

7-ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС

БАСҚАРУ ОБЪЕКТІЛЕРІНІҢ РЕЖИМДЕРІН СӘЙКЕСТЕНДІРУ.

Жұмыс мақсаты:

Нақты объектінің мінез-құлқын анықтайтын оп-ның динамикалық қасиеттерінің моделін және құбылыстарын алу үшін эксперименттік мәліметтерді өңдеу дағдыларын игеру.

Тапсырма:

Теориялық бөлім:

- 1 оқытушы ұсынған үдеткіш қисықтардың түріне сәйкес оп динамикасының модельдерінің құрылымы мен қасиеттерін зерттеу.
- 2 трапеция аудандарының әдісін, объектінің динамикасының коэффициенттерін есептеу үшін симметрия аудандарының әдісін зерттеу.
- 3 белгілі бір интегралды шамамен есептеу формуласын жазып, түсінік беріңіз.
- 4 тәжірибелік деректерді салыстырмалы бірліктерде көрсетіңіз және үдеткіш қисығын құрыңыз.
- 5 модельді жеткіліктілікке тексеру тәсілдерін зерттеңіз.

Практикалық бөлім:

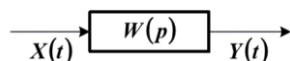
- 1 оқытушы көрсеткен эксперименттік мәліметтерге сәйкес салыстырмалы бірліктерде ОУ даму қисығын құрыңыз.
- 2 үдеткіш қисықтың түрі бойынша объектінің сипаттамаларын анықтаңыз.
- 3 ОС динамикасын анықтайтын математикалық модельдің түрін таңдаңыз.
- 4 бір объект үшін бірінші және одан жоғары ретті сипаттамалық теңдеулермен математикалық модельдің коэффициенттерін анықтаңыз.
- 5 алынған модельді жеткіліктілікке тексеріңіз.

1 ҚЫСҚАША ТЕОРИЯЛЫҚ БӨЛІМ

1.1 оқ режимдерін сәйкестендіру

Басқару объектілерін сәйкестендіру-бақылау деректері бойынша объектінің математикалық модельдерін құру әдістерінің жиынтығы. Математикалық модель дегеніміз-жиілік немесе уақыт аймағындағы кез-келген объектінің немесе процестің әрекетін математикалық сипаттау. Мысалы, физикалық процестер: сыртқы күштің әсерінен механикалық жүйенің қозғалысы [1]), экономикалық процесс - валюта бағамының өзгеруінің тауарлардың тұтыну бағаларына әсері [2].

Қазіргі уақытта $W(p)$ беру функциясы түрінде об құрылымын сипаттайтын басқару саласы практикада кеңінен қолданылады, сондықтан қарау үшін кіріспе (7.1-сурет).



Сурет 7.1-беру функциясы түріндегі об құрылымы

Мұндай құрылымдық схема $W(p)$ оператор беру функциясы бар объектінің моделі болып табылады. ОС динамикалық сипаттамасының теңдеуін шартты түрде ұсынуға болады:

$$P[t, Y(t)] = k \cdot Q[t, X(t - \tau)] \quad (7.1)$$

мұндағы τ - объектінің кірісіне сигнал берілген сәттен бастап оның шығысында сигнал пайда болған сәтке дейінгі объектінің кешеуілдеу уақыты; k -объектінің пайда болу коэффициенті (немесе берілу коэффициенті).

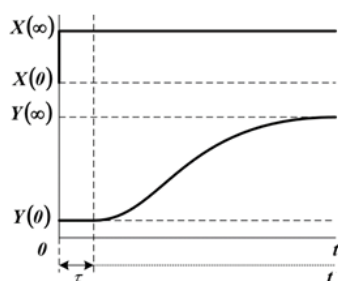
Объектілердің әртүрлі сипатына байланысты Басқару объектілерін сәйкестендіру саласы өте кең, сондықтан біз алдымен үдеткіш қисық деп аталатын өңдеу әдістерін қарастырумен шектелеміз.

Үдеткіш қисық дегеніміз-сатылы кіріс эффектісі деп аталатын шығыс айнымалы уақыттың өзгеру процесі. Үдеткіш қисық объектінің динамикалық қасиеттерін анықтауға қызмет етеді. Нормаланған өтпелі сипаттамаға (үдеу қисығы) сәйкес оң математикалық модельдерін құру қажет:

- туындыларды пайдалана отырып, ең кіші квадраттар әдісімен;
- түрлендірілген әдіспен алаңдар.

Әрі қарай, алынған математикалық функциялардың басқару объектісіне сәйкестігін анықтау және салыстыру қажет.

Осылайша, сәйкестендіру оған сәйкес келетін объектіні табудан тұрады. Құрылымдық және параметрлік сәйкестендіруді ажыратыңыз. Құрылымдық сәйкестендіру кезінде модель формасы белгілі бір функциялар класынан анықталады, параметрлік сәйкестендіру модель параметрлерін анықтайды.



