

Опростено изчисляване на радиатори за мощни транзистори

Препоръки по експлоатацията на радиатори и закрепването на полупроводниковите прибори към радиаторите.

Пример за изчисление на двустранно оребрен радиатор.

Материалите са от книгата:

Рачев, Д. Справочник на радиолюбителя, София "Техника" 1984 г.

3.7. РАДИАТОРИ ЗА ОХЛАЖДАНЕ

Най-ефективното използване на мощните транзистори, диоди и тиристоры е възможно само при добре изчислено топлоотдаване в околната среда. Топлинните съпротивления при това топлоотдаване са:

— топлинно съпротивление между колекторния преход на транзистора и корпуса му R_{thj-c} , което се посочва в каталожните данни за мощните транзистори;

— топлинно съпротивление между корпуса и радиатора R_{thc-r} , което зависи главно от добрия топлинен контакт между двете повърхности (гладкост на повърхнините, сила на стягане, наличие на силиконова паста или на изолационна подложка и т. н.);

— топлинно съпротивление между радиатора и околната среда R_{thr-a} , което зависи от повърхността на радиатора и нейното състояние (цвет, покритие, гладкост).

Общото топлинно съпротивление е

$$R_{th} = R_{thj-c} + R_{thc-r} + R_{thr-a},$$

където всички топлинни съпротивления се измерват в °C/W.

В резултат на охлаждането температурата на прехода $t_{пр}$ ще се получи като сума от отделните топлинни съпротивления на транзистора и радиатора, умножена по колекторната мощност P_c , която трябва да се разсее, и всичко това увеличено с температурата на околния въздух t_a , т. е.

$$t_j = P_c (R_{thj-c} + R_{thc-r} + R_{thr-a}) + t_a. \quad (3.2)$$

Околната температура t_a се приема 25°С само когато транзисторът е монтиран извън устройството — например на задната плоча. При вътрешен монтаж t_a се приема 35°С.

Изчислението по (3.2) се прави, когато се разполага с готов радиатор и трябва да се провери неговата ефикасност. По същата формула може да се провери максимално допустимата мощност на разсейване

$$P_{c \max} \leq \frac{t_{j \max} - t_a}{R_{thj-c} + R_{thc-r} + R_{thr-a}}, \text{ W}, \quad (3.3)$$

където $t_{j \max}$ е максимално допустимата температура на преходите на транзистора, посочена в каталожните данни, °С.

Като груба ориентировка може да се приеме, че $t_{j \max}$ е 70°С за германиеви и 150°С за силициеви транзистори и диоди.

Топлинното съпротивление на радиатора, който трябва да се монтира, за да не се надвиши максимално допустимата мощност $P_{c \max}$, ще бъде

$$R_{thr-a} \leq \frac{t_j - t_a}{P_{c \max}} - (R_{thj-c} + R_{thc-r}). \quad (3.4)$$

Най голяма спънка в изчислението създава непознаването на R_{thc-r} . Ако плоскостите на корпуса на транзистора и леглото му в радиатора не са достатъчно плътно прилеянали и гладкостта на допиращите се повърхности не е висока, топлинното съпротивление R_{thc-r} може да нарасне с 2—3°С/W. Запълването на неравностите с различни смоли, масла или силиконова паста понижава R_{thc-r} до 0,5 °С/W.

Ако се налага поставянето на изолационна подложка между корпуса на транзистора и радиатора, това увеличава топлинното съпротивление в зависимост от дебелината и материала на подложката. На табл. 3.11 са посочени няколко такива случая.

За да се намали влиянието на изолационната подложка върху R_{thc-r} , за предпочитане е полупроводниковият елемент да се монтира директно върху радиатора и да се изолира целият комплект, ако това е възможно. Напоследък се използват изолационни подложки от берилиев окис, който има по-добра топлопроводимост дори и от алуминия.

Таблица 3.11 Влияние на подложката върху топлинното съпротивление

Материал на подложката	Дебелина на подложката, μm	Топлинно съпротивление R_{thc-r} , $^{\circ}\text{C}/\text{W}$
Полиетиленова или тefлонова лента	10	1,1
Слюда	60	0,6
Слюда	140	2
Слюда	400	2,7
Слюда със силиконова паста	40	0,5
Анодиране	—	1

Пример. Транзистор с топлинно съпротивление $R_{thj-c} = 1,5 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$ трябва да разсея мощност 15 W. Монтиран е на радиатор с топлинно съпротивление $R_{thr-a} = 1,8 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$ и е изолиран от него чрез слюдена пластинка с $R_{thc-r} = 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$. Околната температура е 25°C . Температурата на прехода му ще достигне до

$$t_j = 15(1,5 + 0,5 + 1,8) + 25 = 82^{\circ}\text{C}.$$

Това е доста над граничната температура за германиеви транзистори. Ако се премахне слюдената пластинка, температурата на прехода ще се понижи със $7,5^{\circ}\text{C}$ и транзисторът ще работи при нормални условия.

Плосък радиатор. За най-простия по конструкция радиатор — плоска алуминиева плочка с квадратна или правоъгълна форма, необходимата площ S може да се определи по формулата

$$S = \frac{A}{R_{thr-a}}, \text{ cm}^2, \quad (3.5)$$

където A е коефициент, зависещ от състоянието на повърхността и условията за въздухообмен;

$A = 2200$ при необработена алуминиева плочка със затруднен въздухообмен (хоризонтално разположение);

$A = 1600$ при необработена алуминиева плочка с улеснен въздухообмен (вертикално разположение);

$A = 1200$ при обработена чрез песъкоструене алуминиева плочка и вертикално разположение.

Формулата за S може да се използва и за П образни радиатори, стига да е осигурено обтичане на въздуха от двете страни.

Пример. Транзисторът 2Т9136 трябва да разсея мощност 6 W. Да се оразмери необходимият плосък радиатор, така че температурата на прехода $t_{j\text{max}}$ да не надвиши 150°C при $t_a = 35^{\circ}\text{C}$. Радиаторът ще се разположи вертикално.

Топлинното съпротивление на радиатора ще се определи от (3.4). В случая $R_{thc-r} = 0$, тъй като при тези транзистори не се налага поставянето на изолационна подложка. От каталога на ЗПП — Ботевград намираме, че $R_{thj-c} = 10^{\circ}\text{C}/\text{W}$. Тогава

$$R_{thr-a} = \frac{t_j - t_a}{P_c} - R_{thj-c} = \frac{150-35}{6} - 10 = 9,2 \text{ } ^\circ\text{C/W};$$

$$S = \frac{A}{R_{thr-a}} = \frac{1600}{9,2} = 174 \text{ cm}^2.$$

Поради вертикалното разположение на радиатора се получава двустранно обтичане на въздуха и изчислената стойност за S може да се намали два пъти. Конструкцията му ще представлява алуминиева плочка с размери $60 \times 150 \text{ mm}$ и дебелина 2 mm , огъната в П-образна форма.

Необходимата площ S на плосък или П-образно огънат алуминиев радиатор може по-бързо да се определи по табл. 3.12 за 1, 2 и 3 mm дебелина на материала, вертикален монтаж, необработена повърхност и без принудително движение на околния въздух. При хоризонтален монтаж на радиатора охлаждащата повърхност трябва да бъде с 20 % по-голяма от дадената в таблицата.

