

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра механічної інженерії та технології машинобудування

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ЩЕРБА ІГОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 621.873

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА
ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ЧЕРВ'ЯК» РЕДУКТОРА
ВАНТАЖНОГО ЛІФТА

133 «Галузеве машинобудування»
Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

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

Щерба І.О.

Керівник роботи
Шубенко В.О.
кандидат технічних наук, доцент

Житомир - 2025

АНОТАЦІЯ

Щербя І.О. Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Черв'як» редуктора вантажного ліфта. - *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття першого освітнього ступеня бакалавр зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». – Поліський національний університет, Житомир, 2025 р.

У даній бакалаврській роботі вивчено актуальність використання глобоїдних черв'яків та їх конструктивні особливості. Проведений аналіз основних типів і представників черв'ячних передач підтвердив їхню ефективність у передачі великих моментів при обмежених габаритах, що робить їх незамінними у багатьох галузях машинобудування.

Описано технічні характеристики деталі «Черв'як» і її призначення у вузлі, що дозволяє чітко зрозуміти функціональну роль деталі в загальній конструкції механізму.

Детально розроблений технологічний процес виготовлення черв'яка, з урахуванням всіх стадій механічної обробки.

Обрані режими різання та проведено їх розрахунок, що забезпечує високу ефективність обробки і знижує виробничі витрати. Технічне нормування процесу визначає оптимальні витрати часу на кожну операцію.

Спроектовано спеціальне пристосування для закріплення заготовки, яке дозволяє значно підвищити продуктивність роботи та зменшити час на виконання операцій. Принцип його роботи забезпечує швидке та надійне закріплення деталі.

Робота охоплює повний цикл від аналізу конструктивних особливостей деталі до розробки технологічних та конструкторських рішень, що дозволяє оптимізувати процес виготовлення деталі «Черв'як», підвищити якість обробки та знизити виробничі витрати.

Ключові слова: заготовка, глобоїдний червяк, технологічний процес, режими різання, нормування, спеціальний пристрій.

ANNOTATION

Shcherba I.O. Design and technological preparation for the manufacture of the "Worm" part of the freight elevator gearbox. - *Qualification work in the form of a manuscript.*

Qualification work for the first bachelor's degree in specialty 133 "Industrial mechanical engineering". - Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

This bachelor's work studies the relevance of the use of globoid worms and their design features. The analysis of the main types and representatives of worm gears confirmed their effectiveness in transmitting large moments with limited dimensions, which makes them indispensable in many branches of mechanical engineering.

The technical characteristics of the "Worm" part and its purpose in the assembly are described, which allows us to clearly understand the functional role of the part in the overall design of the mechanism.

The technological process for manufacturing the worm is developed in detail, taking into account all stages of mechanical processing.

Cutting modes are selected and their calculation is carried out, which ensures high processing efficiency and reduces production costs. Technical standardization of the process determines the optimal time spent on each operation.

A special device for fixing the workpiece has been designed, which allows to significantly increase work productivity and reduce the time for performing operations. The principle of its operation ensures quick and reliable fixing of the part.

The work covers the full cycle from the analysis of the design features of the part to the development of technological and design solutions, which allows to optimize the manufacturing process of the "Worm" part, improve the quality of processing and reduce production costs.

Keywords: workpiece, globoidal worm, technological process, cutting modes, standardization, special device.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. ЗАГАЛЬНОТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	5
1.1. Актуальність використання та конструктивні особливості глобоїдних черв'яків. Основні типи та представники.....	5
1.2. Призначення та технічна характеристика заданої деталі «Черв'як», вузла.....	13
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	18
2.1. Визначення програми випуску деталей та типу виробництва.....	18
2.2. Розрахунок та вибір заготовки.....	19
2.3. Розрахунок міжопераційних та загальних припусків.....	21
2.4. Технологічний процес виготовлення деталі «Черв'як».....	24
2.5. Розрахунок режимів різання.....	26
2.6. Технічне нормування технологічного процесу.....	33
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	38
3.1. Розрахунок спеціального пристосування.....	38
3.1.1. Розробка раціональної схеми базування заготовки на заданій операції.....	38
3.1.2. Розрахункова схема сил та моментів, що діють на заготовку в процесі обробки. Розрахунок фактичної сили затискання.....	39
3.1.3. Опис принципу роботи розробленого пристрою.....	43
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	45

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Щерба І.О.			<i>Пояснювальна записка</i>		
Перевір.		Шубенко В.О.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Медведський О.В.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
					ПНУ, група ГМ-21+23ск		

ВСТУП

Актуальність теми «Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Черв'як» редуктора вантажного ліфта» полягає у важливості розробки і впровадження сучасних інженерних рішень для підвищення ефективності та надійності механізмів вантажних ліфтів, які широко застосовуються у будівництві, промисловості та логістиці.

Основні аспекти актуальності:

1. **Ефективність виробництва:** процеси конструкторсько-технологічної підготовки мають безпосередній вплив на собівартість, якість та швидкість виробництва. Правильна організація виробництва черв'яка як однієї з ключових деталей редуктора дозволяє забезпечити надійну роботу ліфта при мінімальних витратах.

2. **Надійність і безпека:** черв'як є важливим елементом редуктора, який відповідає за передачу зусиль та обертів. Вантажні ліфти мають працювати безперебійно в умовах великих навантажень, і від якості виготовлення цієї деталі залежить безпека функціонування всього механізму.

3. **Застосування новітніх технологій:** сучасні технології виготовлення деталей, такі як числове програмне керування (ЧПК), 3D-друк та інші, можуть суттєво покращити точність виготовлення черв'яка та зменшити кількість відходів виробництва. Це знижує енерго- та матеріаломісткість процесу, робить його більш екологічно чистим та економічно вигідним.

4. **Сучасні матеріали:** використання нових матеріалів для виготовлення черв'яків (наприклад, високоміцних сплавів або композитів) дозволяє збільшити термін служби редуктора і зменшити витрати на його обслуговування та ремонт.

5. **Підвищення експлуатаційних характеристик:** оптимізація геометричних параметрів черв'яка та вдосконалення технологій його виготовлення можуть покращити показники продуктивності та

						Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергоефективності редуктора, що актуально для будь-яких вантажопідйомних систем, особливо тих, що працюють у важких умовах.

Отже, розробка ефективної конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення черв'яка редуктора вантажного ліфта є ключовим фактором для забезпечення надійності та безпеки ліфтів, економічної ефективності виробництва та впровадження нових технологій.

Мета та завдання роботи. Метою бакалаврської роботи є розробка конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Черв'як» редуктора вантажного ліфта. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Виконати аналіз актуальності використання та конструктивні особливості глобоїдних черв'яків. Основні типи та представники.
2. Виконати вибір заготовки та розробити технологічний процес виготовлення деталі.
3. Провести розрахунки режимів різання та нормування технологічного процесу.
4. Виконати розрахунки спеціального верстатного пристосування.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, трьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел. Основний текст роботи викладений на 40 сторінках, повний обсяг роботи становить 45 сторінок, включаючи 15 рисунків та 5 таблиць. Список використаних джерел нараховує 8 найменувань.

						Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ЗАГАЛЬНОТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Актуальність використання та конструктивні особливості глобоїдних черв'яків. Основні типи та представники

Глобоїдні черв'яки мають важливе значення у багатьох галузях, де необхідна висока передача моменту при мінімальних габаритах механізму. Їх унікальна форма забезпечує ефективну передачу потужності та зменшення тертя, що робить їх незамінними в таких механізмах, як редуктори, ліфти та інші пристрої, які працюють в умовах великих навантажень. Конструктивні параметри глобоїдних черв'яків дозволяють збільшити контактну поверхню між гвинтом і зубчастим колесом, що сприяє підвищенню ефективності передачі та довговічності механізму.

Типові представники глобоїдних черв'яків включають механізми для вантажопідйомного обладнання, промислових редукторів, а також унікальні застосування в автомобільній та авіаційній галузях. Завдяки своїм особливостям, вони стають ключовими елементами у виробництві високопродуктивних систем, де потрібно забезпечити безперебійну та надійну роботу.

Черв'ячна передача (або зубчато-гвинтова передача) (рис. 1.1) є механізмом, який забезпечує передачу обертання між валами за допомогою черв'яка 1 і сполученого з ним черв'ячного колеса 2. Черв'як і черв'ячне колесо утворюють вищу зубчато-гвинтову кінематичну пару, а разом із нерухомим елементом формують нижчі обертальні кінематичні пари. Це означає, що черв'ячна передача поєднує властивості як зубчастої (черв'ячне колесо має зубчастий вінець на своєму ободі), так і гвинтової (черв'як за формою є гвинтом) передач. На рис. 1.2 зображено привід від електродвигуна 3, який з'єднаний муфтою 2 з провідним валом черв'ячного редуктора.

						Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

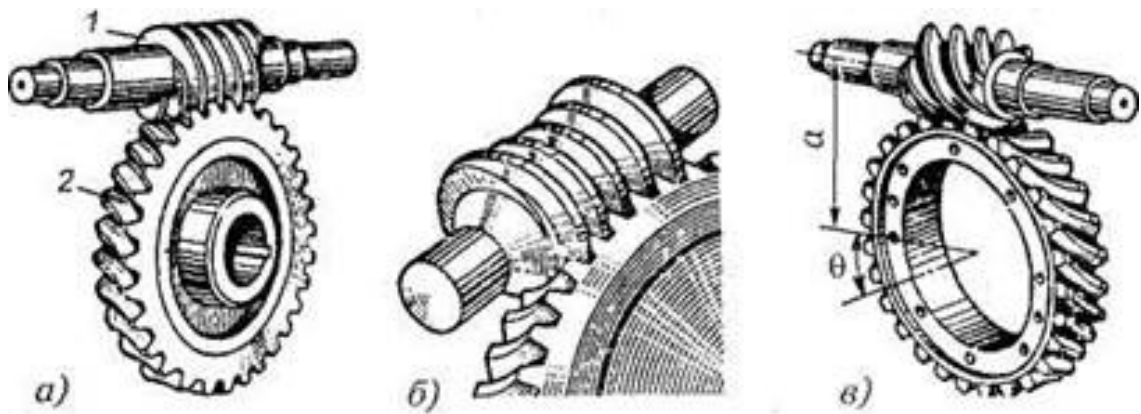


Рис.1.1. Черв'ячні передачі: 1 - черв'як; 2 черв'ячне колесо

Геометричні осі валів у черв'ячній передачі зазвичай перетинаються під кутом 90° . Хоча можливі й інші кути, відмінні від 90° , такі варіанти зустрічаються рідко. Провідним елементом зазвичай є черв'як, який зазвичай має форму гвинта з трапецеїдальною різьбою, а веденим - черв'ячне колесо із зубцями особливої форми, які формуються завдяки взаємодії з витками черв'яка. Під час обертання черв'як обертається навколо своєї осі, і його витки пересуваються вздовж циліндричної поверхні, приводячи в рух черв'ячне колесо. Для збільшення довжини контактної лінії зубці черв'ячного колеса мають дугоподібну форму.

