

ЛІТЕРАТУРА



НАВЧАЛЬНО – МЕТОДИЧНА

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра «Технології і обладнання зварювального
виробництва»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичного заняття №4
з дисципліни «Технологія та устаткування
зварювання тиском»

на тему:
«Розрахунок вторинного контуру машини для
контактного зварювання»

Тернопіль,
2016

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра «Технології і обладнання зварювального виробництва»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичного заняття №4
з дисципліни «Технологія та устаткування зварювання тиском»

на тему:
«Розрахунок вторинного контуру машини
для контактного зварювання»

Для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»,
спеціальності 6.050504 «Зварювання»

Тернопіль,
2016

Методичні вказівки розроблено відповідно з навчального плану підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня " бакалавр", спеціальності 6.050504 "Зварювання", а також робочої програми з дисципліни "Технологія та устаткування зварювання тиском"

Укладачі: ст. викладач Береженко Б.М.

асистент Ляхов В.В.

Рецензент: д.т.н., професор Попович П.В.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри «Технології і обладнання зварювального виробництва»

Протокол № _____ від "___" _____ 20__ р.

Затвердила та рекомендувала до друку методична комісія
ФМТ ТНТУ імені Івана Пулюя, протокол № __ від _____ 20__ р.

ТЕМА: «Розрахунок вторинного контуру машини для контактної зварювання»

1.МЕТА І ЗАВДАННЯ:

1.1 Мета : Навчитися розраховувати електричні параметри вторинного контуру машини для контактної зварювання.

1.2 Завдання:

1.2.1 Ознайомитись з порядком електричного розрахунку вторинного контуру машини для контактної зварювання;

1.2.2 Розрахувати електричні параметри вторинного контуру у відповідності завдання.

2 ПОРЯДОК РОЗРАХУНКУ ВТОРИННОГО КОНТУРУ КОНТАКТНОЇ МАШИНИ

Для розрахунку вторинного контуру контактної машини необхідно виконати наступне:

- зробити ескіз вторинного контуру враховуючи конструктивні особливості вибраної машини-прототипу;

- уточнити всі розміри вторинного контуру машини і вибрати перерізи окремих їх елементів виходячи з особливостей конструкції і технології зварювання деталей;

- нарисувати в масштабі вторинний контур зварювальної машини і зробити необхідні для розрахунку перерізи окремих його елементів.

В подальшому розрахунок вторинного контуру проводимо в наступному порядку:

1) уточнюємо переріз елементів вторинного контуру;

2) визначення активного опору всього контуру;

3) визначаємо індуктивний опір вторинного контуру машини;

4) розраховуємо деякі енергетичні параметри зварювальної машини.

2.1 Розробка ескізу вторинного контуру контактної машини

Розробка ескізного проекту вторинного контуру проводиться з врахуванням креслень вторинного контуру машини-прототипу

(рис.2.1, 2.2, 2.3). Вибираємо основні геометричні розміри вторинного контуру машини виходячи із машини-аналога. При цьому необхідно враховувати наступні параметри:

- зусилля стиску машини;
- товщину деталей, геометричні розміри;
- конструкцію зварювального вузла;
- величину зварювального струму.

2.2 Уточнення перерізу елементів вторинного контуру.

Мінімально необхідний переріз будь-якого, i -го елемента вторинного контуру машини вибираємо перш за все виходячи із температури допустимого нагріву даного елемента, а потім коректуємо в залежності від потрібних конструктивних форм.

Температура нагріву i -го елемента обумовлюється густиною струму j_i , яка відповідає тривалому, або розрахунковому значенню струму при ПВ=100%. В таблиці 2.1 приведена рекомендована густина струму в елементах вторинного контуру в залежності від матеріалу елемента і умов його охолодження.

Переріз i -го елемента розраховується за формулою:

$$g_i = I_2 / j_i \quad (2.1)$$

де I_2 – розрахунковий вторинний струм, який відповідає ПВ=100%.

Розрахунковим вторинним струмом машини контактного зварювання і трансформаторів називається максимальний струм, при якому елементи вторинного контуру машини і обмотки трансформатора можуть працювати тривалий час (при ПВ=100%) без недопустимих нагрівів.

Значення струму I_2 може бути або безпосередньо заданим паспортними даними, або розраховано за формулою:

$$I_2 = I_{2 \text{ ном}} \sqrt{\frac{\text{ПВ}}{100}}, \quad (2.2)$$

де $I_{2 \text{ ном}}$ – це короткочасний реальний робочий струм, який проходить по вторинного контуру машини при зварюванні;

ПВ – періодичність включення машини.

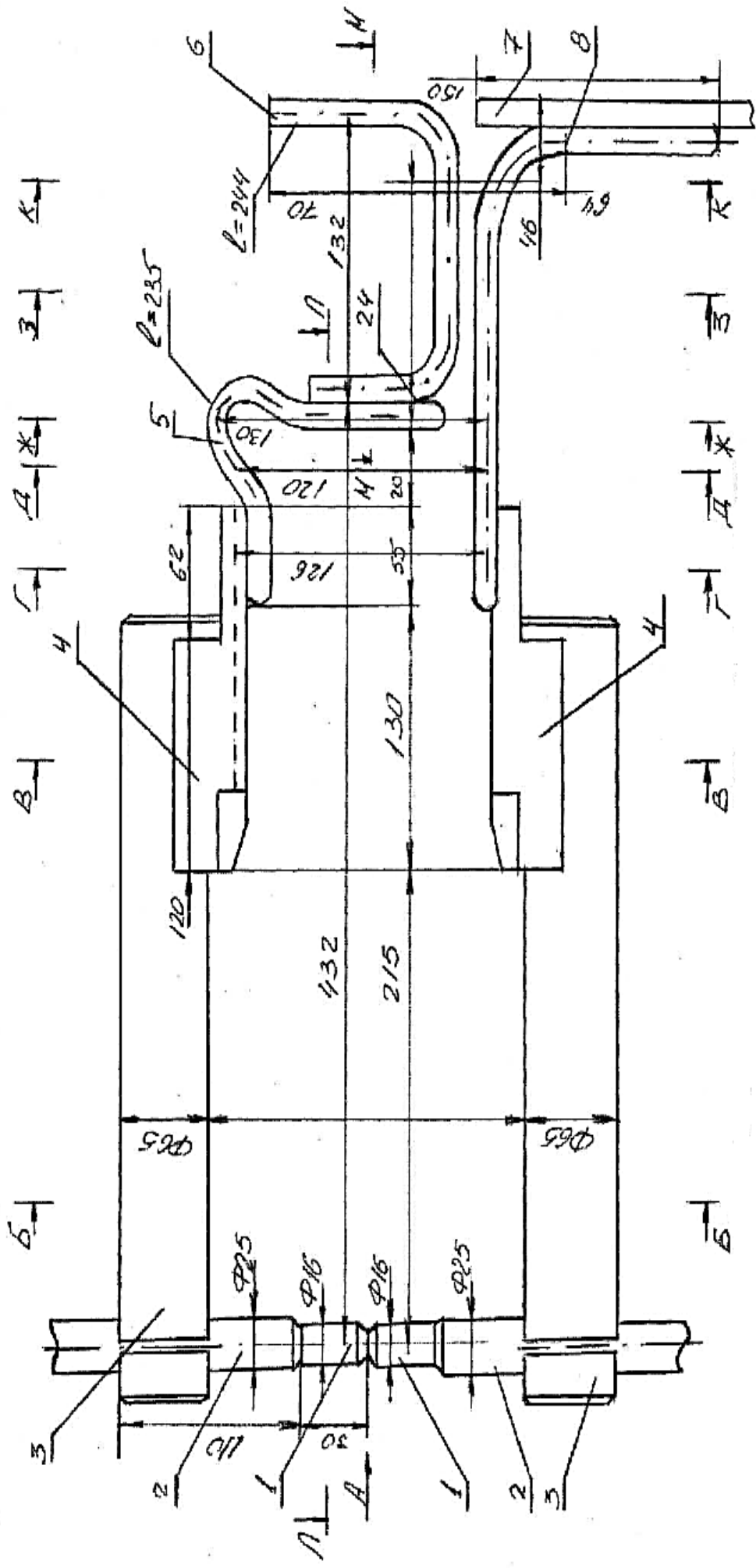


Рисунок 2.1 – Ескіз вторинного контуру точкової машини.

