



Д. О. Дьомін

РІШЕННЯ ОПТИМІЗАЦІЙНИХ ЗАДАЧ В ДИПЛОМНОМУ ПРОЕКТУВАННІ МАГІСТРІВ ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ «ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА»

У статті описано застосування деяких методів оптимізації для визначення оцінки резервів ливарного виробництва, зокрема в напрямках пошуку шляхів ресурсозбереження в технології виготовлення виливків та вдосконалення конструктивних елементів вузлів ливарного обладнання. Використання таких методів може бути запропоновано в рамках дипломного проектування магістрів.

Ключові слова: оптимізація, технологія ливарного виробництва, обладнання ливарного виробництва.

1. Вступ

Добре відомо, що реальний промисловий технологічний процес описується великою кількістю змінних. Для формалізації опису процесу і вирішення задачі виявлення потенційних резервів виробництва за даними технологічного аудиту необхідне використання методів математичного моделювання та оптимізації, вибір яких обумовлений конкретною задачею дослідження. Якщо кількість вхідних змінних велика, то, як показано в роботах [1–4], може бути застосована інтелектуальна методологія дослідження великих систем (ІМІБС). Якщо кількість змінних велика, об'єм виборки для оцінювання параметрів математичних моделей, що описують процес, мала та дані — суть нечіткі числа, то ефективною є технологія штучної ортогоналізації в умовах малої виборки нечітких даних [5–8]. Оцінка потенційних резервів діючого виробництва при цьому може бути реалізована за рахунок оптимізації технологічних режимів на обладнанні, що експлуатується в цеху, або вдосконалення конструкції деталей машин відповідного обладнання без великих додаткових капітальних витрат.

Якщо ж мова йде про попередню оцінку потенційних резервів, коли для опису процесу достатньо обмежитися лише декількома вхідними змінними, можуть бути використані «класичні» методи моделювання та оптимізації. Володіння такими методами є обов'язковим для «нової категорії» випускників ВНЗ — магістрів, які, як інженери-дослідники, повинні вміти побудувати нескладну математичну модель технологічного процесу по 2–3 змінним та визначити оптимальний його параметри.

2. Постановка задачі

Ціллю статті є показати можливості застосування деяких методів оптимізації для виявлення оптимальних параметрів технологічних процесів ливарного виробництва та конструктивних параметрів деталей машин ливарного обладнання.

3. Об'єкт та методи дослідження

Об'єктом дослідження є деякі технологічні процеси та обладнання ливарного виробництва. Використані в статті приклади — результати досліджень, що виконувались в рамках дипломного проектування студентів кафедри ливарного виробництва Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». При виконанні цих робіт в якості інструментів дослідження використовувались методи моделювання та оптимізації, викладені в роботах [9–12].

4. Оптимізація технологічних процесів

В якості критеріїв оптимізації при дослідженні технологій виготовлення виливків в разових піщаних формах можуть бути обрані ресурсовитрати (вони мають бути мінімальними): величина припусків на механічну обробку, витрати формувальної суміші; або показники якості виливків: розмірна та геометрична точність, якість поверхні, міцність при розтягуванні, згині, твердість і т. ін. Вибір критерію оптимізації залежить від пріоритетних вимог в даному конкретному виробництві. Розглянемо можливість зниження витрат, що пов'язані з перевитратами металу внаслідок завищених припусків на механічну обробку. В цьому варіанті

ресурсозбереження при виготовленні виливків може бути досягнуто завдяки оптимізації припусків на механічну обробку. Для цього необхідний зворотний зв'язок між розробником та виробництвом. Внесення будь-яких змін до проекту технології ливарної форми повинне бути обґрунтоване завдяки промисловим дослідженням партії виливків, що виготовлені по розробленій технології. Для цього необхідно проведення розмірного аналізу виливків, побудова розмірних ланцюгів, встановлення

реальних факторів, що впливають на формування замикаючого ланцюгу — припуску, та реальної величини ливарної корочки, що поглинає «чорноти» на поверхні виливку. Тому для розробки ресурсозберігаючої технології треба використовувати аналітичний метод розрахунку припусків на основі розмірних ланцюгів.

Розглянемо одне з технологічних рішень по проектуванні ливарної форми для виготовлення виливку «шків» (рис. 1–4).

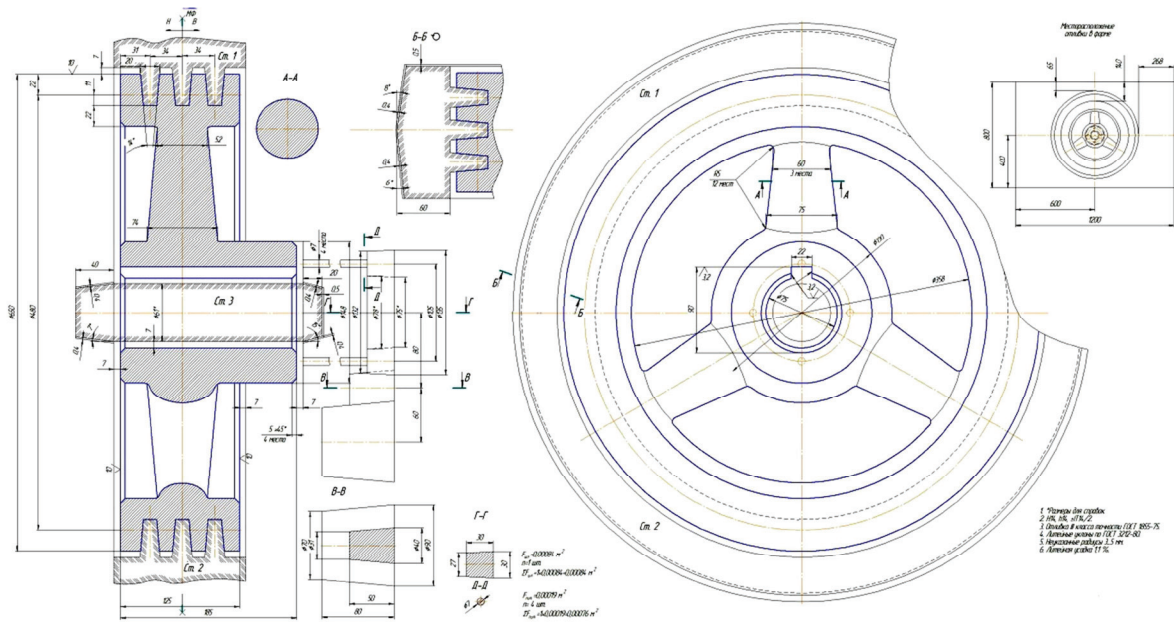


Рис. 1. Технологія виливку «шків»