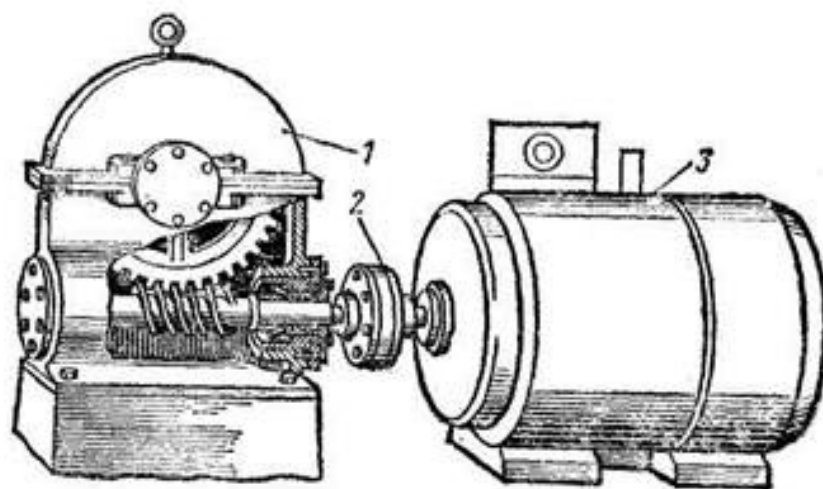


Рис.1.2. Привід черв'ячного редуктора

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Черв'ячні передачі належать до передач із зачепленням. Вони є зубчато-гвинтовими передачами, де рух здійснюється за принципом гвинтової пари, що характерна підвищеним ковзанням. Напрямок витків черв'яка і зубців колеса завжди однаковий. Черв'як є провідним елементом, а обертальний рух черв'ячного колеса визначається за аналогією до загвинчування гвинта та гайки. Напрямок обертання колеса залежить від розташування черв'яка (верхнє або нижнє розміщення).

Розрізняють два основні типи черв'ячних передач: циліндричні (з циліндричними черв'яками, див. рис. 1.1, а, в) та глобоїдні (з глобоїдними черв'яками, див. рис. 1.1, б). Якщо черв'як і колесо мають циліндричні ділильні та початкові поверхні, така передача називається циліндричною.

Глобоїдна передача (рис. 1.3) має витки черв'яка, розташовані на глобоїдній (торовій) поверхні. Цей тип передачі є відносно новим і характеризується підвищеною вантажопідйомністю, яка перевищує можливості традиційних черв'ячних передач у 1,5-2 рази. Це досягається завдяки кращому розташуванню лінії контакту, що покращує умови для утворення масляного клину, а також за рахунок того, що в зачепленні одночасно задіяні більше витків черв'яка і зубів колеса.

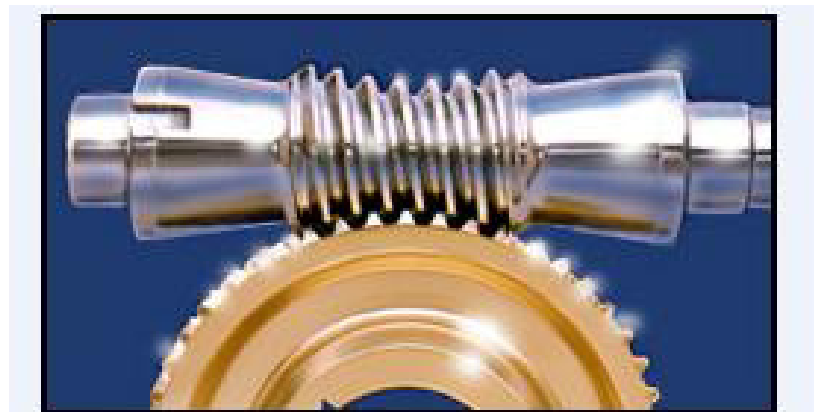


Рис.1.3. Глобоїдна передача

Глобоїдні передачі вимагають високої точності виготовлення і монтажу, а також штучного охолодження, тому вони застосовуються рідше, ніж

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

циліндричні. Залежно від напрямку витків черв'яка передачі можуть бути правими (які найчастіше використовуються) і лівими.

Черв'ячні передачі також класифікуються за розташуванням черв'яка відносно колеса: з нижнім, верхнім або бічним розташуванням. Розташування черв'яка впливає на загальну компоновку механізму та вибір способу змащування зачеплення. При картерному змащуванні і швидкості обертання черв'яка $v_1 < 5$ м/с зазвичай використовується нижнє розташування. При більш високих швидкостях, щоб зменшити втрати через перемішування та розбризкування масла, застосовують верхнє розташування черв'яка.

ДСТУ ISO 14521:2019 встановлює основні параметри глобоїдних передач та регламентує їх використання для передач, де осі валів черв'яка і колеса перетинаються під прямим кутом. Витки черв'яка і зубці колеса мають прямолінійний профіль в осьовому перерізі, утворений дотичними до профільної окружності. Робоча поверхня витків черв'яка модифікована для покращення зчеплення. До основних параметрів глобоїдних передач належать: a – міжосьові відстані; $u_{\text{ном}}$ – номінальні передаточні числа; d_1 – дільний діаметр черв'яка; b_2 – ширина зубчастого вінця черв'ячного колеса.

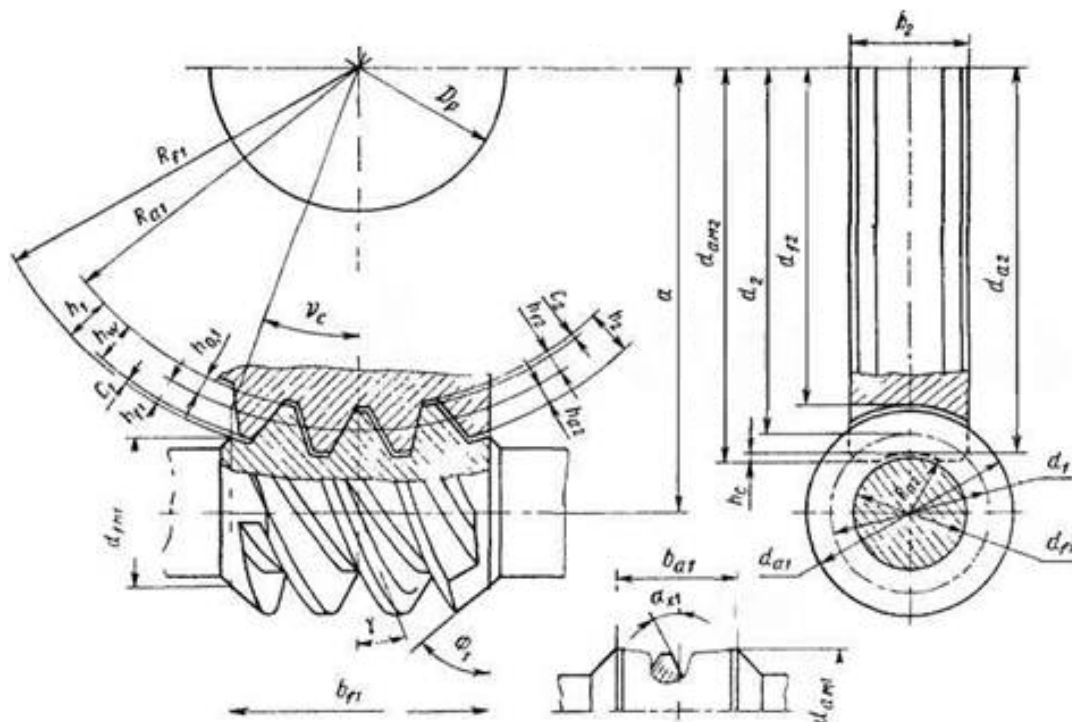


Рис.1.4. Основні параметри глобоїдної передачі

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	8

Значення міжосьових відстаней a вибирають із наступного ряду: 40; 50; 63; 80; 100; 125; (140); 160; (180); 200; (224); 250; (280); 315; (355); 400; (450); 500; (560); 630; (710); 800; (900); 1000; (1120); 1250; (1400); 1600. Перевагу слід надавати значенням без дужок, однак значення в дужках також допустимі.

Номінальні значення передавальних чисел $u_{ном}$ вибирають із наступного ряду: 10; (11,2); 12,5; (14); 16; (18); 20; (22,4); 25; (28); 31,5; (35,5); 40; (45); 50; (56); 63; (71); 80. Також перевагу надають значенням без дужок, однак допустимо використовувати значення в дужках. Фактичні передавальні числа не повинні відхилятися від номінальних більше ніж на 4%.

Для оптимальної роботи передачі, число зубів колеса та кількість заходів черв'яка не повинні мати спільних множників, окрім одиниці. Це сприяє підвищенню точності передачі та покращенню плавності її роботи.

При фіксованому передавальному числі, збільшення кількості заходів черв'яка призводить до збільшення кількості зубів колеса, що підвищує коефіцієнт корисної дії (ККД) передачі. Передачі з більшою кількістю зубів колеса також легше виготовляти. Фактичні передавальні числа визначаються як співвідношення кількості зубів колеса z_2 до кількості заходів черв'яка z_1 (див. табл. 1.1).

Число зубів колеса, які перебувають у зачепленні з черв'яком, визначає можливість складання глобоїдної пари. Глобоїдне зачеплення можна зібрати тільки тоді, коли довжина витків черв'яка менша або дорівнює діаметру профільної окружності.

Значення дільного діаметра черв'яка d_1 та ширини вінця черв'ячного колеса b_2 повинні відповідати значенням, наведеним у таблицях 1.1 та 1.2.

Класичні черв'ячні глобоїдні передачі можуть бути модифіковані частковим зрізом на кінцях витків черв'яка. Геометричні параметри зрізу визначаються розрахунками. Модифіковані глобоїдні передачі значно надійніші, оскільки модифікація сприяє покращенню умов змащування робочих поверхонь черв'яка і колеса.

						Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір ділильного діаметра черв'яка, наведеного в таблицях 1.1 та 1.2, залежить від призначення передачі та умов її експлуатації. Для високошвидкісної роботи варто обирати діаметри з першого та другого ряду. Для важкого режиму роботи діаметри для передач із міжосьовими відстанями від 40 до 630 мм вибирають із третього ряду, а для $a > 630$ мм - із другого.

Кількість зубів колеса і заходів черв'яка повинні забезпечувати рівномірну зміну передавальних чисел (див. табл. 1.1).

Таблиця 1.1. Значення ділильного діаметра черв'яка d_1 і ширина вінця черв'ячного колеса b_2 , мм

a	d_1			b_2	a	d_1			b_2
	1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд			1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд	
40	—	16,0	18,0	10	224	80	90	—	56
50	—	20,0	22,4	12	250	90	100,0	—	63
63	—	25,0	28,0	16	280	100	112,0	—	71
80	—	31,5	35,5	20	315	112	125,0	—	80
100	—	40,0	45,0	25	355	125	140,0	—	90
125	—	50,0	56,0	32	400	140	160,0	—	100
140	50	56,0	—	36	450	160	180,0	—	110
160	56	63,0	—	40	500	180	200,0	—	125
180	63	71,0	—	45	560	200	224,0	—	140
200	71	80,0	—	50	630	224	250,0	—	160

Таблиця 1.2. Значення ділильного діаметра черв'яка d_2 і ширини вінця черв'ячного колеса b_2 для $a > 630$ мм, мм

a	d_2		b_2
	1-й ряд	2-й ряд	
710	250	280	180
800	280	315	200
900	315	355	224
1000	355	400	250
1120	400	450	280
1250	450	500	315
1400	500	560	355
1600	560	630	400

Таблиця 1.3. Значення чисел зубів черв'ячного колеса z_2 і витків глобоїдного черв'яка z_1

$u_{ном}$	u_{ϕ}	z_2	z_1	$u_{ном}$	u_{ϕ}	z_2	z_1	$u_{ном}$	u_{ϕ}	z_2	z_1
10	10,25	41	4	22,4	22,5	45	2	50	49	49	1
11,2	11,25	45		25	24,5	49		56	55	55	
12,5	12,25	49		28	27,5	55		63	63	63	
14	13,75	55		31,5	31,5	31		71	71	71	
16	16,3	49	3	35,5	35	35	1	80	79	79	
18	18,5	37	2	40	41	41		—	—	—	
20	20,5	41		45	45	45		—	—	—	