Сурет 7.2-оң өтпелі сипаттамасы параметрлік сәйкестендіруді жүргізу үшін

Егер $Y(t)$ объектісінің шығыс сигналдары $X(t)$ бақыланатын кіріс әсерлерімен толық анықталса, онда оны анықтау үшін белсенді эксперимент әдістерін қолдану жеткілікті. Бастапқы ақпарат эксперименттік түрде алынған үдеу қисығы-объектінің $y(t)$ $0 \leq T \leq T$ уақыт интервалында берілген $x(t)$ кіріс әсеріне реакциясы.кешіктіру уақыты мен объектінің пайдасын анықтауға арналған Схема (7.2-сурет).

Кіріс және шығыс шамалары 0-ден 1-ге дейінгі стандартты диапазонда нормаланады:

$$x(t) = \frac{X(t) - X(0)}{X(\infty) - X(0)}, \quad y(t) = \frac{Y(t) - Y(0)}{Y(\infty) - Y(0)}, \quad k = \frac{Y(\infty) - Y(0)}{X(\infty) - X(0)}$$

k және τ анықтамасынан кейін уақыт шкаласын оңға қарай τ [3] мәніне жылжыту арқылы объектіні қалыпты координаттарда және кідіріссіз зерттеуге болады.

1.2 объектінің құрылымдық сәйкестендіру

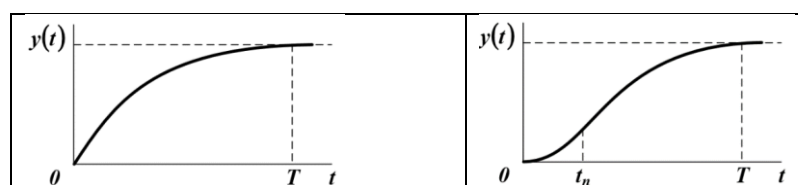
Құрылымдық сәйкестендіру кезінде модель құрылымын анықтау үшін объект туралы априорлық ақпарат қолданылады.

Динамика теңдеуі сызықтық немесе сызықты таңбалар класынан таңдалады. Нормаланған координаттарда шоғырланған параметрлері бар объектінің моделі, бір кіріс және бір шығыс сигналы тұрақты коэффициенттері бар қарапайым дифференциалдық теңдеу болып табылады:

$$a_n \cdot \frac{d^n}{dt^n} y(t) + \dots + a_1 \cdot \frac{d}{dt} y(t) + y(t) = b_m \cdot \frac{d^m}{dt^m} x(t - \tau) + \dots + b_1 \cdot \frac{d}{dt} x(t - \tau) + x(t - \tau) \quad (7.2)$$

мұнда a_i және b_i коэффициенттері тиісті терминнің өндірістік тәртібіне тең дәрежеде уақыт өлшеміне ие. Физикалық іске асырылатын жүйелерде $N \geq m$.

Үдеу қисығының түрі бойынша болашақ модельдің ретін шамамен анықтауға болады, мысалы, бірінші ретті объект үшін (7.3-сурет).



Сурет 7.3-оу үдеткіш қисықтары (сол жақта: бірінші ретті, оң жақта: жоғары ретті)

Әдетте $X(t)$ сатылы функция болып табылады, сондықтан теңдеудің ретін (7.1) объектінің үдеткіш қисығы түрінде шамамен анықтауға болады. Егер бұл сипаттамада иілу нүктелері болмаса, онда $n = 1$. Егер $t = TP$ және $TP / T < 0,1 - 0,15$ кезінде иілу болса, онда $n = 2$. Әйтпесе, $N > 2$ деп саналады. Алайда төмендетуге болады тәртібі моделін енгізгенде фик-ақпарат-тық запаздывание.

Осылайша, $x(t)$ және $Y(t)$ өлшеу қатесінің және ақпаратты өндеудің сандық әдістерінің қатесінің әсері әдетте үшінші-төртінші ретті модельдерді қолдануды орынсыз етеді.

1.3 объектінің параметрлік сәйкестендіру

Параметрлік сәйкестендіру кезінде объект туралы деректер ол туралы постериорлық ақпаратты алу үшін өңделеді. Бұл таңдалған модельдің параметрлерін бағалайды. Қарапайым жағдайларда мұндай бағалау өтпелі сипаттама кестесіне сәйкес жүргізілуі мүмкін. Туындыларды пайдалана отырып, ең кіші квадраттар әдісімен параметрлік сәйкестендіру.

Еркін ретті нысанды анықтау үшін теңдеудің оң және сол жақ бөліктерінің орташа квадратын азайтуды қажет ететін ең кіші квадраттар әдісі (MNC) қолданылады (7.2):

$$S = \int_0^T \left[\sum_{i=0}^n a_i \cdot y^{(i)}(t) - \sum_{j=0}^m b_j \cdot x^{(j)}(t) \right]^2 dt \rightarrow \min, \quad (7.3)$$

мұндағы: I -Шығыс және кіріс сигналдарының функцияларынан I және j ретті туындылар.