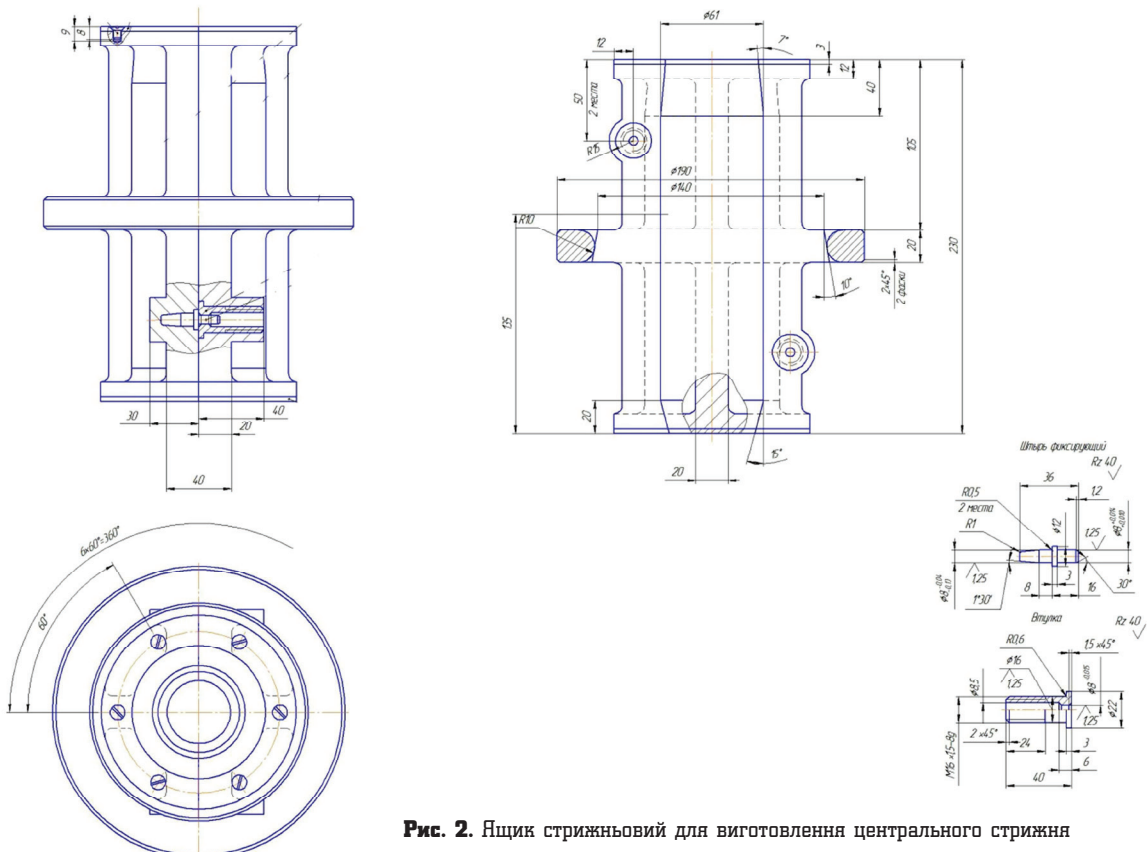


Рис. 2. Ящик стрижневий для виготовлення центрального стрижня

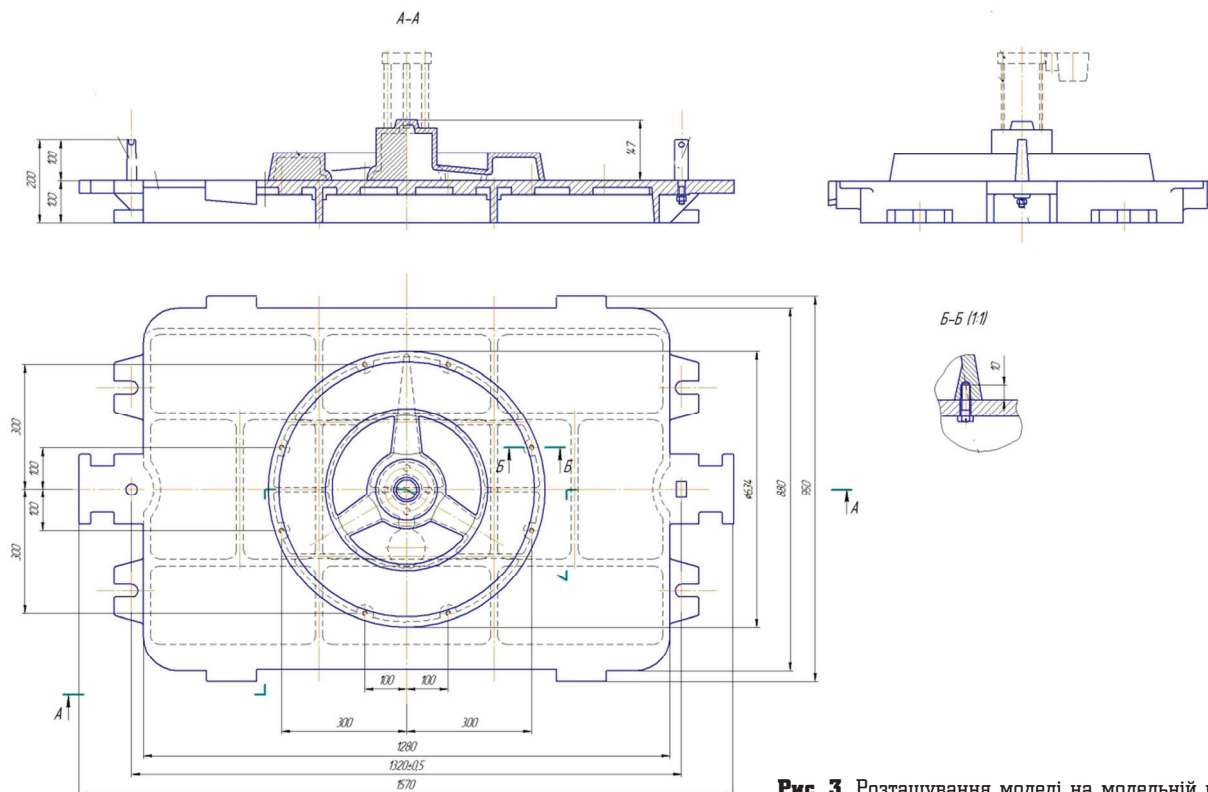


Рис. 3. Розташування моделі на модельній плиті

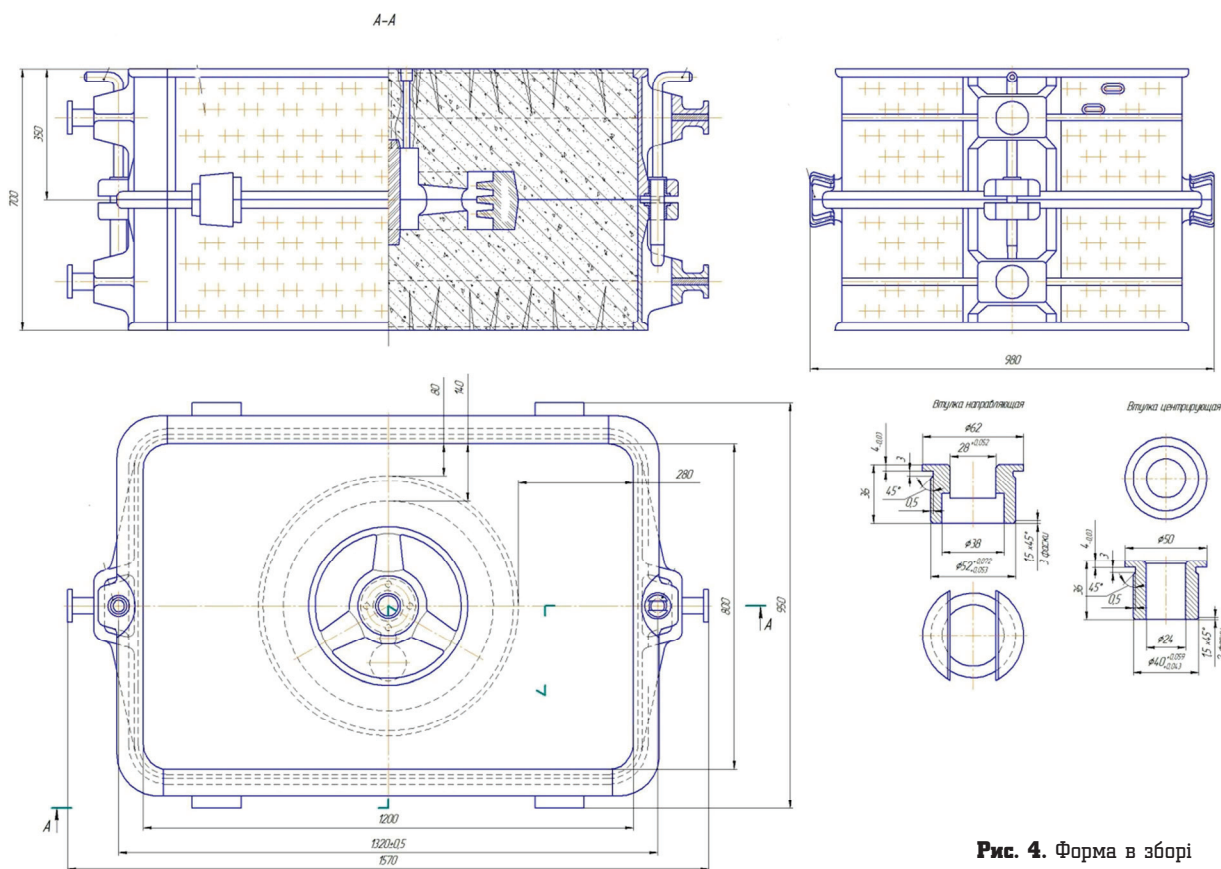


Рис. 4. Форма в зборі

В табл. 1 представлено результати замірів зовнішнього діаметру шківів з номінальним розміром 650 мм та припуском на радіус 7 мм, (він

був розрахований довідковим методом), що були отримані на партії відлитих шківів, а на рис. 5 — гістограму розподілу розміру.

Результати розмірного аналізу зовнішнього діаметру виливку «Шків»

Номер заміру																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Розмір, мм																			
664	668	662	662	663	669	669	670	664	665	666	667	663	669	667	663	662	663	666	665

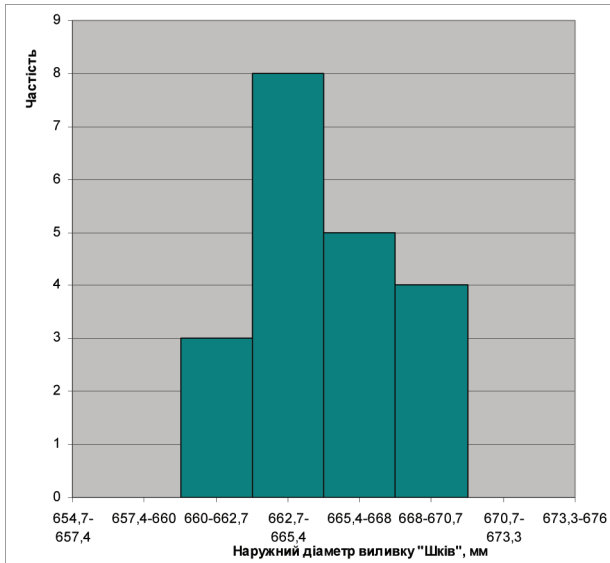


Рис. 5. Гістограма розподілу зовнішнього діаметру виливку «шків»

За результатами побудови гістограми розподілу визначаємо систематичну та випадкову погрішності, а також фактичне поле розсіювання розміру, що обумовлене величиною фактичної усадки та розштовхуванням моделі при протяжці напівформ. Результати розмірного аналізу приведені на рис. 6.

На рис. 7 приведено гістограму розподілу величини ливарної корочки, що поглинає «чорноти» на поверхні виливку. Результати, за якими побудована гістограма, отримані по даним заводських технологів.

Будуємо розмірний ланцюг відповідно до розміщення моделі на плиті.

