

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені **ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Факультет інженерії

Кафедра машинобудування та прикладної механіки

До захисту допущено
Завідувач кафедри
д.т.н., проф. Соколов В.І.

« ____ » _____ 2021 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до бакалаврської роботи для освітньо-кваліфікаційного
рівня:

«бакалавр»

з напрямку підготовки
(спеціальності):

133 – Галузеве машинобудування

На тему: 3D моделювання зуборізного довбача та оптимізація
круглої протяжки в середовищі САПР КОМПАС

Студент групи ГМ–17дб
Керівник роботи

Овчаренко І.Г.
к.т.н., доц. **Кроль О.С.**

Попередній захист та нормоконтроль	
« ____ » _____ 2021 р.	
1	
2	
3	
4	

Сєвєродонецьк – 2021

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Факультет

Інженерії

Кафедра

«Машинобудування та прикладної механіки»

Освітньо-кваліфікаційний
рівень

бакалавр

Напрямок підготовки **133 – Галузеве машинобудування**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
д.т.н., проф. Соколов В.І.

« ____ » _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу освітньо-кваліфікаційного рівня
«бакалавр»

Студент групи

ГМ-17дб

Овчаренко І.Г.

Тема роботи

«3D моделювання зуборізного довбача та оптимізація
круглої протяжки в середовищі САПР КОМПАС»

затверджена наказом по університету

від « ____ » 2021 р. №

Термін здачі студентом закінченої роботи

« 10 » червня 2021 р.

Вихідні дані до роботи

Тип верстату – горизонтально-протяжний верстат
моделі 7Б510

Діаметр отвору що оброблюється $D = 40H7$ мм; довжина отвору $L = 60$ мм;

Параметр жорсткості отвору $R_a = 10$ мкм; Заготовка - СЧ10 95 НВ; виробництво
– масове; прямозубе зубчасте колесо модуль $m = 3$ мм, число зубців нарізаного

колеса $z_2 = 78$, число зубців шестерні $z_1 = 26$, матеріал заготовки – Сталь 40Х,
 модель верстата – 5А122, виробництво - крупносерійне.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік основних питань)

1. Розрахунок і конструювання протяжки.....
2. Оптимізація параметрів конструкції протяжки методом лінійного
 п р о г р а м у в а н н я
3. Розрахунок довбача для нарізання зубців прямозубих коліс.....
4. Охорона праці.....

Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

1. Креслення круглої циліндричної протяжки.
2. _Технологічні наладки на операції прямування отвору та нарізання зубців
 зубчастого колеса.
3. Креслення та 3D-моделювання зуборізного довбача.
4. Лінійне програмування конструктивних параметрів протяжки

Дата видачі завдання

« » 2021 р.

Керівник дипломного проекту

к.т.н., доц. Кроль О.С.

Завдання прийняв до

виконання

Овчаренко І.Г.

Реферат

Бакалаврська робота містить: сторінок 42, рисунків 7, таблиць 2, використаної літератури 13.

Ключові слова: ЦИЛІНДРИЧНА ПРОТЯЖКА, ПРОФІЛЬНА СХЕМА РІЗАННЯ, ПІДЙОМ НА ЗУБ, КРОК, ОПТИМІЗАЦІЯ, ЛІНІЙНЕ ПРОГРАМУВАННЯ, МЕТОД НАЙМЕНШИХ КВАДРАТІВ, ПРЯМОЗУБИЙ ЗУБОРІЗНИЙ ДОВБАЧ, ТЕОРЕТИЧНЕ ОСНОВНЕ КОЛО, ТВЕРДОТІЛЬНА МОДЕЛЬ.

У даній бакалаврській роботі розроблені конструкції циліндричної протяжки для обробки чавуна та дискового прямозубого довбача для обробки зубчатого колеса з модулем $m=3$, також була проведена оптимізація параметрів конструкції протяжки за допомогою лінійного програмування та побудована твердотіла модель довбача.

					ГМ-17дб. БР 00.000 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Гіюпис</i>	<i>Дата</i>				
Розроб.	Овчаренко				<i>Реферат</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
Перевір.	Кроль					У	1	1
Реценз.						СНУ ім. В.Даля Кафедра «МПМ»		
Н. контр.								
Затверд.	Соколов							

Зміст

Вступ.....	6
1. Розрахунок і конструювання протяжки.....	7
2. Оптимізація параметрів конструкції протяжки методом лінійного програмування Оптимізація параметрів конструкції протяжки методом лінійного програмування.....	21
3. Розрахунок довбача для нарізання зубців прямозубих коліс.....	29
4. Охорона праці.....	33
Висновок.....	39
Література.....	40

					ГМ-17дб. БР 00.000 ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Овчаренко</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір</i>	<i>Кроль</i>				У	1	1
<i>Реценз.</i>					<i>Зміст</i>		
<i>Н. контр.</i>					<i>СНУ ім. В.Даля</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Соколов</i>				<i>Кафедра «МІПМ»</i>		

Вступ

Для підвищення ефективності металообробки необхідна подальша спеціалізація інструментальних заводів і цехів зі значним скороченням номенклатури випущених інструментів на кожному заводі. На цій основі буде розширюватися поточне і автоматичне виготовлення інструментів, підвищуватися продуктивність праці і якість інструментів, знижуватися собівартість їх виготовлення. Основними питаннями подальшого розвитку інструментальної промисловості залишаються збільшення випуску інструментів з високоякісних інструментальних матеріалів, більш широке застосування інструментів із зносостійкими покриттями, подальше розширення виробництва інструментів з механічним кріпленням різальних елементів, в тому числі і багатогранних пластин із твердого сплаву.

Інструменти повинні мати високі різальні властивості і забезпечувати задану точність і якість оброблюваних поверхонь деталей. Різальні властивості інструментів залежать від інструментального матеріалу, якості поверхонь різальної частини, схеми різання, геометрії інструмента, складу і способу підводу МОР. Точність і якість виготовлення деталей залежать від точності і якості самого інструмента, параметрів його встановлення, режимів різання рухів формоутворення. Металорізальні інструменти мають широке різноманіття видів і конструктивних різновидів. У кожного виду інструмента є свої особливості, які визначаються умовами формоутворення деталі. Ці особливості в багатьох випадках мають принципове значення, які повинні бути враховані на стадії проектування.

				ГМ–17дб. БР 00.000 ПЗ		
<i>Зм</i>	<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Овчаренко</i>			<i>Лім.</i>	<i>ААрк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Превір.</i>	<i>Кроль</i>			У	1	1
<i>Реценз.</i>				<i>Вступ</i>		
<i>Н. контр.</i>				<i>СНУ ім. В.Даля</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>.Соколов</i>			<i>Кафедра «МІМ»</i>		

1. Розрахунок і конструювання протязки

Завдання

Розрахувати та сконструювати протязку для обробки отвору у деталі, котра задана кресленням.

Вихідні дані

1. Тип протязки:

кругла профільної схеми різання зварної конструкції.

Матеріал робочої частини протязки: швидкорізна сталь Р18 (ГОСТ 19265-71), $[\sigma_p] = 350 \text{ МПа}$.

Матеріал хвостовика: легована сталь 40Х (ГОСТ 4543-71), $[\sigma_p] = 300 \text{ МПа}$ [4, табл.106].

Твердість зубців і задньої напрямної 62...65HRC.

Твердість передньої напрямної 60...65HRC.

Твердість замкової частини переднього хвостовика зварної протязки 42...50HRC.

2. Креслення деталі

					ГМ-17дб. БР 00.000 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Овчаренко</i>				<i>Розрахунок і конструювання протязки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Кроль</i>					у	1	14
<i>Реценз.</i>						<i>СНУ ім. В.Даля</i>		
<i>Н. контр.</i>						<i>Кафедра «МІМ»</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Соколов</i>							

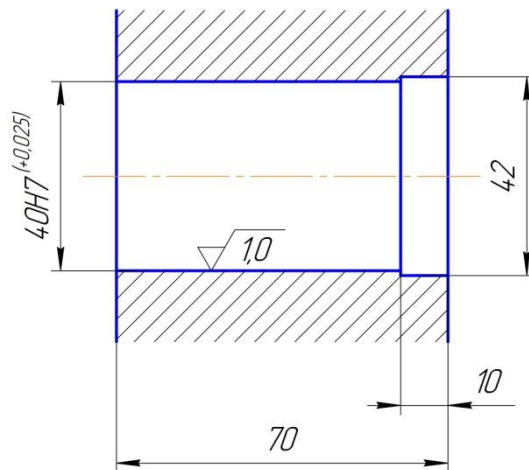


Рис. 1.1. Втулок тонкостінний

3. Матеріал деталі: СЧ10 95НВ.
4. Кількість одночасно оброблюваних деталей: 1.
5. Тип виробництва: великосерійне.
6. Модель протяжного верстата

Протягування передбачається здійснити на горизонтально-протяжному верстаті моделі 7Б510 с максимальним тяговим зусиллям $P_{\max} = 98 \text{кН}$ (допустиме тягове зусилля $[P] = 0,85 \dots 0,9 P_{\max}$), з найбільшою довжиною хода повзуна $l_{\text{хода}} = 1250 \text{мм}$, з межею швидкостей робочого руху $v = 1,5 \dots 13 \text{м/мин}$.