Нарізання глобоїдних черв'яків

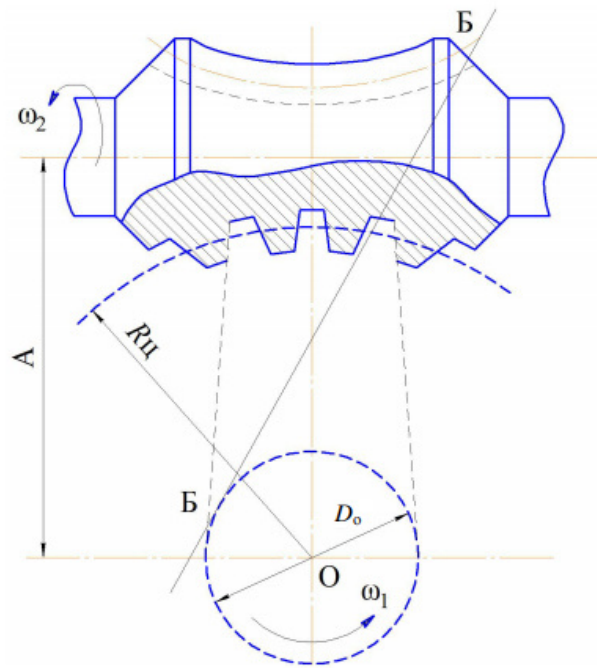


Рис.1.5. Схема нарізання витків глобоїдного черв'яка першого виду:
 О - вісь колеса; D_o - діаметр профільної окружності; ω_1 - кутова швидкість, обертання прямої ББ щодо осі колеса; ω_2 - кутова швидкість обертання черв'яка; $R_{ц}$ - радіус центроїди; А - міжосьова відстань

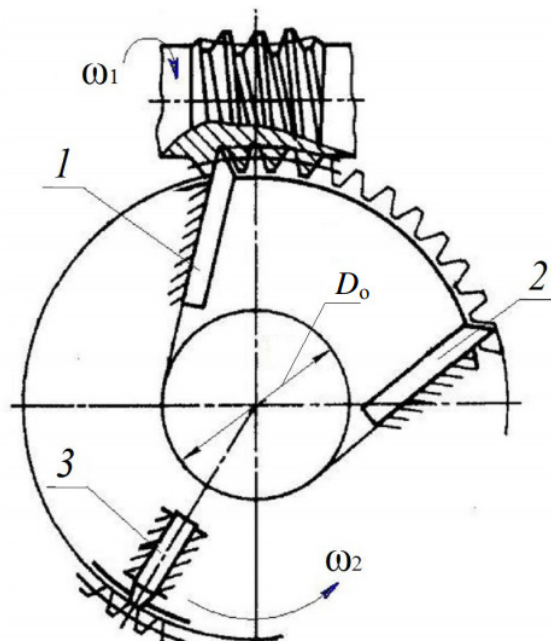


Рис.1.6. Схема трирізцевої головки для нарізування витків глобоїдного черв'яка: 1 - лівий різець; 2 - правий різець; 3 - задній різець;
 D_o - діаметр профільної окружності; ω_1 - кутова швидкість обертання черв'яка; ω_2 - кутова швидкість обертання три різцевої головки

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	11

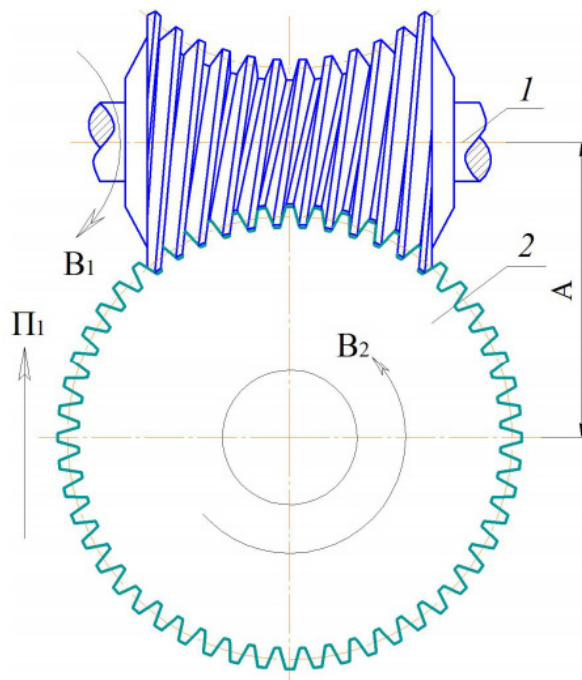


Рис.1.7. Схема багаторізцевої головки для нарізування ВП глобоїдного черв'яка при радіальній подачі інструменту: 1 - заготовка глобоїдної черв'яка; 2 - інструмент; А - міжосьова відстань; B_1 - обертання заготовки глобоїдного черв'яка; B_2 - обертання інструменту; Π_1 - радіальна подача інструменту

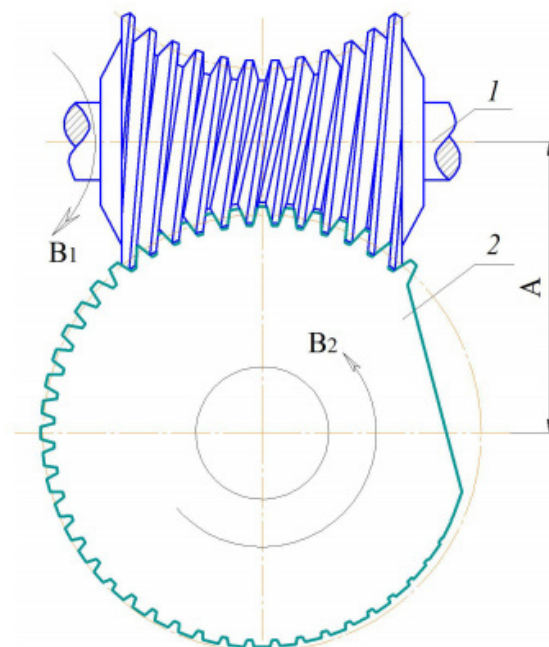


Рис.1.8. Схема багаторізцевої головки для нарізування ВП глобоїдного черв'яка по методу кругового протягування: 1 - заготовка глобоїдної черв'яка; 2 - інструмент; А - міжосьова відстань; B_1 - обертання заготовки глобоїдної черв'яка; B_2 - обертання інструменту

1.1. Призначення та технічна характеристика деталі, вузла, машини

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12

1.2. Призначення та технічна характеристика заданої деталі «Черв'як», вузла

Глобоїдний черв'як (рис. 1.9) є частиною вузла редуктора вантажного ліфта (рис. 1.10). Редуктор функціонує як окремий агрегат, призначений для опускання та підймання вантажних ліфтів. Основна функція редуктора - зменшення кутової швидкості та збільшення крутного моменту. У корпусі редуктора розташовані дві передачі з постійним передаточним числом, при цьому осі вхідного і вихідного валів розташовані паралельно. Осі валів знаходяться в горизонтальній площині, причому їх кінці спрямовані в протилежні сторони, а міжосьова відстань не перевищує 350 мм. Таким чином, редуктор відноситься до групи співвісних.

Базування валів здійснюється по основних отворах. Редуктор може експлуатуватися при температурах від -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$ в умовах, що не потребують спеціального захисту від пилу, у неагресивному середовищі. Модуль глобоїдного черв'яка становить $m=22,4$ мм, а кількість заходів - $z_1=2$.

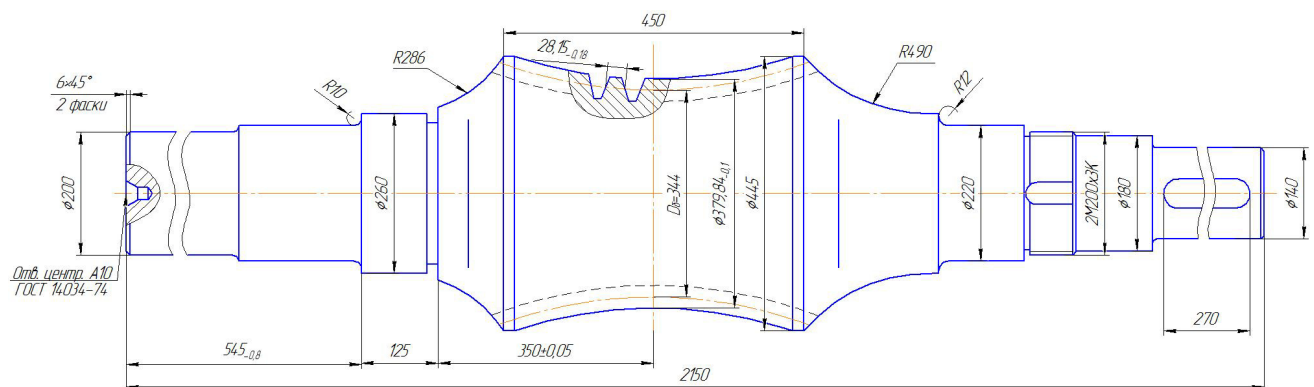


Рис.1.9. Глобоїдний черв'як

Переваги глобоїдних редукторів включають:

- Здатність передавати високий крутний момент завдяки більшій кількості зубів, що беруть участь у зачепленні.
- Плавність і висока точність роботи при мінімальному рівні шуму.

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	13

-

Матеріал деталі «Глобоїдний черв'як» виготовляється зі сталі 45, яка є середньовуглецевою якісною сталлю з хорошими механічними властивостями для обробки різанням. Ця сталь легко гартується та обробляється лезовим і абразивним інструментом, що дозволяє отримати необхідну твердість та структуру після термічної обробки. Глобоїдний черв'як має ступеневу конструкцію з незначними перепадами діаметрів між ступенями, тому деталь виробляється зі штучних заготовок. Поверхні деталі,

						Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оброблені з різним ступенем точності та шорсткості, розділені канавками, а її діаметри збільшуються по мірі переходу між ступенями. Виготовлені й необроблені частини поверхні чітко розмежовані.

Габаритні розміри, конфігурація, параметри точності та вибір матеріалу для деталі залежать від її призначення, умов експлуатації у вузлі та розмірів виробу, до якого вона входить. Деталь «Глобоїдний черв'як» має 8 ступенів і виробляється зі сталі 45 згідно з ДСТУ 7808:2015.

Ліфти, як вантажні, так і пасажирські, працюють за однаковим принципом. Вантажні ліфти використовуються для підйому важких і великогабаритних вантажів у будівлях або на відкритих майданчиках. За типом механізму їх поділяють на:

- гідравлічні;
- пневматичні;
- електричні.

Найбільш потужними та довговічними є електричні ліфти. Гідравлічні та пневматичні ліфти менш поширені через обмежену висоту підйому вантажів. Електричні ліфти мають значну потужність і здатні підіймати вантажі на великі висоти, забезпечуючи тривалу безперебійну роботу.

Вантажні ліфти широко використовуються в лікарнях, торгових центрах, великих складах і на будівельних майданчиках. Вантажопасажирські ліфти – це компроміс між пасажирськими та вантажними ліфтами. Вони мають меншу потужність і встановлюються у висотних будинках для перевезення як людей, так і невеликих вантажів, наприклад меблів чи будівельних матеріалів. Однак через обмежену вантажопідйомність їх не можна вважати повноцінними вантажними ліфтами.

Підйомники – це практичні, недорогі та зручні механізми з великою вантажопідйомністю. Потужні вантажні ліфти поділяються на:

- підйомники;
- вантажні ліфти.

						Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

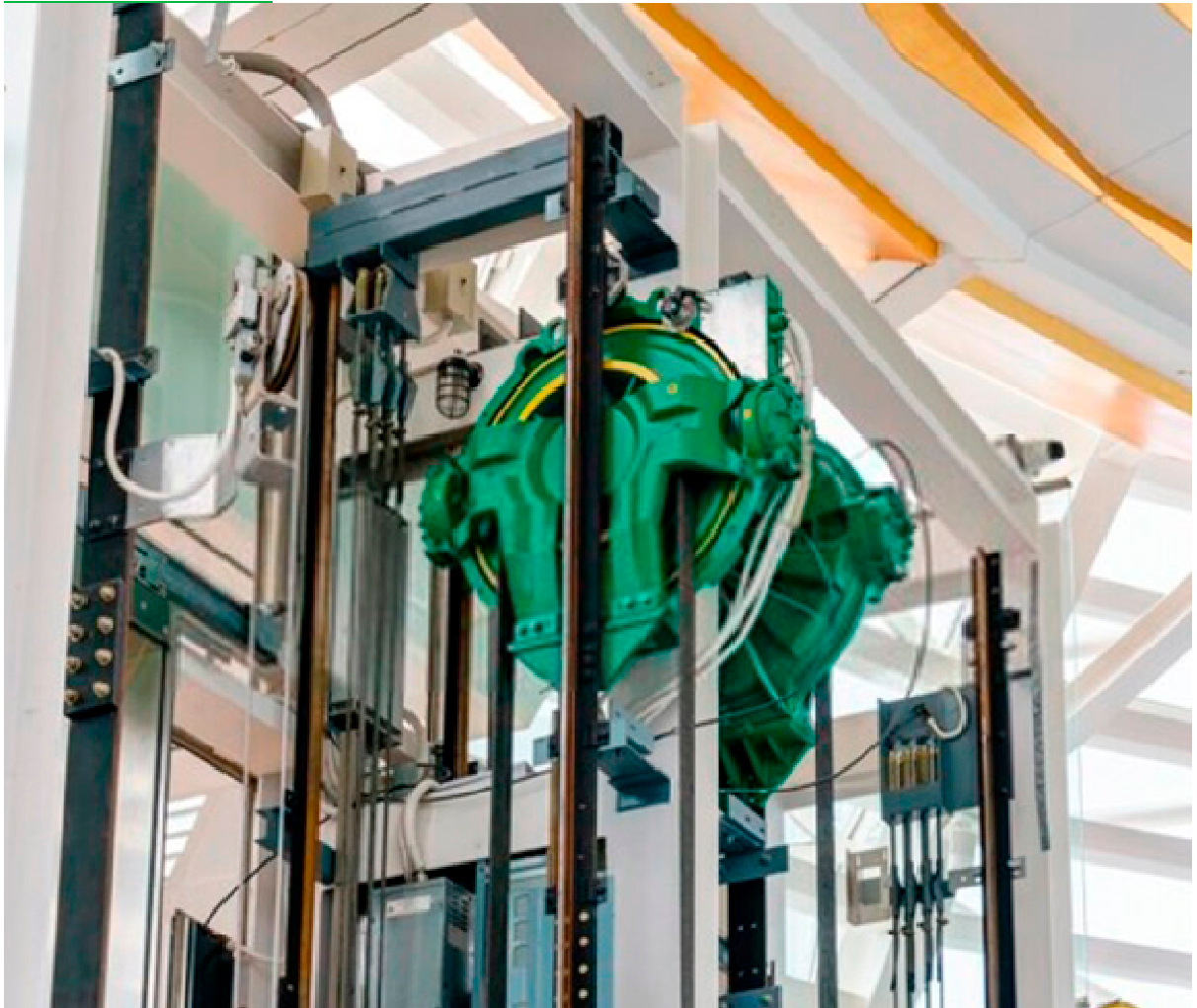


Рис.1.11. Механізм підняття ліфта

Підйомники – це прості та ефективні механізми, які часто використовуються на будівельних майданчиках для транспортування будівельних матеріалів на верхні поверхи. Основні переваги підйомників – це їх доступна ціна, швидкий та надійний монтаж, а також велика вантажопідйомність, що може досягати 10 тонн. Ще однією перевагою є те, що для підйомника не потрібна шахта, що спрощує установку.

Вантажний ліфт – це більш складний і дорогий пристрій. Його монтаж вимагає наявності шахти, а в комплектацію входить кабіна та складна система управління. Для вантажних ліфтів, що використовуються в торгових центрах чи інших закладах, часто передбачається "провідник" – навчена людина, яка керує роботою ліфта, використовуючи панель управління всередині кабіни.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Безпроводні ліфти – це надійні пристрої, які є незамінними помічниками на складах та інших великих об'єктах. Вони є найпотужнішими серед вантажних ліфтів і зазвичай встановлюються на великих складських майданчиках або армійських об'єктах. Також доступні мініатюрні моделі вантажних ліфтів без проводника, здатні піднімати вантажі до 350 кг, які можна встановлювати в приватних будинках чи багаторівневих кафе.

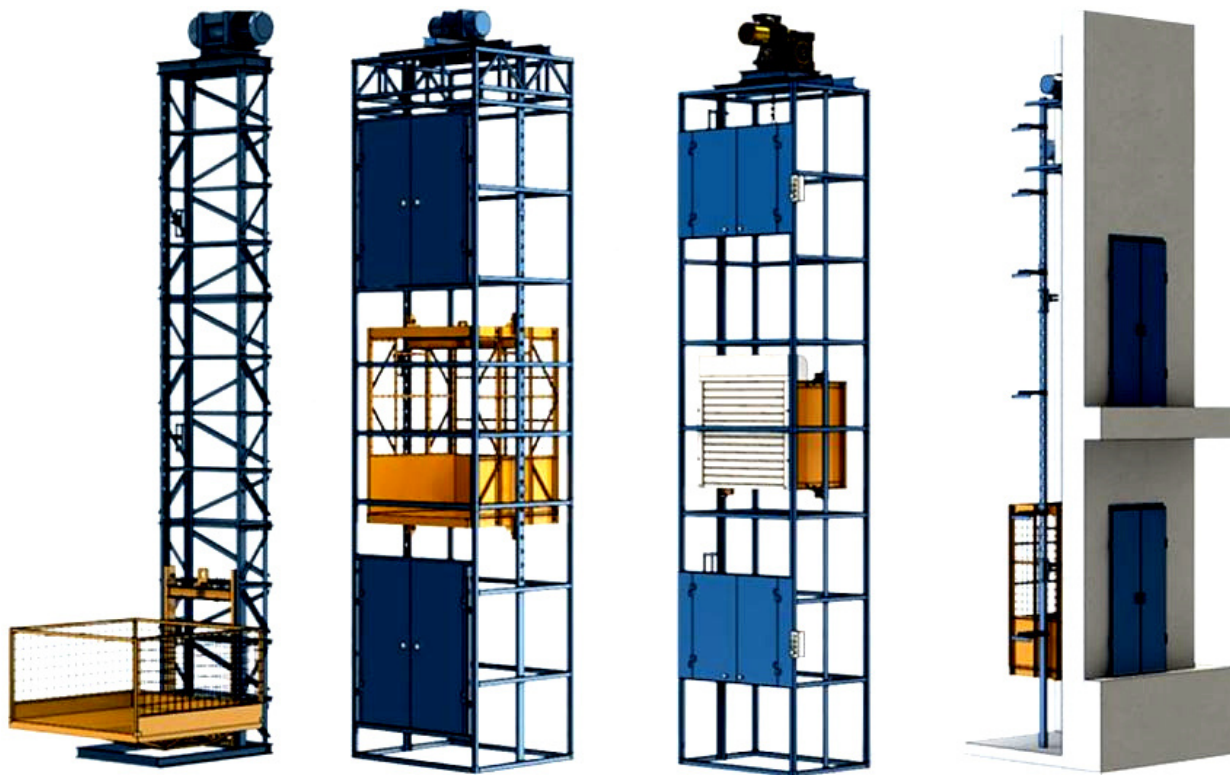


Рис.1.12. Вантажні ліфти - підйомники

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Визначення програми випуску деталей та типу виробництва

Згідно з умовами завдання, річний обсяг випуску деталей становить $N = 3000$ штук. З урахуванням цього обсягу та маси деталі $m = 94,6$ кг, обрано серійний тип виробництва. Серійне виробництво відрізняється широкою номенклатурою виробів, що виготовляються повторюваними партіями з більшим обсягом випуску порівняно з одиничним типом.

У серійному виробництві застосовуються універсальні верстати, які оснащені як спеціалізованими, так і універсальними пристосуваннями, що дозволяє знижувати трудомісткість і собівартість продукції. Крім універсальних верстатів, при середньосерійному виробництві використовуються спеціалізовані агрегатні металорізальні верстати та верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК).

Технологічний процес при серійному виробництві поділяється на окремі операції, які виконуються на спеціальних верстатах, що забезпечує ефективне використання обладнання та ресурсів.

Визначимо технологічну партію запуску деталей:

$$n = \frac{N \cdot t}{\Phi} = \frac{3000 \cdot 6}{260} = 69,2 \text{ шт.}$$

де N – річна програма випуску деталей, $N = 3000$ шт.

t – кількість днів пролежування деталей в цеху (приймаємо $t = 6$).

Φ – кількість робочих днів в році (при 2-х днях відпочинку в тиждень і тривалості робочої зміни 8 годин, $\Phi = 260$).

n – кількість деталей в технологічній партії.

Приймаємо $n = 69$ штук.

Визначаємо кількість партій, які запускаються за рік за формулою:

$$K = \frac{N}{n} = \frac{3000}{69} = 44 \text{ шт.}$$

						Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2. Розрахунок та вибір заготовки

Обробку заготовок черв'яків і черв'ячних коліс виконують на універсальних верстатах, таких як токарні, карусельні, зубофрезерні, а також на спеціалізованих верстатах. Для обробки глобоїдних черв'ячних передач доцільно застосовувати гідрокопіювальні пристрої або спеціальні поворотні супорти.

Під час вибору типу заготовки слід враховувати не лише умови експлуатації деталі, її габарити та форму, а й економічну доцільність її виготовлення.

Для деталі «Глобоїдний черв'як» найбільш підходящою є циліндрична заготовка типу "тіло обертання", яку можна отримати шляхом кування або прокатки. У цьому випадку виробництво деталі здійснюється методом – *штампування*.

Вибір загальних припусків на поковки сталі штамповані виконуємо за ДСТУ 8733:2017.

Приймаємо - кривошипний гарячештамповочний прес, штамповка - закрыта. Клас точності поковки –Т3.

Орієнтирна розрахункова маса поковки рівна:

$$M_p = M_d \times K_p$$

де M_d – маса деталі;

K_p – розрахунковий коефіцієнт, $K_p = 0,8-1,2$ [1];

$$M_p = 94,6 \times 1,2 = 113,52 \text{ кг}$$

Встановлюємо групу сталі – М2.

Визначаємо розміри описуючої поковку фігури (циліндр):

- діаметр - $d = 445 \times 1,05 = 460 \text{ мм}$.

- довжина - $l = 2150 \times 1,05 = 2180 \text{ мм}$.

						Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Маса описуючої фігури рівна:

$$M_{\phi} = \frac{\pi \times d^2}{4} \times l \times 7,8 \times 10^{-6}$$

де d – діаметр описуючої фігури.

l – довжина описуючої фігури.

$$M_{\phi} = \frac{3,14 \times 460^2}{4} \times 2180 \times 7,8 \times 10^{-6} = 115,4 \text{ кг}$$

Визначаємо відношення маси поковки до маси фігури:

$$\frac{M_{\text{пр}}}{M_{\phi}} = \frac{113,52}{115,4} = 0,98$$

Складність поковки – «С2».

Конфігурація поверхні роз'єма штампа плоска – «П».

Початковий індекс – 10.

