

**тема: Комп'ютерно-інтегрована система контролю та управління
холодильником нітрозних газів у виробництві неконцентрованої
азотної кислоти**

студент гр. АТП-16дм Кітарев Антон Сергійович

ВСТУП

Найважливіші завдання, які стоять перед кожним виробництвом, є неухильне підвищення своєї якості продукції, вдосконалення технології виробництва, підвищення надійності і довгостроковості виробів.

Сучасні хіміко-технологічні процеси відрізняються складністю і великою швидкістю протікання, а також чутливістю до відхилення режимних параметрів ось нормальних що значиться, шкідливістю умов роботи, вибухово- і пожежобезпечністю речовин, які переробляють. Із збільшенням вантаження апаратів, потужності машин виконувати технологічні процеси при високих і дуже високому тиску і температурах, а також швидкостях хімічних реакцій з використанням ручного управління неможливо. При таких обставинах навіть висококваліфікований фахівець не може своєчасно вплинути на процес у разі відхилення його ось норми, а це може привести до втрати якості готової продукції, псування сировини, допоміжних речовин, наприклад каталізаторів, а також до аварійної ситуації, включаючи пожежі, вибухи, викиди великої кількості шкідливих речовин в навколишнє середовище. Технологічні процеси можна виконувати тільки при їх повній автоматизації.

Завдяки використанні автоматизованої продукції поліпшуються основні показники ефективності виробництва - збільшується кількість виробленої продукції та поліпшується її якість і зменшується собівартість та збільшується КПД. Автоматизація включає контроль, регулювання та сигналізацію і блокування технологічних параметрів за допомогою технічних засобів автоматизації продукції.

Можлива вимірювальна інформація служить основою планування, управління і контролю на всіх стадіях виробництва продукції. Без точних і надійних вимірювань неможливі строгий облік і раціональне використання матеріальних цінностей, забезпечення економічної витрати палива енергії, сировини.

Метою даної магістерської науково-дослідної роботи є розробка та дослідження комп'ютерно-інтегрованої системи контролю та управління холодильником нітрозних газів у виробництві азотної кислоти та теоретичні дослідження математичних моделей холодильника нітрозних газів і комбінованої САР стабілізації температури нітрозних газів на виході холодильника. Основними завданнями роботи є:

- Аналіз технологічного процесу як об'єкта керування;
- Обґрунтування розробки АСУ ТП;
- Розробка технічного завдання на проектування АСУ ТП;
- Розробка комп'ютерно-інтегрованої системи контролю та управління холодильником нітрозних газів у виробництві азотної кислоти;
- Розробка та дослідження математичних моделей для холодильника нітрозних газів Т-202 у виробництві азотної кислоти та комбінованої САР стабілізації температури нітрозних газів на виході холодильника на основі двох теорій;
- Синтез комбінованої САР стабілізації температури нітрозних газів на виході холодильника .

3.2 Аналіз результатів теоретичних досліджень математичної моделі холодильника нітрозних газів у виробництві азотної кислоти

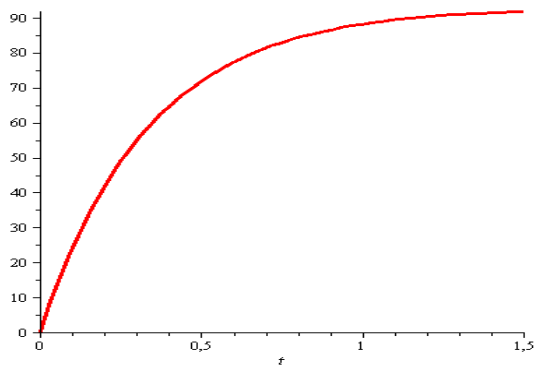
```
> restart;  
> tau22 := (1/2)*D1*v1^2;  
> tau12 := Vp1/F1;  
> tau221 := (1/2)*D2*v2^2;  
> tau121 := Vp2/F2;  
> tau222 := (1/2)*D3*v3^2;  
> tau122 := Vp3/F3;  
> tau223 := (1/2)*D4*v4^2;  
> tau123 := Vp4/F4;  
> tau224 := (1/2)*D5*v5^2;  
> tau124 := Vp5/F5;  
>  
> k11 := .6;  
> k12 := .7;  
> k13 := .8;  
> k14 := .9;  
> k15 := 1.0;  
>  
> k2 := 1;  
>  
> Vp1 := 10.1;  
> Vp2 := 10.3;  
> Vp3 := 10.5;
```

> **Vp4 := 10.7;**
> **Vp5 := 10.9;**
>
> **D1 := 2.3;**
> **D2 := 2.4;**
> **D3 := 2.5;**
> **D4 := 2.6;**
> **D5 := 2.7;**
>
> **v1 := .5;**
> **v2 := .6;**
> **v3 := .7;**
> **v4 := .8;**
> **v5 := .9;**
>
> **T1 := 220;**
> **T2 := 230;**
> **T3 := 240;**
> **T4 := 250;**
> **T5 := 260;**
>
> **F1 := 30;**
> **F2 := 35;**
> **F3 := 40;**
> **F4 := 45;**
> **F5 := 50;**
>
> **P1 := .35;**
> **P2 := .4;**
> **P3 := .45;**

```

> P4 := .5;
> P5 := .55;
>
> m1 := k11*k2*T1*(1-exp(-t/tau12))*(1-exp(-P1/tau22));
> m2 := k12*k2*T2*(1-exp(-t/tau121))*(1-exp(-P2/tau221));
> m3 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P3/tau222));
> m4 := k14*k2*T4*(1-exp(-t/tau123))*(1-exp(-P4/tau223));
> m5 := k15*k2*T5*(1-exp(-t/tau124))*(1-exp(-P5/tau224));
>
> with(plots);
> a1 := plot(m1, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a2 := plot(m2, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a3 := plot(m3, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a4 := plot(m4, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a5 := plot(m5, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
>
> display(a1);

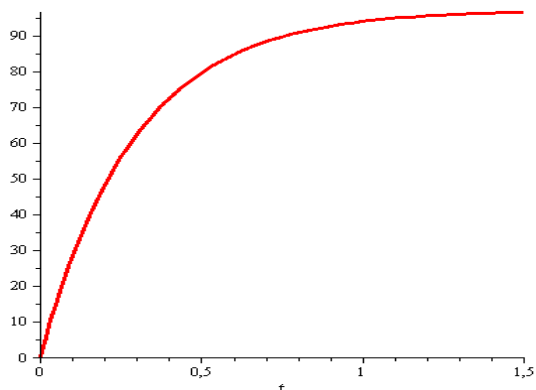
```