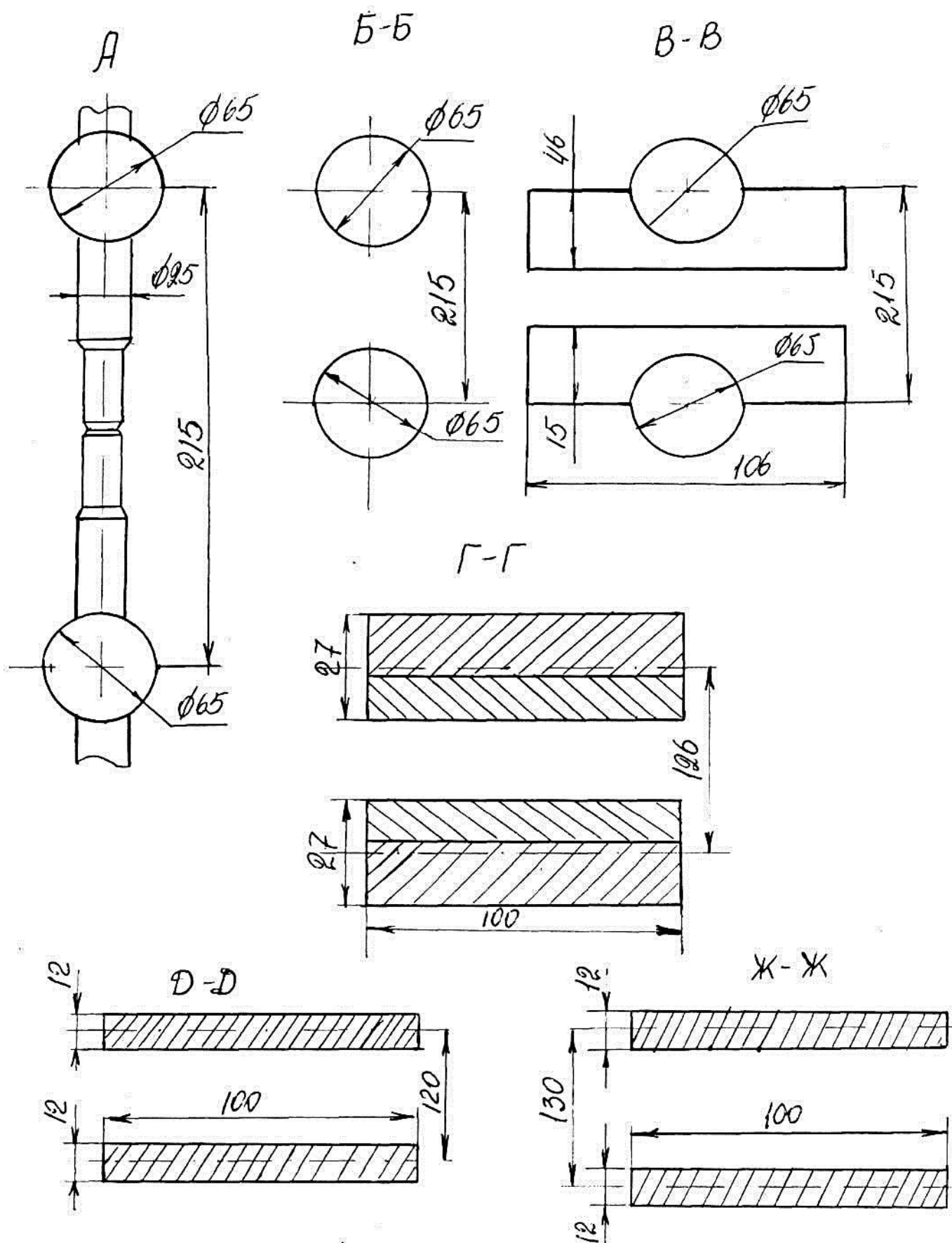


Рисунок 2.2 - Перерізи вторинного контуру машини

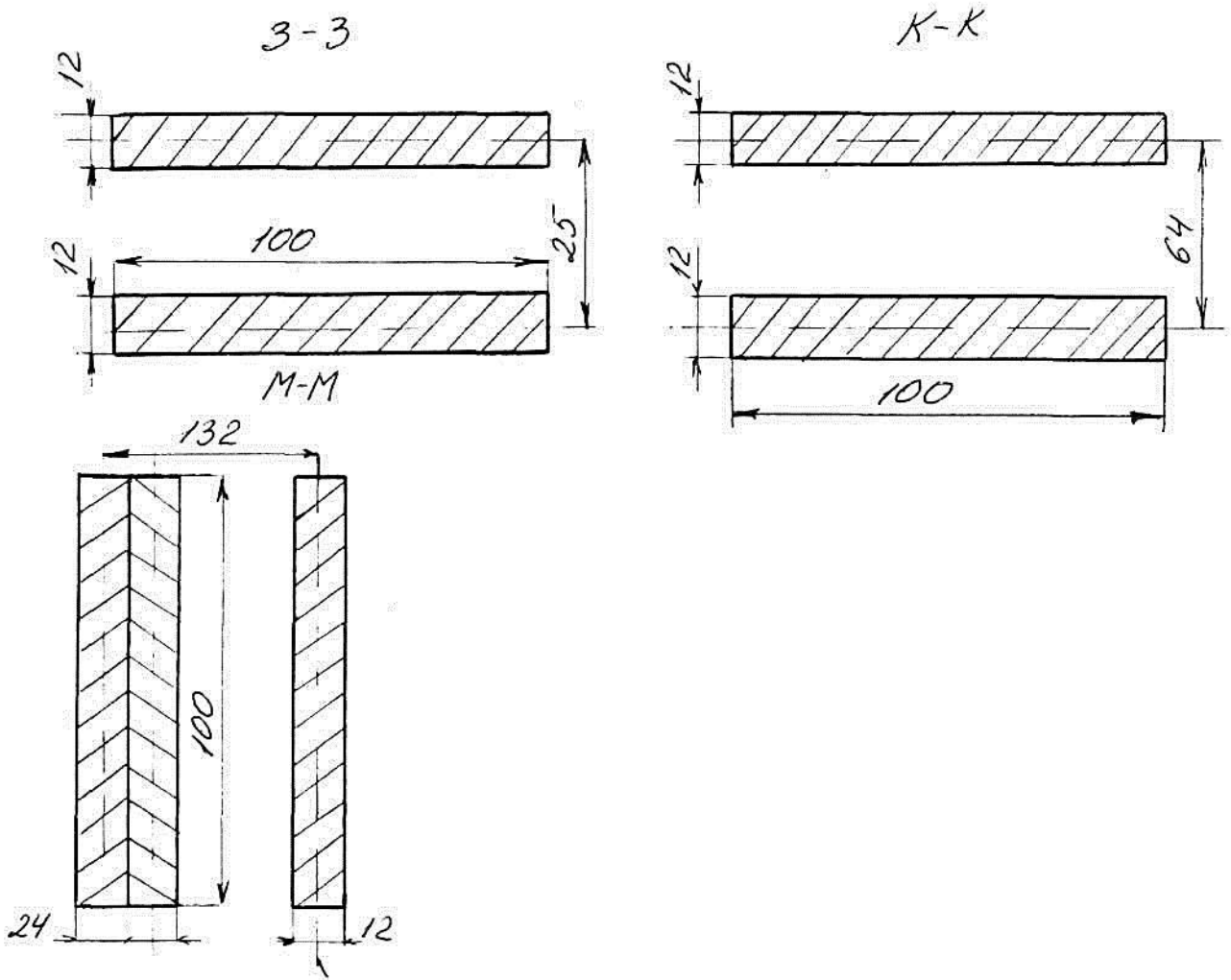


Рисунок 2.3 - Перерізи вторинного контуру машини

Величина $I_{2 \text{ ном}}$ – змінна, регульована і характеризує основне технологічне призначення машини. Значення цього струму вибирається дослідним шляхом, або за номограмами, або розраховується в залежності від марки і товщини зварюваних деталей.