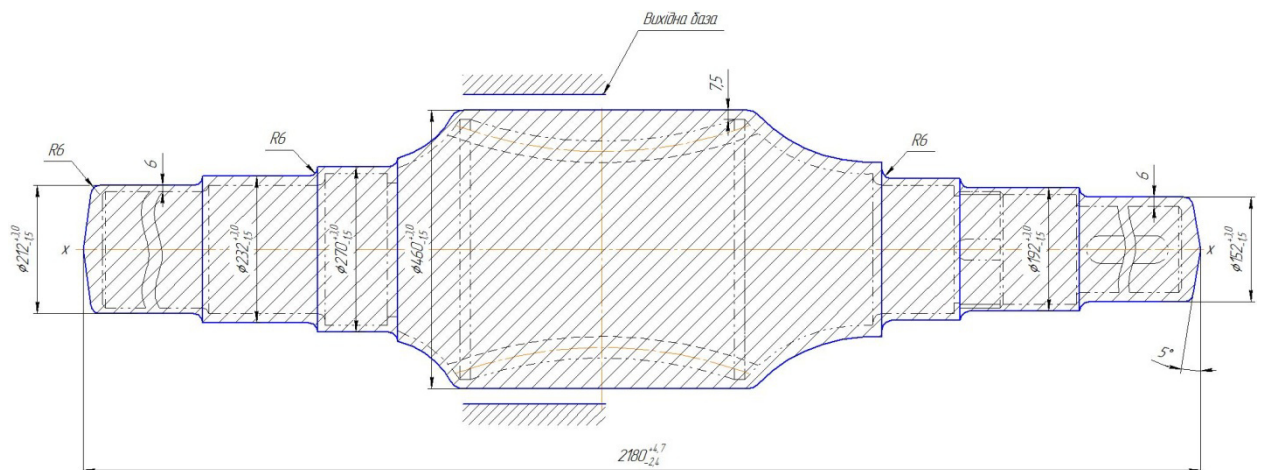


Рис.2.1. Заготовка деталі «Глобоїдний черв'як»

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

2.3. Розрахунок міжопераційних та загальних припусків

Визначення припусків на механічну обробку виконуємо за двома методами:

- за допомогою нормативних матеріалів;
- розрахунково-аналітичним методом.
-

Розрахунок припусків на обробку та проміжні граничні розміри для поверхні $\phi 200$

Розрахунок припусків на обробку поверхні діаметром $\phi 200$ мм зводимо в таблицю 2.1, у якій послідовно записуємо маршрут обробки поверхні і всі значення елементів припуску.

Таблиця 2.1. Припуски на обробку поверхні $\phi 200$

Техн.пер. обробки $\phi 200$	Елементи припуску, мкм			Розраху нковий припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розрах ункови й розмір d_p , мм	Допу ск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничні розміри припуску, мм	
	R_z	T	ρ				$d_{\max}$	$d_{\min}$	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
1. Штамповка	150	250	20 30	—	45,77	3600	49,37	45,77	—	—
Точіння:										
2. Попереднє	50	50	12 2	2·2430	200,91	300	201,21	200,91	8,16	4,86
3. Чистове	30	30	10 2	2·222	200,466	190	200,65	200,46	0,554	0,444
Шліфування										
4. Остаточне	3,2	15	—	2·71	200,002	19	200,02	200,02	0,169	0,142

Визначаємо елементи припуску по всіх операціях і заносимо їх у таблицю 2.1.

Визначаємо сумарне значення просторових відхилень при обробці в центрах:

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2},$$

де $\rho_{\text{см}}$ - похибка зміщення, мкм;

$\rho_{\text{жол.}}$ - похибка жолоблення, мкм;

$\rho_{\text{ц}}$ - похибка зацентрування заготовки, мкм;

$$\rho_{\text{жол.}} = \Delta_{\text{к}} \cdot l,$$

де $\Delta_{\text{к}}$ - питома кривизна заготовки, мкм;

l - відстань від оброблюваного перерізу до найближчої опори, мм.

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{\left(\frac{\delta_3}{2}\right)^2 + 0,25^2},$$

де δ_3 - допуск на заготовку, мм.

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{\left(\frac{3,6}{2}\right)^2 + 0,25^2} = 1,817 \text{ мм} = 1817 \text{ мкм.}$$

По [5] стор. 72 приймаємо $\Delta_{\text{к}}=0,7$ мкм/мм.

$$\rho_{\text{кор}} = 0,7 \cdot 155 = 109 \text{ мкм.}$$

По [5] Стор. 73 приймаємо $\rho_{\text{см}}=0,9$ мм =900 мкм.

$$\rho = \sqrt{900^2 + 109^2 + 1817^2} = 2030 \text{ мкм.}$$

Залишкові просторові відхилення [5] стор. 74:

$$\rho_{\text{ост}} = k_y \cdot \rho,$$

де k_y - коефіцієнт уточнення форми.

По [5] стор. 74 приймаємо для:

- точіння попереднього $k_y = 0,06$; $\rho_{\text{ост}} = 0,06 \cdot 2030 = 122$ мкм;
- точіння чистового $k_y = 0,05$; $\rho_{\text{ост}} = 0,05 \cdot 2030 = 102$ мкм;
- шліфування попереднього $k_y = 0,02$; $\rho_{\text{ост}} = 0,02 \cdot 2030 = 41$ мкм.

						Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо мінімальні значення припусків за формулою [5] Стор. 65:

$$2Z_{\min i} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}).$$

Мінімальні (деякі) значення припусків по [5] стор. 67:

- під попереднє точіння:

$$2Z_{\min i} = 2 \cdot (150 + 250 + 2030) = 2 \cdot 2430 \text{ мкм.}$$

- під чистове точіння:

$$2Z_{\min i} = 2 \cdot (50 + 50 + 122) = 2 \cdot 222 \text{ мкм.}$$

- під попереднє шліфування:

$$2Z_{\min i} = 2 \cdot (30 + 30 + 102) = 2 \cdot 162 \text{ мкм.}$$

- під остаточне шліфування:

$$2Z_{\min i} = 2 \cdot (10 + 20 + 41) = 2 \cdot 71 \text{ мкм.}$$

Визначаємо розрахунковий розмір:

$$d_{p5} = d_{\min} = 200 + 0,002 = 200,002 \text{ мм}$$

$$d_{p(i-1)} = d_{pi} + Z_{\min i},$$

$$d_{p4} = d_{\min4} = 200,002 + 0,142 = 200,144 \text{ мм,}$$

$$d_{p3} = d_{\min3} = 200,142 + 0,324 = 200,466 \text{ мм,}$$

$$d_{p2} = d_{\min2} = 200,466 + 0,444 = 200,91 \text{ мм,}$$

$$d_{p1} = d_{\min1} = 200,91 + 6,860 = 207,77 \text{ мм.}$$

Записуємо найменші граничні розміри по всіх технологічних переходах, округлюючи їх збільшенням розрахункового розміру; округлення виробляти до того ж знака десяткового дробу, з яким дано допуск на розмір для кожного переходу.

Визначаємо найбільші граничні розміри:

$$d_{\max i} = d_{\min i} + \delta_i.$$

$$d_{\max 5} = 200,002 + 0,019 = 200,021 \text{ мм.}$$

$$d_{\max 4} = 200,144 + 0,046 = 200,190 \text{ мм.}$$

$$d_{\max 3} = 200,466 + 0,19 = 200,656 \text{ мм.}$$

$$d_{\max 2} = 200,91 + 0,3 = 201,21 \text{ мм.}$$

$$d_{\max 1} = 207,77 + 3,6 = 211,37 \text{ мм.}$$

						Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо граничні значення припусків:

$$2Z_{\max i}^{\text{пр}} = d_{\max(i-1)} - d_{\max i},$$

$$2Z_{\min i}^{\text{пр}} = d_{\min(i-1)} - d_{\min i}.$$

$$2Z_{\max 5}^{\text{пр}} = 200,190 - 200,021 = 0,169 \text{ мм},$$

$$2Z_{\max 4}^{\text{пр}} = 200,656 - 200,190 = 0,466 \text{ мм},$$

$$2Z_{\max 3}^{\text{пр}} = 200,21 - 200,656 = 0,554 \text{ мм},$$

$$2Z_{\max 2}^{\text{пр}} = 211,37 - 201,21 = 8,16 \text{ мм}.$$

$$2Z_{\min 5}^{\text{пр}} = 200,144 - 200,002 = 0,142 \text{ мм}.$$

$$2Z_{\min 4}^{\text{пр}} = 200,466 - 200,144 = 0,322 \text{ мм}.$$

$$2Z_{\min 3}^{\text{пр}} = 200,91 - 200,466 = 0,444 \text{ мм}.$$

$$2Z_{\min 2}^{\text{пр}} = 202,77 - 200,91 = 1,86 \text{ мм}.$$

Визначаємо загальні припуску:

$$2Z_{o \min} = 12,0 \text{ мм},$$

$$2Z_{o \max} = 9,35 \text{ мм}.$$

Визначаємо загальний номінальний припуск:

$$2Z_{o \text{ ном}} = 2Z_{o \min} + HD_z + HD_d,$$

де HD_z , HD_d - нижні граничні відхилення розміру заготовки і деталі відповідно ([5] стор. 85 - HD_z), мм.

$$2Z_{o \text{ ном}} = 12,0 \text{ мм}.$$

Визначаємо номінальний розмір заготовки:

$$d_{z \text{ ном}} = d_{d \text{ ном}} + 2Z_{o \text{ ном}},$$

$$d_{z \text{ ном}} = 200 + 12,0 = 212,0 \text{ мм}.$$

Висновок: розрахунки виконані вірно.

2.4. Технологічний процес виготовлення деталі «Черв'як»

Основні вимоги до технологічних процесів полягають у тому, щоб їх розробка здійснювалася в раціональній організаційній формі, з

						Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

максимальним використанням усіх технологічних можливостей обладнання, інструментів і пристосувань, при оптимальних режимах різання, які відповідають можливостям верстата, з мінімальними втратами часу та найнижчою собівартістю обробки.

Таблиця 2.2. Розробка маршрутного технологічного процесу

№ опер.	Назва операції	Обладнання
005	Заготівельна(штампування)	-----
010	Фрезерно-центрувальна 1. Фрезерувати 2 торця у р-р 2150h14 мм 2. Центрувати 2 торця $\phi 10$ форми А ГОСТ 14034-74	2Г942.18
015	Токарна з ЧПК 1. Точити $\phi 152$ до $\phi 146$ h12 попередньо; 2. Точити $\phi 146$ до $\phi 140$ h10 остаточно; 3. Точити $\phi 192$ до $\phi 186$ h12 попередньо; 4. Точити $\phi 186$ до $\phi 180$ h10 остаточно; 5. Точити $\phi 232$ до $\phi 226$ h12 попередньо; 6. Точити $\phi 226$ до $\phi 220$ h10 остаточно; 7. Точити канавку $v=12$ мм; 8. Точити 2 заокруглення R12 та R6 мм; 9. Точити 2 фаски $6 \times 45^\circ$.	16М30Ф3 (РМЦ-3000)
020	Токарна з ЧПК 1. Точити $\phi 212$ до $\phi 206$ h12 попередньо; 2. Точити $\phi 206$ до $\phi 200$ h10 остаточно; 3. Точити $\phi 232$ до $\phi 226$ h12 попередньо; 4. Точити $\phi 226$ до $\phi 220$ h10 остаточно; 5. Точити $\phi 270$ до $\phi 264$ h12 попередньо; 6. Точити $\phi 264$ до $\phi 260$ h10 остаточно;	16М30Ф3 (РМЦ-3000)

						Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	7. Точити канавку $v=18$ мм; 8. Точити 2 заокруглення R10 та R6 мм; 9. Точити фаску $6 \times 45^\circ$.	
025	Токарна з ЧПК 1. Точити $\varnothing 460$ до $\varnothing 452,5h12$ попередньо; 2. Точити $\varnothing 452,5$ до $\varnothing 445h10$ остаточно на $L=450$ мм; 3. Точити фасонним різцем заокруглення R490; 4. Точити фасонним різцем заокруглення R286.	16M30Ф3 (РМЦ-3000)
030	Різенарізна 1. Назізати різь 2М200х3К	16M30Ф3 (РМЦ-3000)
035	Шпонково-фрезерна 1. Фрезерувати шпонковий паз 36Р9 на довжину 270 мм витримуючи розмір $120_{-0,2}$ мм.	65A90Ф13
040	Шпонково-фрезерна 1. Фрезерувати шпонковий паз 28Р9 на довжину 72 мм витримуючи розмір $184_{0,2}$ мм.	65A90Ф13
045	Червя'чно-нарізна 1. Нарізати глобоїдний черв'як $m=22,4$ на $l=450$ мм попередньо; 2. Нарізати глобоїдний черв'як $m=22,4$ на $l=450$ мм остаточно.	16M30Ф3 (РМЦ-3000)
050	Контрольна	-----

2.5. Розрахунок режимів різання

Аналітичний розрахунків режимів різання на один перехід токарної операції 015: 1. Точити $\varnothing 152$ до $\varnothing 146h12$ попередньо.