Патрон швидкозмінний автоматичний (ГОСТ 16885-71).

Мінімально допустимий розмір торця протяжки до першого зуба $L_c = 190 + l_z$ [5, стр.18, табл.1], [2, стр.216, табл.8.4].

Рішення

1. Визначення діаметру попереднього отвору під протягування [5, с.39]

$$D_0 = D_{\min} - A_0,$$

де D_{\min} – мінімальний діаметр отвору, що простягається; A_0 – припуск на діаметр під протягування.

						ГМ-17дб. БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			2

$$D_{\min} = 40 \text{ мм}.$$

A_0 визначається по таблиці [5, с.40, табл. 3]

$$A_0 = 1,4$$

або розраховується за формулою:

$$A_0 = 0,005 D_{\min} + (0,1 \dots 0,2) \sqrt{L} + (0,7 \dots 1,0) \delta,$$

де δ – допуск діаметра при виготовленні попереднього отвору [5, с.62], [2, с.187].

Допуск δ приймаємо після свердління з полем $H11$ для отвору $L \leq D_0$ і с полем $H12$ при $L > D_0$.

Приймаємо $\delta = 0,25$.

$$A_0 = 0,005 \cdot 40 + (0,1 \dots 0,2) \sqrt{60} + (0,7 \dots 1,0) \cdot 0,25 = 1,15 \text{ мм}$$

Для подальших розрахунків приймаємо $A_0 = 1,4$.

$$D_0 = 40 - 1,4 = 38,6 H12^{(+0,25)} \text{ мм}$$

2. Визначення конструкції та параметрів хвостової частини протяжки [2, с.216, табл.8.2, 8.3], [3, с.497, табл.192], [4, с.102, табл.16, 17], [5, с.102, табл.16, 17].

Конструкцію та параметри хвостової частини протяжки вибираємо залежно від типу її конструкції патрона й розміру попереднього отвору під протягування.

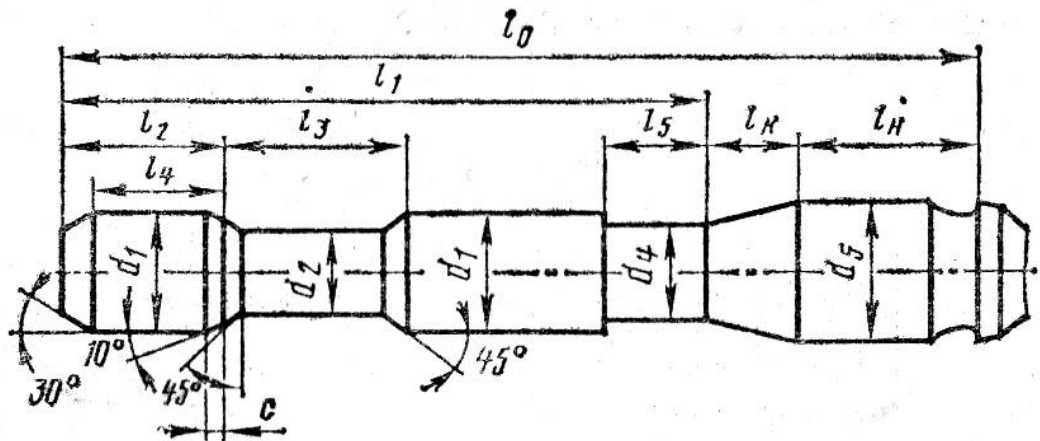


Рис. 1.2. Хвостовик протяжки під швидкозмінний автоматичний патрон

					ГМ-17дб. БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		3

Для протяжки, що проектується, приймаємо циліндричний хвостовик з круглою виточною типа 2 виконання 1 (ГОСТ 4044-70) без оберігання від обертання з похилою опорною поверхнею діаметром $d_1 = 36e8^{(-0,050)}_{(-0,089)} \text{мм}$ з параметрами: $d_2 = 28c11^{(-0,110)}_{(-0,240)} \text{мм}$, $c = 1,5 \text{мм}$, $l_1 = 160 \text{мм}$ (з урахуванням довжини шийки), $l_2 = l_3 = 32 \text{мм}$, $l_4 = 20 \text{мм}$, $r_1 = 0,4 \text{мм}$, $r_2 = 1,6 \text{мм}$, $\alpha = 30^\circ$.

Діаметр шийки d_4 приймаємо рівним $d_4 = d_1 - (0,5 \dots 1) = 36 - 1 = 35 \text{мм}$.

Довжина шийки встановлюється при остаточному розрахунку хвостовика.

Діаметр передньої напрямної d_5 приймаємо рівним найменшому діаметру попереднього отвору з допуском на похибку виготовлення $e8$.

$$D_0 = 36,8e8^{(-0,050)}_{(-0,089)}$$

$$d_5 = D_{0\min} = 36,689 \text{мм}$$

Довжина передньої напрямної від кінця перехідного конуса до першого зуба протяжки l_n визначається за формулою:

$$l_n = (0,75 \dots 1,0)L + (0,6 \dots 0,9)\sqrt{L} = 1,0 \cdot 60 + 0,9\sqrt{60} = 66,97 \text{мм}$$

Приймаємо $l_n = 70 \text{мм}$.

Довжина перехідного конуса $l_k = 30 \text{мм}$.

3. Визначення кількості зубців [3, с.507], [5, с.86]

$$z_0 = \frac{A_0}{2S_z} + (2 \dots 3),$$

де S_z – підйом на зуб (подача). Вибирається в залежності від типу протяжки та властивостей оброблюваного матеріалу [5, с.65, табл.6].

$$S_z = 0,03 \dots 0,08 \text{мм}$$

Приймаємо $S_z = 0,08 \text{мм}$.

					ГМ–17дб. БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		4

$$z_0 = \frac{1,4}{2 \cdot 0,08} + (2...3) = 10,75...11,75 \text{ мм}$$

Приймаємо $z_0 = 12$.

4. Між різальними та колібруючими зубцями передбачається 3 загострювальних зуба з убиваючим підйомом.

$$1 \text{ зуб: } \frac{1}{2} S_z = \frac{1}{2} \cdot 0,08 = 0,04 \text{ мм}$$

$$2 \text{ зуб: } \frac{1}{3} S_z = \frac{1}{3} \cdot 0,08 = 0,027 \text{ мм}$$

$$3 \text{ зуб: } \frac{1}{6} S_z = \frac{1}{6} \cdot 0,08 = 0,013 \text{ мм}$$

5. Визначення кількості колібруючих зубців [5, с.94, табл.15]

Вибирається в залежності від типа протяжки та необхідній точності обробки отвору.

Приймаємо $z_k = 8$.

6. Визначення кроку різальних зубців

Попередньо визначається в залежності від характеру виробництва [5, с.32].

Для профільних протяжок:

$$t_p = (1,25...1,5)\sqrt{L} = (1,25...1,5)\sqrt{60} = 9,68...11,62 \text{ мм},$$

де 1,25...1,5 відповідає використанню протяжки у середньо та великосерійному виробництві.

Більш точно елементи зубців і ривчаків визначається з урахуванням вільного розміщення остружки в площі активної частини ривчака з умови:

$$K \leq \frac{F_k}{F_c} = \frac{\pi h^2}{4 S_z L},$$

										ГМ-17Дб. БР 00.000 ПЗ	Арк.
											5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

де K – коефіцієнт заповнення стружкового ривчака (об’ємний коефіцієнт стружки; F_c – площа перерізу зрізу метала, котрий знімається одним зубом у осьовому перерізі; F_k – площа активної частини ривчака у осьовому перерізі, тобто площа, котру займає стружка.

K вибирається в залежності від подачі s_z та оброблюваного матеріалу [3, с.496], [5, с.81, табл.9].

Приймаємо $K = 2$.

$$F_c = S_z \cdot L = 0,08 \cdot 60 = 4,8 \text{ мм}^2$$

$$F_k = K \cdot F_c = 2 \cdot 4,8 = 9,6 \text{ мм}^2$$

При обробці крихких матеріалів вибирається прямолінійна форма западини (рис. 1.3) [4, с.232, табл.100].

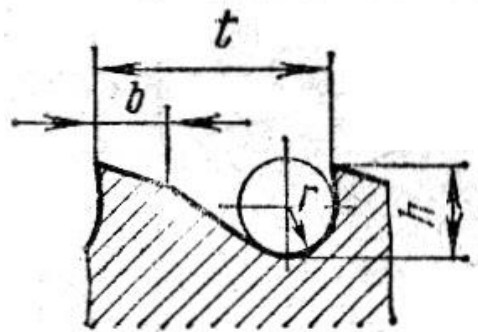


Рис. 1.3. Розміри профілів зубців протяжок

Для ривчака приймаємо: $t_p = 10 \text{ мм}$, $h = 3,6 \text{ мм}$, $b = 4,0 \text{ мм}$, $r = 2,0 \text{ мм}$,
 $F_k = 12,5 \text{ мм}^2$.

