

# Система автоматизованого управління твердопаливним котлом малої потужності

ст. гр. МВТ-15м

Шевчук Ю.А.

Керівник :

к.т.н. доц. Овчинников К.В.

# Актуальність

Україна належить до енергодефіцитних держав та задовольняє свої потреби у паливно-енергетичних ресурсах за рахунок власного видобутку за різними оцінками на 47–50 %.

Частина з цих ресурсів складається з кам'яного, деревного вугілля і безпосередньо деревини.

На сьогодні використання зазначених видів палива є недостатньо ефективним. Це пов'язано з тим, що рівень розвитку технологій не достатній, зазвичай деревина спалюється на відкритому вогні з вільним доступом кисню.

Із застосування новітніх технологій можливо підвищити відсоток ефективності, тому питання створення автоматизованих систем отримання теплової енергії з палива є актуальним.

# Мета і задачі дослідження

- Метою роботи є підвищення ефективності роботи водогрійних котлів малої потужності за рахунок підвищення точності вимірювання температури теплоносія з використанням РТС терморезисторів.
- Для досягнення мети сформульовані наступні задачі:
- розробити структуру інформаційно-вимірювальної системи для управління водогрійними котлами малої потужності;
- розробити математичну модель вимірювального каналу температури, провести оптимізацію параметрів;
- провести комп'ютерне моделювання та експериментальні дослідження інформаційно-вимірювальної системи управління водогрійними котлами малої потужності.
- *Об'єктом дослідження* є процес управління водогрійним котлом малої потужності.
- *Предметом дослідження* є метод і засіб вимірювання температури теплоносія на базі РТС терморезисторів.

# Види газогенераторів

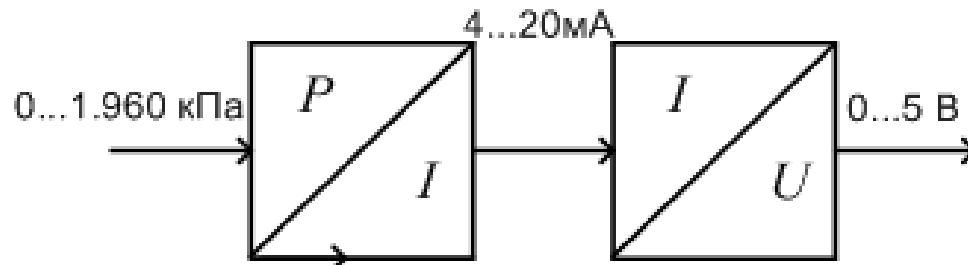
- Газогенератор з «бурхливим» шаром палива.
- Газогенератор з аерозольним потоком палива
- Газогенератори зворотного процесу
- Газогенератори горизонтального процесу
- Побутові теплогенератори з тепловою потужністю не більше 100кВт, температура теплоносія не перевищує 95°C.
- За типом енергоносія бувають:
  - газові;
  - рідкопаливні;
  - електричні;
  - **твердопаливні;**

# Аналіз стану сучасного рівня газогенераторів

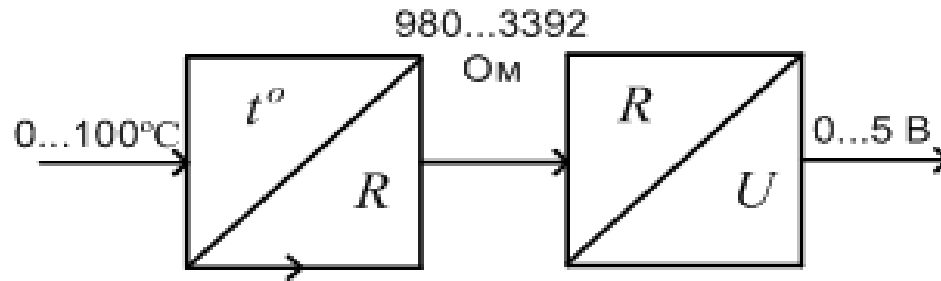
- Котли на твердому паливі:
  - класичні (лише тверде паливо);
  - універсальні (тверде, газоподібне, рідке);
  - газогенераторні (ККД 85-90%)
- Простота регулювання потужності.
- Більш екологічні.