В ланцюг входять наступні елементи: A_1 – усадка + форма, A_2 – модель, A_3 – модель-штир, A_4 – штир-втулка опоки, A_5 – втулка опоки-база, A_6 – розмір по деталі, A_Σ – припуск (рис. 8).

Розрахункові формули мають вигляд [13]:

$$k_\Sigma = 1 + 0,55 ((\Sigma_4)^{1/2} - (\Sigma_3)^{1/2})/\Sigma_2, \quad (1)$$

$$(\delta/2)_\Sigma = (\Sigma_4)^{1/2}/k_\Sigma, \quad (2)$$

$$\alpha_\Sigma = 0,59\Sigma_5/\Sigma_2, \quad (3)$$

$$\Delta_\Sigma = \Sigma_1 + \Sigma_5 - \alpha_\Sigma(\delta/2)_\Sigma, \quad (4)$$

$$BV_\Sigma = \Delta_\Sigma + (\delta/2)_\Sigma, \quad (5)$$

$$NB_\Sigma = \Delta_\Sigma - (\delta/2)_\Sigma, \quad (6)$$

$$ПМО = ПМО_{лк} - NB_\Sigma, \quad (7)$$

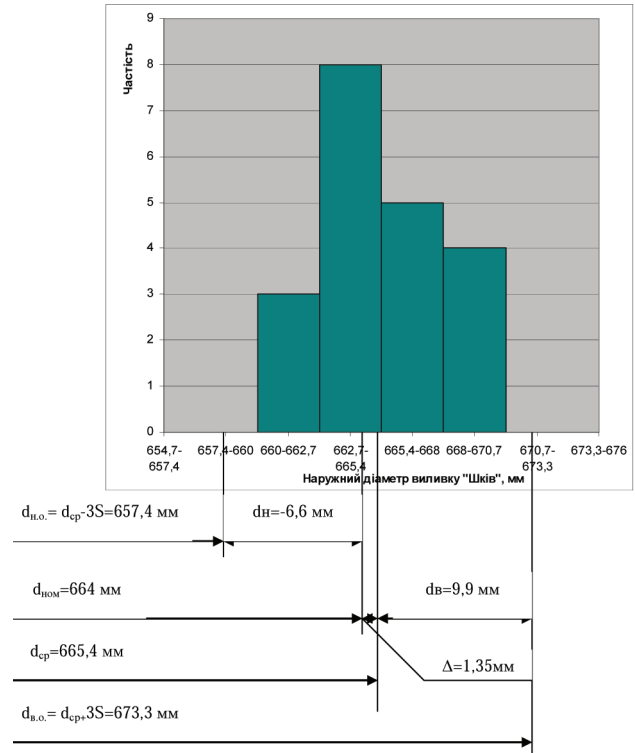


Рис. 6. Розмірний аналіз виливку «шків»

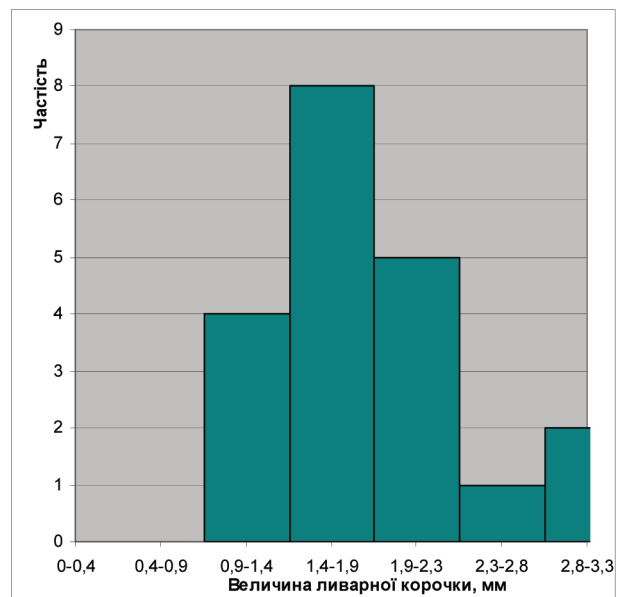


Рис. 7. Фактична величина ливарної корочки, що поглинає «чорноти» поверхні виливків

де j – передаточне відношення елемента ланцюга, Δ – координата середини поля допуску;

$\delta/2$ — половина поля допуска; κ — коефіцієнт розсіювання; α — коефіцієнт асиметрії елемента ланцюга; Σ_i — проміжна сума, $ВВ_{\Sigma}$ — верхнє відхилення замикаючої ланки (припуску на механічну обробку), $НВ_{\Sigma}$ — нижнє відхилення замикаючої ланки (припуску на механічну обробку), $ПМО_{лк}$ — припуск, що закладається в модельну

оснастку та дорівнює величині «ливарної корочки», $ПМО$ — припуск, що закладається в модельну оснастку.