7. Визначення кроку колібруючих зубців

Для циліндричних протяжок, котрі обробляють вироби 7...9 квалітету точності, крок колібруючих зубців приймаємо рівним:

$$t_k = (0,6 \dots 0,8) t_p, \text{ але не менше } 4 \text{ мм}.$$

Для інших видів протяжок t_k приймаємо рівним t_p [5, с.95].

$$t_k = (0,6 \dots 0,8) \cdot 10 = 6 \dots 8 \text{ мм}$$

					ГМ-17дб. БР 00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо $t_k = 8\text{мм}$.

Для поліпшення якості поверхні, що протягається, шаг різальних зубців виконується змінним з величиною нерівномірності, що коливається в межах $0,2...1,0\text{мм}$.

Приймаючи нерівномірність кроку $\pm 0,4\text{мм}$, встановлюється, що з двох складних кроків один рівний $t_p + 0,4 = 10,4\text{мм}$, а наступний за ним крок – $t_p - 0,4 = 9,6\text{мм}$.

8. Вибір переднього кута для різальних и колібруючих зубців [5, с.83, табл. 10,11]

Вибирається в залежності від властивостей оброблюваного матеріалу. Приймаємо $\gamma_p = \gamma_k = 5^\circ$.

9. Вибір заднього кута [5, с.84, табл.11]

$$\alpha_p = 2^\circ \dots 3^\circ 30'$$

Приймаємо $\alpha_p = 3^\circ$.

$$\alpha_k = 30' \dots 1^\circ$$

Приймаємо $\alpha_k = 1^\circ$.

10. Допустимі відхилення для передніх кутів приймаються рівними $\pm 1^\circ 30'$, для задніх кутів різальних зубців $\pm 30'$, а для задніх кутів колібруючих $\pm 15'$.

Фаска на колібруючих зубцях повинна плавно збільшуватися з 0,2 до 0,6 мм.

11. Визначення кількості стружкових рівчаків [3, с.513, табл.204,205], [5, с.90, табл.13, 14]

					ГМ–17дб. БР 00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

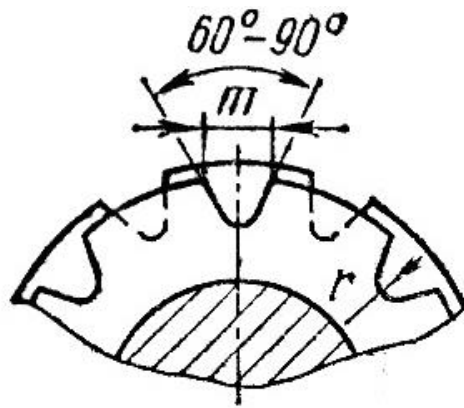


Рис. 1.4. Стружкові рівчаки на різальних зубцях протяжки

Приймаємо: $n = 18$, $m = 0,8...1,0\text{мм}$, $h_k = 0,5...0,7\text{мм}$, $r = 0,2...0,3\text{мм}$.

Рівчаки розташовуються в шаховому порядку з кутом $\alpha_{\text{кан}} = 3...5^\circ$.

Оскільки протяжка проектується для чавуна, котрий дає елементну остружку, стружкові рівчаки можна не виконувати.

12. Визначення кількості одночасно працюючих зубців для даної довжини протягування [3, с.496], [5, с.73]

$$z_i = \frac{L}{t} = (2...8)$$

$$z_i = \frac{60}{10} = 6$$

Максимальна кількість одночасно працюючих зубців:

$$z_{i\text{max}} = \frac{L}{t} + 1 = 6 + 1 = 7$$

13. Визначення діаметру зубців

Діаметр першого зуба: $D_1 = D_0 = D_{\text{min}} - A_0 = 38,6\text{мм}$.

Діаметр останнього повинен бути рівен діаметру колібруючих зубців.

Для інших різальних зубців:

$$D_i = D_{i-1} + 2S_z$$

$$D_1 = 38,6\text{мм}$$

$$D_7 = 39,56\text{мм}$$

					ГМ-17дб. БР 00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_2 = 38,76 \text{ мм}$$

$$D_8 = 39,72 \text{ мм}$$

$$D_3 = 38,92 \text{ мм}$$

$$D_9 = 39,88 \text{ мм}$$

$$D_4 = 39,08 \text{ мм}$$

$$D_{31} = 39,994 \text{ мм}$$

$$D_5 = 39,24 \text{ мм}$$

$$D_{32} = 36,966 \text{ мм}$$

$$D_6 = 39,4 \text{ мм}$$

$$D_{33} = D_k - 2S_z = 40,02 - 2 \cdot 0,04 = 39,94 \text{ мм}$$

Діаметр колібруючих зубців [5, с.91]:

$$D_k = D_{\max} \pm \delta,$$

де δ – величина залишкової деформації отвору «+» – розмічення, «-» – осідання. Дана величина залежить від властивостей матеріалу та товщини стінки заготовки.

При протягуванні тонкостінних деталей величину осідання рекомендується визначити за формулою:

$$\delta = 0,6D - 2,8T \approx -0,005,$$

де T – товщина стінки.

$$D_k = 40,025 - 0,005 = 40,02 \text{ мм}$$

Таблиця 1

Різальні									Колібруючі								Загострювальні		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3
38,6	38,76	38,92	39,08	39,24	39,4	39,56	39,72	39,88	40,02	40,02	40,02	40,02	40,02	40,02	40,02	40,02	39,94	39,966	39,994

14. Довжина протяжки l_0 від торчка хвостовика до першого зуба визначається згідно з розрахунковою схемою [4, с.237],[5, с.107,108]

					ГМ-17дб. БР 00.000 ПЗ					Арк.
										9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

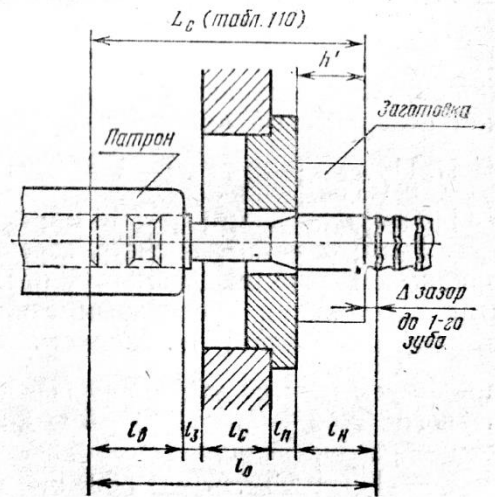


Рис. 1.5. Схема для визначення довжини протяжки від торчача хвостовика до першого зуба

$$l_0 = l_B + l_3 + l_c + l_n + l_H,$$

де l_B – довжина входу хвостовика в патрон; l_3 – проміжок між патроном і стінкою опорної плити столу; l_c – розмір товщини опорної частини столу; l_n – висота виступаючої частини планшайби.

Величина l_B вибирається в залежності від діаметру хвостовика [5, с.107]. Приймаємо $l_B = 108\text{мм}$.

$l_3 = 5\text{...}20\text{мм}$. Приймаємо $l_3 = 10\text{мм}$.

$l_c = 60\text{...}70\text{мм}$. Приймаємо $l_c = 70\text{мм}$.

Величина l_n визначається в залежності від тягового зусилля, котре розвиває протяжний верстат.

$l_n = 25\text{...}30\text{мм}$. Приймаємо $l_n = 30\text{мм}$

$$l_0 = 108 + 10 + 70 + 30 + 70 = 288\text{мм}$$

Отримана довжина l_0 перевіряється з урахування довжини заготовки, що протягується, з умови $l_0 \geq L_c$, орієнтуючись на мінімально допустимі розміри хвостової частини

$$L_c = 190 + l_3 = 190 + 60 = 250\text{мм}$$

						ГМ-17дб. БР 00.000 ПЗ	Арк.
							10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Умова виконується.

15. Загальна довжина протяжки визначається із співвідношення:

$$L_0 = l_0 + l_p + l_k + l_{zn},$$

де l_p – довжина різальної частини; l_k – довжина колібруючої частини; l_{zn} – довжина задньої напрямної.

$$l_p = z_0 t_p = 12 \cdot 10 = 120 \text{ мм}$$

$$l_k = z_k t_k = 8 \cdot 8 = 64 \text{ мм}$$

Величина l_{zn} вибирається в залежності від її діаметру [4, с.239, табл.105], [5, с.110, табл.20]. Діаметр задньої напрямної D_{zn} рівний діаметру протягуваного отвору з граничним відхиленням по $f7$.

$$\text{Приймаємо } D_{zn} = 40 f7 \begin{pmatrix} -0,025 \\ -0,050 \end{pmatrix} \text{ мм.}$$

$$\text{Приймаємо } l_{zn} = 35 \text{ мм.}$$

$$L_0 = 288 + 120 + 64 + 35 = 507 j8(\pm 3,15) \text{ мм}$$

Отримана довжина не перевищує довжину ходу верстата.