# Оцінка діапазонів вимірювання

- датчик МИДА-13П-К(Н):



- датчик КТУ81210:



# Критеріальний аналіз структури ІВС

Таблиця 2.1 – Узагальнені критерії якості

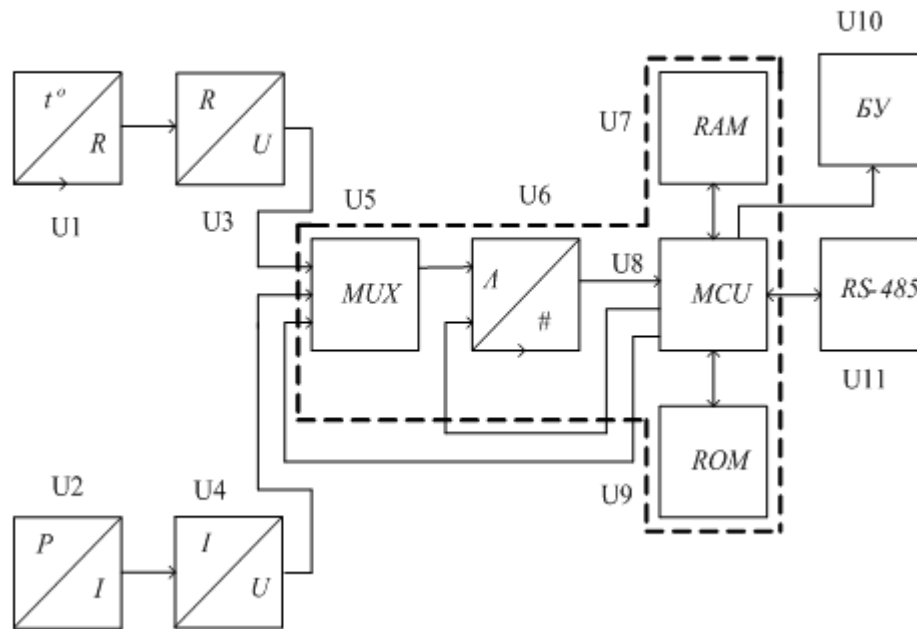
№	Параметри	1-й варіант	2-й варіант	3-й варіант	Ідеальний
1.	Простота реалізації	0	1	1	1
2.	Габаритність	0	1	1	1
3.	Швидкодія	0	1	1	1
4.	Собівартість	0	0	0	1
5.	Завадостійкість	1	0	1	1
6.	Складність	1	0	1	1
7.	Надійність	1	0	1	1
8.	Відстань від об'єкту	1	0	0	1
	$\Sigma$	4	3	6	7