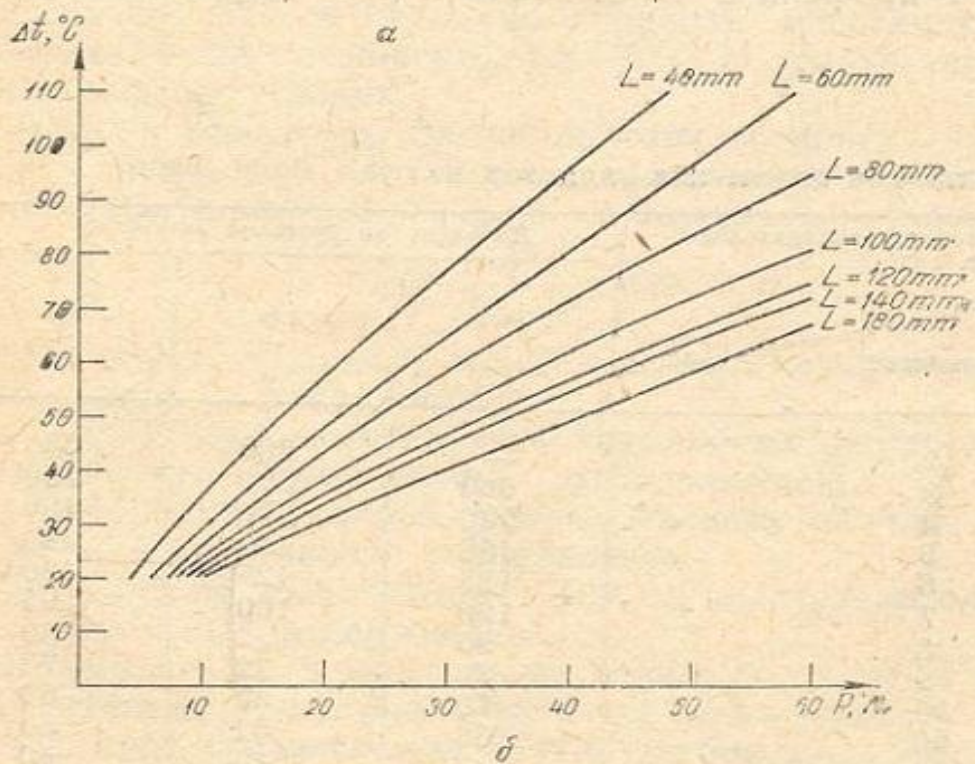
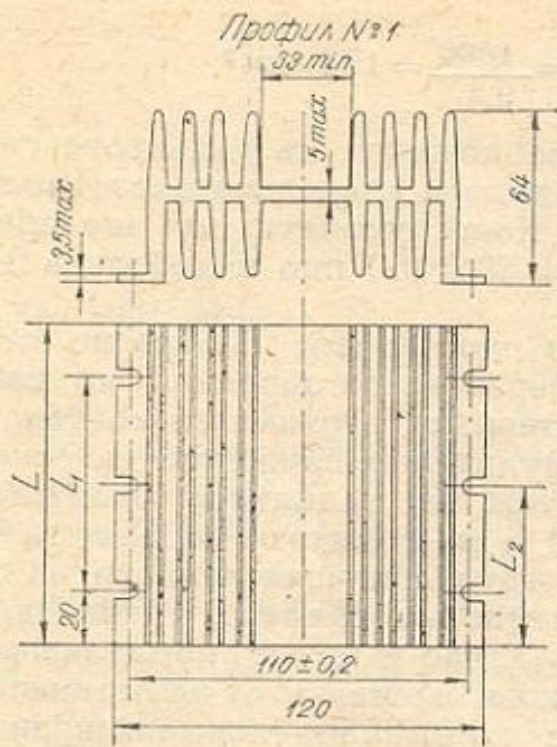
Ребрести радиатори. Когато при изчислението на S се получат прекалено големи и неудобни размери, трябва да се премине към ребрести радиатори. У нас е приет нормализиран ред от радиатори за полупроводникови елементи от алуминиеви профили, който обхваща 7 профила с по няколко нормализирани дължини (табл. 3.13).

Таблица 3.12

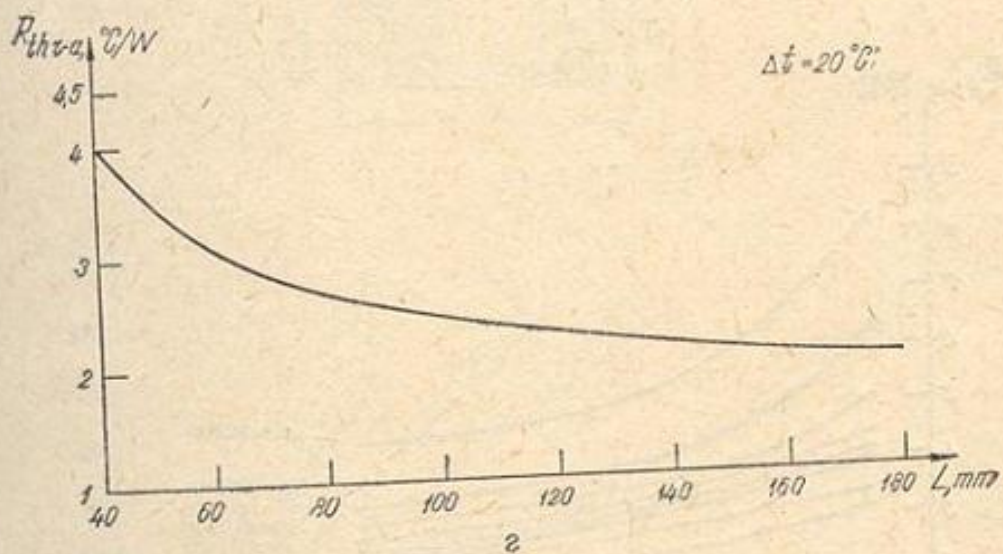
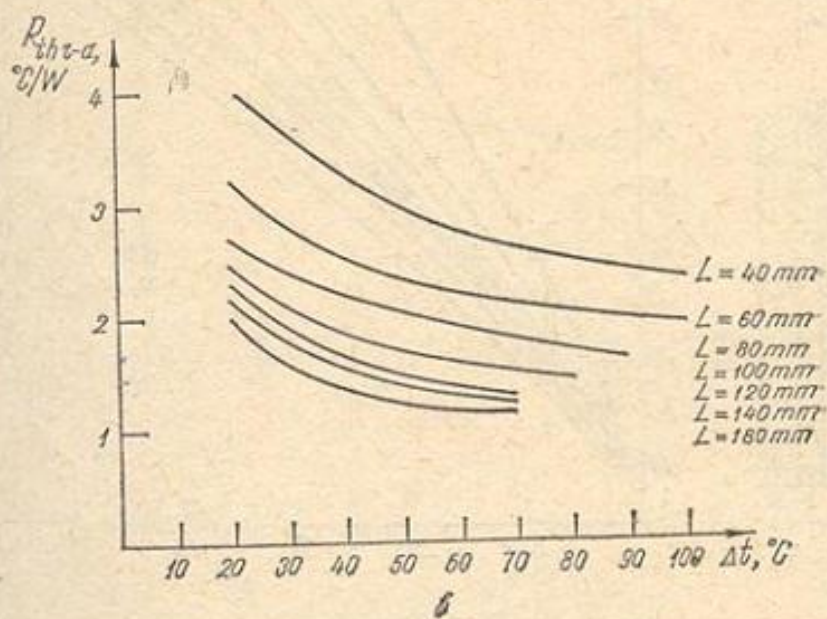
Оразмеряване на плосък алуминиев радиатор