По умові жорсткості довжина протяжки не повинна перевищувати $40D$ [3, с.509], [5, с.116].

16. Визначення сили різання при протягуванні за формулою [3, с.502], [5, с.124]:

$$P_z = 9,81 C_p S_z^x D z_{\max} K_\gamma K_c K_u,$$

де C_p – коефіцієнт, котрий залежить від оброблюваного матеріалу; s_z – подача на зуб або підйом зубців на сторону; x – показник ступені при s_z ; D – діаметр протягуваного отвору; z_{\max} – найбільша кількість одночасно працюючих зубців; $K_\gamma K_c K_u$ – поправочні коефіцієнти для сили протягання.

Величина C_p вибирається з таблиці [5, с.127, табл.25]. Приймаємо $C_p = 300$.

					ГМ–17дб. БР 00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Показник ступені x вибирається з таблиці [5, с.127, табл.25]. $x = 0,73$

$$S_z = 0,08 \text{ мм}.$$

Коефіцієнти $K_\gamma K_c K_u$ вибираються з таблиці [5, с.127, табл.26].

Приймаємо $K_\gamma = 1,1$, $K_u = 1$. Коефіцієнт K_c для чавуна не враховується.

$$P_z = 9,81 \cdot 300 \cdot 0,08^{0,73} \cdot 40 \cdot 7 \cdot 1,1 \cdot 1 = 143415,69 \text{ Н} = 143,416 \text{ кН},$$

що більше допустимого верстатом.

17. Визначення подачі, котра допустима тяговим зусиллям верстата

$$S_z = \sqrt[x]{\frac{0,9 P_z}{9,81 C_p D z_{\max} K_\gamma K_c K_u}} = 0,73 \sqrt[0,73]{\frac{0,9 \cdot 98000}{9,81 \cdot 300 \cdot 40 \cdot 7 \cdot 1,1 \cdot 1}} = 0,04 \text{ мм/зуб}$$

18. Поправочний розрахунок

$$z_0 = \frac{1,4}{2 \cdot 0,04} + (2 \dots 3) = 19,5 \dots 20,5 \text{ мм}$$

Приймаємо $z_0 = 21$.

$$1 \text{ зуб: } \frac{1}{2} S_z = \frac{1}{2} \cdot 0,04 = 0,02 \text{ мм}$$

$$2 \text{ зуб: } \frac{1}{3} S_z = \frac{1}{3} \cdot 0,04 = 0,013 \text{ мм}$$

$$3 \text{ зуб: } \frac{1}{6} S_z = \frac{1}{6} \cdot 0,04 = 0,007 \text{ мм}$$

$$F_c = S_z \cdot L = 0,04 \cdot 60 = 2,4 \text{ мм}^2$$

$$F_k = K \cdot F_c = 2 \cdot 2,4 = 4,8 \text{ мм}^2$$

Для рівчака приймаємо: $t_p = 7 \text{ мм}$, $h = 2,3 \text{ мм}$, $b = 3,0 \text{ мм}$, $r = 1,25 \text{ мм}$,

$$F_k = 5,8 \text{ мм}^2.$$

$$t_k = (0,6 \dots 0,8) \cdot 7 = 4,2 \dots 5,6 \text{ мм}$$

Приймаємо $t_k = 5 \text{ мм}$.

					ГМ-17дб. БР 00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаючи нерівномірність кроку $\pm 0,4\text{мм}$, встановлюється, що з двох складних кроків один рівний $t_p + 0,4 = 7,4\text{мм}$, а наступний за ним крок $t_p - 0,4 = 6,6\text{мм}$.

$$z_i = \frac{60}{7} = 9$$

$$z_{i\max} = 9 + 1 = 10$$

Діаметр різальних зубців:

$$D_1 = 38,6\text{мм}$$

$$D_8 = 39,12\text{мм}$$

$$D_{15} = 39,68\text{мм}$$

$$D_2 = 38,64\text{мм}$$

$$D_9 = 39,2\text{мм}$$

$$D_{16} = 39,76\text{мм}$$

$$D_3 = 38,72\text{мм}$$

$$D_{10} = 39,28\text{мм}$$

$$D_{17} = 39,84\text{мм}$$

$$D_4 = 38,8\text{мм}$$

$$D_{11} = 39,36\text{мм}$$

$$D_{18} = 39,92\text{мм}$$

$$D_5 = 38,88\text{мм}$$

$$D_{12} = 39,44\text{мм}$$

$$D_{31} = 39,994\text{мм}$$

$$D_6 = 38,96\text{мм}$$

$$D_{13} = 39,52\text{мм}$$

$$D_{32} = 39,966\text{мм}$$

$$D_7 = 39,04\text{мм}$$

$$D_{14} = 39,6\text{мм}$$

$$D_{33} = 39,94\text{мм}$$

Таблиця 2

Різальні																		Колібруючі								Загострювальні <i>i</i>		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3
38,6	38,64	38,72	38,8	38,88	38,96	39,04	39,12	39,2	39,28	39,36	39,44	39,52	39,6	39,68	39,76	39,84	39,92	40,02	40,02	40,02	40,02	40,02	40,02	40,02	40,02	39,94	39,966	39,994

19. Визначення сили різання при протягуванні

$$P_z = 9,81 \cdot 300 \cdot 0,04^{0,73} \cdot 40 \cdot 7 \cdot 1,1 \cdot 1 = 86465,88\text{Н} = 86,465\text{кН}$$

					ГМ-17дб. БР 00.000 ПЗ							Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								13

20. Розрахунок протяжки на міцність виконується з умови [5, с.135]:

$$\sigma_p = \frac{P_{\max}}{F} \leq [\sigma_p],$$

$$F = \frac{\pi(D_0 - 2h_0)^2}{2} = \frac{\pi(38,6 - 2 \cdot 2,3)^2}{2} = 1815,84 \text{ мм}^2$$

$[\sigma_p] = 350 \text{ МПа}$ для сталі Р18

$$\sigma_p = \frac{98000}{1815,84} = 53,97 \text{ МПа} < [\sigma_p]$$

Умова виконується.

21. Визначення напруження по хвостовику

$$\sigma_p = \frac{P_{\max}}{F} \leq [\sigma_p],$$

$$F = \frac{\pi d_2^2}{4} = \frac{\pi \cdot 28^2}{4} = 9852,03 \text{ мм}^2$$

$[\sigma_p] = 300 \text{ МПа}$ для сталі 40Х

$$\sigma_p = \frac{98000}{9852,03} = 9,94 \text{ МПа} < [\sigma_p]$$

Умова виконується.

22. Розрахунок хвостовика на зминання

$$\sigma_{cm} = \frac{P_{z \max}}{F_1} \leq [\sigma_{cm}]$$

$$F_1 = \frac{\pi(d_1^2 - d_2^2)}{4} = \frac{\pi(36^2 - 28^2)}{4} = 402,124 \text{ мм}^2$$

$$[\sigma_{cm}] = 600 \text{ МПа}$$

$$\sigma_p = \frac{86465,88}{402,124} = 215,02 \text{ МПа} < [\sigma_{cm}]$$

Умова виконується.

					ГМ-17дб. БР 00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

23. Граничні відхилення на основні елементи протяжки та інші технічні умови вибираються згідно з ГОСТ 9126-76* [Додаток 1].

Центрові отвори на виготовлення протяжок виконуються згідно з ГОСТ 14034-74* форма В [3, с.578, П2], [Додаток 1].

2. Оптимізація параметрів конструкції протяжки методом лінійного програмування

Вихідні данні:

1. Оброблювана деталь – СЧ10 НВ95.

Діаметр $D = 40H7$

Довжина протягування $l = 60\text{мм}$

Діаметр попереднього отвору $D_0 = 38,6\text{мм}$

2. Протяжний верстат

Модель 7Б510

Максимальне тягове зусилля $Q_{\max} = 98\text{кН}$

3. Протяжка зварна

Матеріал хвостовика – 40Х; $[\sigma]_x = 300\text{МПа}$

Площа небезпечного перерізу хвостовика $F = 615,44\text{мм}^2$

Діаметр небезпечного перерізу хвостовика $d = 28\text{мм}$

Матеріал різальної частини – Р18; $[\sigma]_B = 350\text{МПа}$

Площа небезпечного перерізу різальної частини $F = 1815,84\text{мм}^2$

Діаметр небезпечного перерізу різальної частини $d = 34\text{мм}$

Для профільної схеми різання орієнтовно приймаємо:

$t_{\min} = 5\text{мм}$, $[z_{\min}] = 2$; $[z_{\max}] = 10$; $S_{z_{\min}} = 0,015\text{мм}$; $K_{\min} = 2$.