$$A1 = E1/Ei\partial = 4/7$$

$$A2 = E2/Ei\partial = 3/7$$

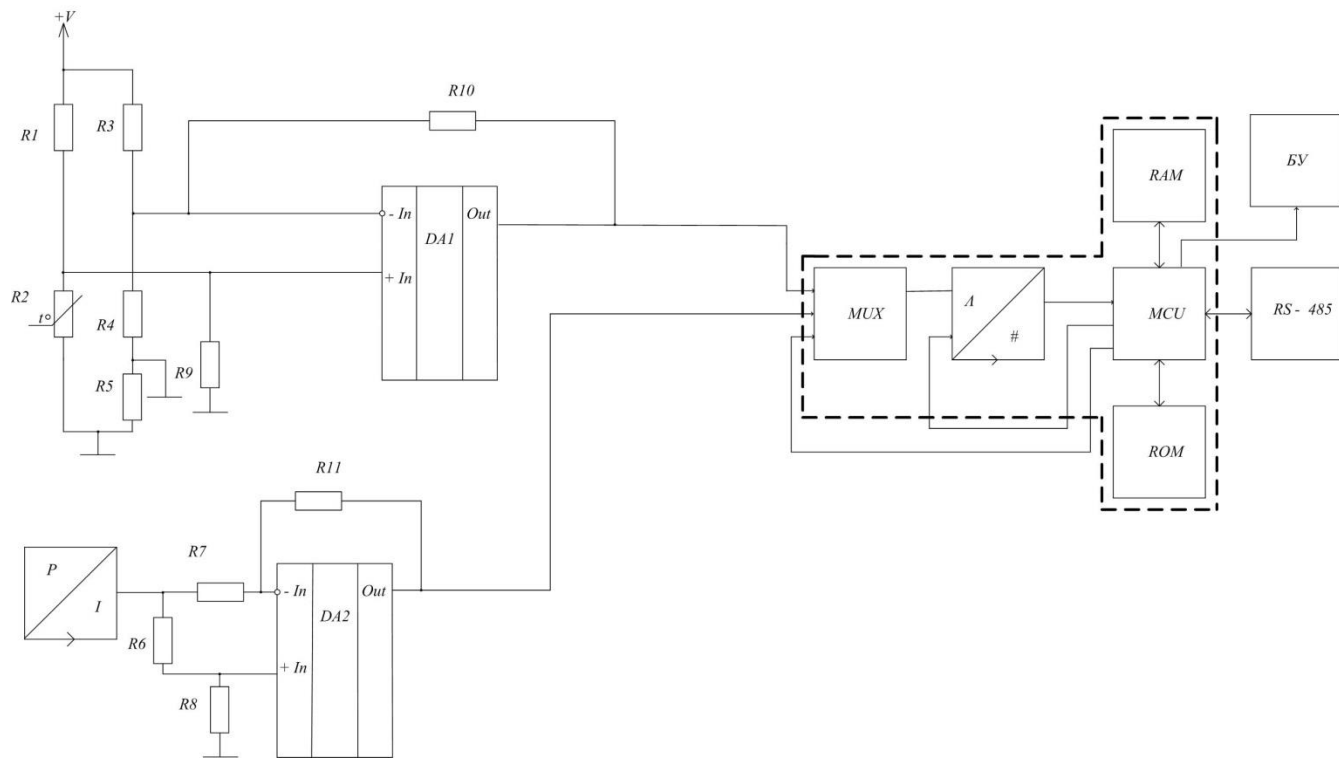
$$A3 = E3/Ei\partial = 6/7$$

# Структурна схема ІВС



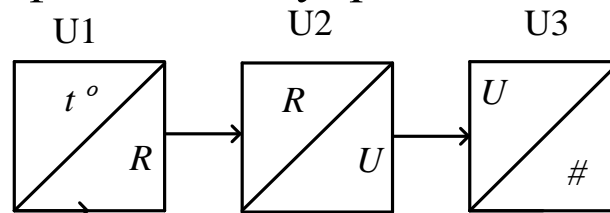


# Функціональна схема



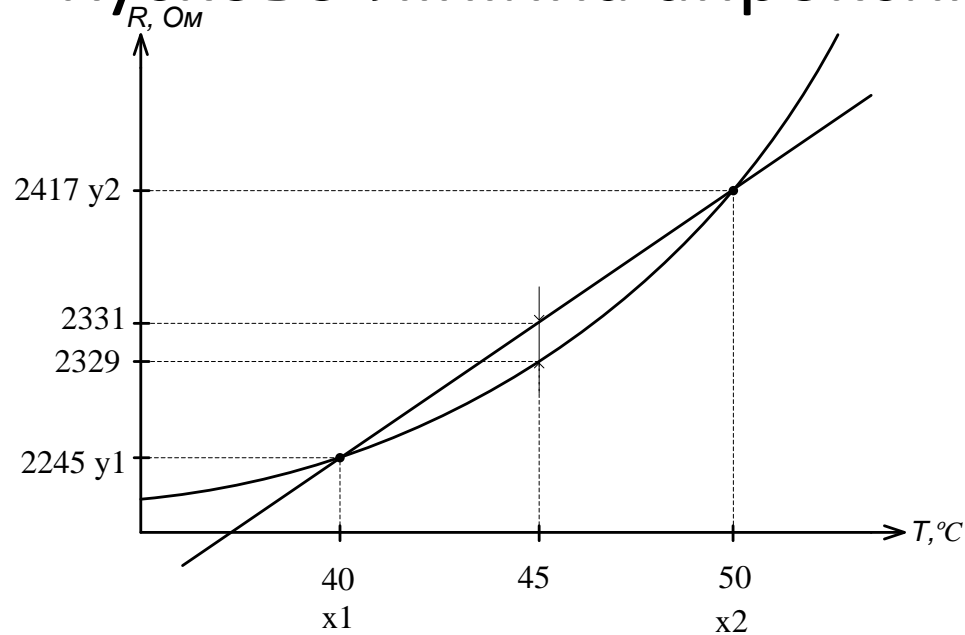
# Первинний вимірювальний перетворювач температури