За розрахованими поперечними перерізами елементів вторинного контуру розробляється кінцеве креслення (ескіз) вторинного контуру і визначаються конкретні його розміри.

2.3 Розрахунок опору вторинного контуру машини

Повний опір зварювального контуру машини, який в включає всі елементи контуру, зварні деталі і вторинну обмотку трансформатора, знаходяться за формулою:

$$Z = \sqrt{R_2^2 + X_2^2}, \quad (2.3)$$

де R_2 – активний опір машини при зварюванні, приведений до вторинної обмотки, Ом;

X_2 – індуктивний опір машини при зварюванні, при ведений до вторинної обмотки, Ом.

Таблиця 2.1 - Рекомендовані густини струму в елементах вторинного контуру машини

Елемент вторинного контуру	Матеріал або марка сплаву	Умови охолодження	Допустима густина струму, А/мм	Питомий опір, мкОм при 20°С	Температурний коефіцієнт опору, а	
					$a=f(t)$	При $t=20^\circ\text{C}$
Електроди	Бронза БрХ	Водяне, водяне інтенсивне (внутрішнє або зовнішнє)	20-30	0.021-0.035	0.95а міді	—
Електродотримачі	Бронза БрХ		30-50			
	БрНБТ БрНК		10-20	0.032-0.058 0.0435		
Хоботи, консолі, плити	Мідь МІ	Повітряне Водяне	1.8-2.2 2.4-3	0.0175	$\frac{1}{235+t}$	0.0039
	Мідь МЗ	Повітряне Водяне	1.4-2.0 2-3	0.03-0.05		
Шини жорсткості	Мідь МІ	Повітряне Водяне	1.8-2 2.5-4	0.0175		
Шини гнучкі	Стрічка МТМ (фольга)	Повітряне	2.5-4			

Нерухомі контактні поверхні	Мідь, бронза	Повітряно-водяне (одна поверхня контакту охолоджується водою)	0.5-1	В залежності від матеріалу контактуючих елементів
-----------------------------	--------------	---	-------	---

Активний опір машини визначається за формулою:

$$R_2 = \sum R_T'' + \sum R_B * R_d, \quad (2.4)$$

де R_T'' – активний опір первинної обмотки трансформатора, приведений до вторинної обмотки;

$\sum R_B$ – активний опір активного контуру;

R_d – активний опір деталей.

Індуктивний опір машини визначаємо за формулою:

$$X_2 = \sum X_T'' + X_B + X_d, \quad (2.5)$$

де $\sum X_T''$ – індуктивний опір первинної обмотки трансформатора, приведений до вторинної обмотки;

X_B – індуктивний опір вторинного контуру;

X_d – індуктивний опір деталей.

В розрахунках по проектуванню машини, величиною X_d можна знехтувати, в зв'язку з тим, що вона має мале значення. Значення R_d'' відомо з розрахунку режиму зварювання. Величини опору R_T'' і X_T'' знаходяться орієнтовно за довідковими даними трансформаторів зварювальних машин, близьких по параметрах до проектованої.

2.3.1 Розрахунок активного опору вторинного контуру

Сумарне значення R_B складається із значень активних опорів окремих елементів R_i і опору перехідних контактів між ними R_k , тобто: для розрахунку опору R_i вторинний контур розбивається на окремі ділянки, однорідні за матеріалом і конфігурацією поперечних

перерізів. Активний опір окремого елемента, при 20°C, визначається за формулою:

$$R_i = K_{\Pi_i} \rho_i \frac{L_i}{S_i}, \quad (2.6)$$

де ρ_i – питомий опір матеріалу елемента, Ом/м;

L_i - довжина елемента, м;

S_i - площа поперечного перерізу елемента, м²,

K_{Π_i} – коефіцієнт поверхневого ефекту, визначається по дослідних кривих (рис. 2.4, 2.5; 2,6) за критерієм подібності P і для прямокутних елементів (і елементів деяких інших стандартних профілів) за коефіцієнтом профілю K_{Φ} :

$$P = \frac{8f\pi}{r_0(1m) \cdot 10^7} = 5 \frac{f}{r_0(1m) \cdot 10^7}, \quad (2.7)$$

$$K_{\Phi} = \frac{b}{a}, \quad (2.8)$$

Де: $r_0(1m)$ - опір постійного струму 1м провідника;

$r_0 = \rho / S$ (S - площа, ρ – питомий опір деталі (Таблиця 2.2);

f – частота струму, Гц);

$a; b$ – ширина і товщина елемента контура.

Таблиця 2.2 – Питомий опір матеріалів

Матеріал	ρ при 293 К, (мкОм м)	Температурний коефіцієнт опору
Мідь М1	0.0170	0.00433
Хромиста бронза (тверда)	0.0232	0.0038
Мідь обмоткова (дроти, шини)	0.0175	0.004

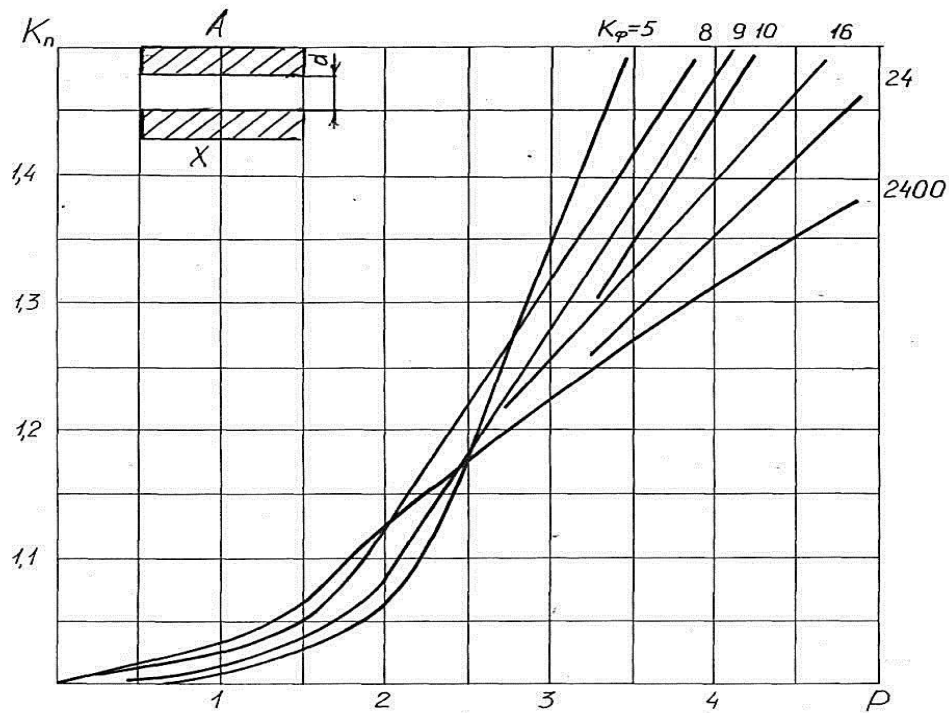


Рисунок 2.4 - Залежність коефіцієнта поверхневого ефекту K_n від критерію подібності P і коефіцієнта форми K_ϕ елемента вторинного контуру.