					ГМ-17дб. БР 00.000 ПЗ		
Змн.	Лист	№ докum.	Підпис	Дата			
Розроб.		Овчаренко				Літ.	Арк.
Перевір.		Кроль				у	І
Реценз.							7
Н. контр.					СНУ ім. В.Даля		
Затверд.		Соколов			Кафедра «МІМ»		
Оптимізація параметрів конструкції протяжки методом лінійного програмування							

Рішення

Основними конструктивними параметрами різальної частини є:

- підйом на зуб S_z ;
- крок t ;
- висота h стружкових рівчаків.

Для $z_c = 1$ для профільної схеми різання лінійне програмування дозволяє визначити для заданих розміру та матеріалу деталі оптимальні значення S_z , t і h , котрі враховують одночасно усі фактори та вимоги.

На практиці для аналізу моделей зазвичай використовують графічний спосіб, котрий передбачає кількість оптимізовуваних параметрів не більше 2.

За для цього приймаємо співвідношення $h = 0,4t$ для основної форми стружкового рівчака з криволінійною спинкою та $h = 0,35t$ для дрібного стружкового рівчака з прямою спинкою.

Таким чином кількість оптимізовуваних параметрів скорочується до двох основних – S_z , t .

За критерій оптимізації приймаємо найменшу можливу довжину протяжки, тому що зі зменшенням довжини, зменшується вартість інструменту внаслідок економії дорогого інструментального матеріалу та збільшує продуктивність простягання.

					ГМ–17дб. БР 00.000 ПЗ	Арк.
						1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

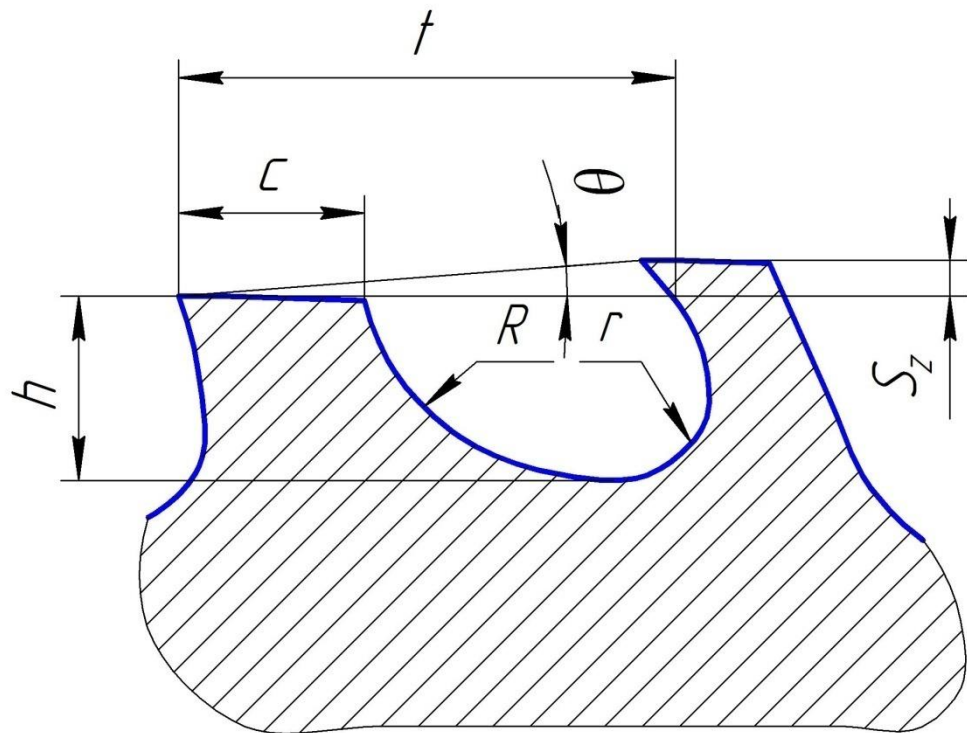


Рис. 2.1. Різальна частина протяжки

Згідно приведеної схеми видно, що довжина різальної частини протяжки непрямым чином залежить від кута θ нахилу твірної конуса, на котрій розташовується різальні пруги.

Чим більше кут θ , тим менше крок і відповідно коротше різальна частина протяжки. Ця умова може бути записана у вигляді цільової функції оптимізації:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{S_z}{t} \rightarrow \max$$

Отже визначення оптимального рішення для заданої цільової функції зводиться к знаходження такого поєднання, при котрому забезпечується мінімальний розмір різальної частини протяжки у рамках заданих обмежень.

Таким чином оптимізаційну математичну модель параметрів конструкції циліндричної протяжки запишемо у наступному вигляді:

$$\Phi = \frac{S_z}{t} \rightarrow \max$$

Формування системи технічних обмежень

									Арк.
									2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Обмеження 1. По допустимому тяговому зусиллю протяжного верстата

$$P_z \leq [Q]$$

$$[Q] = 0,85Q_{\max}$$

$$P_z = 9,81C_p S_z^x D z_{\max} K_p \leq 0,85Q_{\max},$$

де C_p – постійний коефіцієнт.

$$C_p = 300 \text{ [5, с.127, табл. 25]},$$

$$x = 0,73 \text{ [5, с.127, табл.25]};$$

$$K_p = K_\gamma K_c K_u = 1,1 \text{ [5, с.127, табл.26]};$$

$$z_{\max} = \frac{l_3}{t} + 1$$

Для перетворення математичної моделі в лінійний вигляд значення z_{\max} зручно представити у вигляді експериментальної ступеневої залежності, котра була знайдена методом найменших квадратів.

$$z_{\max} = 1,7l_3^{0,79} t^{-0,79}$$

$$9,81 \cdot 1,7C_p S_z^x D l_3^{0,79} t^{-0,79} \cdot K_p \leq 0,85Q_{\max}$$

Для зручності введемо позначення:

$$T = 9,81 \cdot 1,7C_p D K_p l_3^{0,79} = 9,81 \cdot 1,7 \cdot 300 \cdot 40 \cdot 1,1 \cdot 60^{0,79} = 5590251,5$$

$$T S_z^x t^{-0,79} \leq 0,85Q_{\max}$$

Вирішуємо нерівність відносно подачі S_z та кроку t .

$$S_z^x t^{-0,79} \leq \frac{0,85Q_{\max}}{T}$$

$$S_z^{0,73} t^{-0,19} \leq \frac{0,85 \cdot 98000}{5590251,5} = 0,0149$$

Обмеження 2. За міцністю небезпечного перерізу хвостовика протяжки

$$P_z \leq [\sigma]_x F_x$$

$$F_x = \frac{\pi D_{x\min}}{4}$$

					ГМ–17дб. БР 00.000 ПЗ	Арк. 3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_z^{0,73} t^{-0,79} \leq \frac{[\sigma]_x F_x}{T} = \frac{[\sigma]_x \pi D_{x \min}^2}{4T}$$

$$S_z^{0,73} t^{-0,79} \leq \frac{300 \cdot \pi \cdot 28^2}{4 \cdot 5590251,5} = 0,03304$$

Обмеження 3. За міцністю небезпечного перерізу робочої частини протяжки

$$P_z \leq [\sigma]_p F_p$$

$$TS_z^x t^{-0,79} \leq [\sigma]_p \pi R_p^2$$

$$R_p = R_0 - h,$$

де R_0 – радіус попереднього отвору; h – висота стружкового рівчача.

Для зручності представимо цю величину у вигляді експериментальної ступеневої залежності, котра була знайдена методом найменших квадратів.

$$R_p = 0,48 R_0^{1,3} h^{-0,3} = 0,48 R_0^{1,3} k^{-0,3} t^{-0,3}$$

$$TS_z^x t^{-0,79} \leq [\sigma]_p \pi \cdot 0,48^2 R_0^{2,6} k^{-0,6} t^{-0,6}$$

$$S_z^{0,73} t^{-0,19} \leq \frac{0,48^2 \pi [\sigma]_p R_0^{2,6}}{T k^{0,6}} = \frac{0,48^2 \cdot \pi \cdot 350 \cdot 19,3^{2,6}}{5590251,5 \cdot 0,35^{0,6}} = 0,187$$

Обмеження 4. За ступенем заповнення стружкового рівчача

$$\frac{\pi h^2}{4 S_z l_3} \geq K_{\min}$$

$$\frac{\pi k^2 t^2}{4 S_z l_3} \geq K_{\min}$$

$$S_z^{-1} t^2 \geq \frac{4 l_3 K_{\min}}{\pi k^2} = \frac{4 \cdot 60 \cdot 2}{\pi \cdot 0,35^2} = 1247,26$$

Обмеження 5. За ступенем стійкості заготівлі на протяжці

$$\frac{l_3}{t} \geq [z_{\min}]$$

$$t^{-1} \geq \frac{[z_{\min}]}{l_3} = \frac{2}{60} = 0,033$$

					ГМ-17дб. БР 00.000 ПЗ	Арк. 4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обмеження 6. За ступенем плавності роботи протяжки

$$\frac{l_3}{t} \leq [z_{\max}]$$

$$t^{-1} \leq \frac{[z_{\max}]}{l_3} = \frac{10}{60} = 0,167$$

Обмеження 7. По обліку можливості та величини запасу на переточування різальних зубців протяжки

$$t \geq t_{\min} = 5 \text{ мм}$$

Обмеження 8. За твердістю протяжки

$$h \leq 0,17D$$

$$kt \leq 0,17D$$

$$t \leq \frac{0,17D}{k} = \frac{0,17 \cdot 40}{0,35} = 19,43$$

Обмеження 9. За технологічністю виготовлення протяжки

$$S_z \geq S_{z\min} = 0,015$$

Розробка та побудова математичної моделі

Оптимізація параметрів конструкції протяжки з використанням основних положень лінійного програмування передбачає перетворення усіх нерівностей в систему технічних обмежень і рівняння цільової функції у лінійні форми шляхом логарифмування.