- Процес управління піролізом спирається на визначення температури. І оскільки тиск в топці потрібно контролювати, то температуру доводиться вимірювати з точністю для ефективного управління. U1 – КТУ81-210 РТС



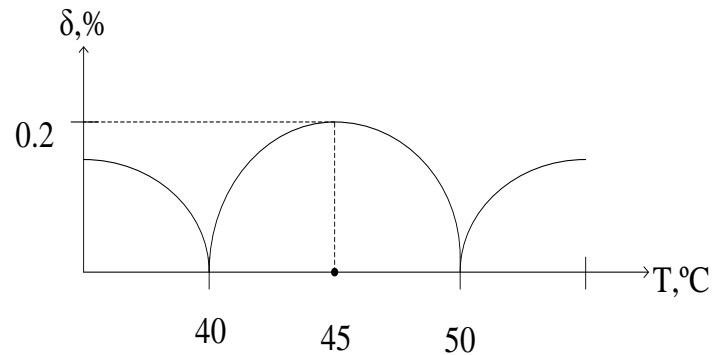
Ambient Temperature		Temperature coefficient (%/K)	КТУ81/210			Temperature error (K)
(°C)	(°F)		Resistance			
			Min	Typ	Max	
-55		-67	951	980	1009	±3.02
-50		-58	1000	1030	1059	±2.92
-40		-40	1105	1135	1165	±2.74
-30		-22	1218	1247	1277	±2.55
-20		-4	1338	1367	1396	±2.35
-10		14	1467	1495	1523	±2.14
0		32	1603	1630	1656	±1.91
10		50	1748	1772	1797	±1.67

# Кусково-лінійна апроксимація



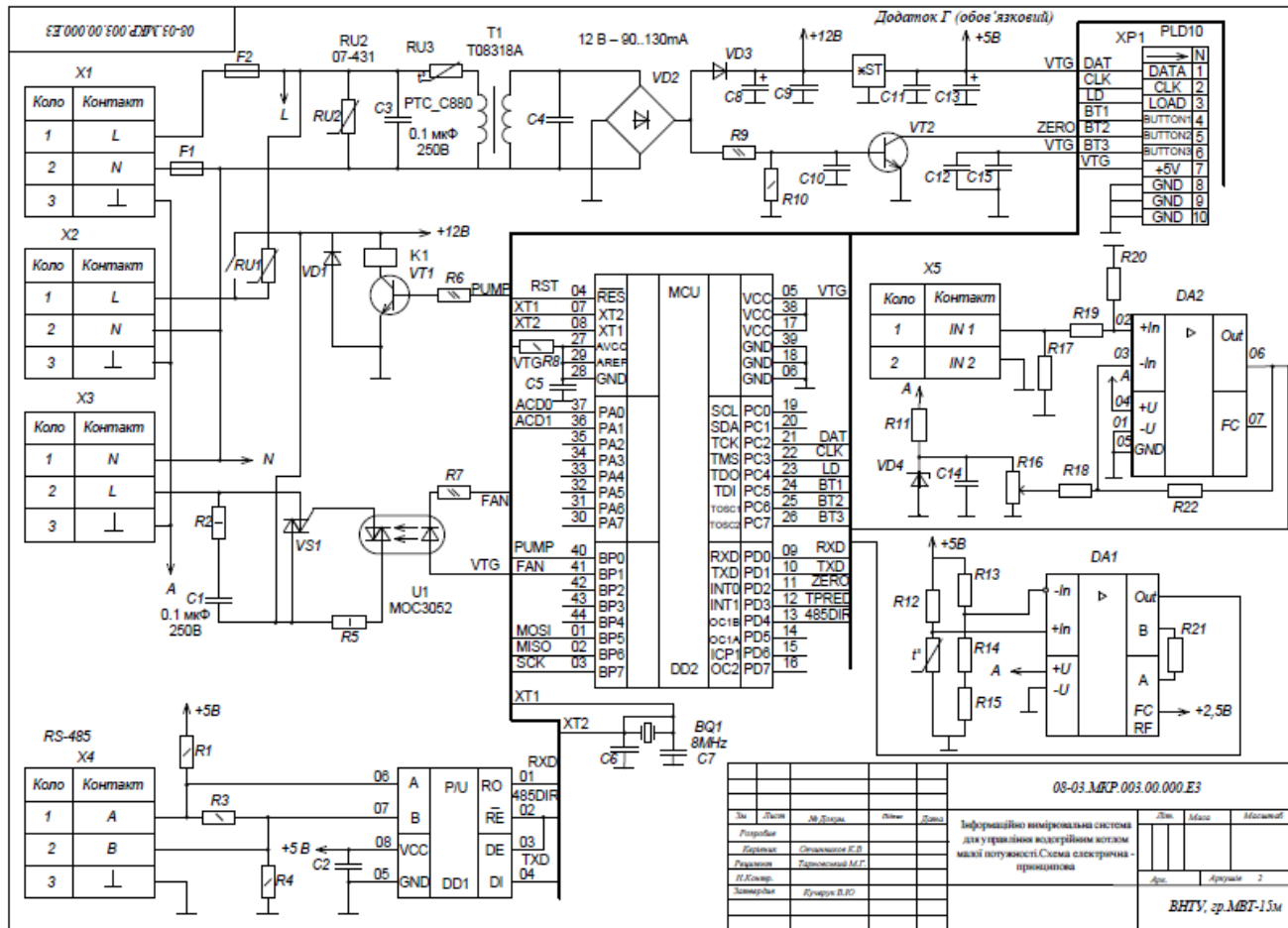
Графік залежності опору від температури теплоносія