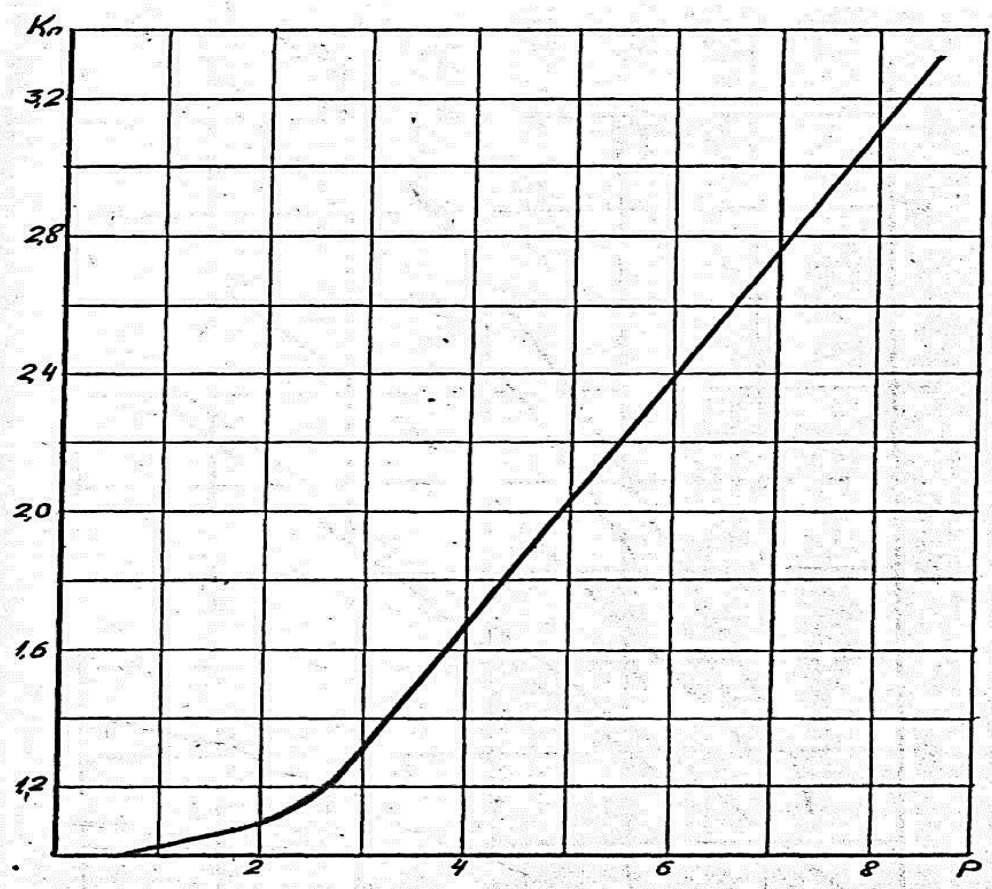


Рисунок 2.5 – Залежність коефіцієнта поверхневого ефекту K_n від критерію подібності P .

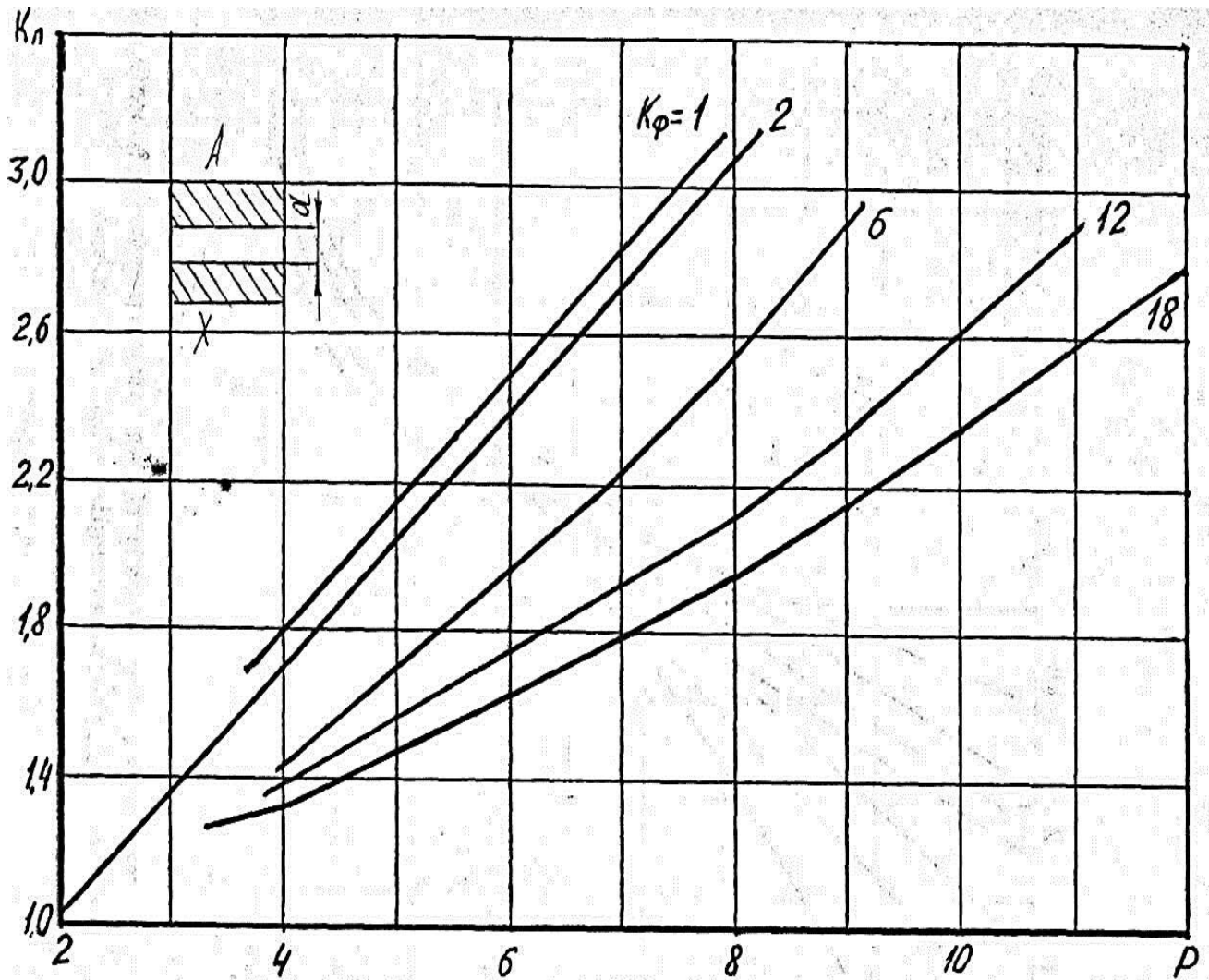


Рисунок 2.6 - Залежність коефіцієнта поверхневого ефекту K_n від критерію подібності K_ϕ .

Для масивних елементів струмовідводу K_n можна наближено визначити за формулами, наведеними в таблиці 2.3.

В таблиці 2.3 $r_0(100\text{м})$ – опір постійному струму 100м даного струмопроводу.

Таблиця 2.3 – Формули розрахунку K_{Π}

Формула	Умова	Номер формули
$K_n = 1 + 3.27 \sqrt{\frac{f}{r_0(100m)}} 10^{-3}$	При $\sqrt{\frac{f}{r_0(100m)}} < 180$	(2.9)
$K_n = 0.25 + 0.56 \sqrt{\frac{f}{r_0(100m)}} 10^{-2} + \frac{8.37}{\sqrt{\frac{f}{r_0(100m)}}}$	При $220 > \sqrt{\frac{f}{r_0(100m)}} > 180$	(2.10)
$K_n = 0.56 \sqrt{\frac{f}{r_0(100m)}} 10^{-2} + 0.277$	При $220 < \sqrt{\frac{f}{r_0(100m)}} \ll 1800$	(2.11)

Для гнучких шин, набраних із фольги, збільшення опору постійному струму залежить від товщини набору шин, монолітності їх кінців і від способу підключення шини до масивних елементів. Так для шин з не припаяними кінцями і при односторонньому підводі струму при частоті 50 Гц $K_{\Pi} = 1.5 \dots 1.8$. для шин з монолітними (звареними або запаяними) кінцями при двобічному підводі струму $K_{\Pi} = 1.1 \dots 1.3$.