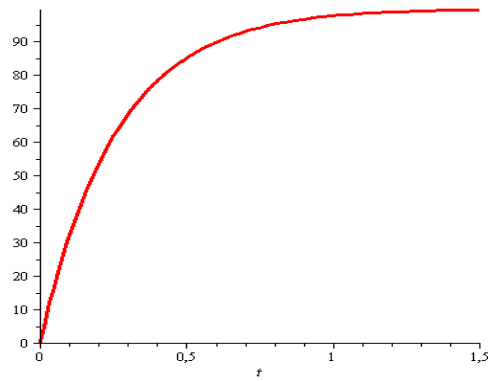
```

> display(a2);

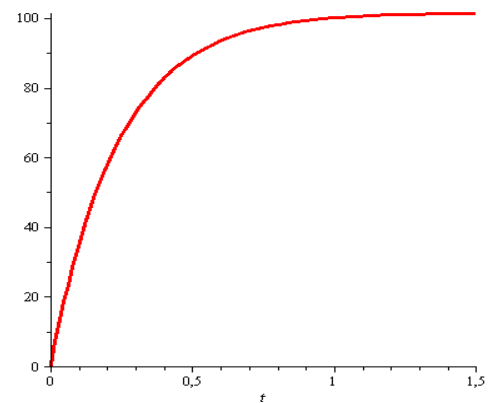
```



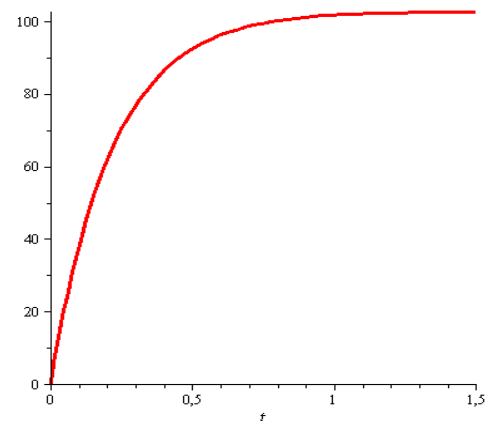
> display(a3);



> display(a4);



> display(a5);



При зміні K1

> restart;

> tau222 := (1/2)*D3*v3^2;

> tau122 := Vp3/F3;

> Vp3 := 10.5;

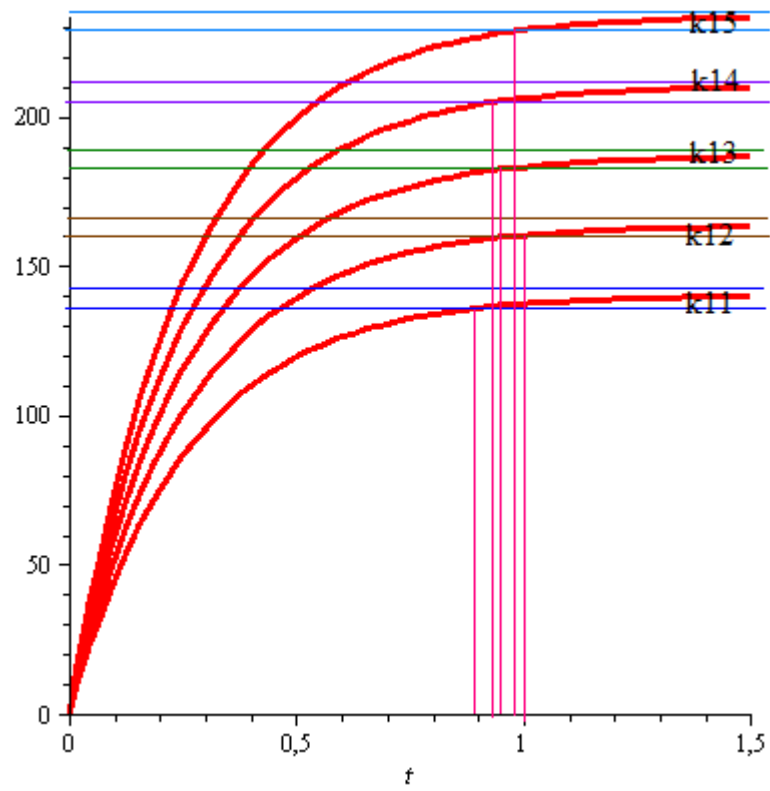
> D3 := 2.5;

> v3 := .7;

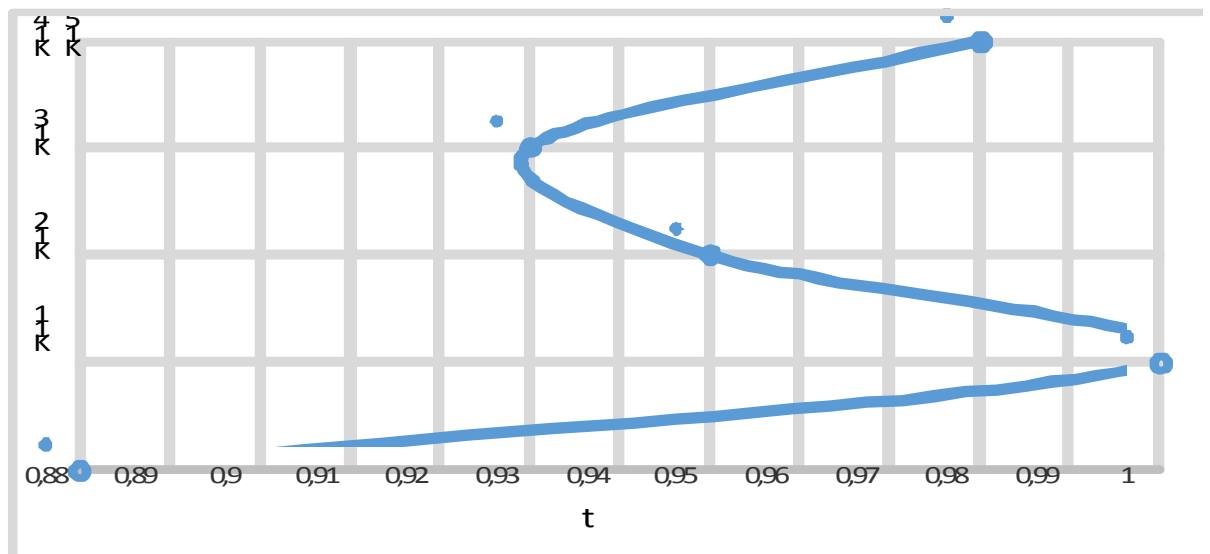
> T3 := 450;

> F3 := 40;

```
> k2 := 1;
> P3 := .45;
>
> k11 := .6;
> k12 := .7;
> k13 := .8;
> k14 := .9;
> k15 := 1.0;
>
> m1 := k11*k2*T3*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P3/tau222));
> m2 := k12*k2*T3*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P3/tau222));
> m3 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P3/tau222));
> m4 := k14*k2*T3*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P3/tau222));
> m5 := k15*k2*T3*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P3/tau222));
>
> with(plots);
> a1 := plot(m1, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a2 := plot(m2, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a3 := plot(m3, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a4 := plot(m4, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a5 := plot(m5, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> display(a1, a2, a3, a4, a5);
```