Формуємо таблицю вихідних даних для проведення аналітичного розрахунку припусків. Розрахунок виконуємо табличним методом, результати розрахунків приводимо в табл. 2–3.

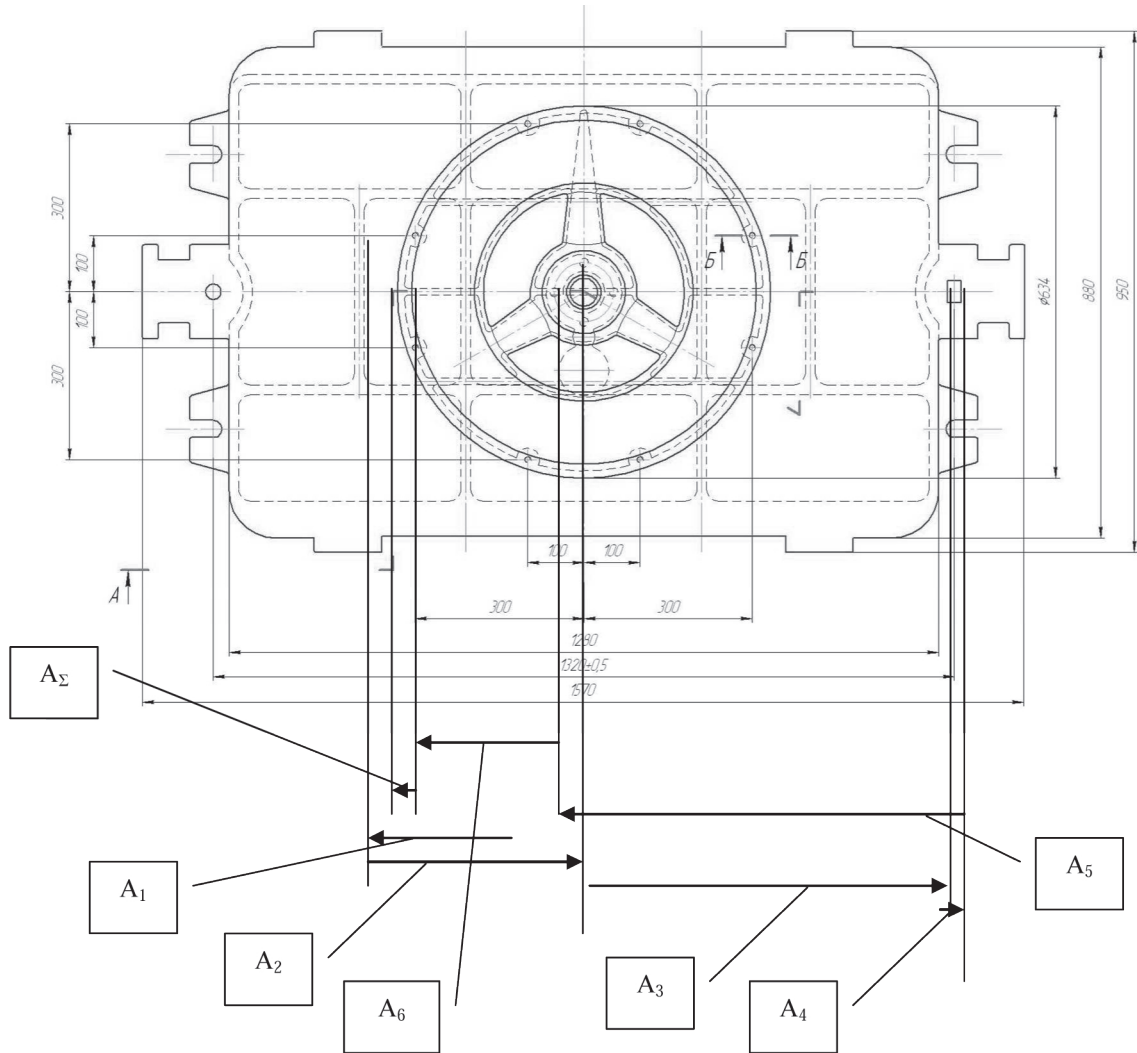


Рис. 8. Розмірний ланцюг

Таблиця 2

Розрахунок припусків

Ланцюг		Поле допуску	j	Δ	$\delta/2$	κ	α	Σ_1	Σ_2	Σ_3	Σ_4	Σ_5
Познач.	Шифр											
A1	У+Ф	4,65	-1	0,675	3,975	0,88	0	-0,675	3,975	15,80063	12,236	0
		-3,3										
A2	М	0,26	1	0,13	0,13	1,2	0,2	0,13	0,13	0,0169	0,024	0,026
		0										
A3	М-Ш	0,3	1	0	0,3	1,2	0,1	0	0,3	0,09	0,1296	0,03
		-0,3										
A4	Ш-0	0,08	1	0,055	0,025	1,73	0	0,055	0,025	0,0006	0,0019	0
		0,03										

Закінчення табл. 2

Ланцюг		Поле допуску	j	Δ	δ/2	κ	α	Σ ₁	Σ ₂	Σ ₃	Σ ₄	Σ ₅
Познач.	Шифр											
A5	0-Б	0,3	-1	0	0,3	1	0	0	0,3	0,09	0,09	0
		-0,3										
A6	MO	0,05	-1	0	0,05	1	0	0	0,05	0,0025	0,0025	0
		-0,05										
								-0,49	4,78	16,001	12,484	0,056

Таблиця 3

Результати розрахунків

κ _Σ	(δ/2) _Σ	α _Σ	Δ _Σ	ВВ _Σ	НВ _Σ	ПМО
0,871639	4,053644	0,006912	4,261981	8,315624	0,208337	3,091663

Таким чином, оптимальна величина припуску сягає 3,1 мм.

Порівнюємо фактичний та оптимальний припуск:

- фактичний по існуючому проекту 7 мм;
- оптимальний 3,1 мм.

Економія металу сягає:

$$\Delta G = \left(\frac{\pi D_{\text{ф}}^2}{4} \times h - \frac{\pi D_{\text{опт}}^2}{4} \times h \right) \times \gamma = \left(\frac{3,14 \times 0,664^2}{4} \times 0,185 - \frac{3,14 \times 0,6562^2}{4} \times 0,185 \right) \times 7200 = 10,77 \text{ кг.}$$

Таким чином, використання оптимального розрахунку припусків дозволяє отримувати якісну поверхню після механічної обробки і одночасно заощаджувати на кожному виливку 10,8 кг.

Для прийняття рішення щодо вибору варіанту технології по конкретному виливку може бути застосовано теорію статистичних ігор. При цьому вибір оптимального технологічного рішення може бути зведеним до вибору оптимальної стратегії в статистичній грі, в якій найкращим буде Байєсівська дія, що мінімізує втрати підприємства при реалізації того чи іншого варіанту технології виливку [14].

