі встановленого строку;
- розміщення захисних споруд відносно до місць роботи, дозволяє своєчасно укрити людей.

Виходячи з цього, суть оцінки інженерного захисту зводиться до перевірки відповідності організації захисту на даному об'єкті переліченим умовам.

Заходи щодо підготовки до дій для захисту робітників в надзвичайних ситуаціях необхідно планувати і виконувати диференційовано за видами і ступенями можливої небезпеки на конкретних ділянках і з урахуванням їх насиченості об'єктами промислового призначення, гідроспорудами, об'єктами і системами виробничої і соціальної інфраструктури; наявності, номенклатури, потужності і розміщення потенційно небезпечних об'єктів; характеристик, в тому числі за вартістю і захисним властивостями в умовах надзвичайних ситуацій; особливостей розташування робочих місць; кліматичних та інших місцевих факторів [34].

## ВИСНОВКИ

При виконанні магістерської роботи:

- Розроблено новий, відмінний від базового, технологічний процес механічної обробки шестерні «ШВП 72.01», що покращив економічний ефект (підвищенням якості заготовки й зменшенням часу на обробку);
- Сформовано комплект технічної документації з виготовлення деталі;
- Сконструйовано пристосування для забезпечення умов виготовлення та контролю деталі;
- Описано основні аспекти організації й планування виробництва;
- Спроектовано ділянку механічної обробки деталі;
- Проведені економічні розрахунки, визначено економічний ефект від зміни технологічного процесу, який становить 24,7 грн.;
- Приведено рекомендації до охорони праці на виробництві з питань оцінки екологічної безпеки, визначення систем освітлення та вентиляції;
- Узагальнено викладено науково-дослідну роботу на тему – «Моделювання похибки при обробці різьби». Зроблено висновки;
- В узагальненій формі викладено заходи цивільної оборони робітників підприємства.

**ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ**

1. Зинченко А. М. История инженерной деятельности / А. М. Зинченко, Н. А. Мосягин, С. Ю. Стародубов, А. Н. Чекалов. – Донецк: СПД Куприянов, 2010. – 282 с.: ил.
2. Зинченко А. М. Технология машиностроения. Дипломное проектирование: учеб. пособ. / А. М. Зинченко, О. Д. Дедов, С. Н. Кучма [и др.]. – Алчевск: ДонГТУ, 2013. – 311 с.
3. Сорокин В. Г. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А. В., С. А. Вяткин [и др.]; под ред. В. Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
4. Стародубов С. Ю. Проектування заготованок в машинобудуванні: Навчальний посібник / С. Ю. Стародубов, С. Н. Кучма. – Алчевськ: ДонДТУ, 2010. – 212 с.
5. ГОСТ Р 53464–2009 Отливки из металлов и сплавов.
6. ГОСТ 3212-92 Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров.
7. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. / А. Г. Косилова, Р. К. Мещерякова. – В 2-х т. Т.1, 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
8. Радкевич Я. М. Расчёт припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. для машиностроит. спец. вузов/ Я. М. Радкевич, В. А. Тимирязев, А. Г. Схиртладзе, М. С. Островский; под ред. В. А. Тимирязева. – М.: Высш. шк., 2004. – 272 с.
9. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 1. / Изд. Справочник 3-е изд., перераб. и доп. – М.: «Машиностроение», 1974. – 406 с.
10. Седель О. Я. Техническое нормирование. Практикум. / О. Я Седель. – М.: Новое знание, 2010. – 333 с.

11. ГОСТ 15593-70 Индикаторы часового типа. Головки и преобразователи измерительные.
12. Вардашкин Б. Н. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. Т.2 / под ред. Б. Н. Вардашкина и В. В. Данилевского. – М.: Машиностроение, 1984. – 592 с.: ил.
13. ГОСТ 14305-73 Единая система технологической подготовки производства.
14. Якухин В. Г. Изготовление резьбы: справочник / В. Г. Якухин, В. А. Ставров. – М.: Машиностроение, 1989. – 192с.: ил.
15. Палей М. А. Допуски и посадки: справочник, ч.2/ М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Бригинский. – 8-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург: Политехника, 2001. – 610с.
16. Леонов Л. М. Соединения разъёмные резьбовые: учебное пособие для вузов/ Л. М. Леонов, Н. Н. Чигрик. – Омск: ОмГТУ, 2006. – 110с.: ил.
17. Классификация резьб: справочная информация [Электронный ресурс] // ООО "Fluitech systems". URL: <http://fluitech.com.ua/ru/tech-info/tech-info-5/tech-info-5-3.html> (Дата обращения 09.03.2018).
18. Резьба: [Электронный ресурс] // НГАСУ (Сибстрин). URL: <http://ng.sibstrin.ru/wolchin/umm/carving/carving/002.htm> (Дата обращения 09.03.2018).
19. Карандашов К. К. Допуски и посадки в машиностроении: учебное пособие, ч.1/ К. К. Карандашов. – Томск: ТГАСУ, 2006. – 161с.: ил.
20. Гречников Ф. В. Технология изготовления кузнечно-штамповочного оборудования и штамповой оснастки: Учебное пособие / Ф. В. Гречников, Ю. С. Горшков, Н. Д. Проничев; под ред. д.т.н., проф. Ф. В. Гречникова. – Самара: ГАУ, 2004. – 96 с.
21. Установка деталей в четырёхкулачковый патрон [Электронный ресурс] // HELPINGS.ORG. URL: <https://helpiks.org/9-39078.html> (Дата обращения 03.11.2018).