Необходима охлаждаема площ, cm^2	Дебелина на листовия материал		
	1 mm	2 mm	3 mm
R_{thr-a} , $^\circ\text{C/W}$			
2	—	700	550
3	600	350	280
4	280	220	190
5	180	160	140
6	135	125	120
7	120	100	95
8	90	82	80
9	80	72	70
10	70	65	63
50	55	52	50
100	42	40	40
200	30	30	30
300	20	20	20

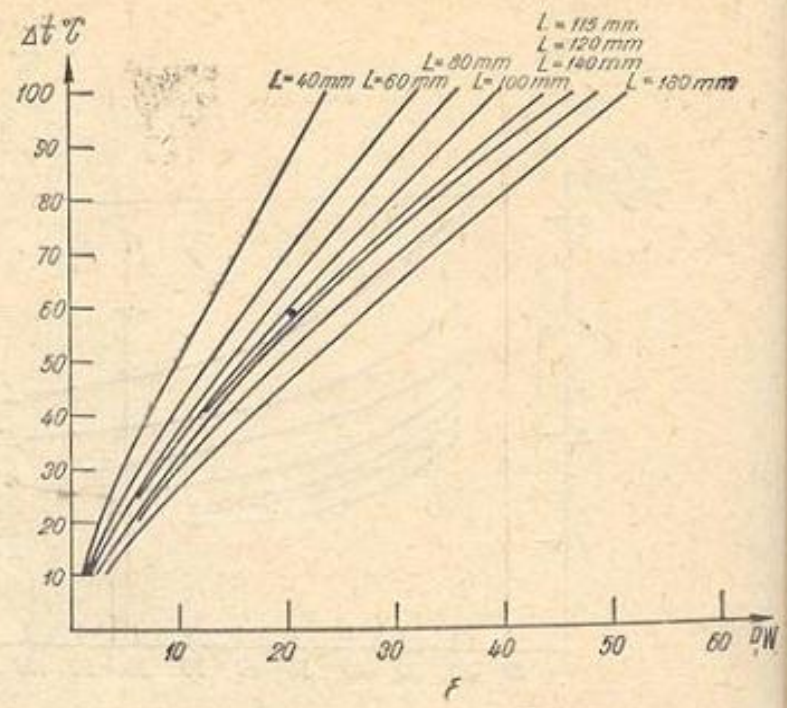
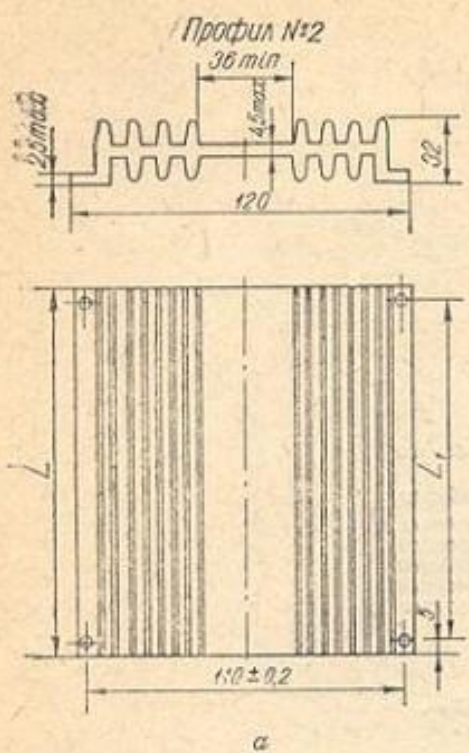
На фиг. 3.8—3.15 са показани външният вид и размерите на тези радиатори (а), както и характеристиките им — зависимостите