Рівняння кривої описується формулою:  $20,375 \cdot x^2 + 13,874 \cdot x + 16,297 = y$



Залежність абсолютної похибки інтерполяції від температури

# Принципова схема інформаційно-вимірювальної системи



# Методика розрахунку основних метрологічних характеристик

Це ряд Тейлора

>  $T := \text{mtaylor}((N(t, R, k)), [t = 50, R = 1500, k = 5.1]);$

$$T := -0.2866918930 R + 106.4554456 k + 0.000006491674043 (R - 1500) (k - 5.1) (t - 50)^2 + 2.496013434 10^{-7} (R - 1500)^2 (k - 5.1) (t - 50) - 0.0007339018447 (R - 1500) (k - 5.1) (t - 50) + 9.611004413 t - 4.877792781 10^{-9} (R - 1500)^2 (k - 5.1) (t - 50)^2 - 5.896436114 10^{-11} (R - 1500)^3 (k - 5.1) (t - 50) - 2.504183031 10^{-8} (R - 1500) (k - 5.1) (t - 50)^3 - 50.5123815 - 0.02445608455 (t - 50)^2 + 0.0001513884584 (R - 1500)^2 + 0.00001975443552 (t - 50)^3 - 7.994110013 10^{-8} (R - 1500)^3 + 1.471147359 10^{-7} (t - 50)^4 + 4.221312218 10^{-11} (R - 1500)^4 - 8.766028958 10^{-10} (t - 50)^5 - 2.229075759 10^{-14} (R - 1500)^5 - 1.567472551 10^{-8} (R - 1500)^3 (k - 5.1) + 1.923554653 10^{-10} (t - 50)^4 (R - 1500) + 2.884602665 10^{-8} (k - 5.1) (t - 50)^4 + 8.277082780 10^{-12} (R - 1500)^4 (k - 5.1) - 2.487674318 10^{-8} (t - 50)^2 (R - 1500)^2 - 0.004795310694 (k - 5.1) (t - 50)^2 - 0.003742899408 (t - 50) (R - 1500) + 0.00003310753761 (t - 50)^2 (R - 1500) + 0.000001272966852 (t - 50) (R - 1500)^2 - 1.277133346 10^{-7} (t - 50)^3 (R - 1500) + 1.884510669 (k - 5.1) (t - 50) - 3.736355560 10^{-14} (t - 50) (R - 1500)^4 + 1.531457376 10^{-11} (t - 50)^2 (R - 1500)^3 + 1.706026602 10^{-10} (t - 50)^3 (R - 1500)^2 - 3.007182418 10^{-10} (t - 50) (R - 1500)^3 - 0.05621409667 (R - 1500) (k - 5.1) + 0.00002968401144 (R - 1500)^2 (k - 5.1) + 0.000003873418737 (k - 5.1) (t - 50)^3$$