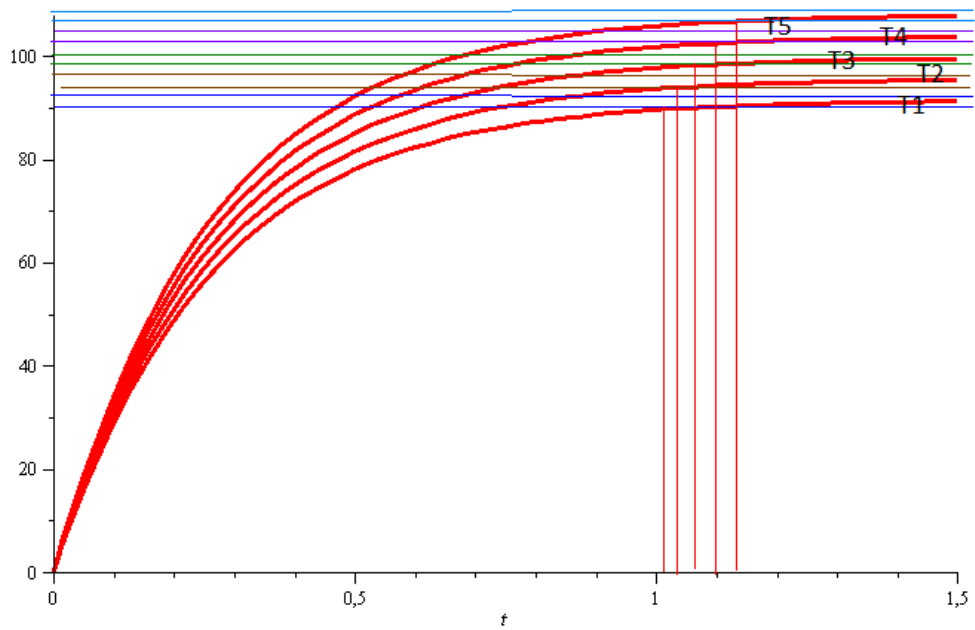
$k_{11} = 0.6$	$t_1 = 0.88$
$k_{12} = 0.7$	$t_2 = 1$
$k_{13} = 0.8$	$t_3 = 0.95$
$k_{14} = 0.9$	$t_4 = 0.93$
$k_{15} = 1$	$t_5 = 0.98$



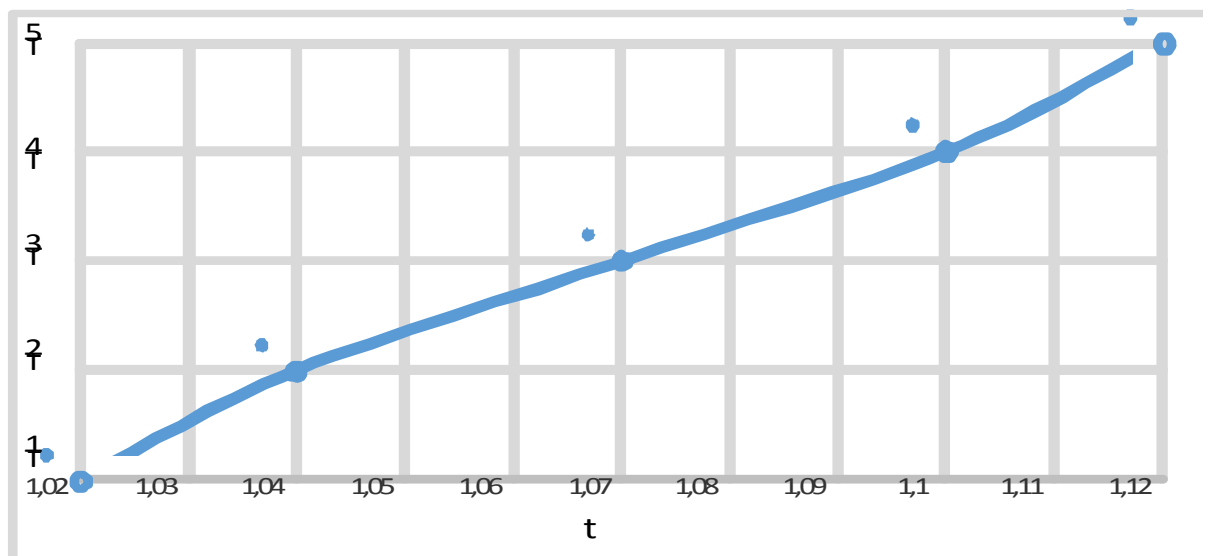
При зміні T1

> restart;

```
> tau222 := (1/2)*D3*v3^2;
> tau122 := Vp3/F3;
> Vp3 := 10.5;
> D3 := 2.5;
> v3 := .7;
>
> F3 := 40;
> k2 := 1;
> P3 := .45;
> k13 := .8;
> T1 := 220;
> T2 := 230;
> T3 := 240;
> T4 := 250;
> T5 := 260;
>
> m1 := k13*k2*T1*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P3/tau222));
> m2 := k13*k2*T2*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P3/tau222));
> m3 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P3/tau222));
> m4 := k13*k2*T4*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P3/tau222));
> m5 := k13*k2*T5*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P3/tau222));
>
> with(plots);
> a1 := plot(m1, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a2 := plot(m2, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a3 := plot(m3, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a4 := plot(m4, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a5 := plot(m5, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> display(a1, a2, a3, a4, a5);
```



T1=220	t1=1.02
T2=230	t2=1.04
T3=240	t3=1.07
T4=250	t4=1.1
T5=260	t5=1.12



При зміні P

> restart;

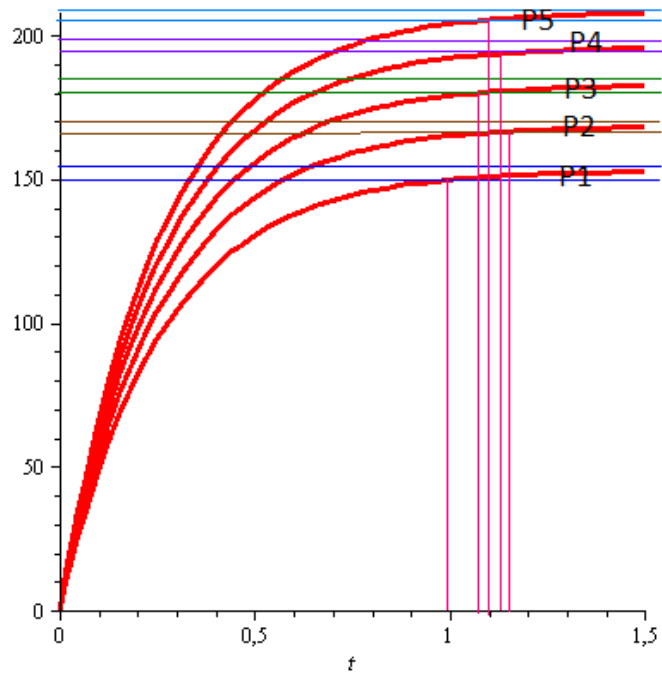
> tau222 := (1/2)*D3*v3^2;

> tau122 := Vp3/F3;