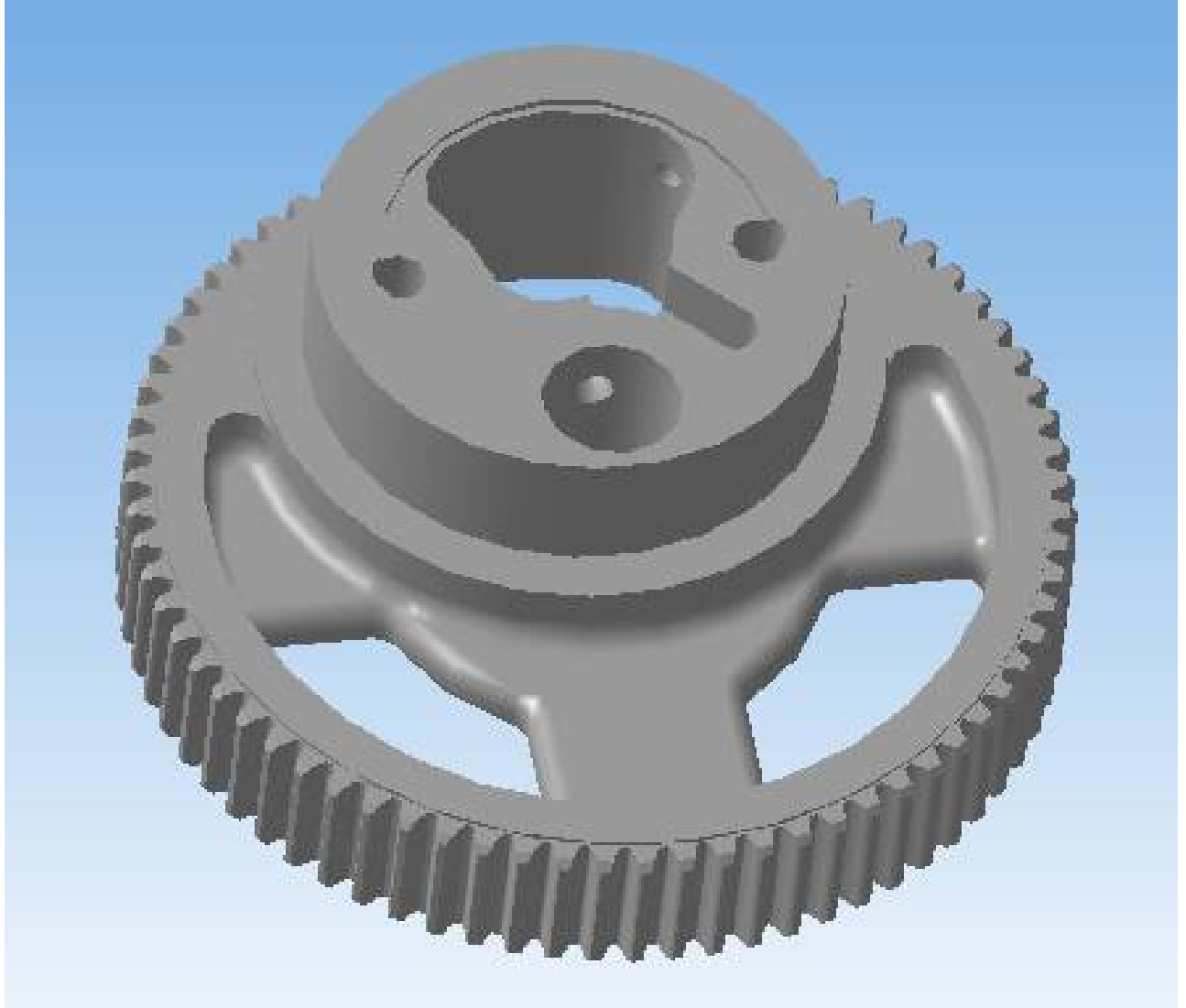
22. Горбачевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для вузов / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. – 5-е издание. Перепечатка с четвертого издания 1983 г. – М.: ООО ИД "Альянс", 2007. – 256 с.
23. Балабанов А. Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя / А. Н. Балабанов. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 464 с.
24. Зелинский А. Н. Методические указания по проектированию станочных приспособлений в курсовых и дипломных проектах для студентов машиностроительной специальности / А. Н. Зелинский, Ю. В. Пипкин. – Алчевск: ДонГТУ, 2000. – 51 с.
25. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – Ленинград: Машиностроение, 1975. – 654 с.
26. Меринов В. П. Контрольно-измерительные приспособления в машиностроении: уч. пособие / В. П. Меринов, А. М. Козлов, А. Г. Схиртладзе, И. В. Бочарова. – Липецк: ЛГТУ, 2013. – 211с.
27. Меринов В. П. Технология изготовления деталей. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: уч. пособие / В. П. Меринов, А. М. Козлов, А. Г. Схиртладзе. – Липецк: ЛГТУ, 2007. – 269 с.
28. Мельников Г. Н. Проектирование механосборочных цехов; Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / Г. Н. Мельников, В.П. Вороненко; под ред. А. М. Дальского. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.: ил.
29. Егоров А. А. Основы проектирования механосборочных участков и цехов: Учеб. пособие (для студ. спец. 7.090.202 «Технология машиностроения») / А. А. Егоров, С. Ю. Стародубов. – Алчевск: ДГМИ, 2002. – 48 с.
30. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя / В. И. Анурьев. – в 3-х т., Т.2. – 9-е изд., перераб. и доп.: под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2006. – 960 с.