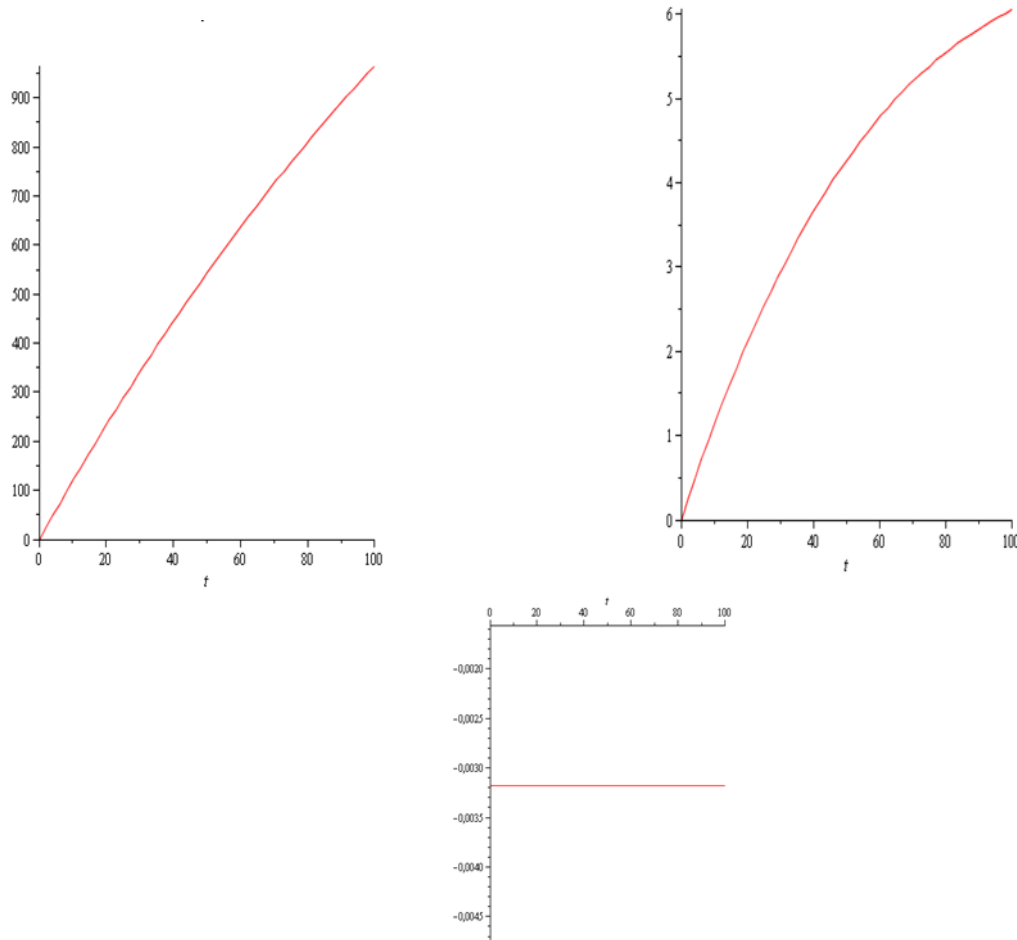
>  $\text{collect}((T), t);$

$$\begin{aligned} & -8.766028958 10^{-10} t^5 + (2.884602665 10^{-8} k - 6.93824740 10^{-8} + 1.923554653 10^{-10} R) t^4 + (0.0002273615690 - 1.661844277 10^{-7} R - 0.000001895786593 k \\ & + 1.706026602 10^{-10} (R - 1500.)^2 - 2.504183031 10^{-8} (R - 1500.) (k - 5.1)) t^3 + (0.00005514986978 R - 0.08162905106 - 0.004943633105 k \\ & - 5.046714221 10^{-8} (R - 1500.)^2 - 4.877792781 10^{-9} (R - 1500.)^2 (k - 5.1) + 0.00001024794859 (R - 1500.) (k - 5.1) + 1.531457376 10^{-11} (R - 1500.)^3) t^2 + ( \\ & -0.008107680911 R + 2.378669366 k + 12.13412752 - 3.736355560 10^{-14} (R - 1500.)^4 + 0.000005040161122 (R - 1500.)^2 - 0.001570882976 (R - 1500.) (k - 5.1) \\ & + 7.373806215 10^{-7} (R - 1500.)^2 (k - 5.1) - 5.896436114 10^{-11} (R - 1500.)^3 (k - 5.1) - 1.832175618 10^{-9} (R - 1500.)^3) t + 0.0003883099 R - 0.0622542421 k \\ & + 4.408129996 10^{-11} (R - 1500.)^4 + 0.0000042229253 (R - 1500.)^2 - 2.229075759 10^{-14} (R - 1500.)^5 - 0.00015959053 (R - 1500.) (k - 5.1) \\ & + 0.00000500946232 (R - 1500.)^2 (k - 5.1) - 1.272650745 10^{-8} (R - 1500.)^3 (k - 5.1) - 0.3085267 - 2.661875364 10^{-8} (R - 1500.)^3 + 8.277082780 10^{-12} (R \\ & - 1500.)^4 (k - 5.1) \end{aligned}$$