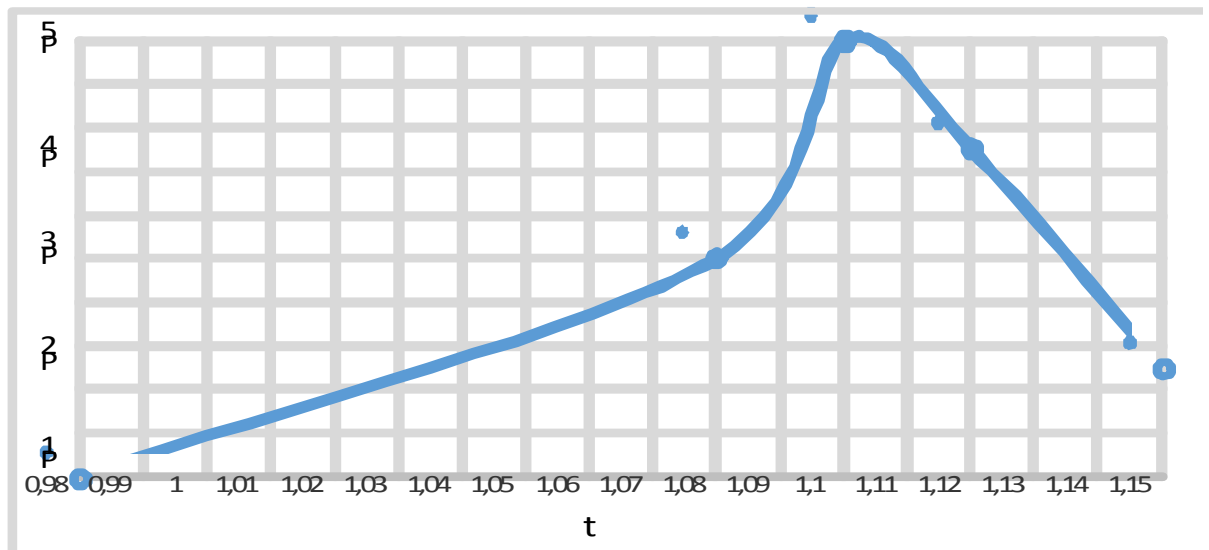
> Vp3 := 10.5;

> D3 := 2.5;

```
> v3 := .7;
>
> F3 := 40;
> k2 := 1;
> P1 := .35;
> P2 := .4;
> P3 := .45;
> P4 := .5;
> P5 := .55;
> k13 := .8;
> T3 := 440;
>
> m1 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P1/tau222));
> m2 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P2/tau222));
> m3 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P3/tau222));
> m4 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P4/tau222));
> m5 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P5/tau222));
>
> with(plots);
> a1 := plot(m1, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a2 := plot(m2, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a3 := plot(m3, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a4 := plot(m4, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a5 := plot(m5, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> display(a1, a2, a3, a4, a5);
```



P1=0.35	t1=0.98
P2=0.4	t2=1.15
P3=0.45	t3=1.08
P4=0.5	t4=1.12
P5=0.55	t5=1.1



При зміні D

> restart;

> tau122 := $Vp3/F3$;

> tau22 := $(1/2)*D1*v3^2$;

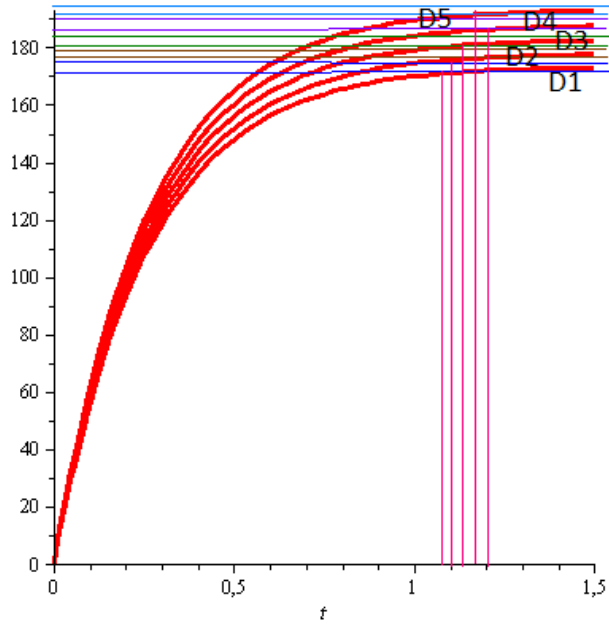
> tau221 := $(1/2)*D2*v3^2$;

```

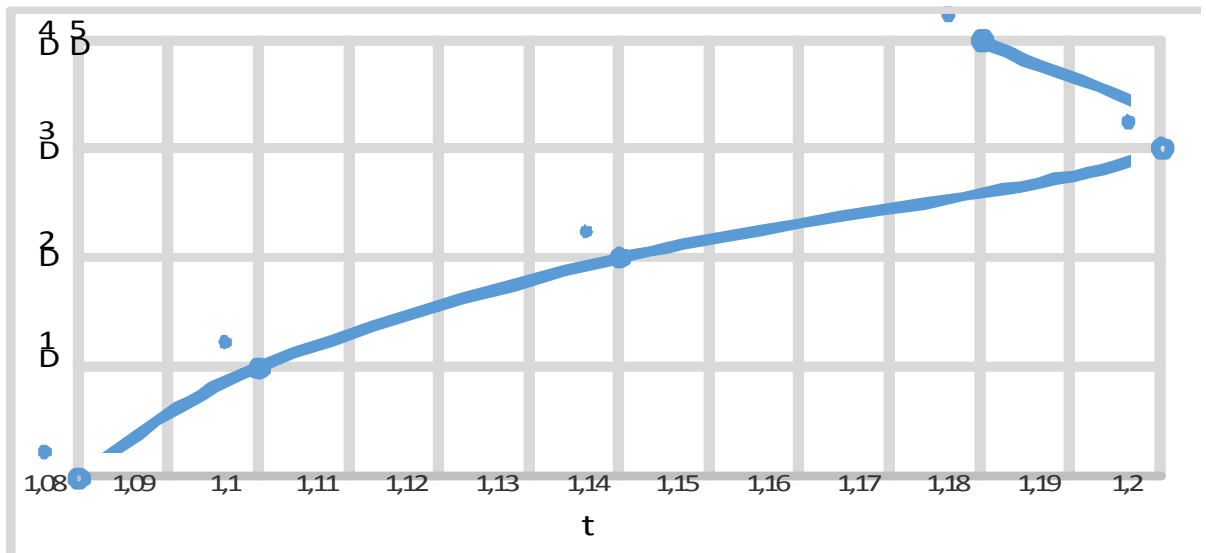
> tau222 := (1/2)*D3*v3^2;
> tau223 := (1/2)*D4*v3^2;
> tau224 := (1/2)*D5*v3^2;
>
> Vp3 := 10.5;
> v3 := .7;
> F3 := 40;
> k2 := 1;
> P3 := .45;
> k13 := .8;
> T3 := 440;
>
>
> D1 := 2.3;
> D2 := 2.4;
> D3 := 2.5;
> D4 := 2.6;
> D5 := 2.7;
>
>
> m1 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P3/tau22));
> m2 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P3/tau221));
> m3 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P3/tau222));
> m4 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P3/tau223));
> m5 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P3/tau224));
>
>
> with(plots);
> a1 := plot(m1, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a2 := plot(m2, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a3 := plot(m3, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a4 := plot(m4, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a5 := plot(m5, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);