(7.3) теңдеудің шешімі келесі теңдеулер жүйесін шешуге дейін азаяды:

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial a_i} = 0, & i = 0, \dots, n, \\ \frac{\partial S}{\partial b_j} = 0, & j = 0, \dots, m. \end{cases} \quad (7.4)$$

(7.4) теңдеуге (7.3) сәйкес түрлендіру арқылы сызықтық алгебралық теңдеулер жүйесін алуға болады:

$$\begin{cases} \sum_{i=0}^n a_i \cdot \int_0^T y^{(i)}(t) \cdot y^{(k)}(t) dt - \sum_{j=0}^m b_j \cdot \int_0^T x^{(j)}(t) \cdot y^{(k)}(t) dt = 0, \\ \qquad \qquad \qquad k = 0, \dots, n, \\ \sum_{i=0}^n a_i \cdot \int_0^T y^{(i)}(t) \cdot x^{(k)}(t) dt - \sum_{j=0}^m b_j \cdot \int_0^T x^{(j)}(t) \cdot x^{(k)}(t) dt = 0, \\ \qquad \qquad \qquad k = 0, \dots, m. \end{cases} \quad (7.5)$$

Белгісіз параметрлерге қатысты жүйені (7.5) шешу үшін кесіндіде $x(t)$ және $Y(t)$ функцияларын тегістеу нәтижесінде болатын объектінің кіріс және шығыс сигналдарының туындыларын білу қажет. Коэффициентті есептеу үшін мына формула қолданылады: $b_1 = a_2 \cdot y_0^{(1)}$

Осылайша, сандық дифференциацияның қателігі, әдетте, өте жоғары, сондықтан коэффициенттерді анықтау схемасы $x(t)$ және $Y(t)$ үшін аналитикалық өрнектерді саралауды қолдану керек.

1.4 түрлендірілген аудан әдісімен параметрлік сәйкестендіру

Python тілінің көмегімен ои моделін құру үшін аймақтық әдісті өзгерту уақыттың өзгермейтін масштабынан тұрады. Классикалық нұсқада уақыттың жаңа шкаласы енгізіледі, бұл сандық шешіммен қосымша қателікке әкеледі.

Әдетте, беру функциясы үшін өрнектер 3 математикалық модельдің біреуі түрінде ізделеді:

$$\begin{aligned} W(p) &= \frac{1}{a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + 1}, \\ W(p) &= \frac{1}{a_2 p^2 + a_1 p + 1}, \\ W(p) &= \frac{b_1 p + 1}{a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + 1}. \end{aligned} \quad (7.6)$$

Модельдің берілу функциясының кері $1/W(p)$ өрнегін p дәрежесі бойынша қатарға бөлуге болады:

$$\frac{1}{W(p)} = 1 + S_1 p + S_2 p^2 + \dots + S_k p^k + \dots \quad (7.7)$$

Берілген беріліс функциясының A және b коэффициенттері келесі теңдеулер жүйесінің s коэффициенттерімен байланысты:

$$\begin{cases} a_1 = b_1 + S_1 \\ a_2 = b_1 S_1 + S_2 \\ a_3 = b_1 S_2 + S_3 \\ a_4 = b_1 S_3 + S_4 \end{cases} \quad (7.8)$$

S_i коэффициенттері $h(t)$ қатынастарының өтпелі функциясымен байланысты:

$$\begin{aligned}
S_1 &= \int_0^{\infty} (1-h) dt, \\
S_2 &= \int_0^{\infty} (1-h)(S_1-t) dt, \\
S_3 &= \int_0^{\infty} (1-h) \left(S_2 - S_1 t + \frac{t^2}{2} \right) dt, \\
S_4 &= \int_0^{\infty} (1-h) \left(S_3 - S_2 t + S_1 \frac{t^2}{2} - \frac{t^3}{6} \right) dt.
\end{aligned} \tag{7.9}$$

Қатынастар(7.9) Python көмегімен $h(t)$ кубтық сплайндармен интерполяция кезінде шешуге оңтайлы.

1.5 об сәйкестендірудің математикалық модельдерінің барабарлығын бағалау

Оңтайлы модельді таңдау үшін екінші ретті жеткіліктілік индикаторын қолдану жеткілікті:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \{y_i - z(t_i)\}^2}{\sum_{i=1}^n y_i^2} . \tag{7.10}$$

Мұндағы y_i -үдеу қисығынан алынған деректер $z(t_i)$ -модельдің беріліс функциясының $\text{Re}[W(i\omega)]$ нақты бөлігі бойынша есептелген мәндер (жиілік аймағынан уақытқа ауысу).

$$z(t) := \frac{2}{\pi} \int_0^{20} \text{Re}(W(i\omega)) \cdot \frac{\sin(\omega \cdot t)}{\omega} d\omega . \tag{7.11}$$

R^2 максималды мәнін беретін модель ең жақсы деп саналуы керек. Теңдеулер жүйесін (7.9) шешуде сандық дифференциацияның маңызды қателігін ескере отырып, біз символдық дифференциацияны жүзеге асырамыз.