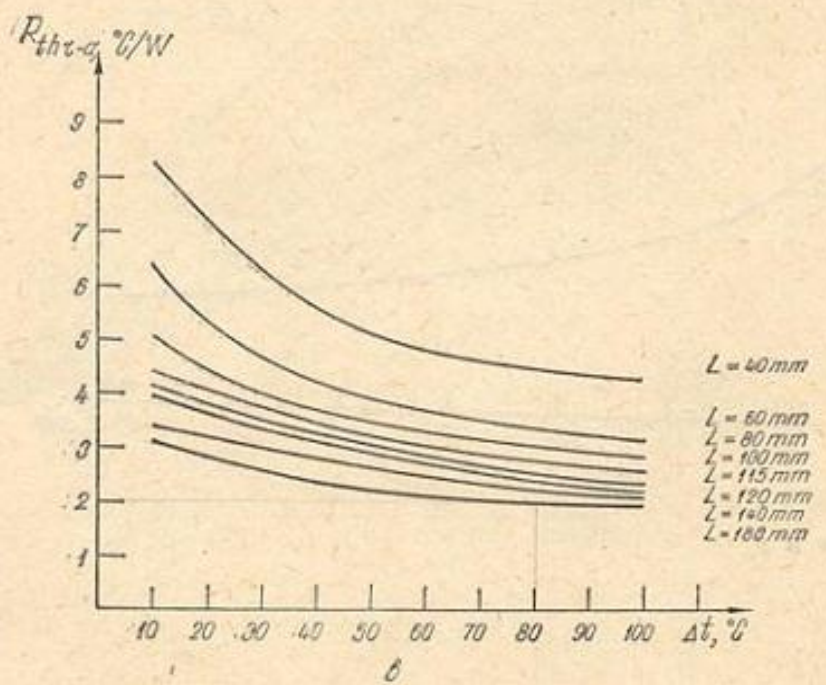
Фиг. 3.8 а и б



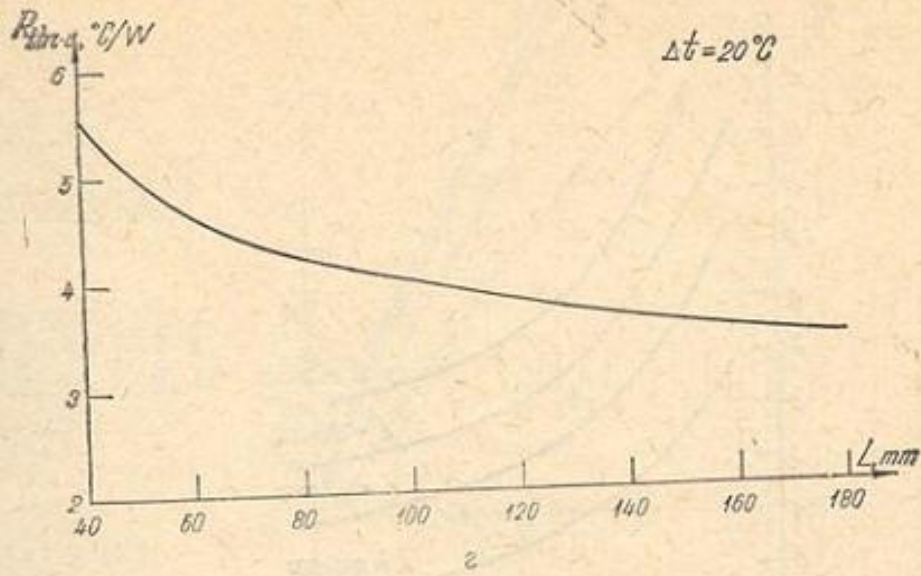
Фиг. 3.8 в и г



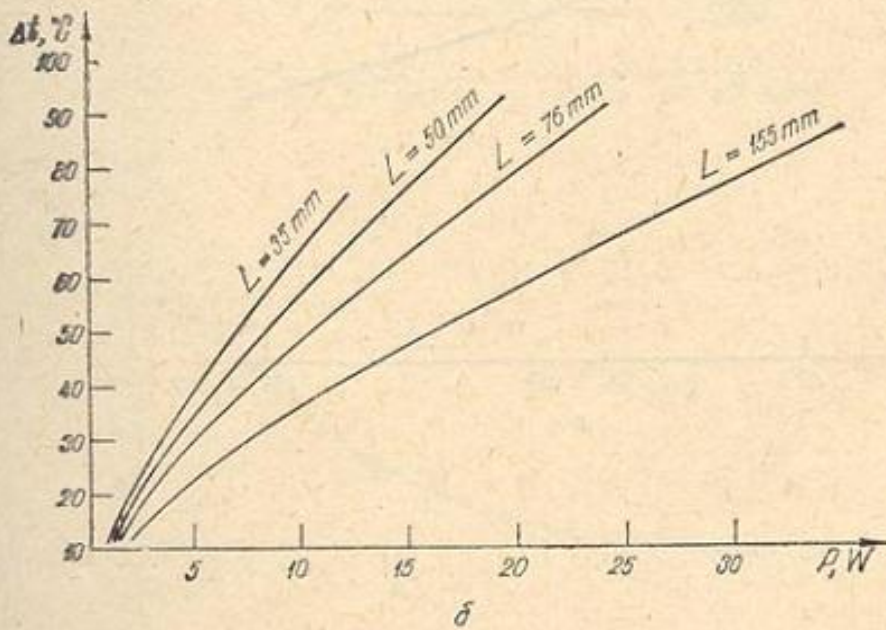
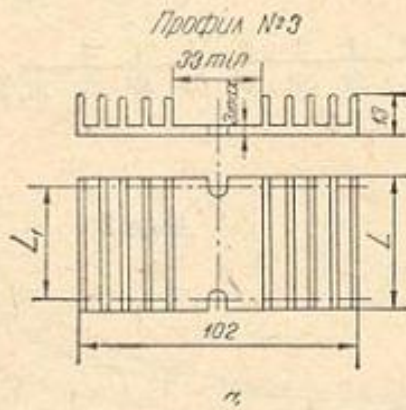
Фиг. 3.9 а] и б



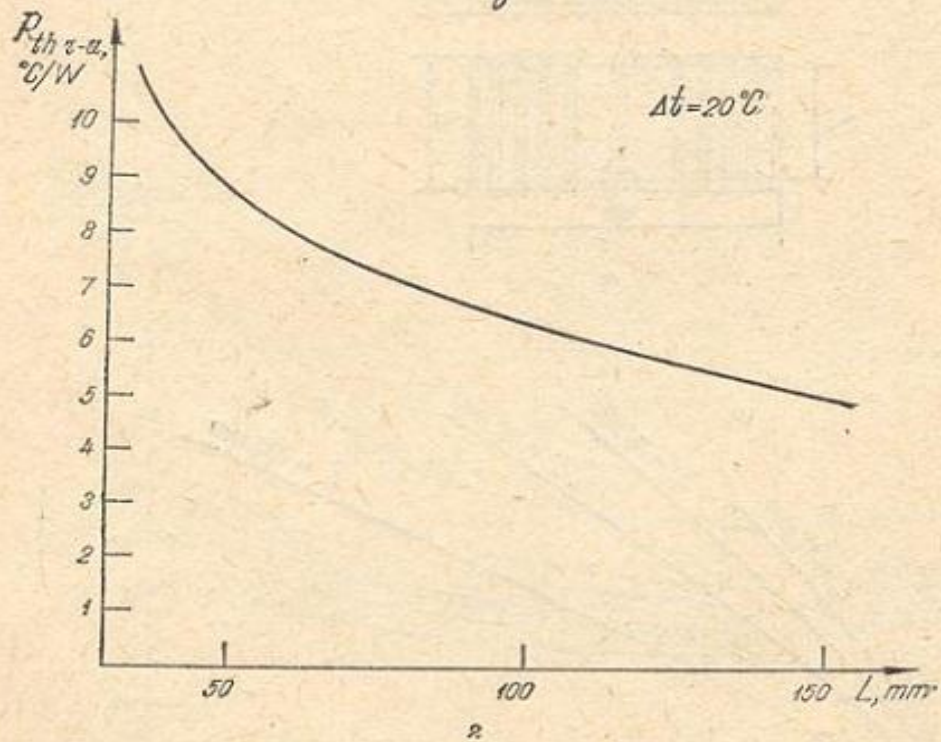
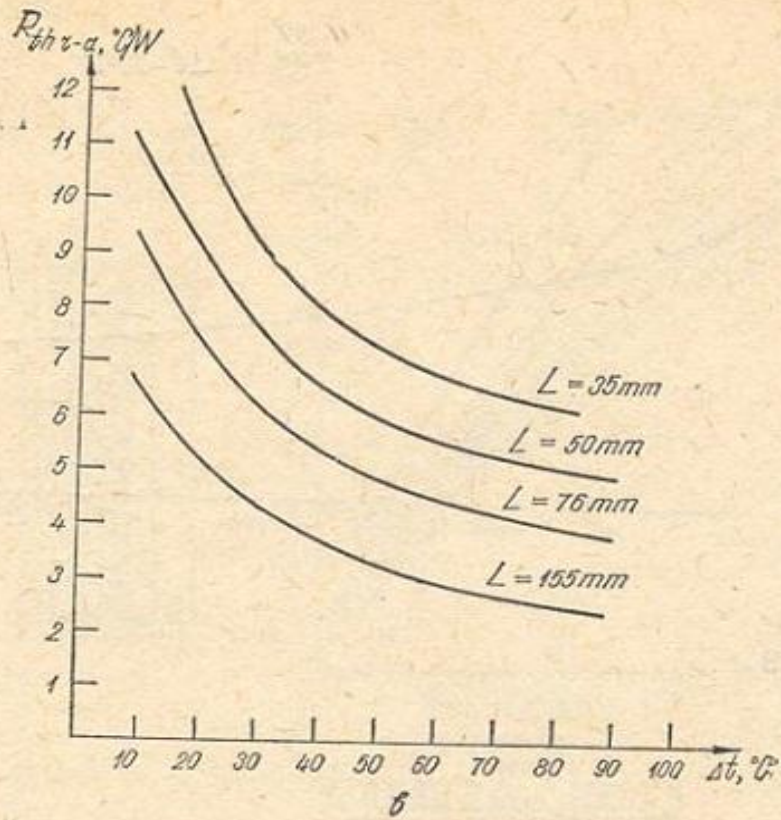
Фиг. 3.9 б