```

> display(a1, a2, a3, a4, a5);



D1=2.3	t1=1.08
D2=2.4	t2=1.1
D3=2.5	t3=1.14
D4=2.6	t4=1.2
D5=2.7	t5=1.18



При зміні F;

> restart;

> tau222 := (1/2)*D3*v3^2;

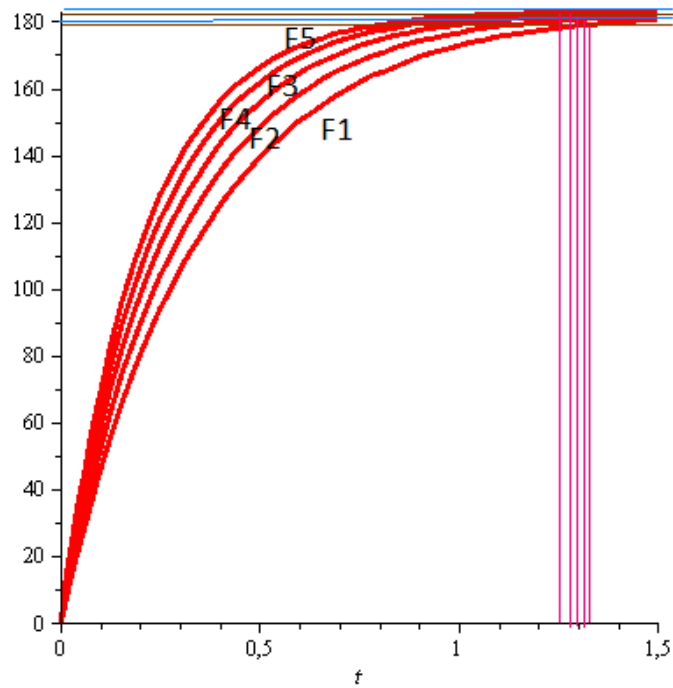
> tau12 := Vp3/F1;

```
> tau121 := Vp3/F2;
> tau122 := Vp3/F3;
> tau123 := Vp3/F4;
> tau124 := Vp3/F5;
>
> Vp3 := 10.5;
> v3 := .7;
> P3 := .45;
> k13 := .8;
> k2 := 1;
> T3 := 440;
> D3 := 2.5;
>
> F1 := 30;
> F2 := 35;
> F3 := 40;
> F4 := 45;
> F5 := 50;
>
> m1 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau121))*(1-exp(-P3/tau222));
> m2 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau121))*(1-exp(-P3/tau222));
> m3 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P3/tau222));
> m4 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau123))*(1-exp(-P3/tau222));
> m5 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau124))*(1-exp(-P3/tau222));
>
> with(plots);
> a1 := plot(m1, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a2 := plot(m2, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a3 := plot(m3, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a4 := plot(m4, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
```

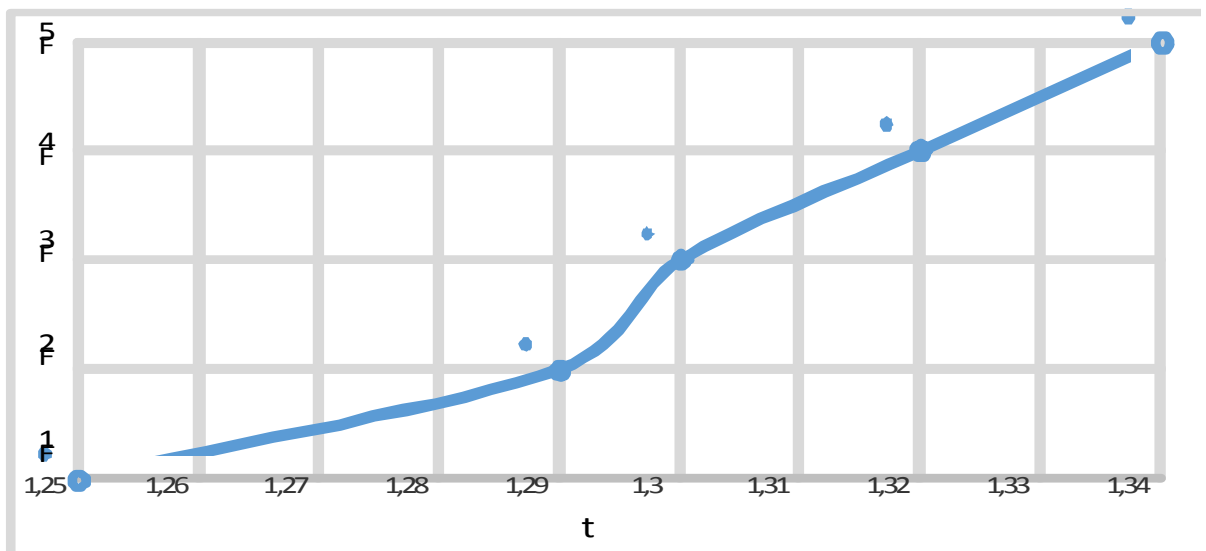


```
> a5 := plot(m5, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
```

```
> display(a1, a2, a3, a4, a5);
```



F1=30	t1=1.25
F2=35	t2=1.29
F3=40	t3=1.3
F4=45	t4=1.32
F5=50	t5=1.34



При зміні v_p

```
> restart;
```

```
> tau222 := (1/2)*D3*v3^2;
```

```

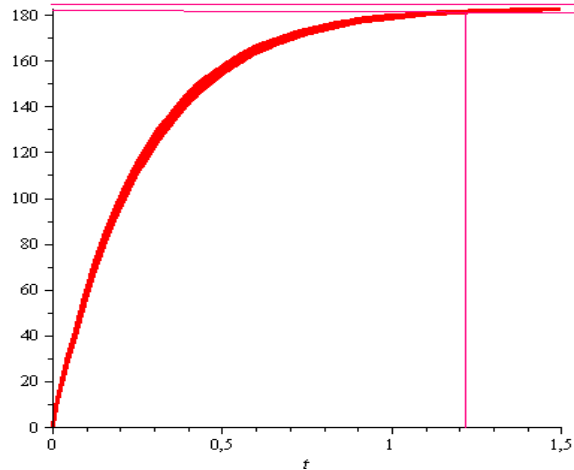
> tau12 := Vp1/F3;
> tau121 := Vp2/F3;
> tau122 := Vp3/F3;
> tau123 := Vp4/F3;
> tau124 := Vp5/F3;
>
> Vp3 := 10.5;
> v3 := .7;
> P3 := .45;
> k13 := .8;
> k2 := 1;
> T3 := 240;
> D3 := 2.5;
> F3 := 40;
>
> Vp1 := 10.1;
> Vp2 := 10.3;
> Vp3 := 10.5;
> Vp4 := 10.7;
> Vp5 := 10.9;
>
> m1 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau12))*(1-exp(-P3/tau222));
> m2 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau121))*(1-exp(-P3/tau222));
> m3 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P3/tau222));
> m4 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau123))*(1-exp(-P3/tau222));
> m5 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau124))*(1-exp(-P3/tau222));
>
> with(plots);
> a1 := plot(m1, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a2 := plot(m2, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);