Листингке сәйкес полиноммен интерполяцияны қолданамыз:

```

# -*- coding: utf8 -*-
import matplotlib.pyplot as plt# үшін график құру
import time
start = time.time()
көпмүшелік интерполяция үшін SP# импорттау
import numpy as NP# КР туынды матрицаларымен операциялар үшін
sympy import * # таңбаларды саралау үшін
import scipy.integrate as spint
from scipy.integrate import quad
x=[0.0, 0.4, 0.8, 1.2, 1.6 ,2.0, 2.4, 2.8 ,3.2, 3.6]#уақыт
y=[0.00, 0.11, 0.36, 0.61, 0.79, 0.89, 0.94, 0.98, 0.99, 1.00]# жүйенің жауабы
fp, residuals, rank, sv, rcond = sp.полифит (x, y,4, толық=шын) # полином интерполяция
a=round(fp[0],4);b=round(fp[1],4);c=round(fp[2],4)
d=round(fp[3],4);e=round(fp[4],4)
t=symbols('t',real=True)
def h (t): # H (t)өтпелі сипаттамасының аналитикалық формасы
return a*t**4+b*t**3+c*t**2+d*t+e
"Туынды құралдарды символдық есептеу"
L1=integrate(h(t).diff(t)*h(t).diff(t,t),(t,0,3.6))
L2=integrate(h(t).diff(t,t)*h(t).diff(t,t),(t,0,3.6))

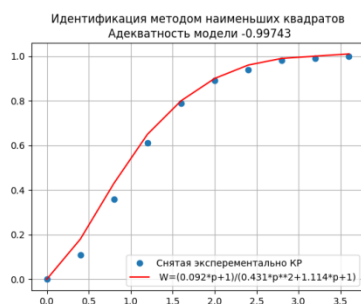
```

```

L3=integrate(h(t).diff(t)*h(t).diff(t),(t,0,3.6))
L4=integrate((1-h(t))*h(t).diff(t),(t,0,3.6))
L5=integrate((1-h(t))*h(t).diff(t),(t,0,3.6))
"""(3) критерийін ескере отырып, теңдеулер жүйесін (5) шешудің матрицалық нысаны""
P= np.zeros([2,2])
P[0,0]=L2;P[0,1]=L1
P[1,0]=L1;P[1,1]=L3
Q= np.zeros([2,1])
Q[0,0]=L4;Q[1,0]=L5
P=np.matrix(P);
Q=np.matrix(Q)
C=P.I*Q
"Объектінің беру функциясының коэффициенттері"
a2=C[0,0]
a1=C[1,0]
b1=C[0,0]*h(t).diff(t).subs(t,0)
a2=round(C[0,0],3)
a1=round(C[1,0],3)
b1=round(C[0,0]*h(t).diff(t).subs(t,0),3)
""""Жиілік аймағынан (8) қатынас бойынша уақытша аймаққа өту""
def ff(x,t):
j=(-1)**0.5
return (2/np.pi)*((b1*x*j+1)/(a2*(x*j)**2+a1*x*j+1)).real*(np.sin(x*t)/x)
z=np.array([round(quad(lambda x: ff(x,t),0, 20)[0],2) for t in x])
""""(7) қатынас бойынша сәйкестендіру моделінің барабарлығын анықтау""
k=round(1-sum([(y[i]-z[i])**2 for i in np.arange(0,len(y)-1,1)]/sum([(y[i])**2 for i in
np.arange(0,len(y)-1,1)]),5)
stop = time.time()
print ("бағдарламаның жұмыс уақыты:", round (stop-start, 3))
plt.title ('ең кіші квадраттар әдісімен сәйкестендіру\N модельдің барабарлығы -%s' %k)
plt.plot (x, y,'o', label= 'эксперименттік түсірілген КР')
plt.plot(x, z,'r', label=' W=(%s*p+1)/(0.431*p**2+1.114*p+1)%(b1,a2,a1))
plt.legend(loc='best')
plt.grid(True)
plt.show()

```

0.99743 моделінің жоғары жеткіліктілігі нәтижесінде алынған беріліс функциясы: $W = (0.092 * p + 1) / (0.431 * p^2 + 1.114 * p + 1)$ объектінің динамикалық қасиеттерін дәл көрсетеді.



Сурет 7.5-MNK алған оу үдеткіш қисығы

Үдеу қисығы эксперименталды түрде алынады, сондықтан Объектіні басқару жүйесін тұрақтылық үшін тиімді зерттеу [4] және реттегіштердің параметрлерін анықтау [5] практикалық мәнге ие болады.

1.6 Python тілінде ой идентификациясын аудандар әдісімен жүзеге асыру

"Аудандар әдісімен" ой сәйкестендіру мәселесін шешу үшін сандық әдістерді қолдану ұсынылады, өйткені объект моделінде саралау жоқ. Осыған байланысты ұсынылған шешім әдісі 7.6 немесе 7.7 қатынасына сәйкес уақыт координатын Өзгертуді білдірмейді.