31. Егоров М. Е. Основы проектирования машиностроительных заводов: Учебник для вузов / М. Е. Егоров. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1969. – 480с.
32. Экономика, организация и планирование машиностроительных предприятий : сборник задач / С. С. Грацевский, А. Я. Рапопорт, А. П. Турутов [и др.]; под ред. А. П. Градова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1974. – 304 с.
33. Якобсона М. О. Единая система планово-предупредительного ремонта и рациональной эксплуатации технологического оборудования машиностроительных предприятий / М. О. Якобсон. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1967. – 592 с.: ил., прил.
34. Дементій Л. В. Охорона праці в механічних та складальних цехах / Л. В. Дементій, С. А. Гончарова. – Краматорськ: ДДМА, 2005. – 312 с.
35. ДБН В.2.5-28-2006 Естественное и искусственное освещение.

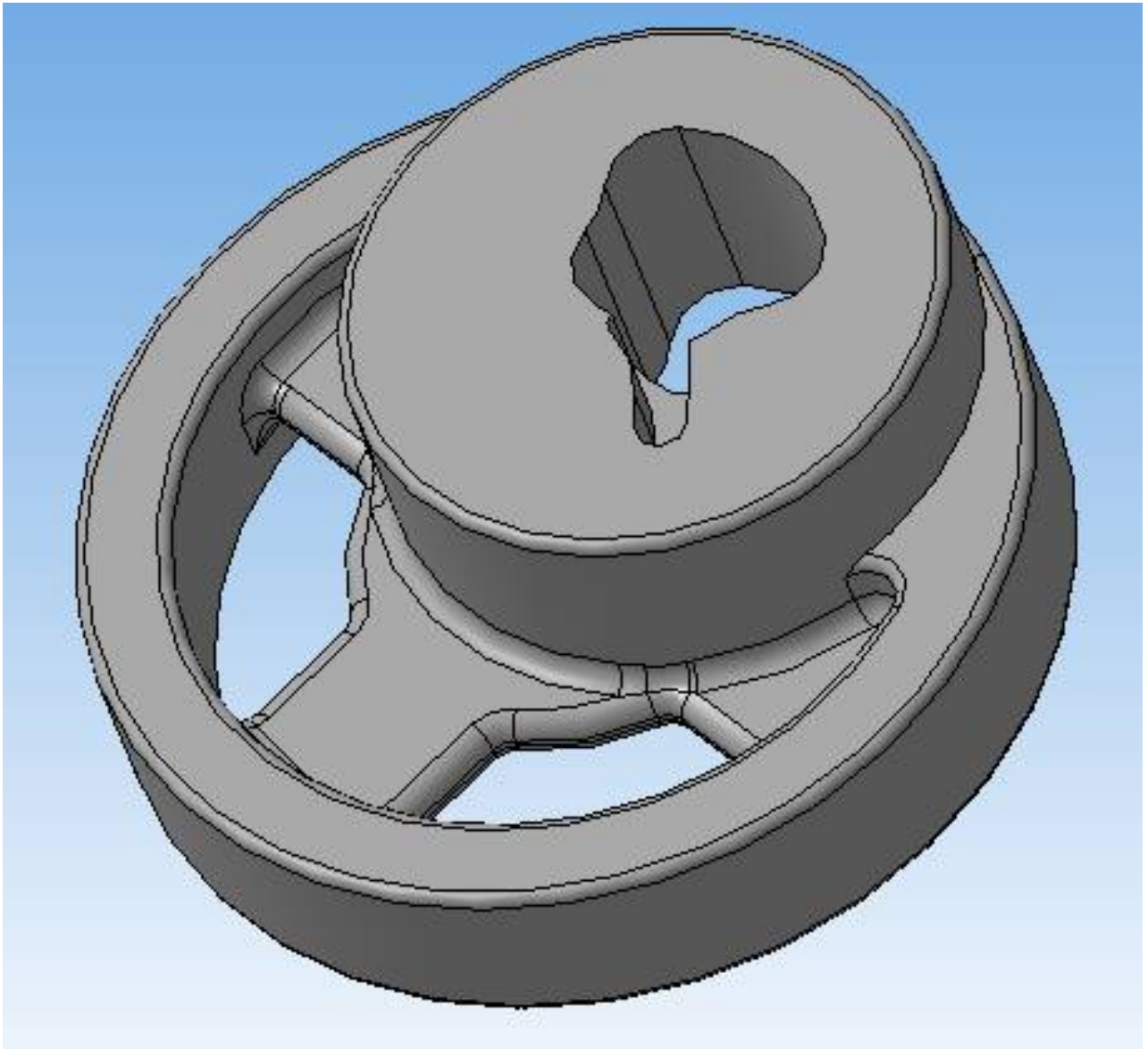
## ДОДАТОК А

### Просторова модель деталі «Шестерня ШВП 72.01»



## ДОДАТОК Б

## Просторова модель заготовки «Шестерня ШВП 72.01»



## ДОДАТОК В

## Схеми дії сил на заготовку

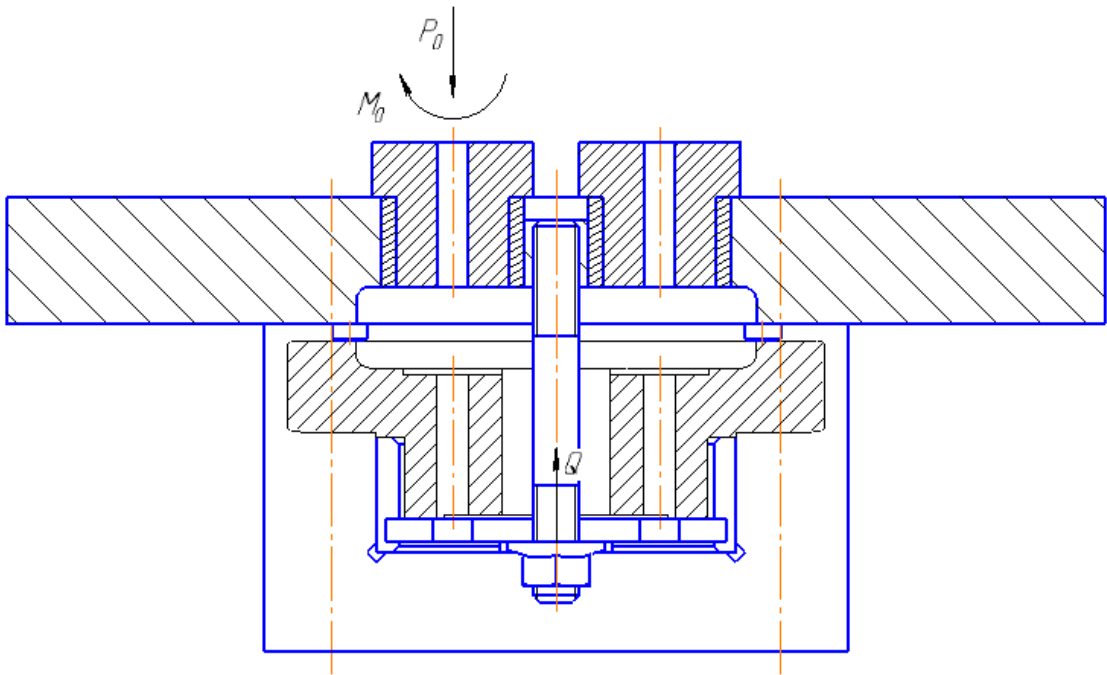


Рисунок В.1 – Схема дії сил різання на заготовку

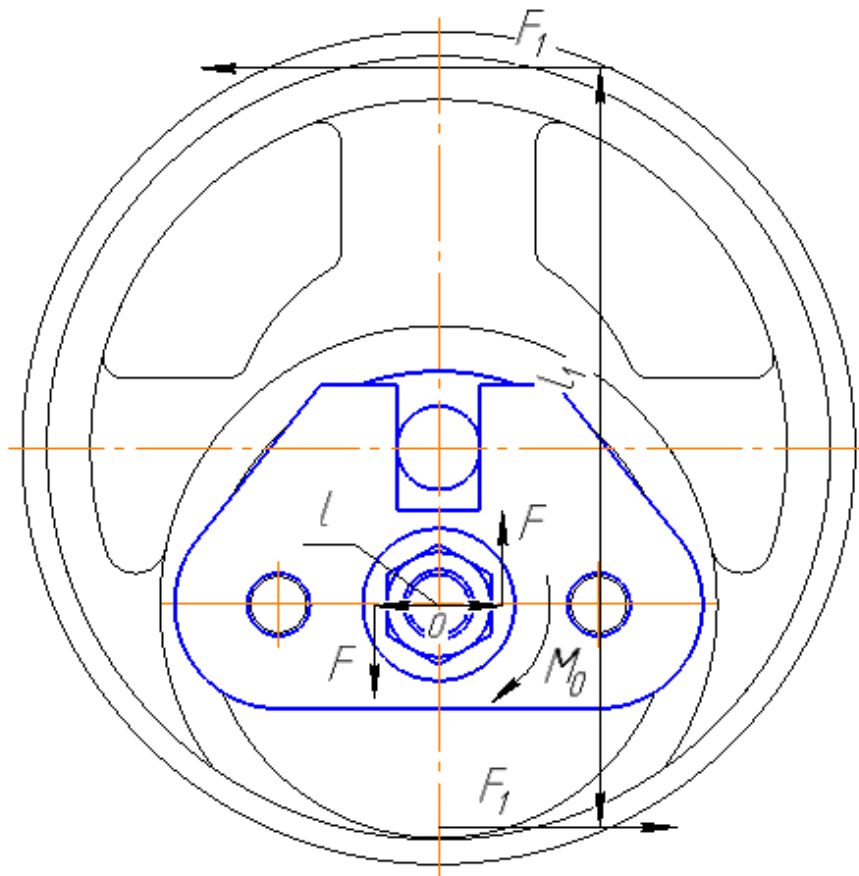
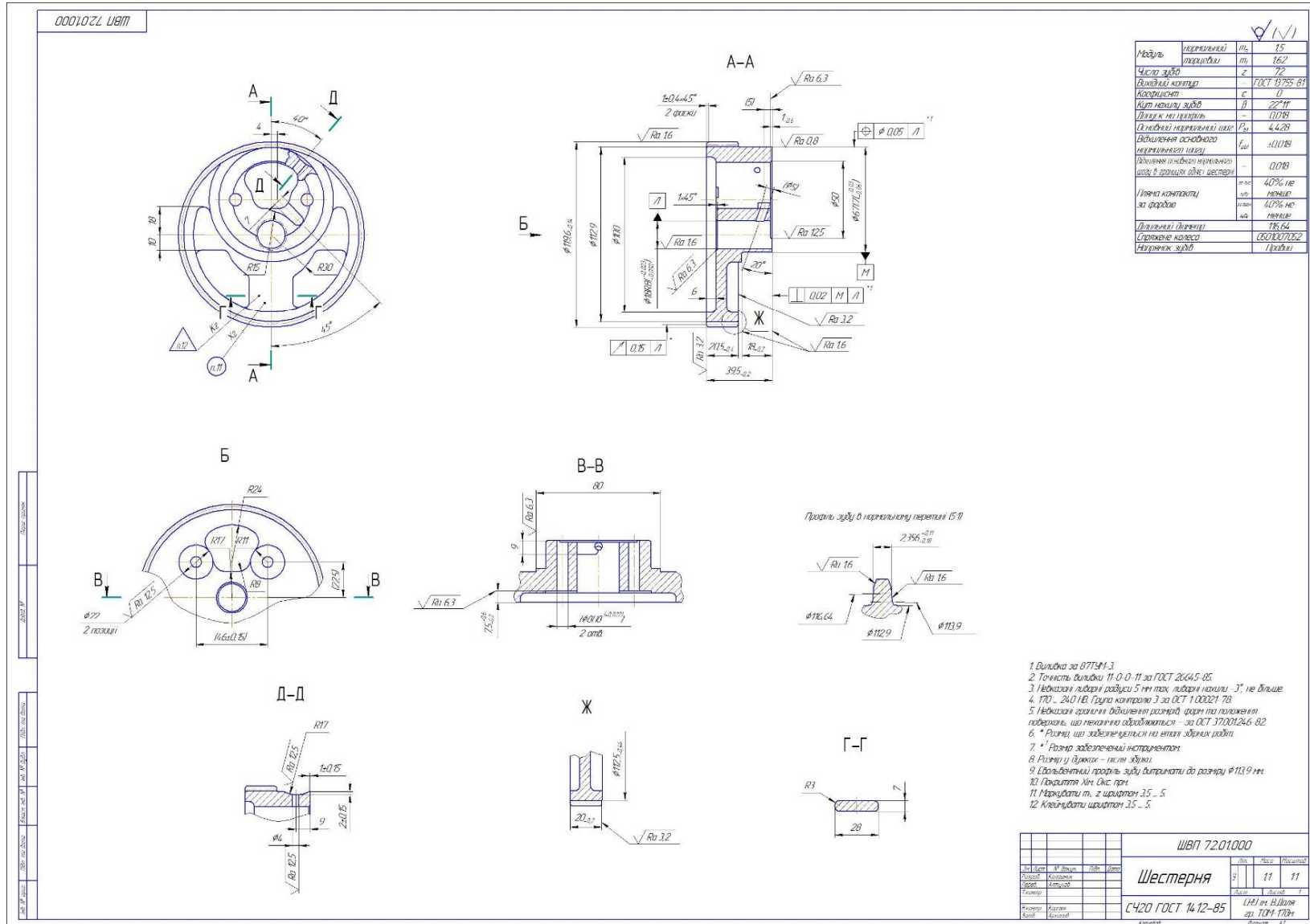