5. Оптимізація конструктивних параметрів обладнання

Розглянемо використання деяких методів моделювання та оптимізації конструктивних параметрів обладнання на прикладі відцентрових змішувачів для виготовлення формувальної та стрижнкової суміші.

Відцентрові змішувачі (рис. 9) мають нерухому чашу, ротор, закріплений на вертикальному

приводному валу. На ободі ротора під різними кутами до горизонту встановлені робочі плужки, а на кривошипних валах — катки з вертикальною віссю обертання. Циліндрова поверхня катків і внутрішні стінки чаші фанеровані гумою. При обертанні ротора катки відхиляються під дією відцентрової сили до борту чаші. Зазор між катками і чашею регулюється ексцентриками. У міру зносу гумового обода катків і облицювання чаші проводиться відповідний поворот ексцентриків для забезпечення необхідної величини зазору.

Привод змішувача складається з електродвигуна, що передає обертальний момент на зубчасту передачу через вал, та редуктора. Зубчаста передача складається з конічної косозубої передачі та циліндричної передачі.

Метою оптимізації конструктивних елементів є вибір оптимальних параметрів передачі «вал-шестерня — колесо» для конічної косозубої передачі за критеріями її мінімальних габаритних розмірів.

Методика проектування передачі та принципові розрахункові схеми для проектування зачеплення, що можуть бути використані, наведені, наприклад, в роботі [15] (рис. 10—14).

Конічна зубчаста передача, що проектується, є ортогональною, тому що кут між осями коліс складає 90°. Кути початкових конусів має вигляд:

$$\delta_{\omega 1} = \arctg \frac{1}{u_{12}} = \arctg \frac{z_1}{z_2}, \quad (8)$$

$$\delta_{\omega 1} = \arctg u_{12} = \arctg \frac{z_2}{z_1}. \quad (9)$$

Розрахунок параметрів конічної передачі виконуємо за наступним алгоритмом.

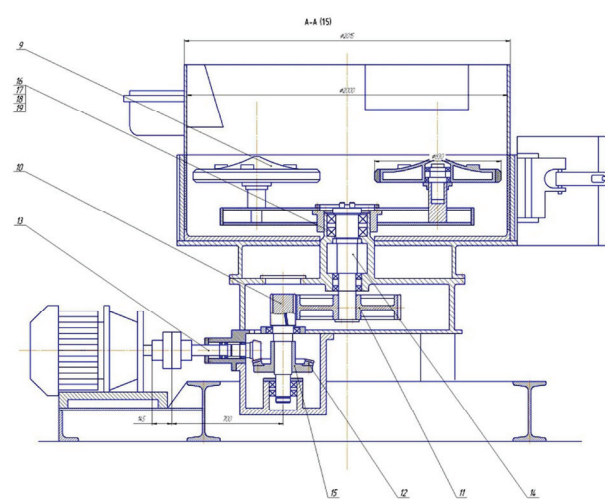
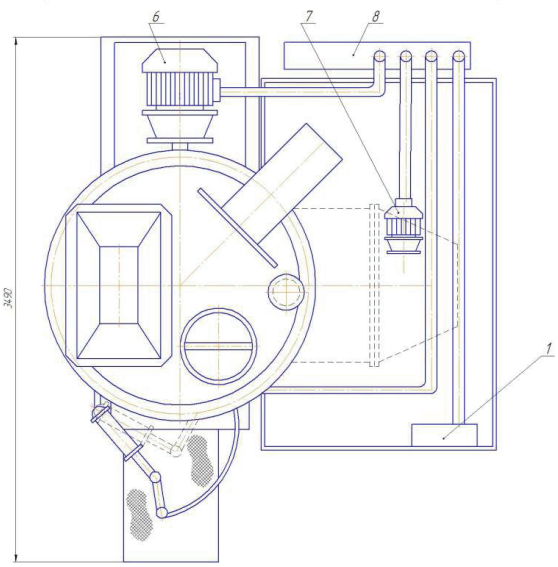
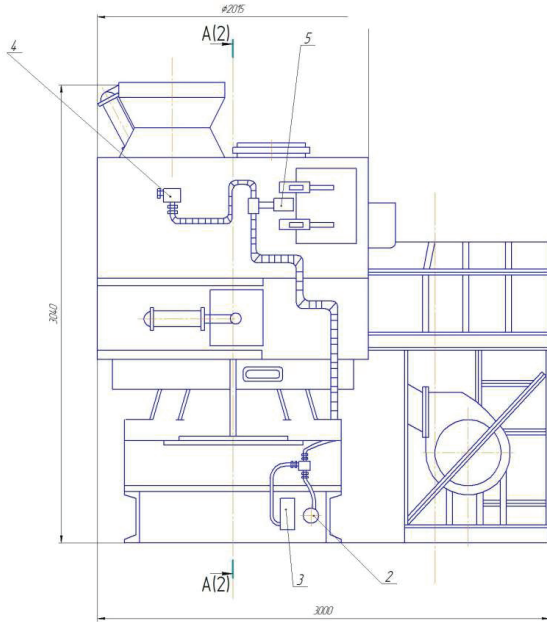


Рис. 9. Принципова конструктивна схема змішувача відцентрового

1 — пульт управління, 2 — насос, 3 — реле, 4 — клапан, 5 — кінцевий вимикач, 6, 7 — електродвигуни, 8 — шкаф, 9 — каток, 10, 13 — вал-шестерня, 11, 12 — зубчате колесо, 14 — вал, 15 — втулка, 16—19 — підшипники