Опір контактів R_k складається з суми опорів рухомих і нерухомих контактів. На практиці використовуються перевірені дослідами наступні значення: опір одного нерухомого контакту мідь-мідь, стягнутого 4-ма болтами, приблизно не перевищує $(1 \dots 2) 10^{-6} \text{ Ом.}$; контакту мідь-сталь $(4 \dots 6) 10^{-6} \text{ Ом.}$; опір рухомого контакту знаходиться в межах $(10 \dots 20) 10^{-6} \text{ Ом.}$

Таким чином, активний опір вторинного контуру приведено на рисунку 2.1 можна в загальному вигляді записати наступним чином:

$$R_I = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + n_n R_{n.k} + n_p R_{p.k}, \quad (2.12)$$

де: R_1 – опір електродів;

R – опір електродотримачів;

R_3 – опір хоботів;

R_4 – опір гнучких шин;

n_n і n_p кількість нерухомих і рухомих контактів;

$R_{n.k}$ і $R_{p.k}$ – опір нерухомих і рухомих контактів.

2.3.2 Розрахунок активного опору ділянки електрод-електрод

Активний опір ділянки електрод-електрод залежить від способу зварювання і для точкового, рельєфного і шовного зварювання може бути визначений:

- 1) дослідним шляхом при зварюванні взірців;
- 2) аналогічно зі зварюваними деталями тих самих марок і товщини, опір зони зварювання яких відомо;
- 3) для деяких металів і сплавів – за таблицею 2.4;
- 4) для точкового зварювання маловуглецевої сталі товщиною від 1 до 7 мм – за таблицею 2.5.

Таблиця 2.4 – Величина контактної опору в залежності від матеріалу

Матеріал	$R_{\text{эз}} \cdot 10^{-6}$ Ом (в кінці процесу зварювання)										
	Товщина металу, мм										
	Точкове зварювання						Шовне зварювання герметичним швом				
	0.3	0.5	1	1.5	2	3	0.3	0.5	1	1.5	2
Низьколегована сталь 30ХГСА	165	145	125	110	100	90	145	30	105	50	65
Нержавіюча сталь Х18Н8Т	215	185	150	130	120	110	188	162	130	115	105
Особливо жаростійкий сплав ВЖ98	230	200	165	140	125	115	210	180	150	128	113
Титановий сплав ОТ51-1	240	210	165	145	133	120	224	195	154	135	124
Латунь Л62	76	48	30	24	20	18	46	29	18	15	12
Мідні сплави Бр,Б2	90	63	40	32	27	23	54	38	24	19	16
Алюмінієвий сплав БІ6АТ	18	16	13	11	10	8	-	14	11	10	8

Таблиця 2.5 - Величина контактної опору
 маловуглецевих сталей в залежності від товщини

δ , мм	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7
$R_g \cdot 10^{-6}$ Ом	128	112	98	89	82	75.5	69.5	61.5	56	52.5

Опір однієї із зварюваних деталей в холодному стані може бути розраховано за формулою:

$$R_g = A_0 \rho_0 / \delta, \quad (2.13)$$

Де: ρ_0 – питомий опір металу деталі, Ом м;

δ – товщина деталі, м;

A_0 – коефіцієнт, який залежить від відношення d_0/δ (рис.2.7);

d_0 – розрахунковий діаметр холодного контакту, який визначається із співвідношення:

$$d_0 = \frac{0.4 P_{ст}}{\pi \sigma_{зм}}, \quad (2.14)$$

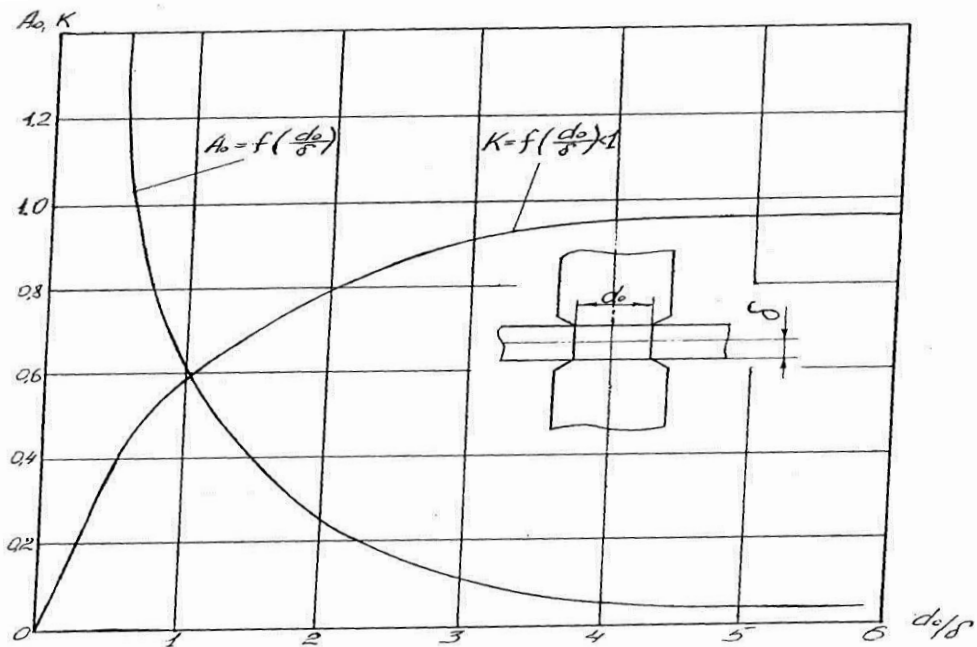
Де: $P_{ст}$ – зусилля стиску електродів, даН;

$\sigma_{зм}$ – опір зминанню контактуючих (зварюваних) металів, МПа.

Залежність $A_0=f(d_0/\delta)$ приведена на рисунку 2.7, а залежність ρ і $\sigma_{зм}$ для деяких металів в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Залежність значення ρ і $\sigma_{зм}$ від матеріалу

Матеріал		$\rho \cdot 10^{-6}$, Ом см при температурі, °С			Температура плавлення, °С	$\sigma_{зм}$, МПа, при $t=20^\circ$ С
		20	500	1000		
Маловуглецева сталь		15	62	125	1530	400
Нержавіюча сталь		8	60	125	1440	400
Мідь МІ	м'яка	1.75	3.2	8	1083	450
	тверда					1200
Латунь Л62	м'яка	7.1	7.95	-	905	520
	тверда					600
Алюміній		2.8	6	-	658	250
Дюралюміній	оброблений Д165	5.8	-	-	650	420
	відпалений Д16М	3.5	-	-		210



d_0 - розрахунковий діаметр холодного контакту, мм; δ – товщина зварюваних деталей.

Рисунок 2.7 – Залежність зміни коефіцієнта A_0 від співвідношення d_0/δ

Активний опір ділянки електрод-електрод для стикового зварювання опором визначається в наступній послідовності.

Опір кінців зварюваних деталей в холодному стані, тобто спочатку зварювання, визначається за формулою:

$$R_{g \text{ хол}} = K_n \rho_0 \frac{l}{F_g} \quad (2.15)$$

Де: l – установча довжина однієї деталі;

F_g – переріз зварюваних деталей або стержнів;

ρ_0 – питомий опір зварюваних матеріалів при 20°C ;

K_n – коефіцієнт поверхневого ефекту холодних деталей.

Для деталей діаметром менше 20-25 мм величиною K_n можна знехтувати. Для деталей великих діаметрів вибір K_n можна проводити із графіків (рис.2.4, 2.5; 2,6).