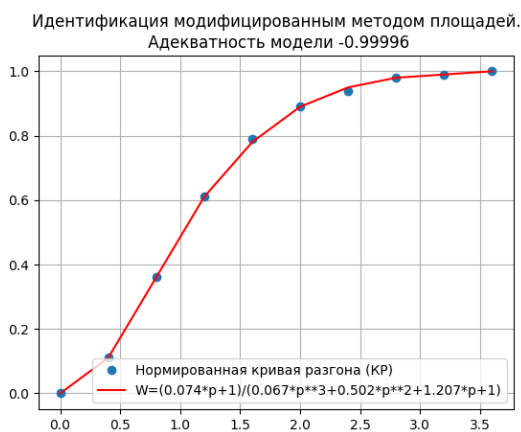
Сондықтан келесі тізімге сәйкес сплайнмен интерполяция әдісін қолдану ұсынылады:

```
# -*- coding: utf8 -*-
import matplotlib.pyplot as plt
import time
start = time.time()
from scipy.interpolate import splev, splrep
import scipy.integrate as spint
import numpy as np
from scipy.integrate import quad
xx = np.array([0.0, 0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0, 2.4, 2.8, 3.2, 3.6])
yy = np.array([0.00, 0.11, 0.36, 0.61, 0.79, 0.89, 0.94, 0.98, 0.99, 1.00])
"""Сплайндар көмегімен өтпелі сипаттаманың интерполяциясы"""
def h(x):
    spl = splrep(xx, yy)
    return splev(x, spl)
"""(6) - ға сәйкес уақыт координатасын өзгертпей сандық интегралдау"""
S1=(spint.quad(lambda x: 1-h(x),xx[0],xx[len(xx)-1])[0])
S2=(spint.quad(lambda x:(1-h(x))*(S1-x),xx[0],xx[len(xx)-1])[0])
S3=(spint.quad(lambda x:(1-h(x))*(S2-S1*x+(1/2)*x**2),xx[0],xx[len(xx)-1])[0])
S4=(spint.quad(lambda x:(1-h(x))*(S3-S2*x+S1*(1/2)*x**2-(1/6)*x**3),xx[0],xx[len(xx)-1])[0])
"""Беру функциясының коэффициенттерін анықтау"""
b1=-S4/S3
a1=b1+S1
a2=b1*S1+S2
a3=b1*S2+S3
"""Уақытша аймаққа оралу"""
def ff(x,t):
    j=(-1)**0.5
    return (2/np.pi)*(((b1*x**j+1)/(a3*(x**j)**3+a2*(x**j)**2+a1*x**j+1)).real)*(np.sin(x*t)/x)
y=np.array([round(quad(lambda x: ff(x,t),0, 20)[0],2) for t in xx])
"""Модельдің барабарлығы өлшемін анықтау"""
k=round(1-sum([(yy[i]-y[i])**2 for i in np.arange(0,len(yy)-1,1)]/sum([(yy[i])**2 for i in
np.arange(0,len(yy)-1,1)]),5)
stop = time.time()
print ("бағдарламаның жұмыс уақыты:", round (stop-start, 3))
plt.title ('аудандардың модификацияланған әдісімен сәйкестендіру.\N модель сәйкестігі- % s ' % k)
plt.plot (xx, yy,'o', label= ' нормаланған үдеу қисығы (КР)')
plt.plot(xx, y,'t', label='W=(%s*p+1)/(%s*p**3+%s*p**2+%s*p+1)%(round(b1,3),round(a3,3),round(a2,3),round(a1,3))')
plt.legend(loc='best')
```

```
plt.grid(True)
```

```
plt.show()
```

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, бағдарламаның жұмыс уақыты 0.238 Б. 0.99996 моделінің жоғары жеткіліктілігі және символдық дифференциацияға қарағанда жоғары өнімділік беру функциясы деп айтуға мүмкіндік береді: $W = (0.074 * p + 1) / (0.067 * p^3 + 0.502 * p^2 + 1.207 * p + 1)$ аудандардың модернизацияланған әдісімен алынған объектінің динамикалық қасиеттерін жақсырақ көрсетеді (7.6-сурет).



7.6-сурет-аландардың жаңғыртылған әдісі рәсімінің жұмыс нәтижесі оқ моделінің сипаттамасын алумен: $W = (0.074 * p + 1) / (0.067 * p^3 + 0.502 * p^2 + 1.207 * p + 1)$

Жүргізілген зерттеулер Зертханалық жұмыс бойынша келесі қорытынды жасауға мүмкіндік берді:

1 ОЖ модельдерін сәйкестендірудің қарастырылған әдістері зерттеушіні басқару теориясы бойынша басқару объектісін динамикалық сәйкестендіру негіздерімен таныстыруға мүмкіндік берді.

2 көпмүшелер мен сплайндармен өтпелі функцияны айқын көрсетуді пайдалану мысалдарымен Python еркін таратылатын бағдарламалау тілінде қарастырылған сәйкестендіру мәселелерін шешуді іске асыру ТП АБЖ және АСУП саласында Python қолдану аясын кеңейтуге ықпал етеді.

3 сәйкестендіру есептерін сандық түрде шешу үшін (7.10) және (7.11) арақатынасын қолдануды ұсынуға болады, бұл сізге уақытты өзгертпестен нәтиже алуға мүмкіндік береді.

4 ОЖ талдау және есептеу үшін оның математикалық сипаттамасы (математикалық моделі) болуы керек. Оның кіріс және шығыс сигналдарын жүзеге асыру үшін ОП-ның математикалық сипаттамасын алу оны сәйкестендіру деп аталады.