1. Виконуємо вибір ріжучого інструменту і встановлюємо значення його геометричних елементів: різець прохідний упорний з ромбічною пластиною, з твердого сплаву Т5К10 (с. 164 [5]).

						Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Геометричні параметри: головний кут в плані 95°, передній кут 10°, кут нахилу головного леза 0°, ширина головної ріжучої кромки 16,1 мм, переріз різця 100×100 мм, висота різця 80 мм, довжина різця 300 мм.

2. Назначаємо режими різання.

2.1. Встановлюємо глибину різання:

$$t = \frac{D-d}{2}, \text{ мм}$$

де $D = 152$ мм – розмір заготовки;

$d = 140$ мм – проміжний розмір заготовки.

$$t = \frac{152-140}{2} = 6 \text{ мм}$$

2.2. Назначаємо максимально допустиму подачу на попереднє точіння.

Стабл. = 0.7 мм/об. (с.76 [6])

Корегуємо подачу по паспортним даним верстата:

Подача на верстаті регулюється безступінчато відповідно:

$S_D = 0,7$ мм/об.

2.3. Назначаємо швидкість різання допустиму ріжучими властивостями різця.

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v, \text{ м/хв}$$

де $C_v = 350$ - коефіцієнт (стр.269 табл.17 [4]);

$T = 60$ хв - середнє значення стійкості інструменту [стр.268 (4)];

$t = 6$ мм - глибина різання;

$S = 0,7$ мм/об - подача;

$m = 0,20$ - показник степені [стр.269 табл.17 (4)];

$x = 0,15$ - показник степені [стр.269 табл.17 (4)];

$y = 0,35$ - показник степені [стр.269 табл.17 (4)];

K_v – коефіцієнт що визначається за формулою:

$$K_v = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{iv} \times K_{fv} \times K_{qv}$$

						Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $K_{nv} = 0.8$ - коефіцієнт що враховує вплив стану поверхні заготовки [с.263 табл.5 (4)];

$K_{iv} = 0,65$ – коефіцієнт що враховує вплив інструментального матеріалу [стр.263 табл.6 (4)];

K_{mv} - коефіцієнт що враховує вплив матеріалу заготовки, розраховується за формулою:

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{750} \right) = 1,0$$

$K_{fv} = 0,7$ – коефіцієнт враховуючий головний кут різця в плані;

$K_{qv} = 1,04$ – коефіцієнт враховуючий переріз державки різця .

За формулою знаходимо :

$$K_v = 1,0 \times 0.8 \times 0,65 \times 0,7 \times 1,04 = 0,38$$

За формулою знаходимо :

$$V = \frac{350}{60^{0.2} \times 6^{0.15} \times 0.7^{0.35}} \times 0.38 = 65 \text{ м/хв.}$$

Швидкість різання $V = 65 \text{ м/хв.}$

2.4. Визначаємо частоту обертання шпинделя.

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D},$$

де $V = 65 \text{ м/хв}$ - швидкість різання;

$D = 152 \text{ мм}$ - розмір заготовки.

$$n = \frac{1000 \times 65}{3.14 \times 152} = 140 \text{ хв.}^{-1}$$

Корегуємо частоту обертання шпінделя по паспортним даним верстата:

$$n_d = 180 \text{ хв}^{-1}$$

2.5. Визначаємо дійсну швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \times D \times n_d}{1000}$$

де $D = 152 \text{ мм}$ - розмір заготовки.

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$n_d = 180 \text{ хв}^{-1}$ - частота обертання шпинделя дійсна;

$$V_d = \frac{3,14 \times 152 \times 180}{1000} = 82 \text{ м/хв.}$$

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = 82 \text{ м/хв.}$$

2.6. Визначаємо потужність необхідну для різання.

$$N_e = \frac{P_z \times V_d}{60 \times 1020}$$

де $V_d = 80 \text{ м/хв.}$ - дійсна швидкість різання;

P_z - тангенціальна складова сили різання, розраховується за формулою:

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

де $C_p = 300$ - постійна (стр.273 табл.22 [4]);

$t = 6 \text{ мм}$ - глибина різання;

$S = 0,7 \text{ мм/об}$ - подача;

$x = 1.0$ - показник степені [стр.273 табл.22 (4)];

$y = 0.75$ - показник степені [стр.273 табл.22 (4)];

$n = -0.15$ - показник степені [стр.273 табл.22 (4)];

K_p - добуток декількох коефіцієнтів, визначається за формулою:

$$K_p = K_{mp} \times K_{\phi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{rp}$$

де $K_{\phi p} = 0.89$ - коефіцієнт що враховує вплив головного кута в плані [стр.275 табл.23 (4)];

$K_{\gamma p} = 1$ - коефіцієнт що враховує вплив переднього кута [стр.275 табл.23 (4)];

$K_{\lambda p} = 1$ - коефіцієнт що враховує вплив кута нахилу головного леза [стр.275 табл.23 (4)];

$K_{rp} = 1$ - коефіцієнт що враховує вплив радіуса при вершині різця [стр.275 табл.23 (4)];

						Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_{mp} - коефіцієнт що враховує вплив якості оброблюємого матеріалу на силові залежності, визначається за формулою:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_b}{750} \right)$$

де $\sigma_b = 750$ МПа – границя міцності матеріалу;

За формулою (35) знаходимо:

$$K_{mp} = \left(\frac{750}{750} \right) = 1,0$$

За формулою знаходимо:

$$K_p = 1,0 \times 0,89 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 0.89$$

За формулою знаходимо:

$$P_z = 10 \times 300 \times 6^1 \times 0.7^{0.75} \times 82^{-0.15} \times 0.89 = 1875 \text{ Н}$$

За формулою знаходимо:

$$N_e = \frac{1875 \times 82}{60 \times 1020} = 2.56 \text{ кВт}$$

2.7. Робимо перевірку достатності потужності привода верстата.

При достатній потужності верстата повинна виконуватись нерівність:

$$N_e < N_{шп}$$

де $N_e = 2,56$ кВт - потужність необхідна для різання;

$N_{шп}$ - потужність верстата на шпінделі, визначається за формулою:

$$N_{шп} = N_d \times \text{КПД}, \text{ кВт}$$

де $N_d = 30$ кВт - потужність двигуна верстата;

$\text{КПД} = 0,8$ - коефіцієнт корисної дії верстата.

$$N_{шп} = 30 \times 0,8 = 24 \text{ кВт}$$

Відповідно нерівність виконується:

$$2,56 \text{ кВт} < 24 \text{ кВт}$$

Потужність верстата достатня для різання за вибраними режимами.

						Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Визначаємо основний технологічний час.

$$T_o = \frac{L \times i}{S \times n_d}$$

де $i = 1$ - кількість проходів;

$S = 0,7$ мм/об - подача;

$n_d = 180$ хв.⁻¹ - дійсна частота обертання шпінделя;

L - загальна довжина обробки, визначається за формулою;

$$L = y + l + x$$

де $l = 300$ мм - довжина оброблюємої поверхні;

$y = 10$ мм - величина врізання різця;

$x = 15$ мм - величина перебігу різця;

За формулою знаходимо:

$$L = 10 + 300 + 15 = 325 \text{ мм.}$$

За формулою знаходимо:

$$T_o = \frac{325 \times 1}{0,7 \times 180} = 12,5 \text{ хв.}$$

Основний технологічний час $T_o = 12,5$ хв.

Детальна розробка фрезерно – центрувальної операції 010

Розрахунок режимів різання на фрезерно-центрувальну операцію 010

Зміст операції:

1. Фрезерувати 2 торця у р-р 2150h14 мм; 2. Центрувати 2 торця $\phi 10$ форми А

Визначаємо режими різання для центрування.

1. Вибираємо свердло центровочне $\phi 10$ мм Р6М5

2. Довжина отвору $l = 32$ мм

3. Вибираємо подачу: $S = 0,16$ мм/об [с.103(7)]

4. Визначаємо швидкість різання:

$$V = 24 \text{ м/хв} = 0,4 \text{ м/с [с.104(7)]}$$

						Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 24}{3,14 \times 10} = 768 \text{ хв.}^{-1}$$

6. Визначаємо дійсну частоту обертання:

$$n_d = 800 \text{ хв.}^{-1}$$

7. Визначаємо дійсну швидкість різання:

$$V_d = \frac{3,14 \times 2 \times 800}{1000} = 49 \text{ м/хв.}$$

8. Визначаємо необхідну потужність:

$$N_e = 3,25 \text{ кВт [с.106(7)]}$$

9. Визначаємо технологічний час час:

$$T_o = 1,58 \text{ хв. [с.129(7)]}$$

Визначаємо режими різання для фрезерування.

1. Вибираємо фрезу торцеву Т5К10; діаметр фрези $D=250$ мм; число зубів $Z=16$ [с.212 (7)]

2. Визначаємо подачу:

$$S_z = 0,12 \text{ мм/зуб [с.209 (7)]}$$

3. Визначаємо глибину різання:

$$t = 7,5 \text{ мм}$$

4. Визначаємо швидкість:

$$V = 163 \text{ м/хв. [с.212 (7)]}$$

5. Визначаємо частоту обертання:

$$n = 650 \text{ хв.}^{-1} \text{ [с.212 (7)]}$$

6. Визначаємо дійсну частоту обертання:

$$n_d = 497 \text{ хв.}^{-1}$$

7. Визначаємо дійсну швидкість:

$$V_d = \frac{\pi \times D \times n_d}{1000} = \frac{3,14 \times 250 \times 497}{1000} = 480 \text{ м/хв.}$$

8. Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_{хв} = 375 \text{ мм/хв. [с.212 (7)]}$$

						Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Визначаємо потужність необхідну на різання:

$$N_e = 1.9 \times 2 = 3,8 \text{ кВт [с.214 (7)]}$$

10. Визначаємо основний час:

$$T_o = \frac{L \times i}{S_{\text{хв}}} = \frac{170 \times 1}{375} = 0,5 \text{ хв.}$$