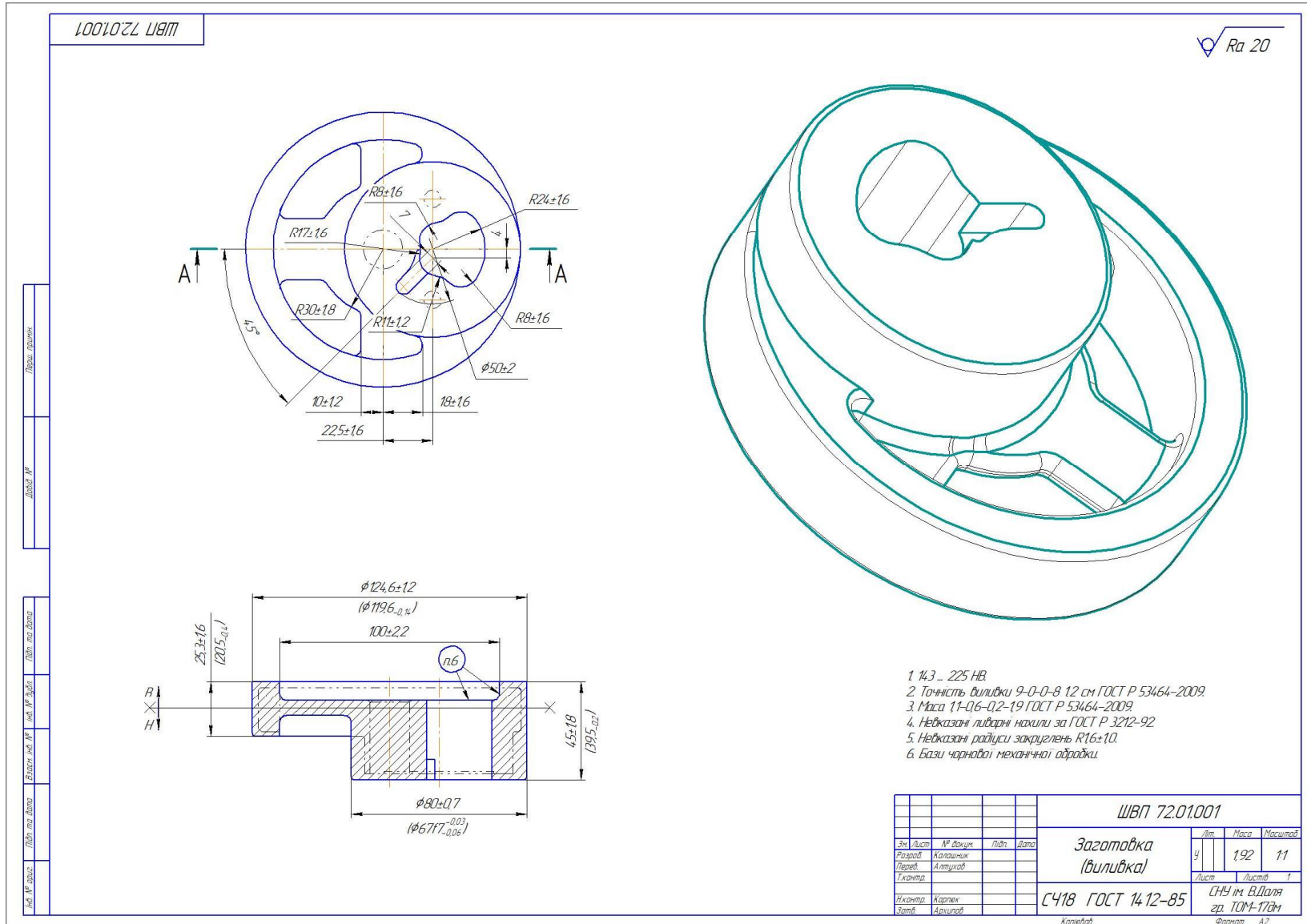
Рисунок В.2 – Схема дії сил затиску на заготовку