З цієї ціллю приймемо наступні позначення:

$$z = \lg \Phi,$$

$$x_1 = \lg S'_z = \lg(100S_z)$$

$$x_2 = \lg t$$

					ГМ-17дб. БР 00.000 ПЗ	Арк. 5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після логарифмування усіх отриманих вище виразів отримаємо загальну лінійну оптимізаційну модель конструкції протяжки.

Максимізуємо цільову функцію:

$$z = x_1 - x_2 - 2 \rightarrow \max$$

$$\Phi = S_z t^{-1}$$

$$\lg \Phi = \lg 100 S_z \lg t^{-1} \lg 100^{-1}$$

При виконанні обмежень:

$$y_1: -0,73x_1 + 0,79x_2 + 0,17 \geq 0;$$

$$y_2: -0,73x_1 + 0,79x_2 + 0,52 \geq 0;$$

$$y_3: -0,73x_1 + 0,19x_2 + 1,27 \geq 0;$$

$$y_4: -x_1 + 2x_2 + 1,1 \geq 0;$$

$$y_5: -x_2 + 1,48 \geq 0;$$

$$y_6: x_2 - 0,78 \geq 0;$$

$$y_7: x_2 - 0,7 \geq 0;$$

$$y_8: -x_2 + 1,29 \geq 0;$$

$$y_9: x_1 - 0,18 \geq 0;$$

					ГМ-17дб. БР 00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

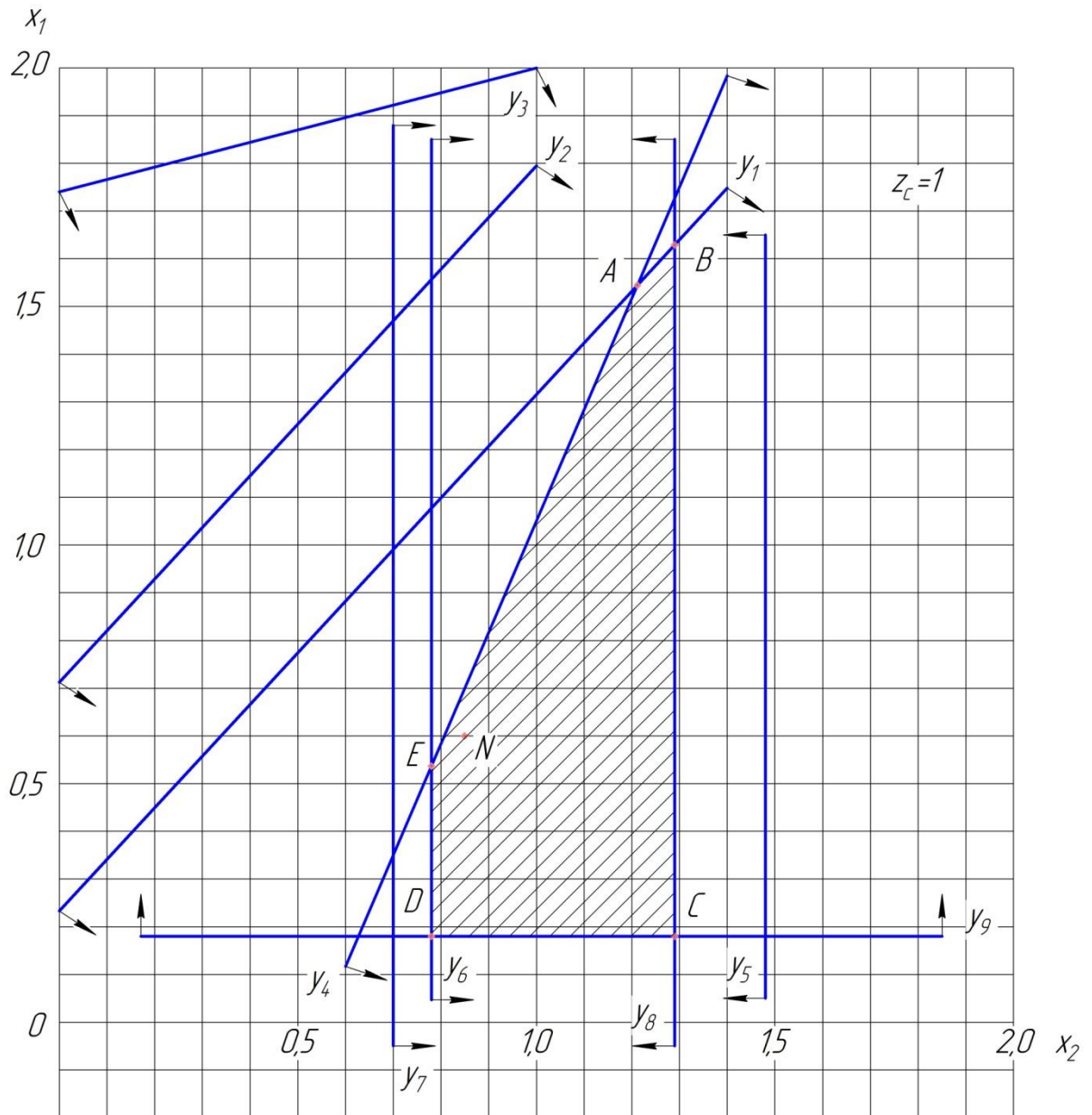


Рис. 2.2. Геометрична інтерпретація математичної моделі

Геометрична інтерпретація моделі протяжки приведена на рисунку 2. Усі обмеження-нерівності зображені прямими лініями, стрілки котрих вказують напрям області рішення нерівності. Областю допустимих рішень усієї системи нерівностей є заштрихований багатокутник ABCDE, будь-яка точка усередині та на межі котрого дає допустимі значення S_z та t , котрі задовольняють встановленим обмеженням. Оптимальні значення S_z та t досягаються завжди в одній з вершин багатокутника рішення, де значення x_1 та x_2 забезпечують максимум цільової функції.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

У даному випадку це вершина Е. Після потенціювання її координат отримуємо значення $S_z = 0,03\text{мм}$, $t = 6\text{мм}$.

Для порівняння визначаємо довжину робочої частини з вираження:

$$l_{p.ч.} = l_p + l_{зач} + l_{кол},$$

$$\text{де } l_p = z_p t = \left(\frac{D - D_0}{2S_z} + 2 \right) t = \left(\frac{40 - 36,8}{2 \cdot 0,03} + 2 \right) \cdot 6 = 332\text{мм};$$

$$l_{зач} = z_{зач} t = 3 \cdot 6 = 18\text{мм};$$

$$l_{кол} = z_{кол} \cdot (0,6 \dots 0,8) t = 8 \cdot (0,6 \dots 0,8) \cdot 6 = 28,8 \dots 38,4\text{мм}.$$

Таким чином довжина робочої частини дорівнює:

$$l_{p.ч.} = 332 + 18 + 38 = 388\text{мм}.$$

Протяжка, котра була спроектована традиційним засобом для тих самих вихідних даних (див. розрахунок) має параметри $S_z = 0,04\text{мм}$, $t = 7\text{мм}$ і довжину робочої частини $l_{p.ч.} = 317\text{мм}$, що на 12% менше оптимального значення. Таким чином можна зробити висновок, що традиційний розрахунок є кращим за оптимізаційний.

Точка N, котра відповідає координатам параметрів S_z та t , розміщується усередині багатокутника рішень і є допустима, але не оптимальна.

В результаті розрахунків було встановлено, що оптимальні параметри протяжки забезпечують її твердість, технологічність її виготовлення, плавність роботи, повністю використовує силові можливості верстата та найбільш ефективно враховує об'єм стружкового ривчака при заповненні її стружкою.

3. Розрахунок довбача для нарізання зубців прямозубих коліс

Довб'яки діляться на дискові, чашкоподібні, втулкові і хвостові.

Довбачем нарізаються як кореговані, так і некореговані зубчасті колеса при умові співпадіння вихідних контурів довбача і нарізуваного колеса. Вихідний переріз стандартного довбача у зачепленні з некоригованим колесом утворює нульову передачу; при цьому початкове і ділильне коло співпадають. Відстань від передньої поверхні нового довбача до вихідного перетину вважається позитивною вихідною відстанню(зміщенням).