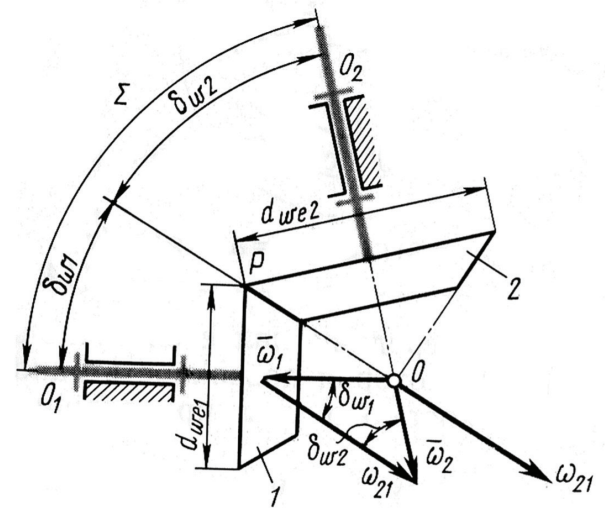


Рис. 10. Кінематика зачеплення

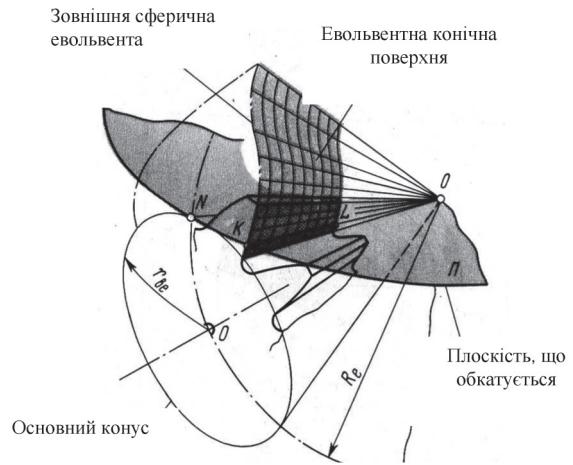


Рис. 11. Формування поверхні зубу

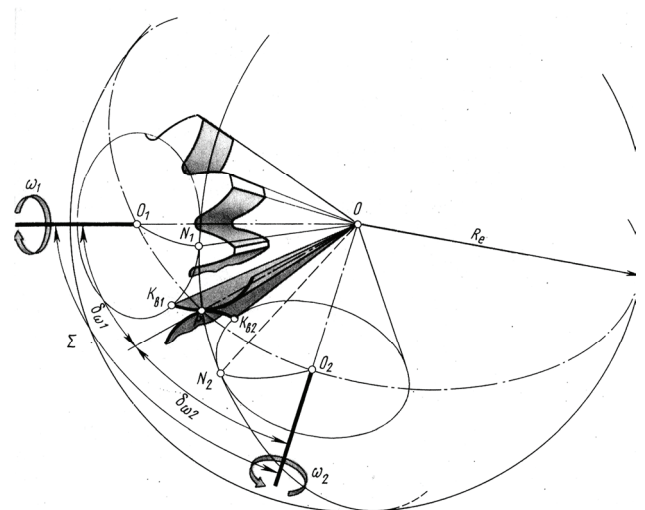


Рис. 12. Формування аксоїду

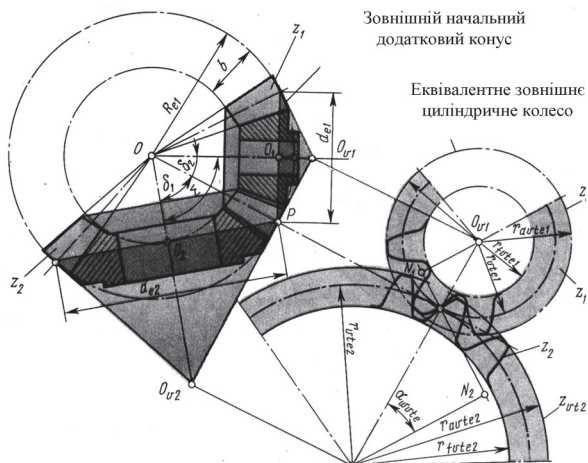


Рис. 13. Параметри зачеплення

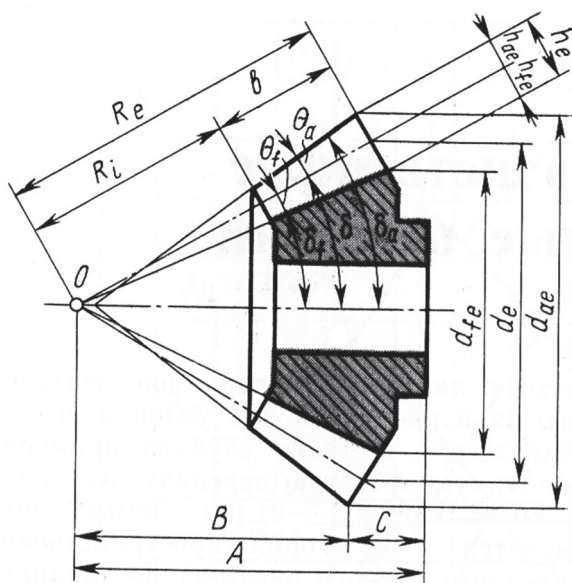


Рис. 14. Конструктивні параметри шестерні

Число зуб'їв плоского колеса при $\Sigma = 90^\circ$ визначається за формулою:

$$z_c = \sqrt{z_1^2 + z_2^2}, \quad (10)$$

де Σ — міжосьовий кут, z_1, z_2 — число зуб'їв шестерні 1 та колеса 2 відповідно.

Зовнішня міжконусна відстань:

$$R_e = 0,5m_e z_c. \quad (11)$$

Ширина зубчастого вінця:

$$b \leq 0,3R_e. \quad (12)$$

Кут діляльного конусу:

$$\delta_1 = \arctg \frac{z_1}{z_2}. \quad (13)$$

Коефіцієнт зміщення вихідного контуру:

$$x_1 \geq x_{1min} = 1,068 - 0,58 \frac{z_1}{\cos \delta_1}. \quad (14)$$

Коефіцієнт змінення розрахункової товщини зуба вихідного контуру:

$$x_{t1} = 0,03 - 0,008 \left(\frac{z_2}{z_1} - 2,5 \right), \quad x_{t2} = -x_{t1}. \quad (15)$$

Розрахунок параметрів зубчастих коліс проводимо за наступними формулами:

— зовнішня висота головки зуба:

$$\begin{aligned} h_{ae1} &= (h_a^* + x_1)m_e, \\ h_{ae2} &= 2h_a^*m_e - h_{ae1}; \end{aligned} \quad (16)$$

— зовнішня висота ножки зуба:

$$\begin{aligned} h_{fe1} &= h_{ae2} + c^*m_e, \\ h_{fe2} &= h_{ae1} + c^*m_e; \end{aligned} \quad (17)$$

— зовнішня висота зуба:

$$h_e = h_{ae} + h_{fe}; \quad (18)$$

— зовнішня окружна товщина зуба:

$$\begin{aligned} s_{ae1} &= (0,5\pi + 2x_1 \operatorname{tg} \alpha + x_{t1})m_e, \\ s_{ae2} &= \pi m_e - s_{ae1}; \end{aligned} \quad (19)$$

— кут ножки зуба:

$$\begin{aligned} \theta_{f1} &= \arctg \left(\frac{h_{fe1}}{R_e} \right), \\ \theta_{f2} &= \arctg \left(\frac{h_{fe2}}{R_e} \right); \end{aligned} \quad (20)$$

— кут головки зуба:

$$\begin{aligned} \theta_{a1} &= \theta_{f2}, \\ \theta_{a2} &= \theta_{f1}; \end{aligned} \quad (21)$$

— кут конуса вершин:

$$\begin{aligned} \delta_{a1} &= \delta_1 + \theta_{a1}, \\ \delta_{a2} &= \delta_2 + \theta_{a2}; \end{aligned} \quad (22)$$

– кут конуса впадин:

$$\begin{aligned} \delta_{f1} &= \delta_1 - \theta_{f1}, \\ \delta_{f2} &= \delta_2 - \theta_{f2}; \end{aligned} \quad (23)$$

– зовнішній ділительний діаметр:

$$\begin{aligned} d_{e1} &= m_e z_1, \\ d_{e2} &= m_e z_2; \end{aligned} \quad (24)$$

– зовнішній діаметр вершин зуб'їв:

$$\begin{aligned} d_{ae1} &= d_{e1} + 2h_{ae1} \cos \delta_1, \\ d_{ae2} &= d_{e2} + 2h_{ae2} \cos \delta_2. \end{aligned} \quad (25)$$

Таким чином, вихідними даними для проектування зачеплення є кількість зуб'їв шестерні та колеса. Для розрахунку цих величин треба вирішити задачу оптимізації, в якій в якості цільової функції виступає функція габаритів передачі (26) або радіус зовнішнього конусу (10):

$$\begin{aligned} a_w &= r_1 + r_2 + \frac{z_\Sigma}{2} \left(\frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_w} - 1 \right) \frac{m}{\cos \beta} = \\ &= \frac{m}{2 \cos \beta} (z_1 + z_2) + \frac{(z_1 + z_2)}{2} \left(\frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_w} - 1 \right) \frac{m}{\cos \beta}. \end{aligned} \quad (26)$$

Оберемо, наприклад, в якості цільової функції (10).