В гарячих деталях вплив поверхневого ефекту малий і в практичних розрахунках ним можна знехтувати, тому:

$$R_{g \text{ гар}} = \rho_t \frac{l}{F_g} \quad (2.16)$$

Де: ρ_t - питомий опір матеріалу деталей при температурі $t = 0.75 t_{\text{пл}}$;

l – установча довжина однієї деталі;

F_g – площа зварюваних деталей.

Крім цього, кінцевий опір деталей (опір в гарячому стані) можна визначати за формулою:

$$R_g' = \frac{r_k}{p\alpha} \quad (2.17)$$

Де: R_g' - кінцевий опір деталей, Ом;

p – зусилля, яке діє в контакті, Н;

R_k – одиничний контактний опір при зусиллі 10 Н (табл. 2.7)

α – показник степені (табл. 2.7).

Таблиця 2.7 – Величина опору одиничного контуру
і показник степені

Матеріал	a	R _к , Ом
Вуглецеві, низько - середньолеговані сталі	0.55-0.70	0.005-0.006
	0.70-0.75	0.005-0.006
Високолеговані сталі	0.75-0.85	0.001-0.002
Алюміній і його сплави	0.80-0.90	0.0005-0.001
Мідь та її сплави		

Активний опір ділянки електрод-електрод для стикового зварювання оплавленням визначається за формулою:

$$R_g = \frac{9600K_1}{j^3 F^2 \cdot V_{\text{опл}}} \cdot 10^{-6}, \text{ Ом} \quad (2.18)$$

Де: $V_{\text{опл}}$ - швидкість оплавлення, мм/с;

j – густина струму, А/мм²;

F - Площа поперечного перерізу деталей, мм²;

K – коефіцієнт, який враховує властивості сталі, для вуглецевих сталей $K=1$ для аустенітних сталей $K=1,1$.

2.3.3 Визначення індуктивного опору вторинного контуру

Для визначення індуктивного опору вторинного контуру контактної машини існують три основні способи:

а) на основі дослідних даних за графіком (рис. 2.8), який виражає функціональну залежність X_k від площі, яку охоплює контур.

При цьому X_k може також бути визначений за формулою:

$$X_k = S_B^{0.73} \cdot 10^{-3}, \text{ Ом} \quad (2.19)$$

де F – площа, яку охоплює контур, м² (береться по осях перерізу сторін).

б) за спрощеною емпіричною формулою:

$$X_k = \sum L_B \cdot C \cdot 10^{-6}, \text{ Ом} \quad (2.20)$$

де $\sum L_B$ – сумарна випрямлена довжина всіх елементів контуру при максимальних значення розхилу H_{max} і вильоту L_{max} , м.

C – емпіричний коефіцієнт, що знаходиться в межах $0.976 \div 1.35$ (в більшості випадків приймається $C=1.26$). Якщо є значна кількість

виступів в середину контуру, то C береться дещо меншим. Якщо виступи назвні – C береться дещо вище середнього.

в) найбільш точні результати можна отримати при розрахунку методом окремих ділянок. При цьому будь-який стандартний контур розбивається на окремі ділянки, кожна з яких відрізняється від других або розмірами і формою поперечного перерізу елементів струмопідводу, або віддаллю між осями. Розрахунок (коефіцієнта самоіндукції) і (індуктивний опір самого контуру), що відповідають частоті 50 Гц, по окремих ділянках, виконується за емпіричними формулами приведеними в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Формули розрахунку індуктивності і коефіцієнта форми для різних перерізів і геометричних розмірів струмовідводів

Переріз «прямого» «зворотного» струмопідводу	Незалежні змінні, см	Питома індуктивність, Гн см	Питомий індуктивний опір, Ом см	Коефіцієнт по рисунок 1.14	№ формули	Примітка
			При частоті 50 Гц			
Круглі	Рис. 2.9,б	$0.436\left(\frac{b-r}{r}\right)^{0.38} \cdot 10^{-8}$	$1.37\left(\frac{b-r}{r}\right)^{0.38} \cdot 10^{-6}$	$\frac{b-r}{r}$	(2.21)	$r = \sqrt{r_1 r_2}$
Прямокутні	Рис. 2.9,а	$0.121\left(\frac{b-\delta}{\delta} \frac{\beta}{\delta}\right)^{0.45} \cdot 10^{-8}$	$0.38\left(\frac{b-\delta}{\delta} \frac{\beta}{\delta}\right)^{0.45} \cdot 10^{-6}$	$\frac{b-\delta}{\delta} \frac{\beta}{\delta}$	(2.22)	$\delta = \sqrt{\delta_1 \delta_1}$
Круглі-прямокутні	Рис. 2.10, а	$0.31\left(\frac{b-r}{r} \frac{b-\delta}{\delta} \frac{\beta}{\delta}\right)^{0.17} \cdot 10^{-8}$	$0.97\left(\frac{b-r}{r} \frac{b-\delta}{\delta} \frac{\beta}{\delta}\right)^{0.17} \cdot 10^{-6}$	$\frac{b-r}{r} \frac{b-\delta}{\delta} \frac{\beta}{\delta}$	(2.23)	—
Електроди	Рис. 2.10, б	$0.3e^{0.05\left(\frac{b-r}{r}\right)} \cdot 10^{-8}$	$0.95e^{0.05\left(\frac{b-r}{r}\right)} \cdot 10^{-6}$	$\frac{b-r}{r}$	(2.24)	$e = 2,73$