Завдання

Спроекувати довбач для нарізання зубців прямозубих коліс.

Вихідні дані

$\alpha = 20^\circ$, модуль $m = 3\text{мм}$, число зубців нарізуваного колеса $z_2 = 78$, число зубців шестерні $z_1 = 26$, матеріал заготовки – Сталь 40Х, модель верстата – 5А122, виробництво - крупносерійне.

Рішення

1. Визначення діаметрів ділильних кіл шестерні і колеса:

$$d_1 = m \cdot z_1 = 3 \cdot 26 = 78\text{мм};$$

$$d_2 = m \cdot z_2 = 3 \cdot 78 = 234\text{мм}.$$

2. Визначення діаметрів вершин кіл шестерні і колеса:

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 78 + 2 \cdot 3 = 84\text{мм};$$

					ГМ–17дб. БР 00.000 ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Овчаренко				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Кроль				У	І	4
Реценз.					СНУ ім. В.Даля		
Н. контр.					Кафедра «МІМ»		
Затверд.	Соколов				Розрахунок довбача для нарізання зубців прямозубих коліс		

$$d_{a2} = d_2 + 2m = 234 + 2 \cdot 3 = 240 \text{ мм} .$$

3. Визначення діаметрів кіл западин шестерні і колеса:

$$d_{f1} = d_1 - 2,5m = 78 - 2,5 \cdot 3 = 70,5 \text{ мм} ;$$

$$d_{f2} = d_2 - 2,5m = 234 - 2,5 \cdot 3 = 226,5 \text{ мм} .$$

4. Визначення міжосьової відстані:

$$a = \frac{1}{2}(d_1 + d_2) = \frac{1}{2}(78 + 234) = 156 \text{ мм} .$$

Оскільки $x_1 = x_2 = 0$, то $\alpha = \alpha_w$ і $a = a_w = 156 \text{ мм} .$

5. Визначення діаметрів основних кіл:

$$d_{b1} = d_1 \cos \alpha = 78 \cdot \cos 20^\circ = 73,296 \text{ мм} ;$$

$$d_{b2} = d_2 \cos \alpha = 234 \cdot \cos 20^\circ = 219,888 \text{ мм} .$$

6. Визначення найбільшого радіусу кривини профіля зуба колеса, що нарізується:

$$S_{z \max} = \frac{\sqrt{d_{a2}^2 - d_{b2}^2}}{2} \frac{\sqrt{240 - 219,888}}{2} = 48,087 \text{ мм} .$$

7. Визначення радіусу кривини в точці початку активної частини профіля зуба колеса, що нарізується:

$$S_z = a \cdot \sin \alpha - \frac{\sqrt{d_{a1}^2 - d_{b1}^2}}{2} = 156 \cdot \sin 20^\circ - \frac{\sqrt{84 - 73,296}}{2} = 32,839 \text{ мм} .$$

8. Визначення торцевих кутів профіля:

$$\text{tg} \alpha_z = \frac{\text{tg} \alpha}{\cos \beta_0} \leq \text{tg} \alpha, \text{ оскільки } \beta = 0 :$$

$$m = \frac{m}{\cos \beta_0} = m = 3 \text{ мм} .$$

					ГМ-17дб. БР 00.000 ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha_z = 20^\circ.$$

9. Визначення товщини зуба:

$$S_1 = \frac{P}{2} = \frac{\pi m}{2} = \frac{\pi \cdot 3}{2} = 4,712 \text{ мм}.$$

10. Визначення вихідних розмірів довбача.

10.1. Число зубців:

$$Z_\partial = \frac{D_t}{m},$$

де D_t – номінальний діаметр довб'яка.

$$D_t = z_1 m = 26 \cdot 3 = 78 \text{ мм}.$$

10.2. Геометричні параметри різальної частини:

- кут зачеплення $\alpha_\partial = 20^\circ$;
- задній кут $\alpha_B = 6^\circ$;
- передній кут $\gamma = 5^\circ$;
- бокові задні кути:

-в перерізі ділильним циліндром:

$$\alpha_\partial = \arctg(\tg \alpha_B \cdot \tg \alpha_\partial) = \arctg(\tg 6^\circ \cdot \tg 20^\circ) = 2,191^\circ;$$

-на основному циліндрі:

$$\alpha_{\partial N} = \arctg(\tg \alpha_B \cdot \sin \alpha_\partial) = \arctg(\tg 6^\circ \cdot \sin 20^\circ) = 2,059^\circ.$$

10.3. Оскільки кількість зубців $z = 26$, а відповідно і ділильний діаметр $d_1 = 78 \text{ мм}$, є нерекомендованими, то допустиме зміщення передньої площини від початкового перерізу вибираємо для кількості зубців $z = 25$ згідно ГОСТ 9323-79, а отже $A = 4,3 \text{ мм}$.

10.4. Розміри зуба довб'яка у розрахунковому перерізі:

- висота головки зуба $h' = 1,25m = 1,25 \cdot 3 = 3,75 \text{ мм}$;
- висота ніжки зуба $h'' = 1,25m = 1,25 \cdot 3 = 3,75 \text{ мм}$;
- загальна висота $h = h' + h'' = 3,75 + 3,75 = 7,5 \text{ мм}$.

					ГМ-17дб. БР 00.000 ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10.5. Діаметр виступів довб'яка:

$$d_a = d_o + 2h' + 2A \operatorname{tg} \alpha_B = 78 + 2 \cdot 3,75 + 2 \cdot 4,3 \cdot \operatorname{tg} 6^\circ = 86,404 \text{ мм} .$$

10.6. Діаметр западин довб'яка:

$$d_f = d_o - 2h' + 2A \operatorname{tg} \alpha_B = 78 - 2 \cdot 3,75 + 2 \cdot 4,3 \cdot \operatorname{tg} 6^\circ = 71,404 \text{ мм} .$$

10.7. Товщина зуба по дузі ділильного кола на відстані а від розрахункового перетину:

$$S_{\partial 0} = \frac{\pi m}{2} + 2A \cdot \operatorname{tg} \alpha_o + \Delta S ,$$

де ΔS приймаємо за ГОСТ 9323-79,

$$\Delta S = 0,15 ;$$

$$S_{\partial 0} = \frac{\pi \cdot 3}{2} + 2 \cdot 4,3 \cdot \operatorname{tg} 2,191^\circ + 0,15 = 5,191 \text{ мм} .$$

					ГМ-17дб. БР 00.000 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Охорона праці

Робота на довбальних верстатах може супроводжуватися наявністю ряду шкідливих і небезпечних виробничих факторів, у тому числі:

- електричний струм;
- дрібна стружка й аерозолі мастильно-охолодної рідини;
- шматочки металу , що відлітають;
- висока температура поверхні оброблюваних деталей і інструмента;
- підвищений рівень вібрації;
- машини, що рухаються, і механізми, що пересуваються вироби, заготівлі, матеріали;
- недостатня освітленість робочої зони, підвищена пульсація світлового потоку.

Загальні вимоги безпеки

1. До самостійної роботи на довбальних верстатах допускається навчений персонал, що пройшов медичний огляд, інструктаж з охорони праці на робочому місці, ознайомлений з правилами пожежної безпеки й котрий усвоїв безпечні прийоми роботи.

2. Робочому дозволяється працювати тільки на верстатах, до яких він допущений, і виконувати роботу, що доручена йому керівником цеху (ділянки).

3. Робітник, що обслуговує довбальні верстати, повинен мати: костюм бавовняний або напівкомбінезон, окуляри захисні, черевики юхтові.

					ГМ-17дб. БР 00.000 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Овчаренко			<i>Охорона праці</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Кроль				у	1	6
<i>Реценз.</i>						СНУ ім. В.Даля		
<i>Н. контр.</i>						Кафедра «МІМ»		
<i>Затверд.</i>		Соколов						

4. Якщо підлога слизька (облита маслом, емульсією), робітник зобов'язаний зажадати, щоб його посипали ошурками, або зробити це самому.

5. Робітнику забороняється:

- працювати при відсутності на підлозі під ногами дерев'яної ґрати по довжині верстата, що виключає влучення взуття між рейками й стружки, що забезпечує вільне проходження;
- працювати на верстаті з обірваним заземлюючим проводом, а також при відсутності або несправності блокувальних пристроїв;
- стояти й проходити під піднятим вантажем;
- проходити в місцях, не призначених для проходу людей;
- заходити без дозволу за огороження технологічного устаткування;
- знімати огороження небезпечних зон працюючого встаткування;
- мити руки в емульсії, маслі, гасі й витирати їх обтиральними кінцями, забрудненими стружкою.

6. Про будь-який нещасний випадок негайно доповісти майстру й звернутися в медичний пункт.