2.6. Технічне нормування технологічного процесу

Розрахунок норм часу на токарну – програмну операцію 015

1. Вибираємо допоміжний час на встановлення, закріплення і зняття деталі:

$$T_{vy} = 0,33 \text{ хв. [с.39 (6)]}$$

2. Вибираємо допоміжний час, пов'язаний з виконанням операцій, не включених в програму:

$$T_{всп} = 0,6 \text{ хв. [с.51 (6)]}$$

3. Вибираємо допоміжний час на контрольні вимірювання:

$$T_{ви} = 1,05 \text{ хв. [с.53 (6)]}$$

4. Вибираємо допоміжний час виконання ручної допоміжної роботи, не перекриваючоїся часом автоматичної роботи верстату:

$$T_v = T_{vy} + T_{всп} + T_{ви}$$

$$T_v = 0,33 + 0,6 + 1,05 = 1,98 \text{ хв.}$$

5. Визначаємо час автоматичної основної роботи по програмі, складеної технологом-програмістом:

$$T_a = T_{oa} + T_{ва};$$

де $T_{oa} = \sum T_{oi}$;

T_{oi} – основний час і-го інструментального переходу ;

						Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{ва} = T_x + T_{ост} ;$$

де T_x – час автоматичної допоміжної роботи;

$T_{ост}$ – час технологічних пауз-зупинок подачі і обертання шпинделя для перевірки розмірів.

$$T_{oa} = 1,272 \text{ хв.}$$

$$T_x = 0,46 \text{ хв [с.607 (3)]}$$

$$T_a = 1,272 + 0,46 = 1,732 \text{ хв.}$$

6. Вибираємо час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби:

$$T_{одс} = 8 \% \text{ [с.59 (6)]}$$

7. Визначаємо норму штучного часу за формулою

$$T_{шт} = (T_a + T_v \times K_{tv}) \times (1 + \frac{T_{обс}}{100});$$

де T_a - час автоматичної основної роботи по програмі;

T_v - час виконання ручної допоміжної роботи;

$$K_{tv} = 0,8 \text{ [с.28 (6)]};$$

$T_{обс}$ - час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби.

$$T_{шт} = (1,732 + 1,98 \times 0,8) \times (1 + \frac{8}{100}) = 3,58 \text{ хв.}$$

8. Визначаємо підготовчо – заключний час:

$$T_{пз} = 16 \text{ хв.}$$

9. Визначаємо норму штучно – калькуляційного часу.

						Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n} = 3,58 + \frac{16}{50} = 3,9 \text{ хв.}$$

Розрахунок норм часу на фрезерно – центрувальну операцію 010

1. Вибираємо допоміжний час на встановлення , закріплення та зняття деталі:

$$T_B = 0,35 \text{ хв. [ст. 55(8)]}$$

2. Допоміжний час на операцію:

$$T_B = 0,22 \text{ хв. [ст. 184 (8)]}$$

3. Допоміжний час на контрольні виміри з врахуванням періодичності контрольних замірів:

$$T_B = 0,2 \text{ хв. [ст. 186 (8)]}$$

4. Час на обслуговування

$$a_{обс} = 8 \text{ [ст. 203 к. 88 (8)]}$$

5. Час на відпочинок

$$a_{від} = 4 \text{ [ст. 203 к.88 (8)]}$$

6. Оперативний час

$$T_{оп} = 0,22 + 0,77 = 0,99 \text{ хв.}$$

7. Визначаємо норму штучного часу:

$$T_{шт} = (0,22 + 0,77 \times 1,32) \left(1 + \frac{8 + 4}{100}\right) = 1,38 \text{ хв.}$$

$$T_{пр} = \frac{0,99 \times 50}{480} = 0,10 \text{ хв.}$$

						Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо:

$$Kt_b = 1,32 \text{ [31 к.1 (8)]}$$

8. Підготовчо-заключний час:

$$T_{п.з.} = 7 \text{ хв. [ст 130 к. 45 (8)]}$$

9. Визначаємо штучно – калькуляційний час за формулою:

$$T_{шт.к.} = 1,38 + \frac{7}{50} = 1,52 \text{ хв.}$$

						Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Розрахунок спеціального пристосування

3.1.1. Розробка раціональної схеми базування заготовки на заданій операції

Розробка раціональної схеми базування заготовки на заданій операції є важливим етапом технологічного процесу, оскільки правильне базування забезпечує точність обробки, мінімізує деформації та знижує ймовірність браку.

Розробимо схему базування на заданій операції див. рис. 3.1.

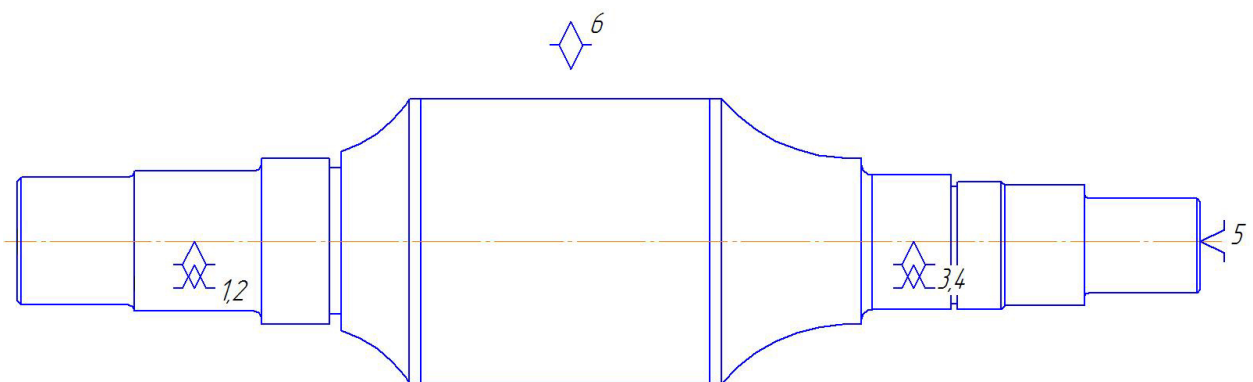


Рис.3.1. Базування деталі в пристрої

Раціональна схема базування повинна забезпечити точне позиціонування заготовки з урахуванням усіх вимог технологічного процесу, мінімізувати втрати часу на встановлення та виключити ймовірність появи похибок або деформацій.

						Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.2. Розрахункова схема сил та моментів, що діють на заготовку в процесі обробки. Розрахунок фактичної сили затискання

Розробка розрахункової схеми сил і моментів, що діють на заготовку в процесі обробки, є важливою частиною забезпечення точності, безпеки та ефективності виробничого процесу. Така схема дозволяє визначити основні навантаження на заготовку під час різних видів обробки, таких як токарна, фрезерна, свердлильна або шліфувальна.

Схема дії всіх сил на заготовку

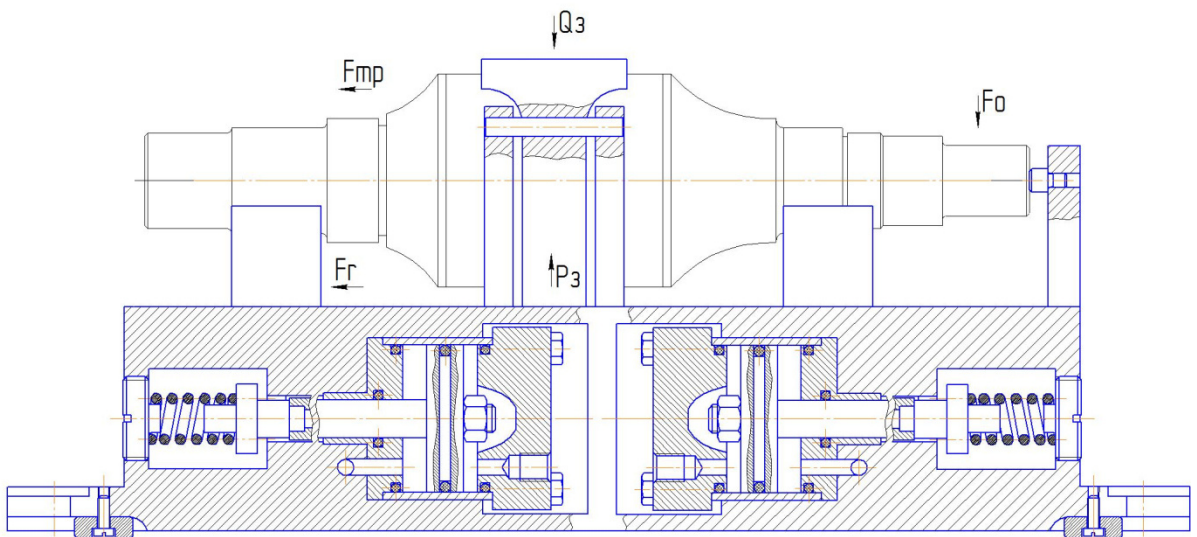


Рис.3.2. Схема дії всіх сил на заготовку

Q_3 – сила затиску;

F_r – рушійна сила, що намагається зрушити заготівку з місця;

M_p – момент, що намагається повернути заготівку;

P_3 – утримуюча сила.

Як видно з рис. 3.2, на заготовку діють два моменти (затиску та рушійний), тоді для забезпечення затиску потрібно щоб :

						Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_3 > Fr$$

Тоді:

$$F_{тр1} + F_{тр} > K_3 Pr$$

де M_p – момент рушійний

$$M_p = Fr \times 180$$

Q_3 – сила утримуюча:

$$Q_3 = P_3 \times 100$$

K – коефіцієнт запасу

Коефіцієнт запасу обчислюється за формулою :

$$K = K_0 + K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6$$

K_0 - гарантований коефіцієнт запасу, $K_0 = 1,5$;

K_1 - враховує збільшення сили різання через випадкові нерівності припуску,
 $K_1 = 1,0$;

K_2 - враховує збільшення сили різання внаслідок затуплення інструменту
 $K_2 = 1,7$;

K_3 - враховує збільшення сили різання при перервному різанні, $K_3 = 1,0$;

K_4 - залежить від постійності сили затиску, $K_4 = 1,2$;

K_5 - залежить від ергономіки ручного приводу, $K_5 = 1,0$

K_6 - в даному випадку відсутній;

За формулою знаходимо величину коефіцієнту запасу :

$$K = 1,5 \times 1,0 \times 1,7 \times 1,0 \times 1,2 \times 1,0 = 3,06.$$

Приймаємо $K=3,06$. Підставивши значення та формули у формулу отримаємо:

$$Q_3 = \frac{100 \times 303 \times 3,06}{85} = 1115,6H$$

						Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок параметрів затискного механізму.

Заданий пристрій працює за схемою, яка показана на рис. 3.3.

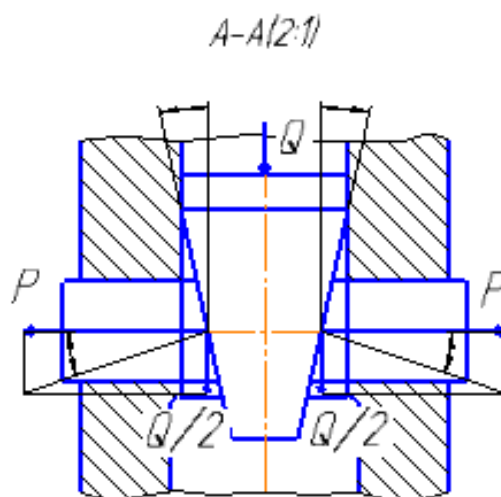
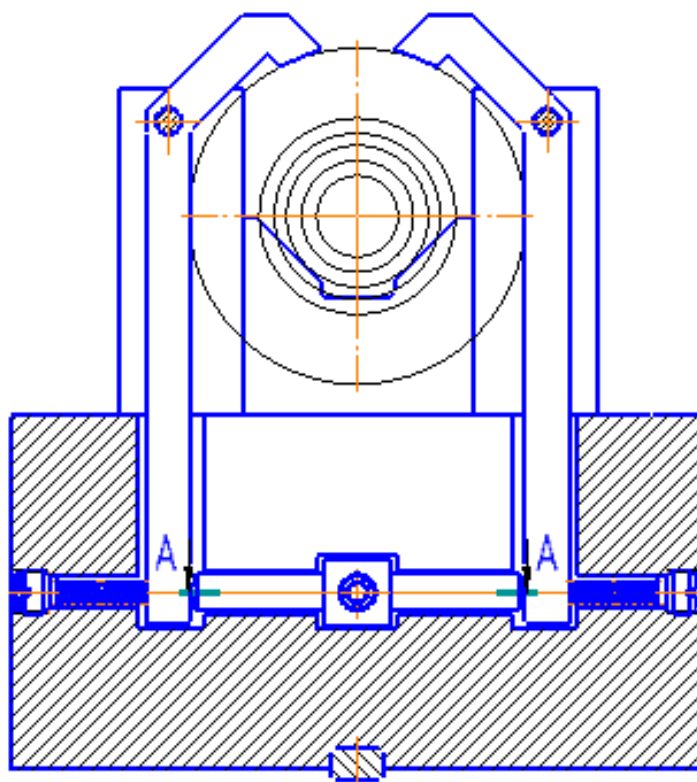


Рис.3.3. Зажимний механізм спеціального пристрою

Визначення фактичної сили затискання заготовки в пристрої

- 1) Назва пристрою – пристосування для фрезерування шпонкового пазу 36Р9 на довжину 270 мм.
- 2) Тип – фрезерний.