```

```

> a3 := plot(m3, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a4 := plot(m4, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a5 := plot(m5, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> display(a1, a2, a3, a4, a5);

```



При зміні v

```

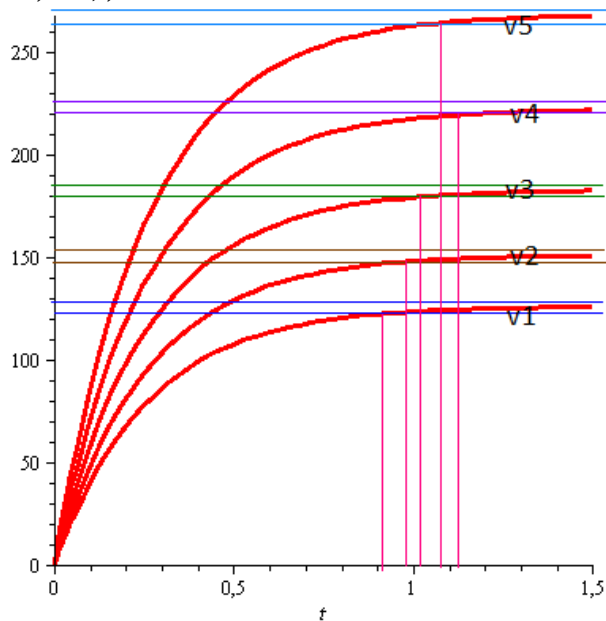
> restart;
> tau122 := Vp3/F3;
> tau22 := (1/2)*D3*v1^2;
> tau221 := (1/2)*D3*v2^2;
> tau222 := (1/2)*D3*v3^2;
> tau223 := (1/2)*D3*v4^2;
> tau224 := (1/2)*D3*v5^2;
>
> Vp3 := 10.5;
> P3 := .45;
> k13 := .8;
> T3 := 240;
> F3 := 40;
> k2 := 1;
> D3 := 2.5;
>
> v1 := .5;

```

```

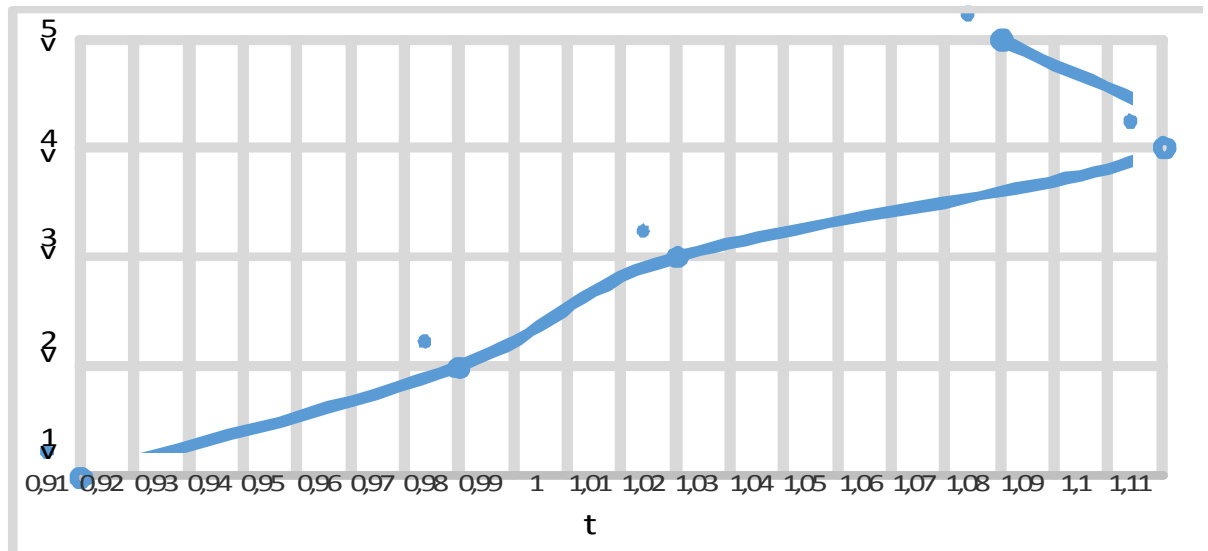
> v2 := .6;
> v3 := .7;
> v4 := .8;
> v5 := .9;
>
> m1 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P3/tau22));
> m2 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P3/tau221));
> m3 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P3/tau222));
> m4 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P3/tau223));
> m5 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/tau122))*(1-exp(-P3/tau224));
>
> with(plots);
> a1 := plot(m1, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a2 := plot(m2, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a3 := plot(m3, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a4 := plot(m4, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> a5 := plot(m5, t = 0 .. 1.5, thickness = 3);
> display(a1, a2, a3, a4, a5);

```



v1=0.5	t1=0.91
v2=0.6	t2=0.98

$v_3=0.7$	$t_3=1.02$
$v_4=0.8$	$t_4=1.11$
$v_5=0.9$	$t_5=1.08$



Таким чином, можна зробити висновок, що зміна коефіцієнту K_1 , швидкості реакції v та тиску P суттєво впливають на основну вихідну координату об'єкту керування - температуру нітрозних газів на виході, а зміна температури, діаметру апарату D , витрати F та об'єму апарату не суттєво.

3.4 Аналіз результатів теоретичних досліджень математичної моделі комбінованої САР стабілізації температури нітрозних газів на виході холодильника

Регулятор САР

При зміні K_1

> restart;

> A01 := 20;

> A02 := 21;

> A03 := 22;