В якості обмежень виступають функції, що описують відсутність підрізання зубу, загострення зубу та безперервність зачеплення:

$$\begin{aligned} z_1 &\geq \frac{2(h_a^* - x_1)}{\sin^2 \alpha_t}; \\ z_2 &\geq \frac{2(h_a^* - x_2)}{\sin^2 \alpha_t}; \\ \frac{\pi m}{2 \cos \beta} + 2x_1 m \operatorname{tg} \alpha_t &\geq 0,2 \frac{m}{\cos \beta}; \\ \frac{\pi m}{2 \cos \beta} + 2x_2 m \operatorname{tg} \alpha_t &\geq 0,2 \frac{m}{\cos \beta}. \end{aligned} \quad (27)$$

Вхідними даними для розрахунку обираємо стандартизовані та прийняті параметри:

$$\alpha = 20^\circ, \beta = 35^\circ, h_a^* = 1, m = 8.$$

Підставляючи вихідні дані в формули розрахунків (10) та (27), отримуємо коефіцієнти цільової функції та обмежень

$$\begin{aligned} z_1 &> 12,15 - 12,15x_1, \\ z_2 &> 12,15 - 12,15x_2, \\ 15,33 + 36,04x_1 &> 1,95, \\ 15,33 + 36,04x_2 &> 1,95 \end{aligned}$$

та записуємо відповідно цільову функцію та обмеження:

$$\begin{aligned} q(x) &= \sqrt{z_1^2 + z_2^2}, \\ f(x) &= \sqrt{[12,15(1-x_1)]^2 + [12,15(1-x_1)]^2}. \end{aligned}$$

Оптимізацію проведемо за допомогою функції Лагранжа:

$$L(x, \lambda) = q(x) + \sum \lambda_i f(x_i). \quad (28)$$

Оптимальні рішення знаходимо як стаціонарні точки, що можуть бути отримані при порівнюванні нулю частних похідних, тобто з системи рівнянь:

$$\begin{aligned} \frac{\partial L(x, \lambda)}{\partial \lambda_j} &= f_j(x) = 0, \quad j = \overline{1, m}; \\ \frac{\partial L(x, \lambda)}{\partial x^{(i)}} &= 0, \quad i = \overline{1, n}. \end{aligned} \quad (29)$$

Рішенням системи (29) знаходимо оптимальний коефіцієнт зміщення, що дорівнює 0,276 та оптимальну кількість зуб'їв шестерні та колеса відповідно $z_1 = 13, z_2 = 56$.

Розрахунок параметрів зачеплення виконуємо в середовищі EXCEL, результати розрахунків приведено в табл. 4.

Відповідно до отриманих результатів можуть бути виконані робочі креслення деталей передачі (рис. 15–16).

Таблиця 4

Параметри синтезу кінчної передачі

Параметри							
z_c	H_e	δ , рад	δ , град	$\cos \delta$	x_1	x_{t1}	x_{t2}
57,48913	229,9565	0,228103	13,07595	0,872951	0,276	0,015538	-0,01554

Параметри							
h_{ae1}	h_{ae2}	h_{fe1}	h_{fe2}	h_{f1}	h_{f2}	s_{e1}	s_{e2}
10,208	5,792	7,792	12,208	18	18	22,56361	2,55639
Параметри							
$\Theta_{л1}$, рад	$\Theta_{л1}$, град	$\Theta_{л2}$, рад	$\Theta_{л2}$, град	Θ_{a1}	Θ_{a2}	δ_{a1}	δ_{a2}
0,033872	1,94169	0,942544	54,03118	54,03118	1,94169	67,10713	78,86574
Параметри							
$\delta_{л1}$	$\delta_{л2}$	d_{e1}	d_{e2}	d_{ae1}	d_{ae2}		
11,13426	75,98151	104	448	121,8222	448,5207		

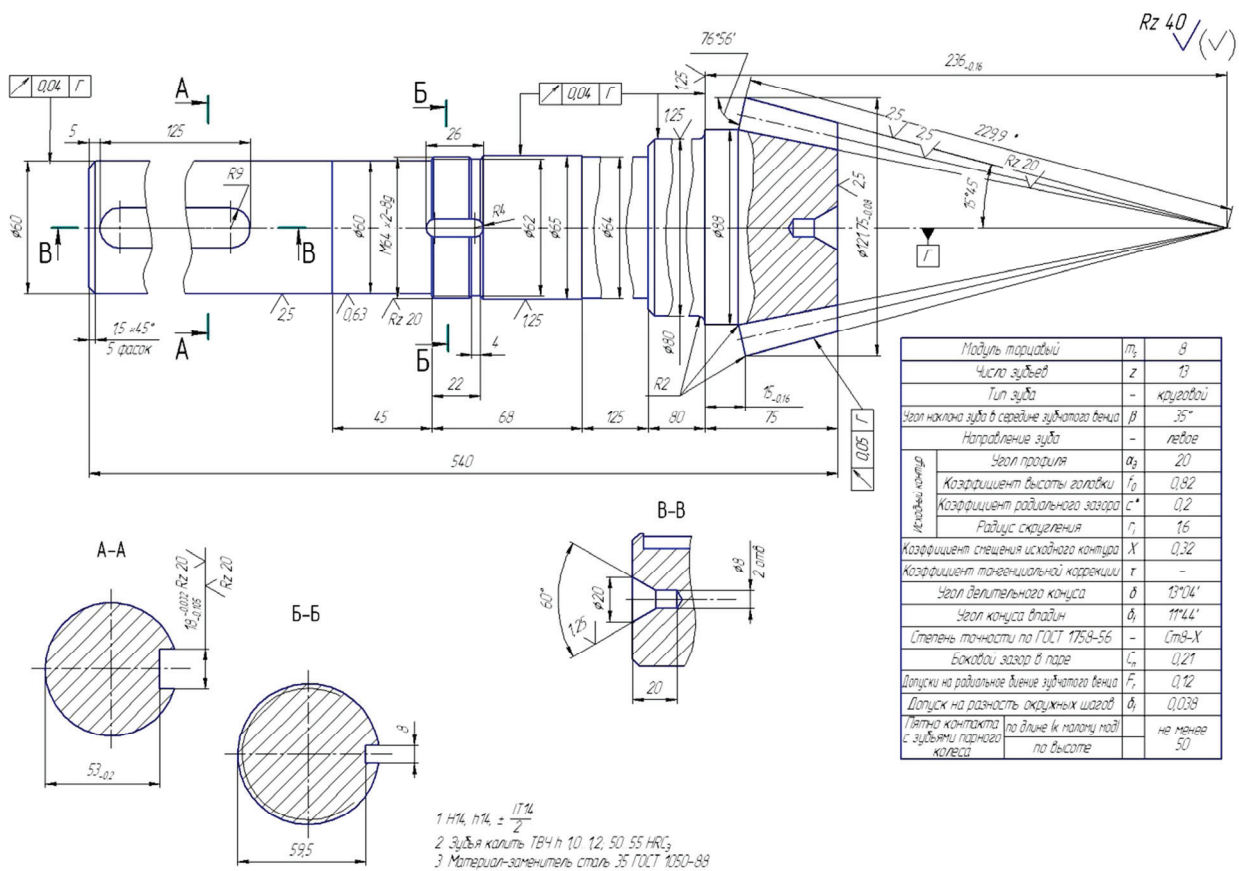


Рис. 15. Вал-шестерня

Таким чином, використання методу Лагранжу дозволило знайти оптимальне рішення щодо конструктивних параметрів зачеплення в приводі змішувача.

Висновки

1. Використання методів математичного моделювання та оптимізації при підготовці магістрів за спеціальністю «Обладнання та технології

ливарного виробництва» є обов'язковим етапом підготовки диплома, тому що дозволяє знаходити резерви ресурсо- та енергозбереження в реальних промислових технологічних процесах. 2. Отримані рішення оптимізаційних задач при моделювання технологічних процесів та проектуванні деталей та вузлів обладнання в рамках дипломного проектування можуть бути використані у виробництві.