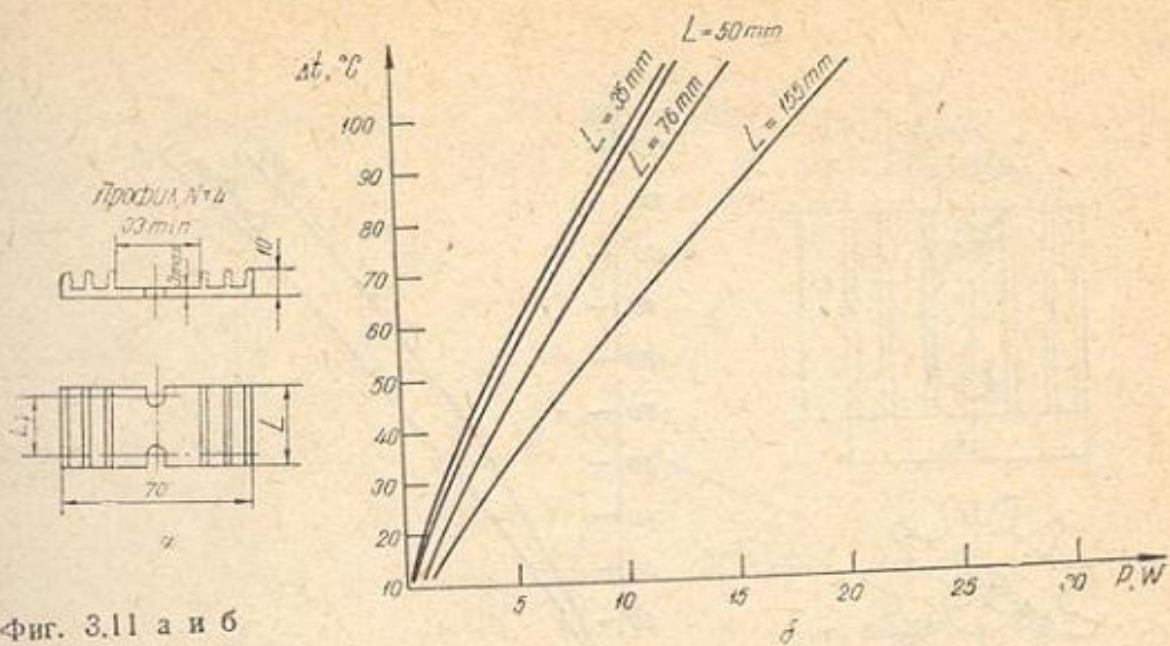
Фиг. 3.9 з



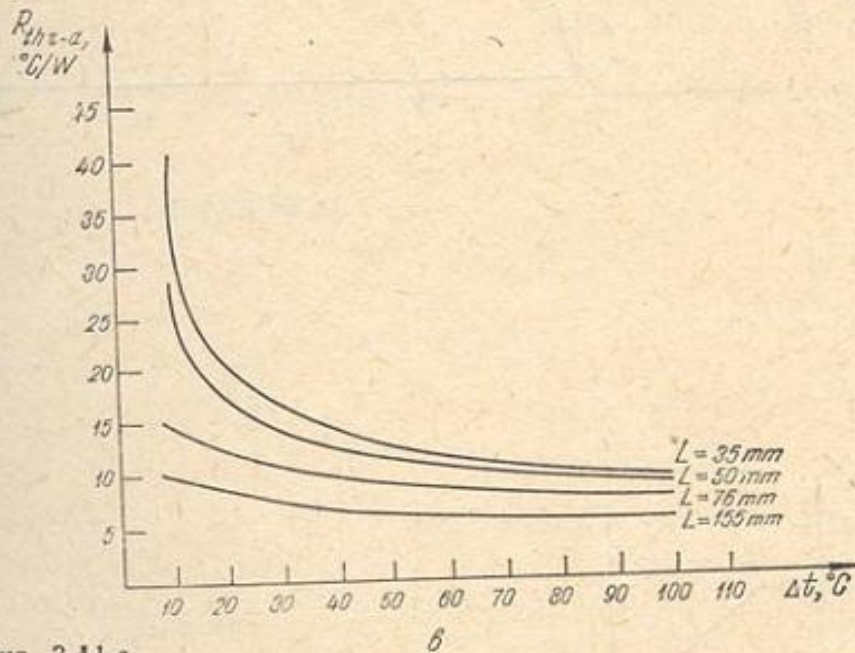
Фиг. 3.10 а и б



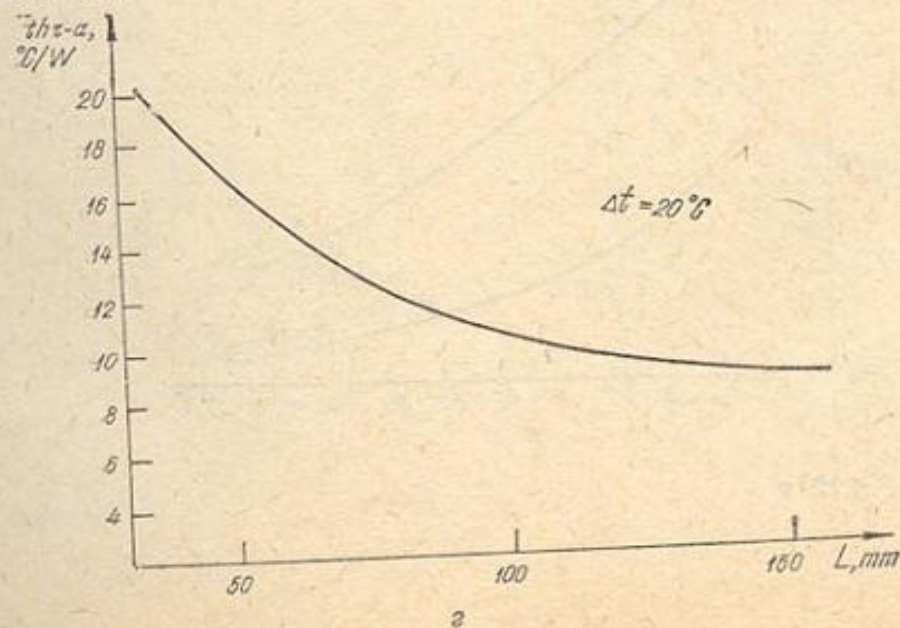
Фиг. 3.10 в и г



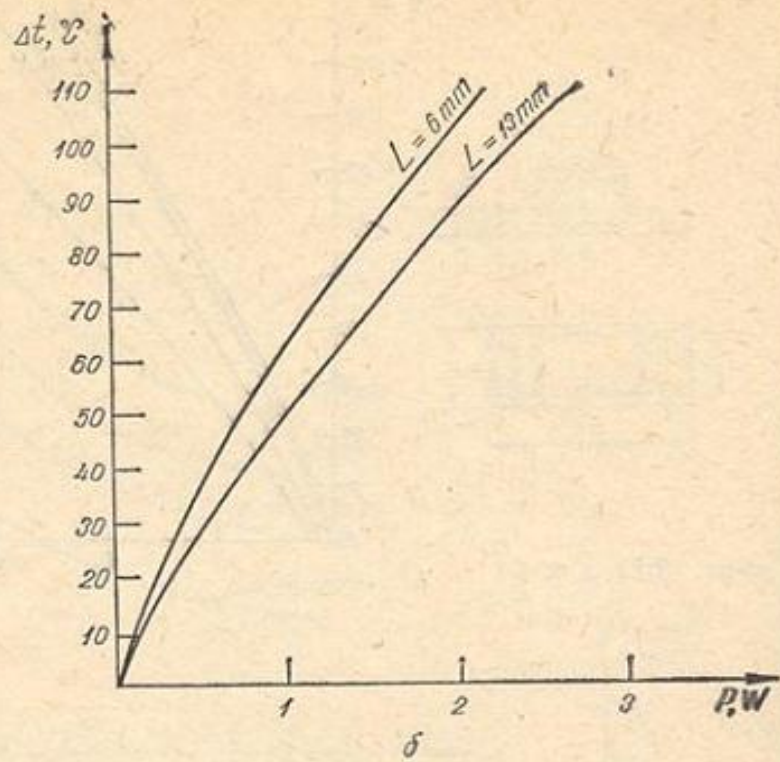
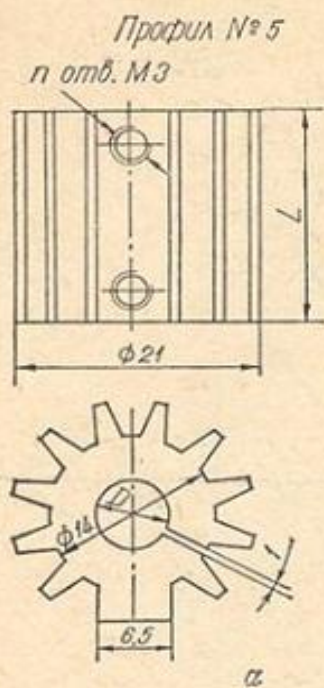
Фиг. 3.11 а и б