Розраховуємо фактичну силу затискання деталі за формулою:

$$Q_{\phi} = Q \frac{l_2}{l_1} = 55.16 \frac{85}{155} = 29.2 \text{ кН},$$

де $Q = 55.16$ кН - сила закріплення;

$l_1 = 155$ мм – плече важеля; $l_2 = 85$ мм – плече важеля.

Визначимо діаметр пневмоциліндра, що забезпечить розрахункову силу Q на штоці приводу затискного механізму:

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \times p \times \eta}} = \sqrt{\frac{4 \times 55.16}{3.14 \times 0.6 \times 0.9}} = 28.9 \text{ см} = 290 \text{ мм},$$

де $Q = 55.16$ кН - сила закріплення;

$p = 0.4 - 0.6$ МПа – величина тиску повітря в пневмережі;

$\eta = 0.9 - 0.95$ – ККД пневмоциліндра.

Згідно державного стандарту ГОСТ 21307-75 приймаємо розмір діаметра пневмоциліндра $D_{\text{ц}} = 300$ мм.

Визначимо діаметр штока пневмоциліндра:

$$d_{\text{шт}} = 0.15 D_{\text{ц}} = 0.15 \times 300 = 45 \text{ мм}.$$

Визначаємо фактичну силу на штоці пневмоциліндра за формулою:

- для циліндрів односторонньої дії при подачі стиснутого повітря в безштокову порожнину:

						Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{шт} = \frac{\pi D^2}{4} \times p \times \eta - P_{пр},$$

де D - діаметр пневмоциліндра (100 мм);

$p = 0.4 - 0.6$ МПа – величина тиску повітря в пневмережі;

$\eta = 0.9 - 0.95$ – ККД пневмоциліндра;

$P_{пр} = 100$ Н – опір пружини.

Тоді:

$$P_{шт} = \frac{3.14 \times 300^2}{4} \times 0.6 \times 0.9 - 10 = 38.2 \text{ кН}$$

Висновок: надійне затискання заготовки затискним механізмом пристрою буде забезпечено пневмоциліндром з такими розмірами діаметра циліндра і штока: $D_{ц}=300$ мм, $d_{шт}=45$ мм.

3.1.3. Опис принципу роботи розробленого пристрою

Спеціальний верстатний пристрій (рис.3.4) призначений для фрезерування шпонкового пазу шириною 36Р9 на довжину 270 мм у деталі «Черв'як». Цей механізм обмежує заготовку у шести ступенях свободи, що забезпечує точне базування та надійне закріплення заготовки. Завдяки механізованій конструкції, пристрій полегшує роботу оператора, дозволяючи швидко та коректно встановити деталь, що знижує собівартість операції за рахунок скорочення часу на її виконання.

Пристрій для фрезерування шпонкового пазу включає корпус (1), виготовлений зі сталі, який служить для кріплення основних компонентів. До корпусу прикріплені чотири призми (3,4), на яких встановлюється заготовка (2) для базування. Фіксація заготовки здійснюється пневмоциліндром і затискним елементом у формі "Г". Затиск працює так: робітник подає повітря

						Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в штокову порожнину, і поршень разом зі штоком та тягою рухається вниз, затискний елемент надійно фіксує заготовку, попередньо встановлену в призмах.

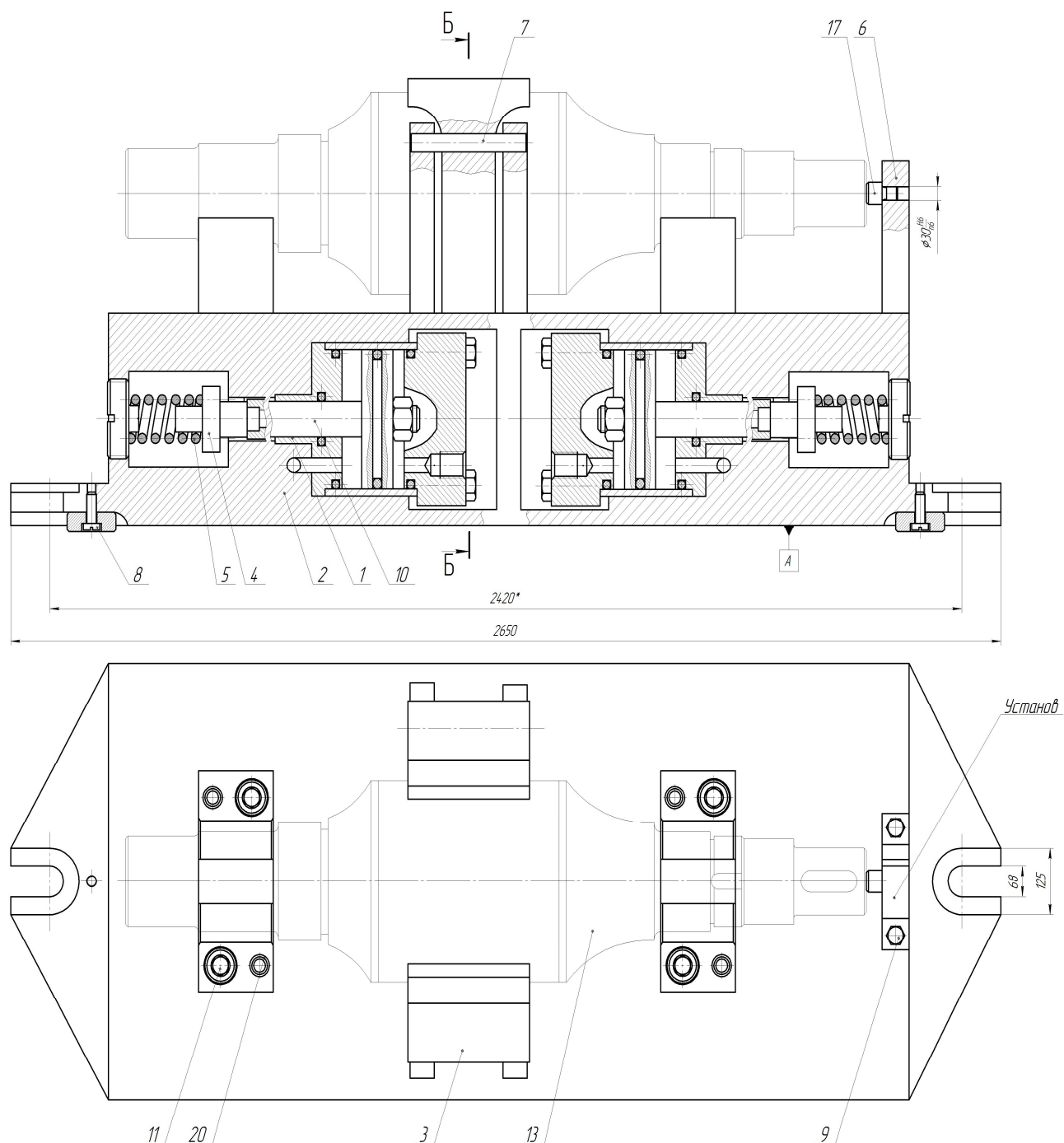


Рис.3.4. Спеціальний верстатний пристрій

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Вивчено актуальність використання глобоїдних черв'яків та їх конструктивні особливості. Проведений аналіз основних типів і представників черв'ячних передач підтвердив їхню ефективність у передачі великих моментів при обмежених габаритах, що робить їх незамінними у багатьох галузях машинобудування.

Описано технічні характеристики деталі «Черв'як» і її призначення у вузлі, що дозволяє чітко зрозуміти функціональну роль деталі в загальній конструкції механізму.

На основі визначеної програми випуску встановлено тип виробництва для виготовлення деталі «Черв'як». Вибір заготовки обґрунтований технологічними та економічними факторами, що дозволяє оптимізувати процес виробництва.

Проведений розрахунок міжопераційних та загальних припусків забезпечує необхідну точність при обробці деталі. Також детально розроблений технологічний процес виготовлення черв'яка, з урахуванням всіх стадій механічної обробки.

Обрані режими різання та проведено їх розрахунок, що забезпечує високу ефективність обробки і знижує виробничі витрати. Технічне нормування процесу визначає оптимальні витрати часу на кожну операцію.

Розроблено раціональну схему базування заготовки на кожній операції, що гарантує точність і надійність фіксації заготовки під час обробки. Розрахунок сил і моментів дозволяє забезпечити оптимальні умови для обробки, запобігаючи деформаціям заготовки.

Спроектовано спеціальне пристосування для закріплення заготовки, яке дозволяє значно підвищити продуктивність роботи та зменшити час на виконання операцій. Принцип його роботи забезпечує швидке та надійне закріплення деталі.

Робота охоплює повний цикл від аналізу конструктивних особливостей деталі до розробки технологічних та конструкторських рішень, що дозволяє оптимізувати процес виготовлення деталі «Черв'як», підвищити якість обробки та знизити виробничі витрати.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Безтілесна Л.М. (2012), Механізм забезпечення сталої конкурентоспроможності великого промислового підприємства [Mechanisms to ensure sustainable competitiveness of large industrial enterprises], Економіст, Київ, Україна.
2. Васюков О.Я. (2013), Машинобудування в Україні [Engineering in Ukraine], Труд, Херсон, Україна.
3. Василенко Ю.А. (2008), Аналіз ринку в Україні [Market analysis in Ukraine], ХНТУ, Херсон, Україна.
4. Бородіна О. М. (2011), Конкурентоспроможність економіки України: стан і перспективи підвищення: монографія [The competitiveness of economy of Ukraine: status and prospects of improvement: monograph], Основа, Київ, Україна.
5. Кирилович В.А., Мельничук П.П., Яновський В.А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ: Навчальний посібник для студентів спеціальностей 7.090202 “Технологія машинобудування”, 7.090203 “Металорізальні верстати і системи”, 7.092501 “Автоматизоване управління технологічними процесами і виробництвами” / Під заг. ред. В.А. Кириловича. – Житомир: ЖІТІ, 2001.– 600 с.
6. Яновський В.А., Сніцар В.Г. Технологічна оснастка. Практичні заняття. Навчально – методичний посібник. – Житомир: ЖДТУ, 2005. – 120 с.
7. Железна А.О., Кирилович В.А.: «Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань». Навчальний посібник.-Житомир.: ЖІТІ,2002. - 616 с.
8. Machine description Hyperturn 690. Ref. – Nr/ EN4062 Edition E 2005-7 EMCO Mair Ges.m.b.H. P. O. Box131 / A-5400 Hallein – Taxach/ Austria.

						Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		