# ДОДАТОК Г

## Креслення деталі



ДОДАТОК Д  
Креслення заготовки





# ДОДАТОК Ж

## Карта наладки верстату

ЕО01022.ШВП

### Перехід 2

### Перехід 4

### Перехід 3

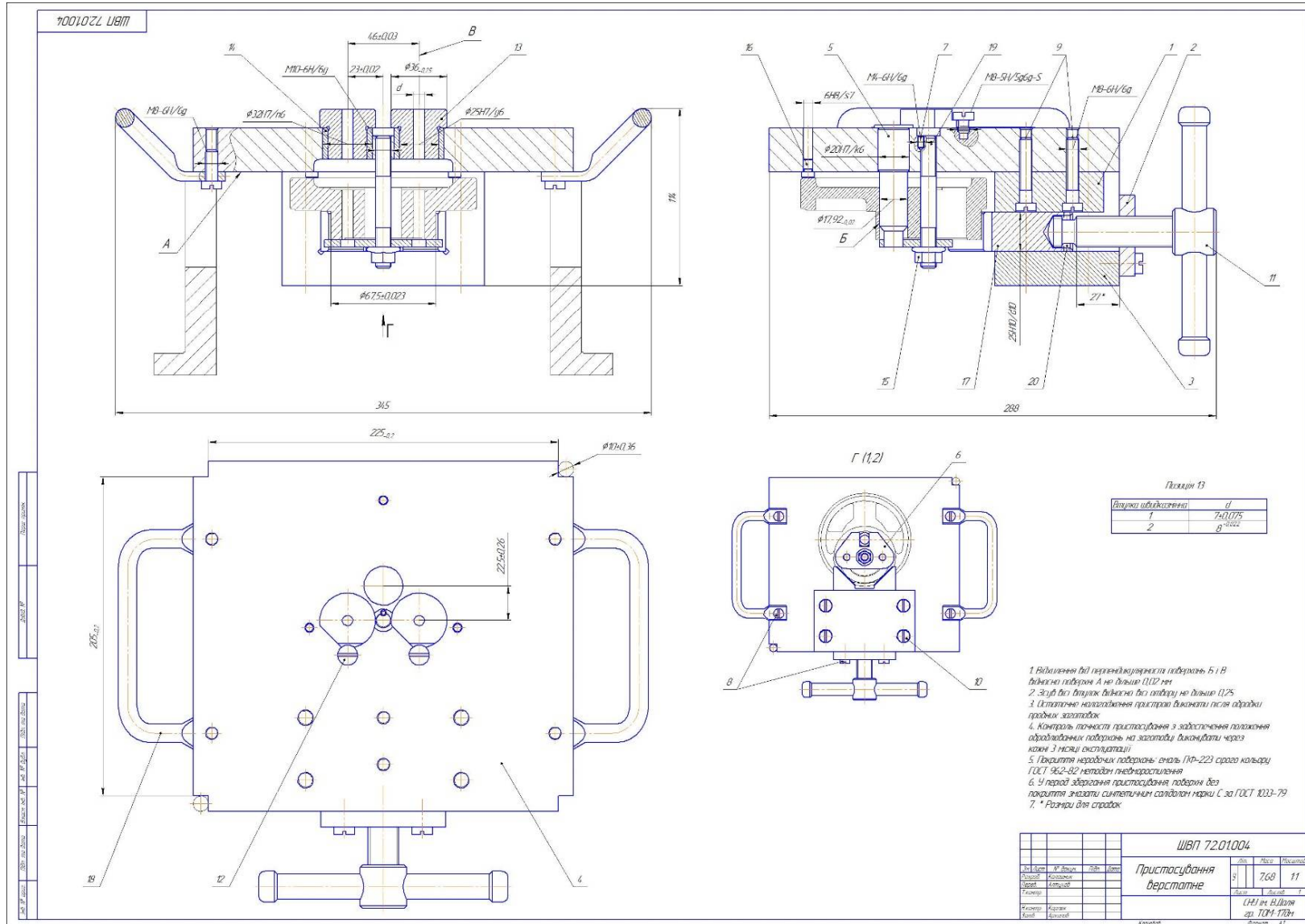
№ переходу	№ інструменту	S мм/мм	n об/хв	V м/хв	l <sub>а</sub> мм
2	1	0,2	500	11	0,87
3	2	0,1	1400	35,8	0,59
4	3	0,1	825	8,64	0,72

ШВП 72.01.003	
№ змін	№ версії
Класифікація	Класифікація
Сторінка	Сторінка
Кількість сторінок	Кількість сторінок
Карта наладки верстату на вертикально-свердильну операцію	
ІНЖ. ІМ. ВІДІЙНА	
зав. ТОВ "ГІДРА"	
Версія	Дата