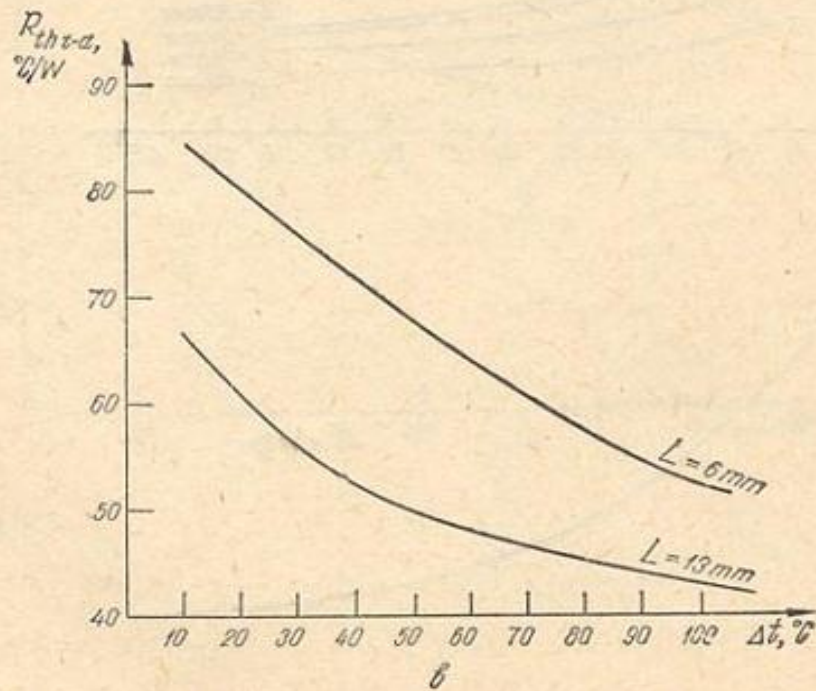
Фиг. 3.11 в



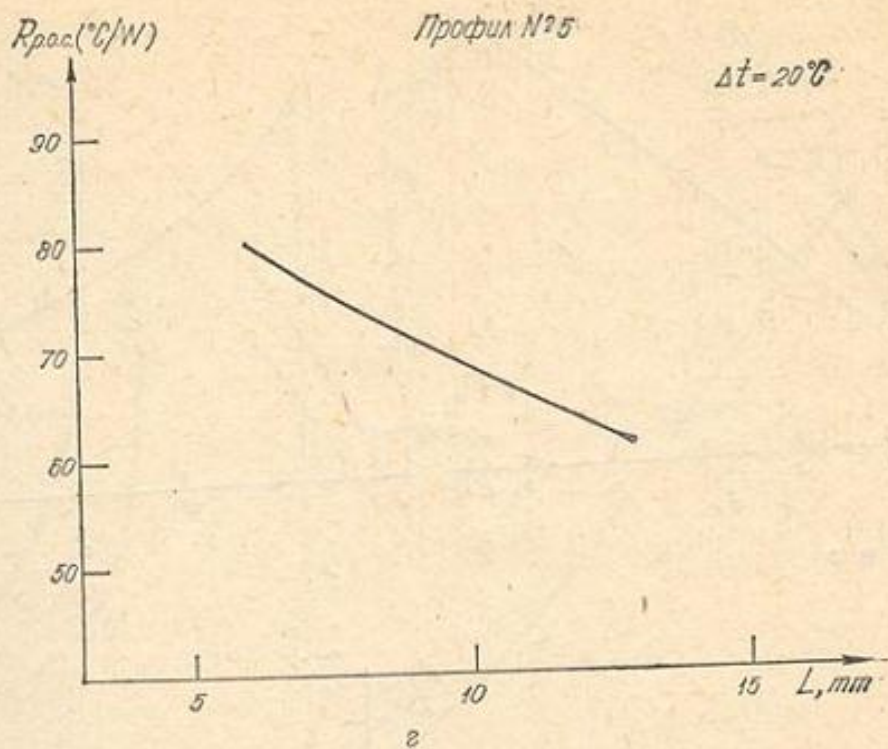
Фиг. 3.11 г



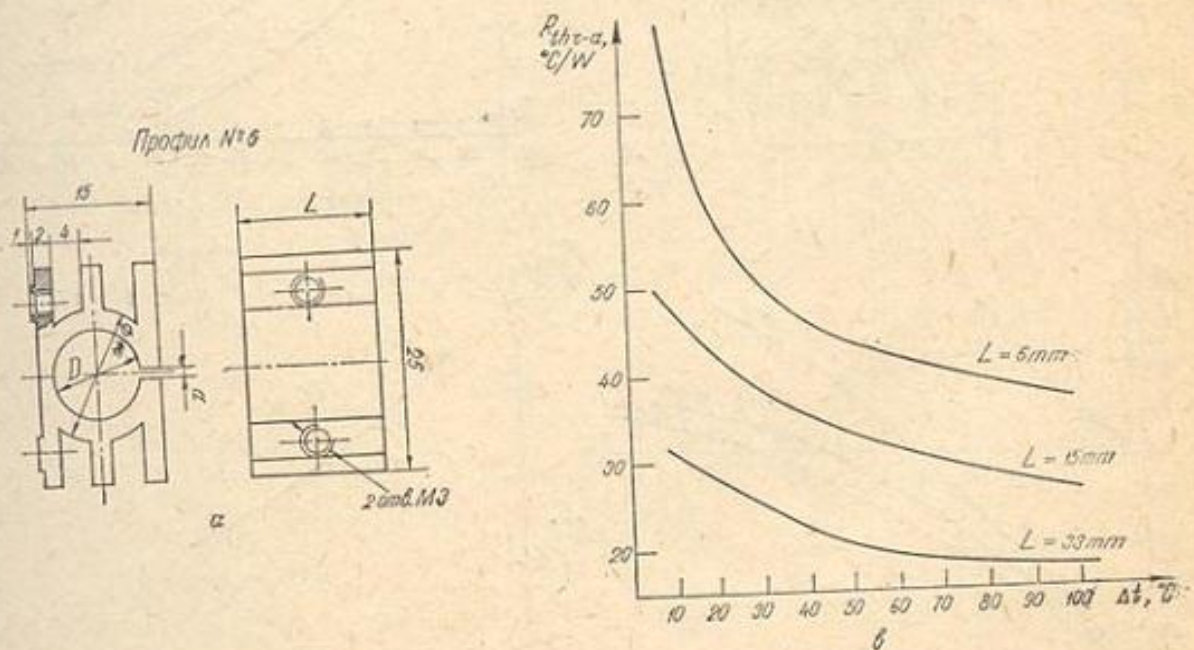