5 теориялық тұрғыдан, оу теңдеуін оның жұмысы анықталған физикалық заңдар негізінде алуға болады. Көптеген жағдайларда оп - ны нақты теориялық сипаттау олардағы физикалық процестердің күрделілігіне байланысты өте қиын. Сондықтан практикада математикалық сипаттама әдетте эксперименттік әдістермен алынады.

6 Бұл әдістер нәтижені тезірек және ыңғайлы алуға мүмкіндік береді. Осы әдістер арқылы алынған объектілердің математикалық модельдері әлдеқайда қарапайым, олармен автоматтандыру жүйелерін дамытудың келесі кезеңдерінде зерттеу жүргізу ыңғайлы.

7 сонымен қатар, мұндай модельдердің бірқатар кемшіліктері бар: олар, біріншіден, процестердің физикалық және химиялық заңдылықтарын мүлдем көрсетпейді, екіншіден, кіріс әсерінің

өзгеруінің рұқсат етілген диапазоны қатаң шектелген. Бұл модельдер олар жасалған айнымалылардың өзгеру аймақтары үшін ғана қолданылады.

8 автоматты жүйелердің көптеген сыныптары айнымалы өзгерістердің берілген жұмыс салаларында технологиялық процестердің жұмыс істеу жағдайларын қамтамасыз ету үшін жасалады. Осыған байланысты технологиялық процестерді автоматтандыру кезінде математикалық модельдерді алудың эксперименттік әдістері кеңінен қолданылады.

1.7 идеализацияланған физикалық процестер динамикасының теңдеулері

Кейбір жағдайларда математикалық модельдерді жасау модельдерді құрудың аналитикалық және эксперименттік әдістерінің үйлесімімен жақсы нәтиже алады, яғни біріктірілген әдісті қолданған кезде. Сонымен қатар, аналитикалық әдістердің негізінде объект моделінің сапалық сипаттамасы жасалады, ал эксперименттік әдістердің көмегімен осы модельдердің параметрлері анықталады.

Эксперименттік зерттеулерді нақты технологиялық қондырғыларда белсенді түрде (объектіге әсер ету тәжірибесі үшін қажетті) немесе пассивті түрде (жұмыс кезінде тікелей кіріс және шығыс мәндерінің өзгеруін белгілеу арқылы) жүргізуге болады.

Пассивті эксперимент кіріс әсерін мақсатты түрде өзгертуге болмайтын немесе технологиялық процесс оларды өзгертуге мүмкіндік бермейтін жағдайларда қолданылады. Бұл эксперимент, әдетте, кіріс және шығыс айнымалыларының өзгеруі туралы аз мәлімет береді, бұл өз кезегінде материалды өндеуді және қажетті тәуелділіктерді анықтауды қиындатады. Пассивті эксперимент жүргізу кезінде белгіленген және өтпелі режимдерде құрылғылардың көрсеткіштерін синхрондауды, сондай-ақ өлшеулердің дәлдігін қамтамасыз етуге ерекше назар аударылады.

Нақты Технологиялық қондырғылардағы басқару объектілерінің сипаттамаларын эксперименттік зерттеу кезінде олар белсенді эксперименттің әдісін қолдануға тырысады, оның мәні қалаған сигнал формасын (мысалы, бір сатылы әсер, гармоникалық немесе импульс) енгізу болып табылады. Алынған нәтижелер оңай өңделеді және жалпы мәліметтер жоғары сенімділікке ие. Егер кіріске сатылы әсер етсе (7.7-сурет), онда шығу кезінде $u(t)$ функциясы алынады, оны графикалық кескінде біз үдеткіш қисық деп атаймыз.

Ең қарапайым және кең таралған әдіс-объектінің кірісі $x = X01(t)$ бір сатылы сигналмен әсер еткен кезде эксперименттік ауысу функциясы арқылы объектiнiң мате-матикалық моделiн беру функциясы түрінде табу әдісі (7.7-сурет, а).

Егер кіріс сигналының тікбұрышты пішінде секіруін жүзеге асыру мүмкін болмаса, онда ол уақыт өте келе қосылады және нақты сигналды қолдану сәті кіріс сигналының ұлғаюының басталуы мен аяқталуының орташа уақытын алады.

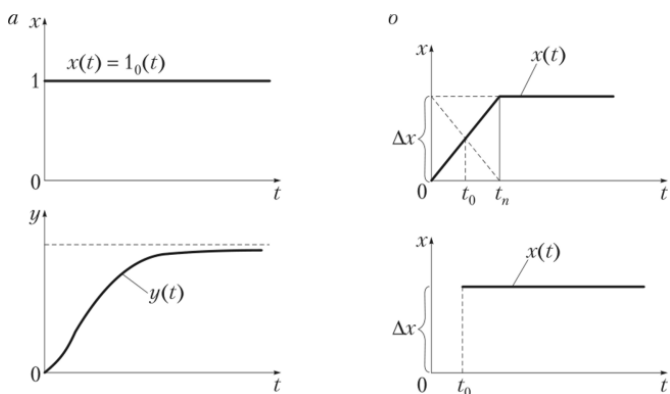
Белсенді эксперимент жүргізу кезінде автоматтандыру объектілерінің статикалық және динамикалық сипаттамалары анықталады. Автоматтандыру объектісінің статикалық сипаттамаларын алу бойынша жұмыс екі кезеңнен тұрады:

- 1) сипаттамаларды анықтау бойынша экспериментті ұйымдастыру;
- 2) статикалық сипаттамаларды алу және өңдеу.