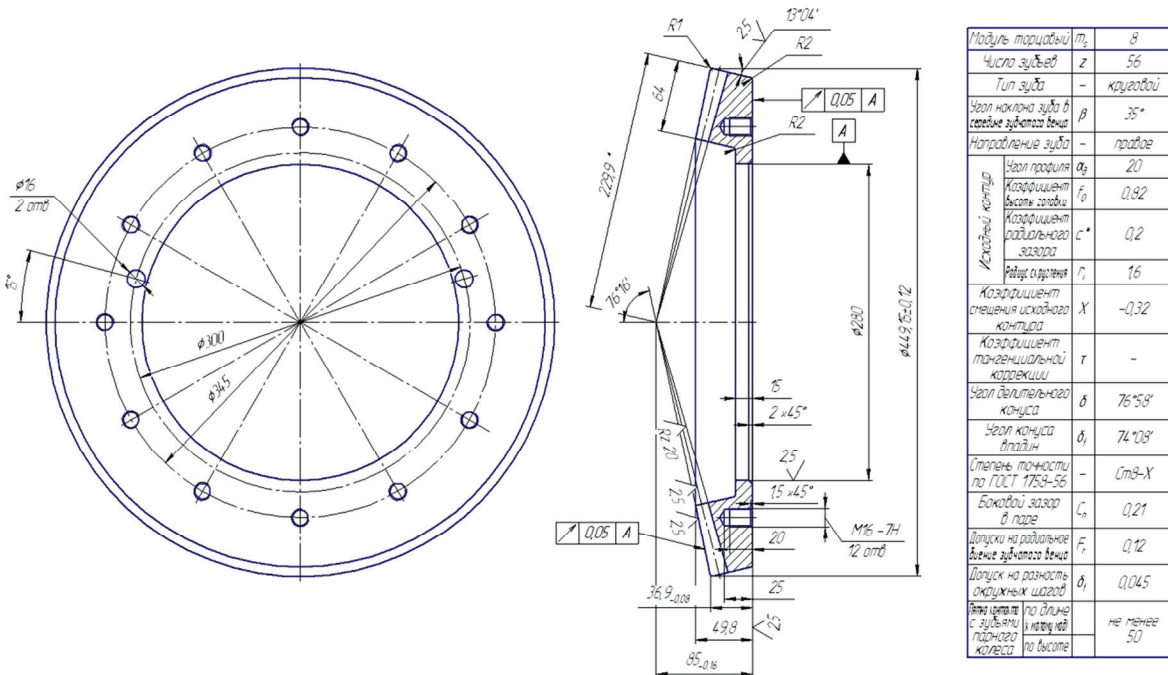


Рис. 16. Зубчатое колесо

Література

1. Давиденко А. М. Новые методы изучения действующих производств и их возможности [Текст] / А. М. Давиденко, М. Д. Кац // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2004. — № 6(12). — С. 189—193.
2. Кац М. Д. Методология разработки новых композиционных материалов, обладающих заданным комплексом физико-химических (потребительских) свойств [Текст] / М. Д. Кац, А. М. Давиденко // Вестник ХГПУ. — 2000. — Выпуск № 104. — С. 98—103.
3. Кац М. Д. Использование методов идентификации и субоптимизации для повышения эффективности действующих металлургических производств [Текст] / М. Д. Кац, А. М. Давиденко // Металлургическая и горнорудная промышленность. — 1999. — № 2—3. — С. 86—88.
4. Сталинский Д. В. Возможности интеллектуальной технологии изучения и оптимизации металлургических производств [Текст] / Д. В. Сталинский, М. Д. Кац, С. П. Диденко, А. М. Давиденко // Сталь. — 2001. — № 5. — С. 77—80.
5. Серая О. В. Оценивание параметров уравнения регрессии в условиях малой выборки [Текст] / О. В. Серая, Д. А. Дёмин // Східно-Європейський журнал передових технологій. — Харків : Технологічний Центр, 2009. — № 6/4(42). — 2009. — С. 14—19.
6. Раскин Л. Г. Искусственная ортогонализация пассивного эксперимента в условиях малой вы-

- борки нечетких данных [Текст] / Л. Г. Раскин, Д. А. Дёмин // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. — Харків : УкрДАЗТ, 2010. — № 1(80). — С. 20—23.
7. Дёмин Д. А. Метод обработки малой выборки нечетких результатов ортогонализованного пассивного эксперимента [Текст] / Д. А. Дёмин, Т. И. Каткова // Вісник Інженерної Академії. — Киев : Інженерна Академія України, 2010. — № 2. — 2010. — С. 234—237.
8. Серая О. В. Оценка представительности усеченных ортогональных подпланов плана полного факторного эксперимента [Текст] / О. В. Серая, Д. А. Дёмин // Системні дослідження та інформаційні технології. — Київ : Інститут системних досліджень. — № 3. — 2010. — С. 84—88.
9. Дёмин Д. А. Обработка экспериментальных данных и построение математической модели технологического процесса методом наименьших квадратов (МНК) [Текст] / Д. А. Дёмин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2006. — № 3/1. — С. 47—50.
10. Дёмин Д. А. Оптимизация технологического процесса в цехе предприятия [Текст] / Д. А. Дёмин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2005. — № 6. — С. 48—59.
11. Дёмин Д. А. Оптимизация технологических режимов [Текст] / Д. А. Дёмин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2006. — № 2/1(20). — С. 32—35.

12. Курын М. Г. Определение оптимальных характеристик жидкого стекла для процесса омагничивания жидкостекольных смесей [Текст] / М. Г. Курын // Технологический аудит и резервы производства. — 2011. — № 2/2. — С. 14–20.
13. Платонов Б. П. Размерные расчеты литейной формы [Текст] / Б. П. Платонов. — Горький : Волго-Вятское кн. изд., 1970. — 176 с.
14. Дёмина Е. Б. Выбор оптимальной стратегии технического перевооружения предприятия с металлургическим производством [Текст] / Е. Б. Дёмина // Технологический аудит и резервы производства. — Х. : Технологический Центр. — 2011. — № 2/2. — С. 40–52.
15. Фролов К. В. Теория механизмов и машин [Текст] / К. В. Фролов, С. А. Попов, А. К. Мусатов и др.; под ред. К. В. Фролова. — М. : Высш. шк., 1987. — 496 с.: ил.

**РЕШЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ
В ДИПЛОМНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ МАГИСТРОВ ПО
СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ
ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА»**

Д. А. Дёмин

В статье описано применение некоторых методов оптимизации для оценки резервов литейного производства, в частности в направлениях поиска путей ресурсосбережения в технологии изготовления отливок и совершенствования конструктивных элементов узлов литейного оборудования. Использование таких методов может быть

предложено для применения в дипломном проектировании магистров.

Ключевые слова: оптимизация, технология литейного производства, оборудование литейного производства.

Дмитрий Александрович Дёмин, кандидат технических наук, профессор кафедры литейного производства Национального технического университета «Харьковский политехнический институт».

**THE SOLUTION OF THE OPTIMIZATION PROBLEMS
IN EQUIPMENT AND TECHNOLOGY FOUNDRY**

D. Domin

This article describes the application of some optimization techniques for the determination of reserves foundry industry, particularly in the areas of resource search paths in techniques of casting and improve of the structural elements of nodes of foundry equipment.

Keywords: optimization, foundry technology, foundry equipment.

Dmytro Domin, Ph. D., professor Department of Foundry, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute».

Адреса для листування:

61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
Кафедра «Ливарне виробництво»
E-mail: nauka@jet.com.ua