>  $A := \text{unapply}((\text{isolate}(\%, t, 1), t), R, k);$

$$\begin{aligned} A := (t, R, k) \rightarrow & -8.766028958 10^{-10} t^5 + (2.884602665 10^{-8} k - 6.93824740 10^{-8} + 1.923554653 10^{-10} R) t^4 + (0.00005514986978 R - 0.08162905106 - 0.004943633105 k \\ & - 5.046714221 10^{-8} (R - 1500.)^2 - 4.877792781 10^{-9} (R - 1500.)^2 (k - 5.1) + 0.00001024794859 (R - 1500.) (k - 5.1) + 1.531457376 10^{-11} (R - 1500.)^3) t^2 + ( \\ & -0.008107680911 R + 2.378669366 k + 12.13412752 - 3.736355560 10^{-14} (R - 1500.)^4 + 0.000005040161122 (R - 1500.)^2 - 0.001570882976 (R - 1500.) (k - 5.1) \\ & + 7.373806215 10^{-7} (R - 1500.)^2 (k - 5.1) - 5.896436114 10^{-11} (R - 1500.)^3 (k - 5.1) - 1.832175618 10^{-9} (R - 1500.)^3) t + (0.0002273615690 - 1.661844277 10^{-7} R \\ & - 0.000001895786593 k + 1.706026602 10^{-10} (R - 1500.)^2 - 2.504183031 10^{-8} (R - 1500.) (k - 5.1)) t^3 = -0.0003883099 R + 0.0622542421 k \\ & - 4.408129996 10^{-11} (R - 1500.)^4 - 0.0000042229253 (R - 1500.)^2 + 2.229075759 10^{-14} (R - 1500.)^5 + 0.00015959053 (R - 1500.) (k - 5.1) \\ & - 0.00000500946232 (R - 1500.)^2 (k - 5.1) + 1.272650745 10^{-8} (R - 1500.)^3 (k - 5.1) + 0.3085267 + 2.661875364 10^{-8} (R - 1500.)^3 - 8.277082780 10^{-12} (R \\ & - 1500.)^4 (k - 5.1) \end{aligned}$$

# Основні метрологічні характеристики



# Основні економічні показники

- Проаналізувавши результати проведених розрахунків, можна зробити висновок, що нова розробка є економічно ефективною та доцільною. Тому даний продукт може бути конкурентним на споживчому ринку
- $E_{abc} = 76545,46$  грн. Оскільки  $E_{abc} > 0$ , то це означає що результат від наукових досліджень та їх впровадження принесе прибуто
- Розрахунки показують, термін окупності витрат для виробника складає  $T_0=2,85$  роки, що підтверджує економічну ефективність розробки.

# Висновки

- Під час роботи були одержані такі наукові та практичні результати:
- У галузі теоретичних та експериментальних досліджень:
- Обґрунтовано вибір структури ІВС для управління водогрійними котлами малої потужності;
- Отримано аналітичний вираз апроксимованої характеристики РТС терморезистора, що дозволило зменшити похибку вимірювання при незмінному алгоритмі обробки вимірюваних даних;
- У галузі практичного використання:
- Розроблено структурну схему ІВС управління водогрійним котлом малої потужності в якій використано принцип в якій використаний вимірювальний канал температури з покращеними метрологічними характеристиками;
- Розроблена схема електрична принципова та розраховані основні метрологічні характеристики;
- Розроблені алгоритми та функціональне програмне забезпечення які дозволяють реалізувати метод управління, що забезпечує збільшення ефективності роботи ВКПМ.