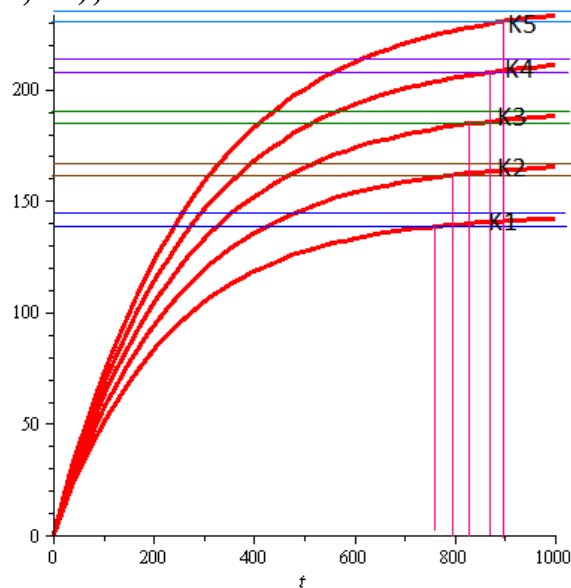
> A04 := 23;

```
> A05 := 24;
>
> wкр1 := .6;
> wкр2 := .7;
> wкр3 := .8;
> wкр4 := .9;
> wкр5 := 1.0;
>
>
> Kкр1 := 1/(A01*wкр1);
> Kкр2 := 1/(A02*wкр2);
> Kкр3 := 1/(A03*wкр3);
> Kкр4 := 1/(A04*wкр4);
> Kкр5 := 1/(A05*wкр5);
>
> K1 := .45*Kкр1;
> K2 := .45*Kкр2;
> K3 := .45*Kкр3;
> K4 := .45*Kкр4;
> K5 := .45*Kкр5;
>
>
> T11 := 11.63/(Kкр1*wкр1);
> T21 := 11.63/(Kкр2*wкр2);
> T31 := 11.63/(Kкр3*wкр3);
> T41 := 11.63/(Kкр4*wкр4);
> T51 := 11.63/(Kкр5*wкр5);
>
>
> T3 := 240;
> k2 := 1;
> P3 := .45;
```

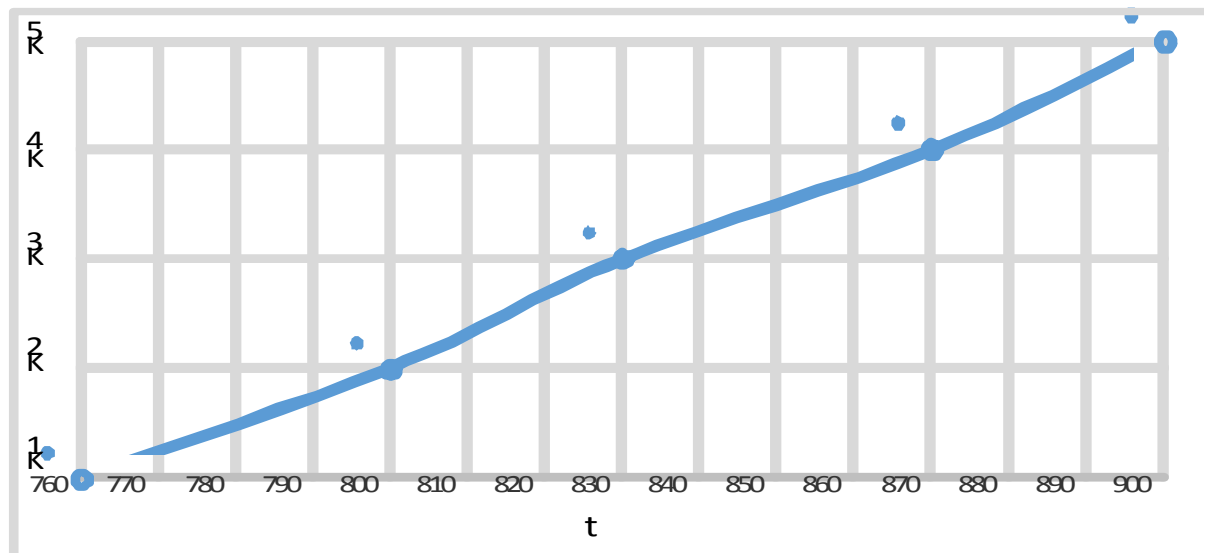
```

>
> k11 := .6;
> k12 := .7;
> k13 := .8;
> k14 := .9;
> k15 := 1.0;
>
> m1 := k11*k2*T3*(1-exp(-t/T11))*(1-exp(-P3/K1));
> m2 := k12*k2*T3*(1-exp(-t/T21))*(1-exp(-P3/K2));
> m3 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/T31))*(1-exp(-P3/K3));
> m4 := k14*k2*T3*(1-exp(-t/T41))*(1-exp(-P3/K4));
> m5 := k15*k2*T3*(1-exp(-t/T51))*(1-exp(-P3/K5));
>
> with(plots);
> a1 := plot(m1, t = 0 .. 1000, thickness = 3);
> a2 := plot(m2, t = 0 .. 1000, thickness = 3);
> a3 := plot(m3, t = 0 .. 1000, thickness = 3);
> a4 := plot(m4, t = 0 .. 1000, thickness = 3);
> a5 := plot(m5, t = 0 .. 1000, thickness = 3);
> display(a1, a2, a3, a4, a5);

```



K1	t1=760
K2	t2=800
K3	t3=830
K4	t4=870
K5	t5=900



При зміні T1

> restart;

> A01 := 20;

> A02 := 21;

> A03 := 22;

> A04 := 23;

> A05 := 24;

>

> wкр1 := .6;

> wкр2 := .7;

> wкр3 := .8;

> wкр4 := .9;

> wкр5 := 1.0;

>

> Kкр1 := 1/(A01*wкр1);

> Kкр2 := 1/(A02*wкр2);


```
> Kкр3 := 1/(A03*wкр3);
> Kкр4 := 1/(A04*wкр4);
> Kкр5 := 1/(A05*wкр5);
>
> K1 := .45*Kкр1;
> K2 := .45*Kкр2;
> K3 := .45*Kкр3;
> K4 := .45*Kкр4;
> K5 := .45*Kкр5;
>
> T11 := 11.85/(Kкр1*wкр1);
> T21 := 11.85/(Kкр2*wкр2);
> T31 := 11.85/(Kкр3*wкр3);
> T41 := 11.85/(Kкр4*wкр4);
> T51 := 11.85/(Kкр5*wкр5);
>
> T3 := 240;
> k2 := 1;
> P3 := .45;
>
> k11 := .6;
> k12 := .6;
> k13 := .6;
> k14 := .6;
> k15 := .6;
>
> m1 := k11*k2*T3*(1-exp(-t/T11))*(1-exp(-P3/K1));
> m2 := k12*k2*T3*(1-exp(-t/T21))*(1-exp(-P3/K2));
> m3 := k13*k2*T3*(1-exp(-t/T31))*(1-exp(-P3/K3));
> m4 := k14*k2*T3*(1-exp(-t/T41))*(1-exp(-P3/K4));
```

```
> m5 := k15*k2*T3*(1-exp(-t/T51))*(1-exp(-P3/K5));
```

```
>
```

```
> with(plots);
```

```
> a1 := plot(m1, t = 0 .. 1000, thickness = 3);
```

```
> a2 := plot(m2, t = 0 .. 1000, thickness = 3);
```