Вимоги безпеки перед початком роботи

1. Перед початком роботи робітник зобов'язаний:

- прийняти верстат від змінника: перевірити, чи добре прибрані верстат і робоче місце. Не приступати до роботи до усунення виявлених недоліків;
- надягти спецодяг, застебнути рукави й куртку, надягти головний убір;
- перевірити наявність і справність захисного екрана й захисних окулярів, запобіжних пристроїв захисту від стружки й охолодних рідин;
- відрегулювати місцеве висвітлення так, щоб робоча зона була досить освітлена й світло не зліпило ока;

					ГМ–17дб. БР 00.000 ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- перевірити наявність змащення верстата. При змащенні користуватися тільки спеціальними пристосуваннями;
- перевірити на холостому ході верстата:
 - а) справність органів керування;
 - б) справність системи змащення й охолодження;
 - в) справність фіксації важелів включення й перемикачів.

2. Робітнику забороняється:

- працювати в тапочках, сандаліях, босоніжках і т.п.;
- застосовувати несправний і неправильно заточений інструмент і пристосування;
- доторкатися до струмоведучих частин електроустаткування, відкривати дверцята електрошаф. Якщо буде потреба звертатися до електрика.

Вимоги безпеки під час роботи

1. Під час роботи робітник зобов'язаний:

- перед установкою на верстат оброблюваної деталі й пристосування очистити їх від стружки й масла. Ретельно очистити дотичні базові й кріпильні поверхні, щоб забезпечити правильну установку й міцність кріплення;
- установку й зняття важких деталей і пристосувань робити тільки за допомогою вантажопідійомних засобів;
- подані на обробку й оброблені деталі укладати стійко на підкладні;
- перевірити справність різцетримної голівки;
- перевірити правильність заточення різця й відсутності на ньому тріщин і надламів;

					ГМ-17дб. БР 00.000 ПЗ	Арк. 4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- надійно й жорстко закріплювати оброблювані деталі на столі верстата. Кріплення робити спеціальними кріпильними пристосуваннями (упорами, притискними планками й ін.). Упори ставити так, щоб вони сприймали зусилля різання;
- при перерві в подачі електроенергії негайно виключити електроустаткування верстата;
- при виникненні вібрації зупинити верстат. Перевірити кріплення заготівлі, різального інструменту й пристосувань, вжити заходів до усунення вібрації;
- для видалення стружки від верстата використовувати щітки й шкребки;
- не допускати прибиральницю до збирання верстата під час його роботи;
- зупинити верстат і виключити електроустаткування в наступних випадках:
 - а) ідучи від верстата навіть на короткий час;
 - б) тимчасового припинення роботи;
 - в) при збиранні, змащенні, чищенні верстата;
 - г) при виявленні якої-небудь несправності;
 - д) при підтягуванні болтів, гайок і інших кріпильних деталей;
- стежити за правильною й міцною установкою противаг і огорожень;
- при довбанні в упор, закріплюючи деталь, стежити за тим, щоб був достатній вихід для різця й стружки;
- застосовувати тільки справні гайкові ключі, що відповідають розмірам гайок і голівок болтів;
- регулювання й кріплення кулачків обмежника ходу роботи тільки після вимикання верстата й припинення руху його частин.

2. Під час роботи на верстаті забороняється:

					ГМ–17дб. БР 00.000 ПЗ	Арк. 5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- працювати на верстаті в рукавицях або рукавичках, а також з забинтованими пальцями без гумових напальчників;
- обрати й подавати через працюючий верстат які-небудь предмети, підтягувати гайки, болти й інші сполучні деталі верстата;
- обдувати стисненим повітрям зі шланга оброблювану деталь;
- прохолоджувати інструмент за допомогою ганчірок;
- працювати на несправному й де не має необхідних огорожень верстаті;
- під час роботи верстата відкривати й знімати огороження й запобіжні пристрої;
- перебувати між деталлю й верстатом при установці деталі вантажопідйомним краном;
- видаляти стружку безпосередньо руками;
- залишати ключі, пристосування й інший інструмент на працюючому верстаті.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

1. У випадку поломки верстата, відмови в роботі пульта керування відключити верстат і сповістити про це майстрові.

2. У випадку загоряння дрантя, устаткування або виникнення пожежі негайно відключити верстат, повідомити про те, що трапилося, адміністрації й іншим працівникам цеху й приступитися до ліквідації вогнища загоряння.

3. У випадку появи аварійної ситуації, небезпеки для свого здоров'я або здоров'я оточуючих людей відключити верстат, покинути небезпечну зону й повідомити про небезпеку безпосередньому керівникові.

Вимоги безпеки по закінченні роботи

Після закінчення робіт робітник зобов'язаний:

- виключити верстат і електродвигун;

					ГМ-17дб. БР 00.000 ПЗ	Арк. 6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- упорядкувати робоче місце;
- забрати з верстата стружку й металевий пил;
- очистити верстат від бруду;
- акуратно скласти заготовлі й інструмент на відведене місце;
- змазати тертьові частини верстата;
- здати верстат змінникові або майстрові й повідомити про всіх несправностях верстата;
- зняти спецодяг і повісити в шафу. Вимити себе й руки теплою водою з милом або прийняти душ.

					ГМ–17дб. БР 00.000 ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок

Під час виконання дипломного проекту перед виконавцем постало питання, як для конструкторів, виходячи з раціональних міркувань, розробити оптимальний варіант різального інструменту, для заданої заготовки. Під час проектування ми дотримувались рекомендацій, що під час різання повинна забезпечуватись задана точність деталі, інструмент повинен надійно кріпитися на верстаті і його геометрія повинна забезпечувати режими різання, які найбільше відповідають даним умовам виробництва. Вихідними даними для проектування служили робочі креслення деталі з нанесеними на них необхідними розмірами та відхилень, параметри верстату на яких відбувається закріплення і обробка заготовки.

В даному дипломному проекті були розглянуті циліндрична протяжка та прямозубий довбач. Розрахунки кожного з них не подібні один до одного. Також у них відмінні конструкція, призначення та умови різання. Але спільним у них є мета, якою задається конструктор: інструмент повинен бути не дорогим, універсальним, продуктивним та забезпечувати дотримання точних розмірів і якісної поверхні деталі.

					ГМ-17дб. БР 00.000 ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	Овчаренко				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>
<i>Перевір.</i>	Кроль				у	І	І
<i>Реценз.</i>					СНУ ім. В.Даля		
<i>Н. контр.</i>					Кафедра «МІМ»		
<i>Затверд.</i>	Соколов				<i>Висновок</i>		

Література

1. Иноземцев Г.Г. Проектирование металлорежущих инструментов. – М.: Машиностроение, 1984. – 272 с.
2. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов: Уч. Пособие для вузов по спец. 0501 / Под общ. ред. Г.Н. Кирсанова. – М.: Машиностроение, 1986. – 288 с.
3. Справочник инструментальщика-конструктора В.И. Климов, А.С. Лернер, М.Д. Пекарский и др. – М.: Машиностроение, 1958. – 608 с.
4. Н.А. Нефедов, К.А. Осипов. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. М.: Машиностроение, 1990. – 448 с.
5. Режущий инструмент: Лабораторный практикум Н.Н. Щегольков, Г.Н. Сахаров, О.Б. Арбузов и др.: Под ред. Н.Н. Щеголькова. М.: Машиностроение, 1985. – 167 с.
6. Кирсанов Г.Н., Арбузов О.Б. Боровой Ю.Л. и др. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов. – М.: Машиностроение, 1986. – 288 с.
7. Кроль О.С., Хмеловский Г.Л. оптимизация и управление процессом резания. – К.:УМКВО, 1990. – 140 с.
8. Кисилев В.Н., Плахотник В.А. Методические указания к курсовой работе «Расчет круглых и шпоночных протяжек». – Луганск: ВУГУ, 2000. – 37 с.
9. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К. Оптимизация в технике: в 2-х книгах. - М.: Мир, 1986. – Книга 1. – 348с.
10. Справочник инструментальщика под ред. И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко и др. – Л.: Машиностроение, 1987. – 846 с.
11. Зуховицкий С.Н., Авдеева Л.И. Линейное и выпуклое программирование. – М.: Наука, 1967. – 460 с.
12. Щеголев А.В. Проектирование протяжек. – Л.: Машгиз, 1960. – 352 с.

					ГМ-17дб. БР 00.000 ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Овчаренко				Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.	Кроль				у	1	2
Реценз.					Література		
Н. контр.					СНУ ім. В.Даля		
Затверд.	Соколов				Кафедра «МІМ»		

13. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию «Проектирование зуборезных долбяков с использованием системы «КОМПАС» по дисциплине «Прикладные программы в инженерном проектировании режущих инструментов» (для студентов специальностей 7.090203 «Металлорежущие станки и системы» и 7.090204 «Инструментальное производство») / Сост. О.С. Кроль, В.А. Плахотник, А.В. Мицык - Луганск: Изд-во Восточноукр. нац. ун-та им. В. Даля, 2011.- 47 с

					ГМ-17дб. БР 00.000 ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		