# ДОДАТОК И

## Пристосування верстатне

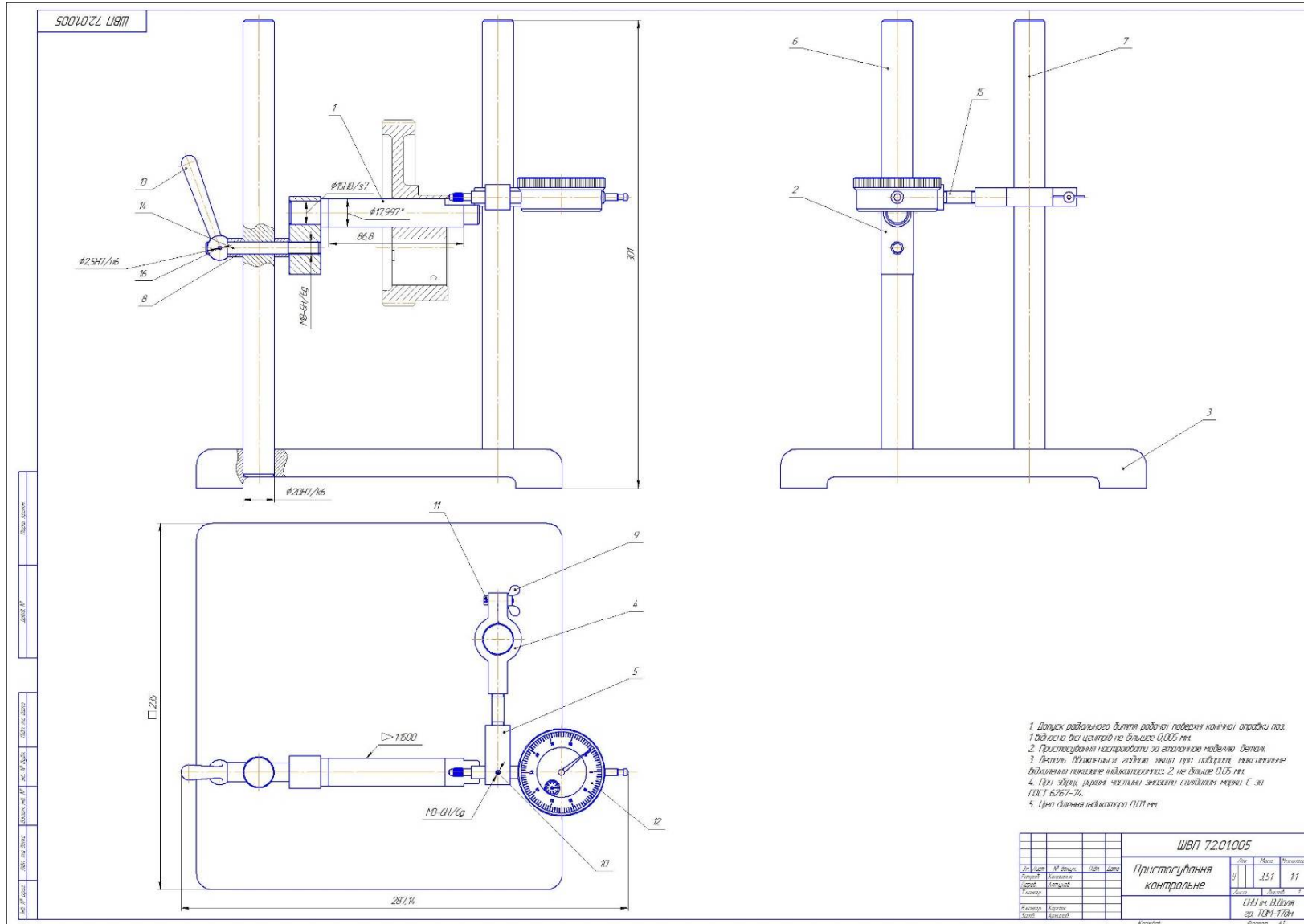


Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание			
<u>Документация</u>									
A1			ШВП 72.01.004	Приспосовання верстатне					
<u>Детали</u>									
		1	ШВП 72.01.004.001	Плита дистанційна	1				
		2	ШВП 72.01.004.002	Направляючі гвинта натиску	1				
		3	ШВП 72.01.004.003	Направляюча призма	1				
		4	ШВП 72.01.004.004	Плита кондукторна	1				
		5	ШВП 72.01.004.005	Центратор	1				
		6	ШВП 72.01.004.006	Шайба	1				
<u>Стандартные изделия</u>									
		7		Гвинт А.М4-6дх8 ГОСТ 1477-93	1				
				Гвинт ГОСТ 1491-80					
		8		АМ8-6дх20	6				
		9		ВМ8-6дх43-34	2				
		10		АМ10х1,25-6дх90-40	4				
		11		Гвинт натискний 7006-0554 ГОСТ 13431-68	1				
		12		Гвинт встановлюючий 7000-0014 ГОСТ 17773-72	2				
		13		Втулка швидкознімна 7051-4782 ГОСТ 18432-73	4	комплект			
		14		Втулка праміжна 7051-4212 ГОСТ 18433-73	2				
<b>ШВП 72.01.004</b>									
Ізв. Лист		№ докум.		Підп.		Дата			
Разроб.		Калашник							
Проб.		Алтцхов							
Ручковод.									
Н.контр.		Карпюк							
Утв.		Архипов							
<b>Приспосовання верстатне</b>				Лит.		Лист		Листов	
				1		2			
<b>СНУ ім. В.Доля</b>				<b>зр. ТОМ-17дм</b>					
				<b>Формат А4</b>					



# ДОДАТОК К

## Пристосування контрольне



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание			
<u>Документация</u>									
A1			ШВП 72.01.005	Приспосовання контрольне					
<u>Детали</u>									
		1	ШВП 72.01.005.001	Оправка конічна	1				
		2	ШВП 72.01.005.002	Важіль	1				
		3	ШВП 72.01.005.003	Основа	1				
		4	ШВП 72.01.005.004	Затиск клемовий	1				
		5	ШВП 72.01.005.005	Маточина	1				
		6	ШВП 72.01.005.006	Стійка	1				
		7	ШВП 72.01.005.007	Стійка індикатора	1				
		8	ШВП 72.01.005.008	Втулка дистанційна	2				
<u>Стандартные изделия</u>									
		9		Гайка М3-5Н6Н ГОСТ 3032-76	2				
		10		Гвинт А. М3-6dх4 ГОСТ 11074-93	1				
		11		Гвинт М3-6dх16 ГОСТ 11738-84	1				
		12		Індикатор часоваго типу 0,01 ГОСТ 15593-70	1				
		13		Рукоятка 7061-0003 ГОСТ 3055-69	1				
		14		Шилька М6-6dх60 ГОСТ 22043-76	1				
		15		Шилька М8-6dх60 ГОСТ 24296-93	1				
<b>ШВП 72.01.005</b>									
Ізв. Лист		№ докум.		Підп.		Дата			
Разраб.		Калашник							
Пров.		Алтцхов							
Руковод.									
Н.контр.		Карпюк							
Утв.		Архипов							
Приспосовання контрольне				Лит.		Лист		Листов	
				1		2			
СНУ ім. В.Даля зр. ТОМ-17дм									



# ДОДАТОК Л

## План ділянки