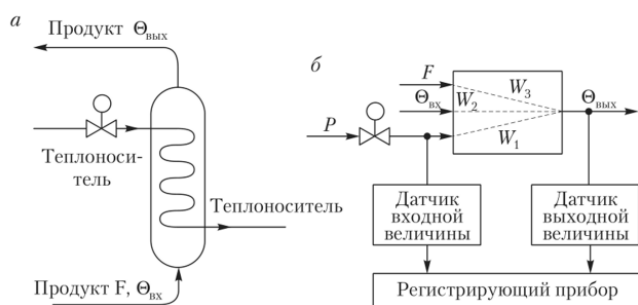
1-кезеңде объектіні егжей-тегжейлі зерделеу жүргізіледі:

- нәтижесінде жұмыс істеу шарттары, құрылымы, кіріс және шығыс айнымалылары анықталады;
- статикалық сипаттамалары алынатын арналар орнатылады;

- айнымалылардың өзгеруінің шекті диапазоны және олардың номиналды жұмыс режиміндегі мәндері анықталады;
- сипаттаманы алып тастау жүргізілетіннен басқа, барлық кіріс айнымалыларын тұрақтандырудың мүмкін жолдары белгіленеді;
- кіріс және шығыс айнымалыларын өлшеуге арналған құрылғылар таңдалады;
- сипаттаманы анықтау үшін кіріс айнымалысын өзгертудің нақты мәндері мен әдістері орнатылады;
- эксперимент нәтижелерін жазу үшін кесте жасалады.



Сурет 7.7-өтпелі динамиканың графикалық бейнесі: а-сатылы әсер ету кезінде; б-қосымшаның орташа уақыты кезінде



7.8-сурет-эксперименттік қондырғының технологиялық (А) және блок-схемасы (Б) объектінің сипаттамаларын алу үшін

Мысалы, 7.8-суретте көрсетілген жылу алмастырғыш үшін айнымалы жылу буының қысымы P , ағынның жылдамдығы F , кіріс ТВС және өнімнің Шығыс температурасы болады. 7.8, В суретте W_1 , W_2 және W_3 айнымалыларының өзара әрекеттесу арналары көрсетілген. Эксперимент жүргізу үшін автоматты аспаптарды таңдаған жөн.

Дәл осы суретте құрылғылардың орналасуы көрсетілген: ол "жылыту буының қысымы P , өнімнің Шығыс температурасы" арнасы арқылы объектінің сипаттамаларын алып тастау үшін тәжірибелік қондырғының диаграммасын көрсетеді. Кіріс айнымалыларын қадаммен өзгерту ыңғайлы.

1.8 объектінің статикалық сипаттамасы

Екінші кезеңде анықталады:

- кіріс айнымалысының белгіленген мәніне сәйкес Шығыс айнымалысын орнату уақыты немесе ТРР өтпелі процесінің уақыты;

- кіріс айнымалысының дәйекті өзгерістері арасындағы уақыт аралығы; Шығыс айнымалысының мәні дәйекті түрде анықталады;
- статикалық сипаттама құрылады;
- статикалық сипаттаманы математикалық өңдеу жүргізіледі.

Ауыспалы өтпелі процесті белгілеу уақыты (п/п) кіріс айнымалы мәні өзгерген кезде эксперименталды түрде анықталады және шығыс айнымалы белгіленген мән деңгейінің 98%-на жететін TP/p өтпелі процесінің уақытына тең қабылданады.

Статикалық сипаттаманы математикалық өңдеу кезінде оның графигі үшін тиісті алгебралық теңдеу таңдалады. Автоматтандыру объектілерінің динамикалық сипаттамаларын анықтау үшін өтпелі сипаттамалар кеңінен қолданылады.

Өтпелі сипаттамаларды, сондай-ақ статикалық сипаттамаларды алып тастау 2 кезеңде жүзеге асырылады:

- сипаттамаларды анықтау бойынша экспериментті ұйымдастыру;
- динамикалық сипаттамаларды алу және өңдеу.

Бірінші кезеңде статикалық сипаттамаларды анықтаумен бірдей операциялар жасалады. Өтпелі сипаттаманы алып тастауға арналған экспериментті құру кезінде кіріс сатылы әсер қабылданады, секіру мөлшері кіріс айнымалыларына және объектінің сызықтық емес статикалық сипаттамаларына, сондай-ақ объектіге әсер ететін кедергілер деңгейіне және өлшеу аппараттарының дәлдік класына байланысты анықталады. Объектілер үшін А секіруінің мәні әдетте $A(0,1; 0,2)$ Мах аймағынан таңдалады, мұндағы А тах - кіріс айнымалысының максималды мәні.