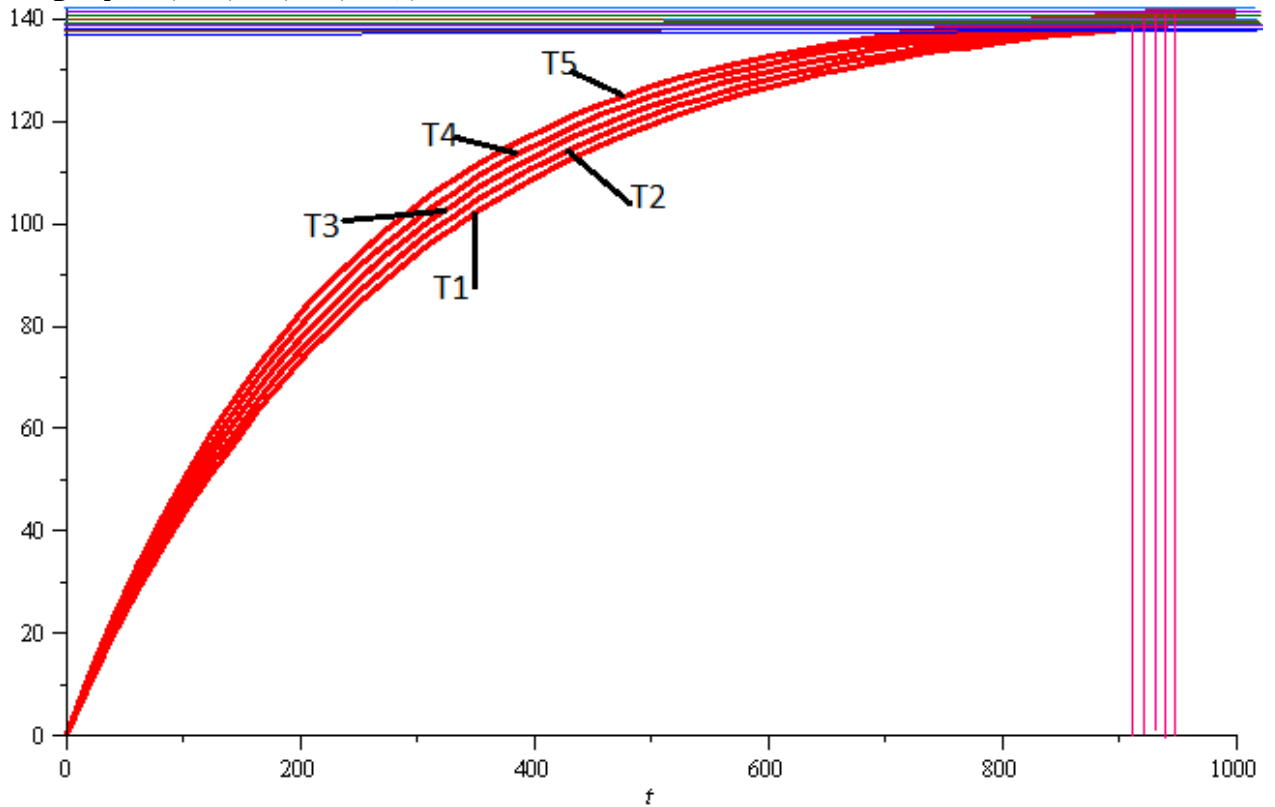
```
> a3 := plot(m3, t = 0 .. 1000, thickness = 3);
```

```
> a4 := plot(m4, t = 0 .. 1000, thickness = 3);
```

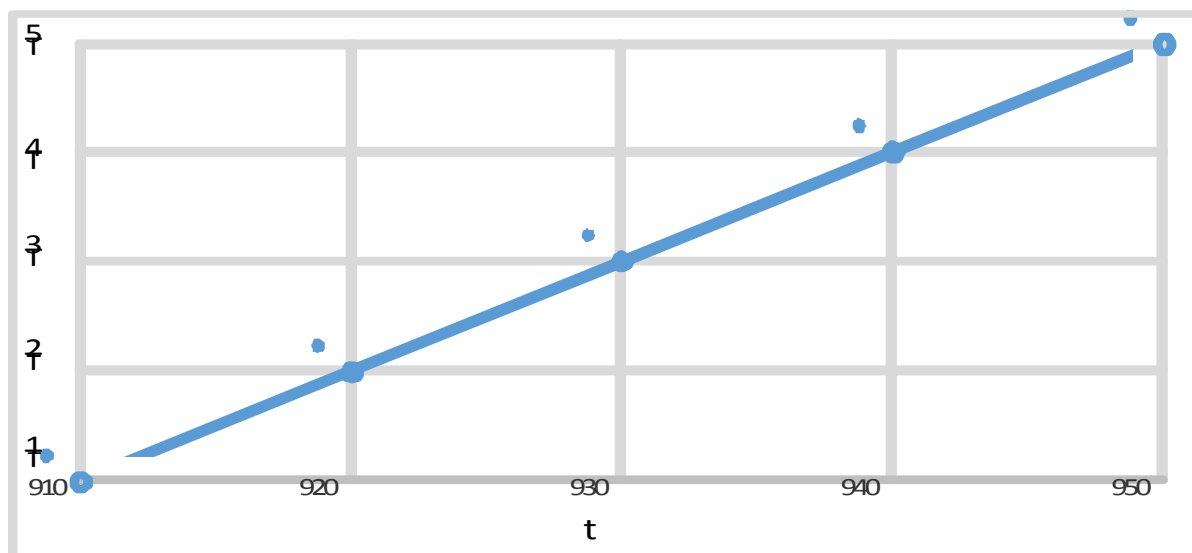
```
> a5 := plot(m5, t = 0 .. 1000, thickness = 3);
```

```
>
```

```
> display(a1, a2, a3, a4, a5);
```



T1	t1=910
T2	t2=920
T3	t3=930
T4	t4=940
T5	t5=950



Таким чином, можна зробити висновок, що зміна коефіцієнту підсилення $K1$ суттєво впливає на основну вихідну координату об'єкту керування - температуру нітрозних газів на виході, а зміна часу інтегрування $T1$ не суттєво

ВИСНОВОК

У даній магістерській науково-дослідній роботі розроблена комп'ютерно - інтегрована система контролю та управління холодильником нітрозних газів у виробництві азотної кислоти та виконані теоретичні дослідження математичних моделей холодильника нітрозних газів і комбінованої САР стабілізації температури нітрозних газів на виході холодильника.

В процесі роботи розроблені математичні моделі холодильника нітрозних газів і комбінованої САР стабілізації температури нітрозних газів на виході холодильника на основі теорії реологічних перетворень та методом нульового градієнта та отримані результати теоретичних досліджень математичних моделей, а також зроблений аналіз цих результатів.

Аналізуючи отримані графіки математичної моделі холодильника, можна зробити висновок, що зміна коефіцієнту $K1$, лінійної швидкості реакції ν та тиску P суттєво впливають на основну вихідну координату

об'єкту керування - температуру нітрозних газів на виході, а зміна температури, діаметру апарату D , витрати F та об'єму апарату не суттєво.

Аналізуючи графіки комбінованої САР, можна зробити висновок, що зміна коефіцієнту підсилення $K1$ суттєво впливає на основну вихідну координату об'єкту керування - температуру нітрозних газів на виході, а зміна часу інтегрування $T1$ не суттєво.