Фиг. 3.12 а и б



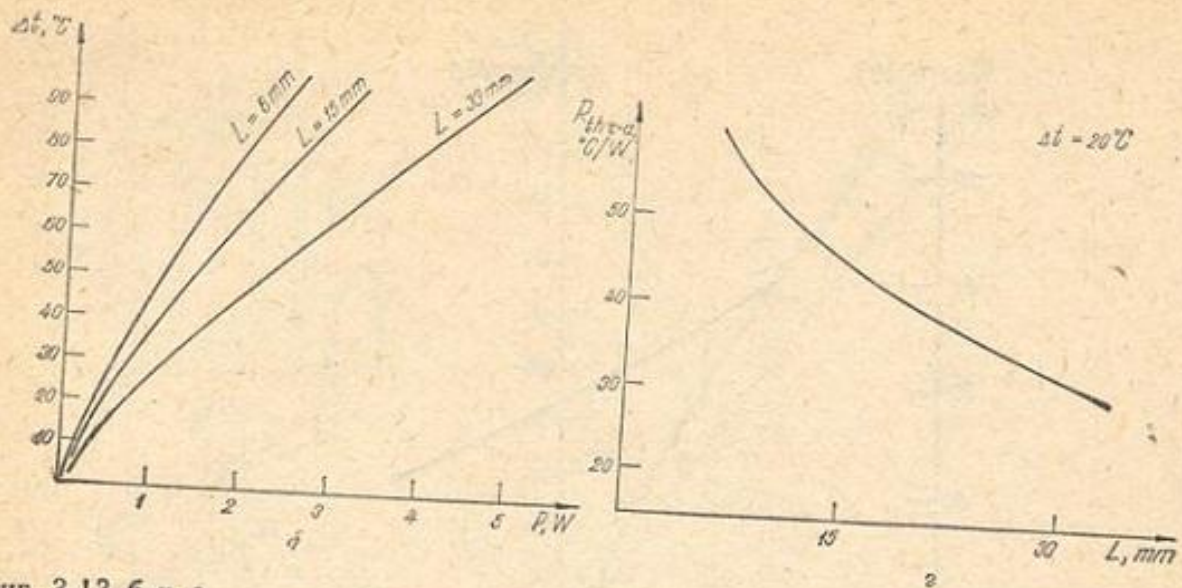
Фиг. 3.12 в



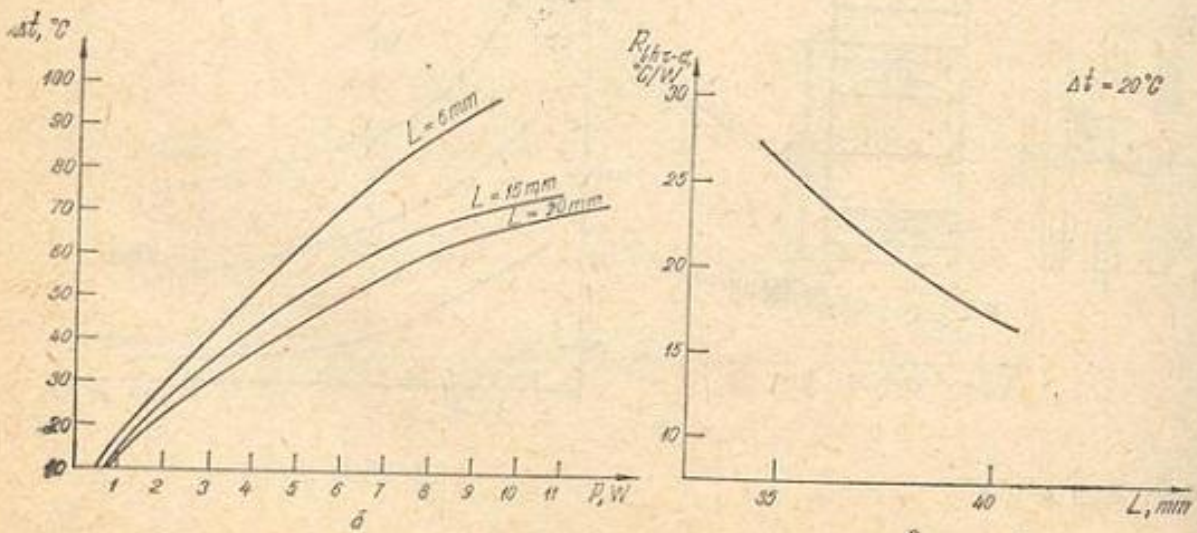
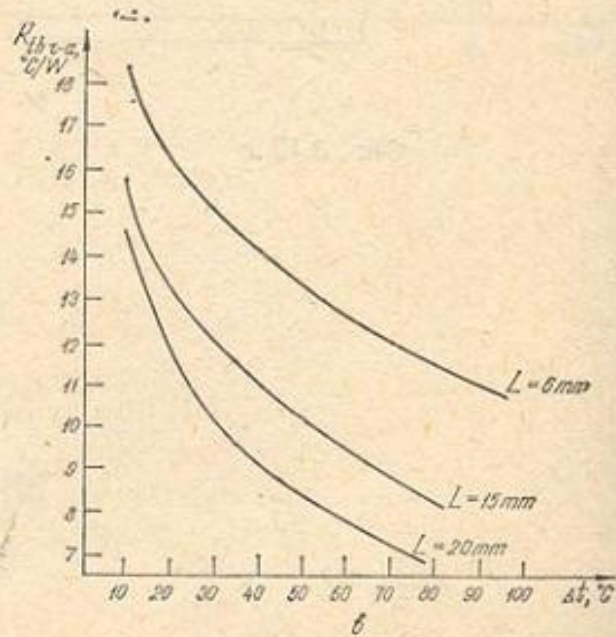
Фиг. 3.12 з