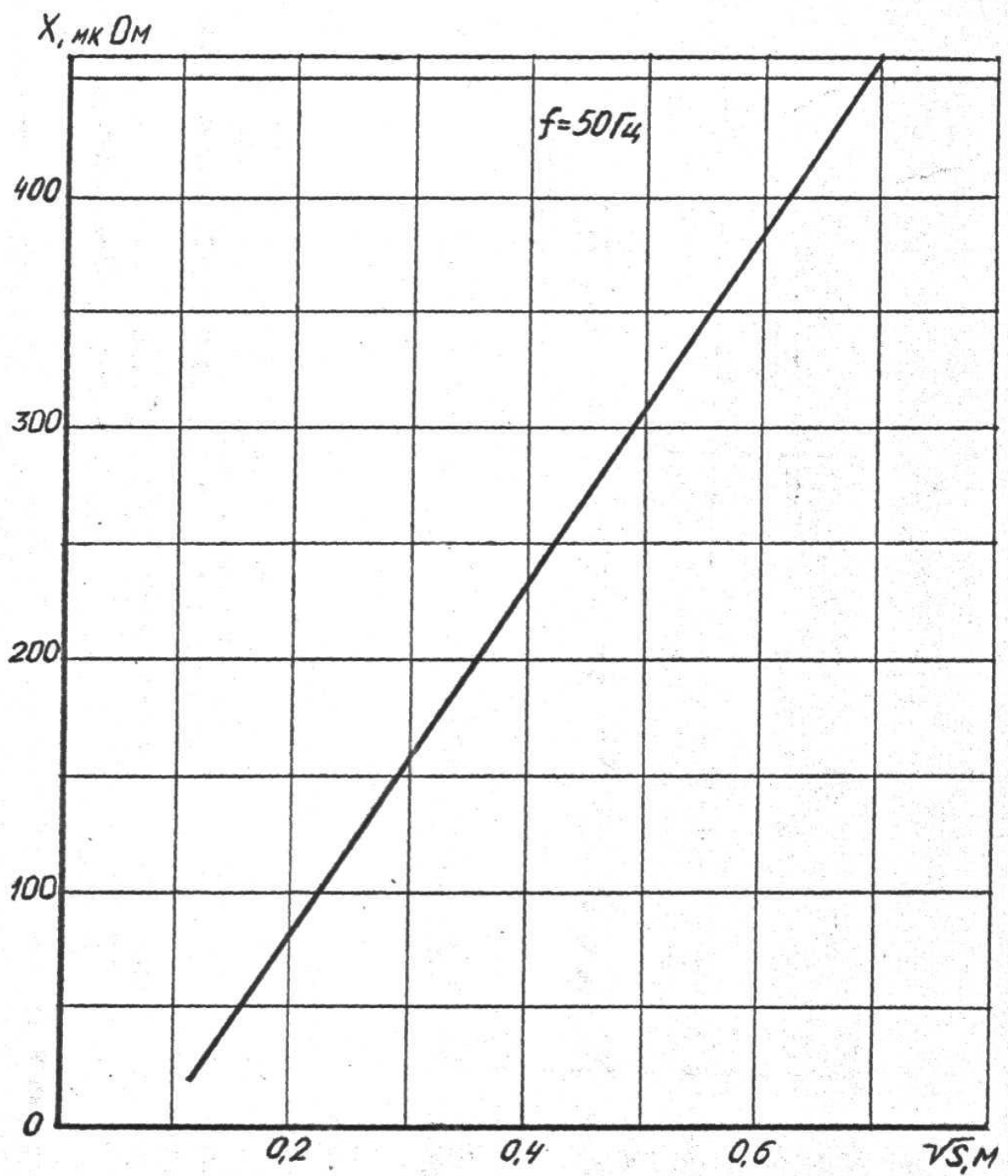
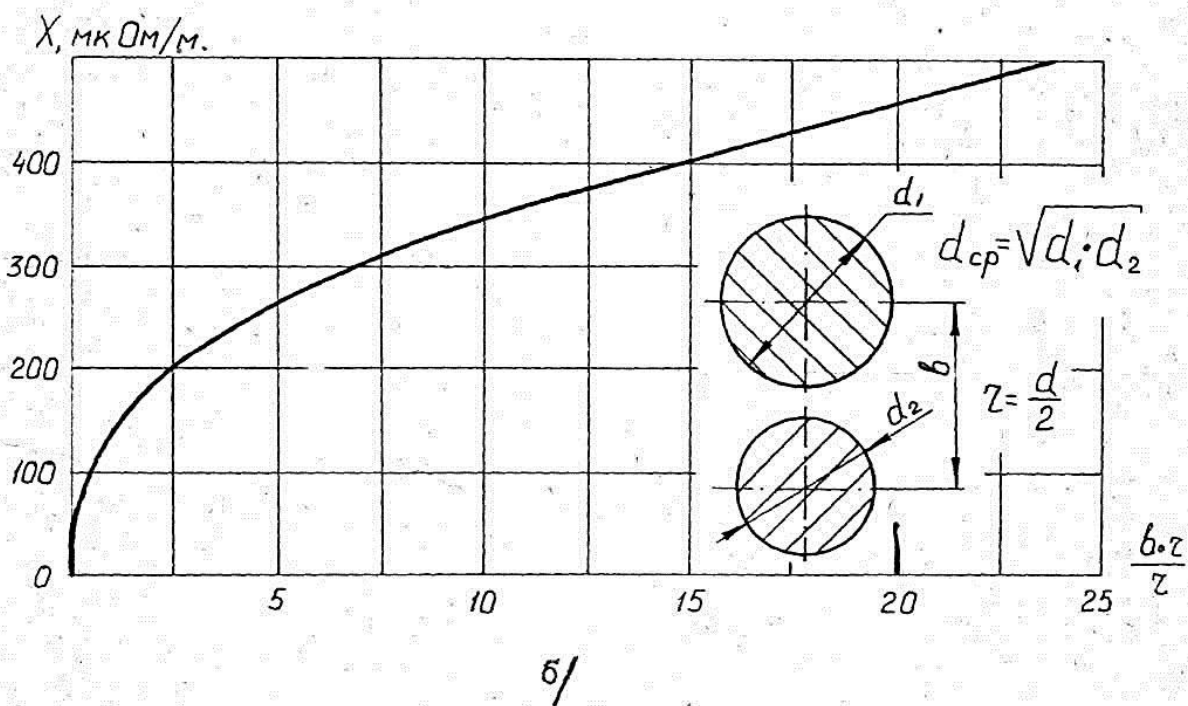
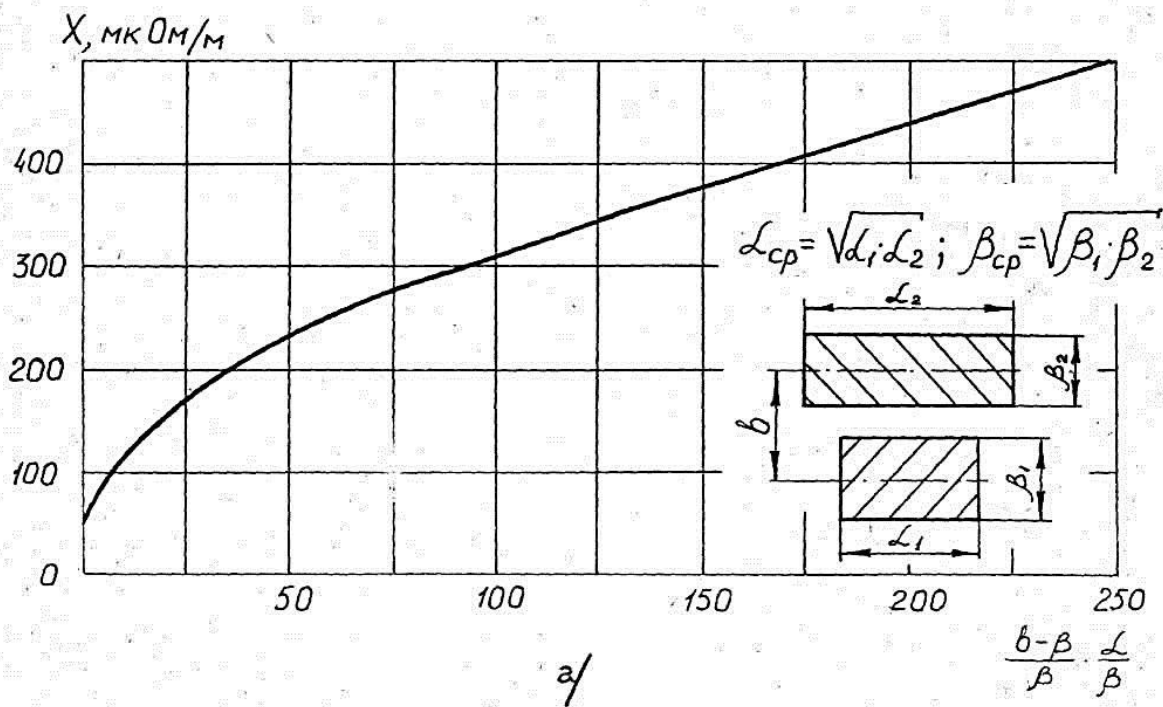
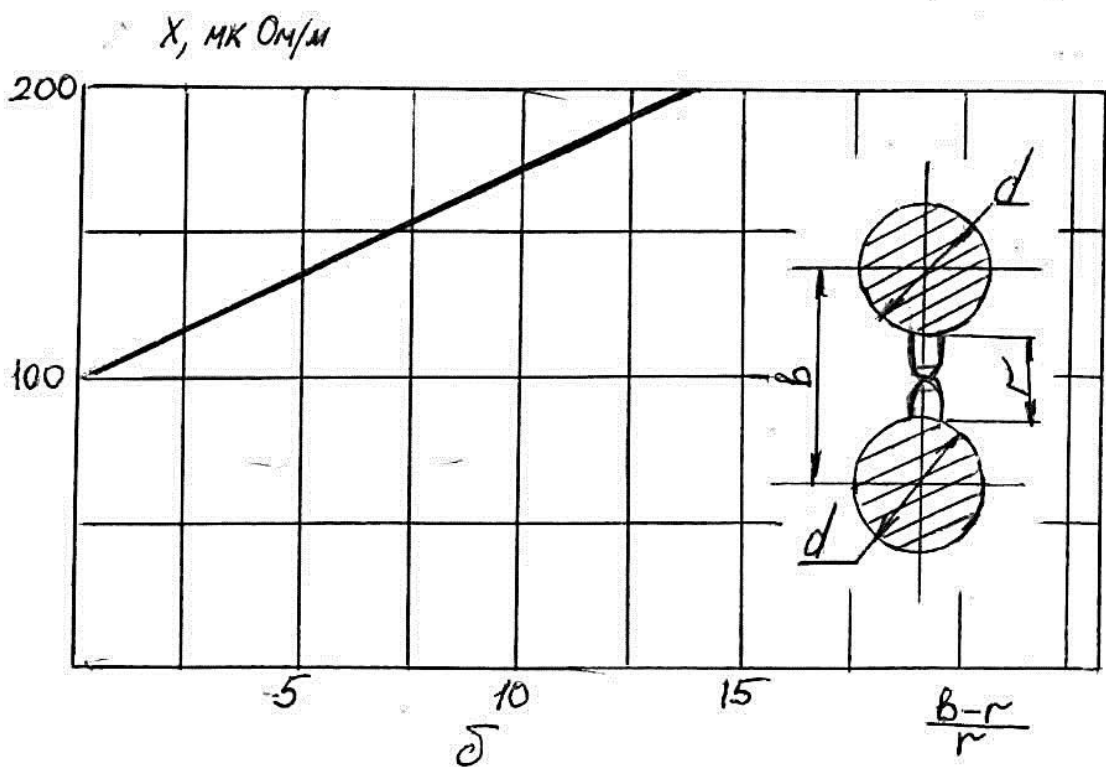
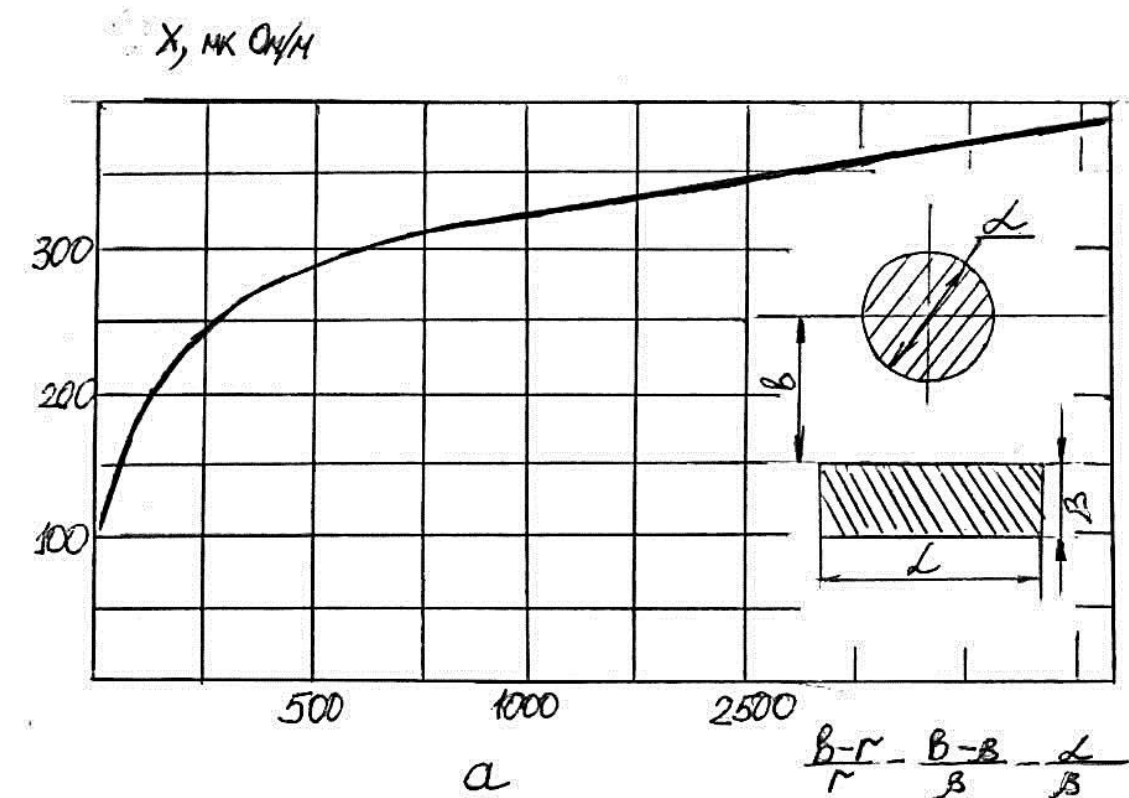