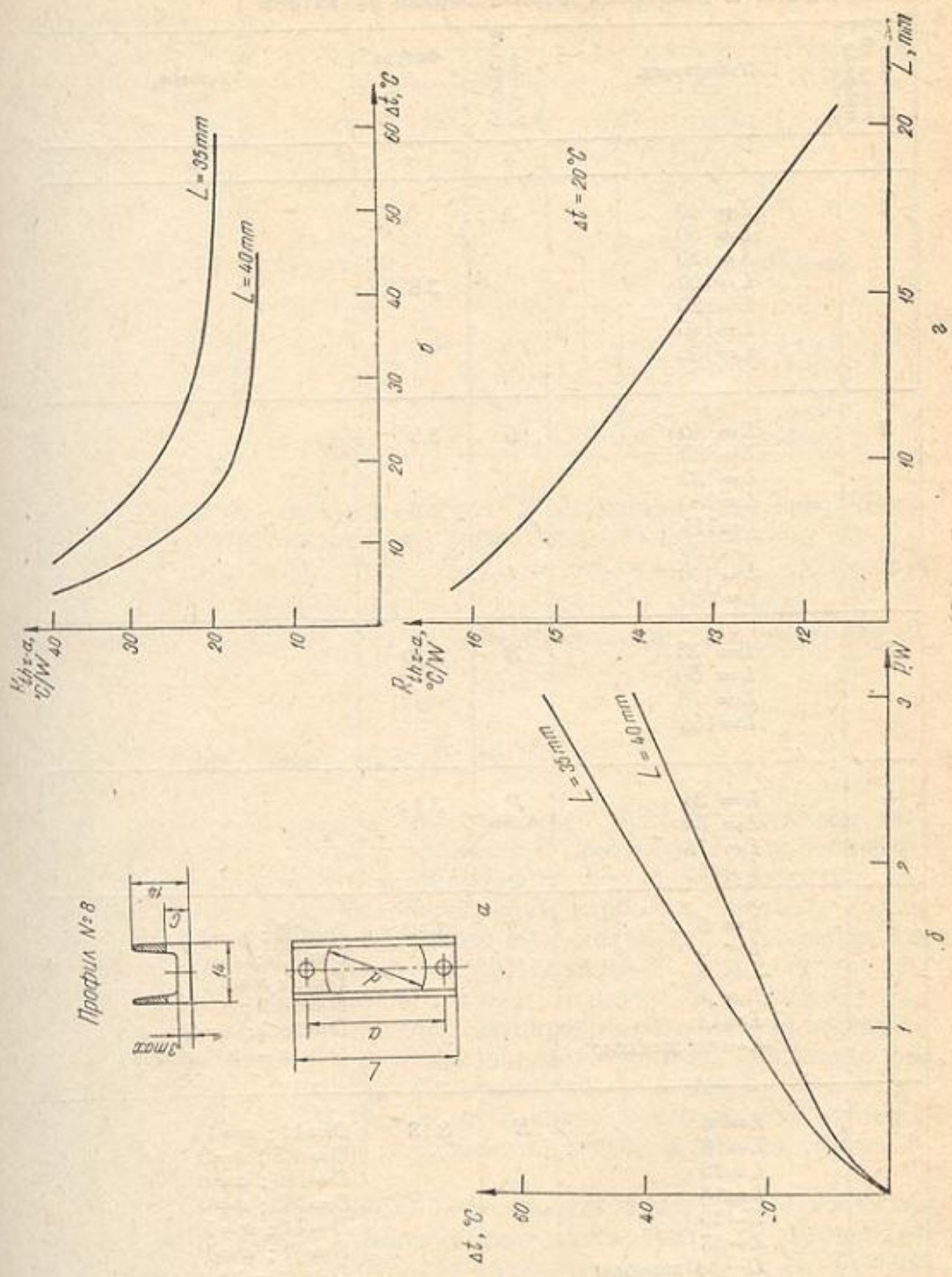
Фиг. 3.13 а и б



Фиг. 3.13 б и з



Фиг. 3.14



Фиг. 3.15

Таблица 3.13. Български нормализирани радиатори

Пореден номер на профила	Типоразмер, мм	Условно означение	Фигура	Размери, мм
1	2	3	4	5
1	$L=40$ $L=60$ $L=80$ $L=100$ $L=120$ $L=140$ $L=180$	<i>A</i>	3.8	
2	$L=40$ $L=60$ $L=80$ $L=100$ $L=115$ $L=120$ $L=140$ $L=180$	<i>B</i>	3.9	
3	$L=35$ $L=50$ $L=76$ $L=155$	<i>B</i>	3.10	
4	$L=35$ $L=50$ $L=76$ $L=155$	<i>Г</i>	3.11	
5	$L=6$ $L=6$ $L=6$ $L=6$ $L=13$ L — по желание	<i>Д</i>	3.12	$D=6,5; n=1$ $D=6,5; n=0$ $D=9; n=1$ $D=10,9; n=0$ $D=10,9; n=2$ D и n — по желание
6	$L=6$ $L=6$ $L=15$ $L=15$ $L=15$ $L=33$ L — по желание	<i>E</i>	3.13	$D=11; a=1$ $D=M5; a=0$ $D=M6; a=0$ $D=M8; a=0$ $D=11; a=1$ $D=11; a=1$ D и a — по желание

Продължение на табл. 3.13

1	2	3	4	5
7	$L=6$ $L=15$ $L=15$ $L=15$ $L=15$ $L=20$ L — по желание	Ж	3.14	$\Gamma=11; a=1$ $D=11; a=1$ $D=M5; a=0$ $D=M6; a=0$ $D=M8; a=0$ $D=11; a=1$ D и a — по желание
8	$L=35$ $L=35$ $L=40$ $L=40$ L — по желание	И	3.15	$d=11,5; a=27; c=6$ $d=16; a=27; c=5,5$ $d=23; a=30; c=6,5$ $d=23; a=34; c=8,5$ d, c и a — по желание

на температурната разлика Δt^* от разсейваната топлинна мощност P (б), зависимостите на термичното съпротивление R_{thr-a} от Δt (в) и зависимостите на R_{thr-a} от дължината на радиатора L (г). Тези зависимости улесняват подбора и оразмеряването на необходимия радиатор, без да е необходимо да се познава площта му.

ВИКИВАТ ЕООД – КОГАТО СТАВА ВЪПРОС ЗА ЕЛЕКТРОНИКА!