Рисунок 2.8 – Залежність індуктивного опору контуру від площі, яку він охоплює.



а – прямокутний переріз елементів; б – круглий переріз елементів.

Рисунок 2.9 – Питомий індуктивний опір відповідних елементів вторинного контуру.



а – круглий і прямокутний переріз;

б – переріз електродів.

Рисунок 2.10 – Питомий індуктивний опір відповідних елементів вторинного контуру.

Опір кожної окремої ділянки визначається:

$$x_i = x_1 l_i \quad (2.25)$$

де: x_i –питомий індуктивний опір, який діє на 1 м довжини пари елементів ділянки (з незмінними параметрами елементів), Ом м;

l_i – довжина ділянки, м.

На практиці величина x_k , як правило, розраховується трьома методами, а потім вибирається або середнє, або максимальне значення. Зазвичай перший і другий способи дають приблизно однакові результати, а третій на 10-15% більше.

3 РОЗРАХУНОК ДЕЯКИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МАШИН

Знаючи опір зварного контуру та вторинний струм, можна визначити дані, необхідні для розрахунку трансформатора, і деякі енергетичні параметри контактної машини. Наприклад, для номінальної ступені можна визначити наступні параметри:

- електрорушійну силу

$$E_2 = I_{2H} \cdot Z_H \quad (3.1)$$

- косинус φ машини

$$\cos\varphi = R_H / Z_H \quad (3.2)$$

- потужність машини

$$P_H = I_2^2 Z_H = E_2 I_2 \quad (3.3)$$

- коефіцієнт корисної дії машини

$$\eta = (R_{3b} / R_{кз} + R_{3в}) \cdot 100\% \quad (3.4)$$

РЕКОМЕНДОВАНА ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов В.Д. Дмитриев Ю.В., Чекалов А.А. Технология и оборудование контактной сварки.-М.:Машиностроение,1975._536 с.
2. Рыськова З.А. Трансформаторы для электрической контактной сварки-Л.:Энергоатомиздат,1990.-424 с.
3. Глебов Л.В. Филипов Ю.И. Чулошников П.Л. Устройство и эксплуатация контактных машин. – Л.: Энергоатомиздат , 1987. – 312 с.
4. Глебов Л.В. Пескарев Н.А. Фейгенбаум Д.С. Расчет и конструирование машин контактной сварки. – Л.: Энергоиздат, 1981. – 424 с.
5. Форанов А.А. Рудаков А.С. Контактная сварка. Справочник. – М.: Высшая школа, 1979.- 215 с.
6. Николаев А.К. Розенберг В.М. Сплавы для электродов контактной сварки. М.: Машиностроение, 1978. – 408 с.
7. Бохштейн О.Н. Оборудование для контактной сварки постоянным током. – Л.: Энергия, 1976 . – 172 с.
8. Синозберг С.К. Чулошников П.Л. Электроды для контактной сварки. Л.: Машиностроение , 1971. – 94 с.
9. Кучук- Луценко С.И. Оборудование для контактной сварки рельсов и его эксплуатация.- К.: Наукова думка . 1974 .- 182с.

ЗМІСТ

1	МЕТА І ЗАВДАННЯ.5
2	ПОРЯДОК РОЗРАХУНКУ ВТОРИННОГО КОНТУРУ КОНТАКТНОЇ МАШИНИ.5
3	РОЗРАХУНОК ДЕЯКИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МАШИН..25
4	РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.26