Екінші кезеңде өтпелі сипаттаманы автоматты түрде жазу жүзеге асырылады. Эксперимент жүргізу кезінде зерттелетін Кан-лу бойынша өтпелі сипаттама Шығыс айнымалысының тұрақты мәні немесе оның өзгеруінің тұрақты жылдамдығы орнатылғанға дейін жазылады. Алынған нәтижелердің жоғары сенімділігі үшін эксперимент бірнеше рет қайтланады және өтпелі сипаттамалардың отбасын алады.

Алынған сипаттамалардың жиынтығын орташалаңдыруда және орташа сипаттаманың математикалық сипаттамасында құрамның өтпелі сипаттамасын алу нәтижелерін математикалық өңдеу.

Инженерлік мақсаттар үшін тангенс әдісіне сәйкес AP проксимациясының қарапайым және ыңғайлы әдісі өте қолайлы. Кіріске бір сатылы сигнал $x = 1(t)$ әсер еткен кезде ең қарапайым және кең таралған әдіспен алынған объектілердің типтік өтпелі сипаттамалары, әдетте, өздігінен жүретін зеңбіректер аймағында кең таралған.

K, t, T, Th T2 коэффициенттері алынған сипаттаманы графоаналитикалық өңдеу арқылы алынады. Өңдеудің дәлдігі реттеуші іске асыратын реттеу Заңының тобын және оны баптауды кейіннен таңдау кезінде алынған деректерді пайдалану үшін жеткілікті.

ОУ-ның Өтпелі функциясының сипаты оған әсер еткен кезде статизм коэффициентіне немесе объектінің өзін-өзі теңестіруіне байланысты болады:

$$\left(\frac{y_0}{x_0}\right) \left[\left(\frac{dx_p}{dy}\right)_0 - \left(\frac{dx_n}{dy}\right)_0 \right] = \delta \quad (7.12)$$

"Нөл" индексі (7.12) теңдеуге кіретін шамалар кезінде объектінің белгіленген (белгілі бір деңгейде) режимін сипаттайды. Көріп отырғаныңыздай, статизм коэффициенті объектінің кіріс әсерінің Шығыс координатасына тәуелділігін сипаттайды және реттелетін объектінің қасиетін анықтайды, ол бұзылғаннан кейін сыртқы араласусыз тепе-теңдік күйіне ауысады.

Мысалы, кондиционерленген бөлмеде электр жарығын өшіру арқылы жылу ағыны азайды, біраз уақыттан кейін бұл бөлмедегі ауа температурасы төмендейді және жаңа тұрақты мәнге жетеді, онда жылу ағыны мен жылуды кетіру арасындағы жылу тепе-теңдігі қайтадан пайда болады. Нысанның Бұл қасиеті өзін-өзі теңестіру деп аталады.

Өздігінен тегістеу реттелетін объектінің тұрақтылығына ықпал етеді және реттеушінің жұмысын жеңілдетеді. Осылайша, өзін-өзі теңестіру дәрежесі неғұрлым жоғары болса, объект қысқа-уақытша бұзылумен берілген шаманың мәнін өздігінен қалпына келтіреді және тепе-теңдік тезірек қалпына келеді.

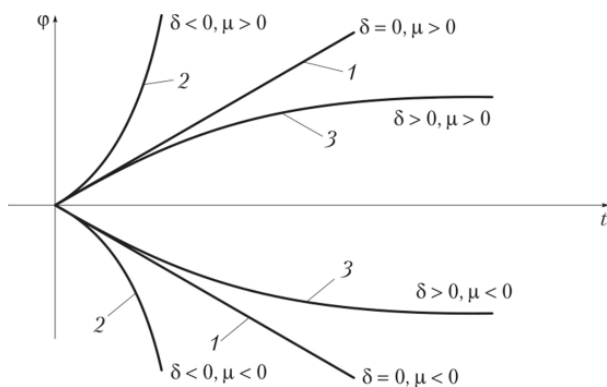
Автоматты реттеу жүйелерінің (АТЖ) синтезі реттеу процесі неғұрлым тұрақты болады. Сонымен қатар, өзін-өзі теңестіру дәрежесі неғұрлым жоғары болса, бұзылу кезінде реттелетін мәнің клондалуы соғұрлым аз болады және реттеу процесінде өтпелі кезең уақыты соғұрлым қысқа болады, яғни реттеу сапасы жоғары болады (7.9-сурет).

Өзін-өзі теңестіру коэффициентінің мәні бойынша кері болатын өлшемсіз оң мән объектінің берілу (пайда) коэффициенті деп аталады және K , яғни $K = 1 / |\delta|$ арқылы белгіленеді/

Технологиялық объектілерде кездесетін барлық дерлік процестерді динамиканың бірдей математикалық теңдеулерімен сипаттауға болады, олардың жалпыланған аналогы келесі түрде ұсынылуы мүмкін:

$$L [dy / dt] = x, \quad (7.13)$$

мұндағы L -ОУ сыйымдылық коэффициенті; y -Объектінің Шығыс координаты; x - жалпыланған кіріс координаты (нәтижелік кіріс әсері).



7.9 - сурет-бейтарап сипаттамалардың графикалық көрінісі (1), тұрақсыз (2) (астатикалық) және тұрақты (3) (статикалық) объектілер

У шығу координаты - бұл бірқатар физикалық личинкалардың абстракттілі аналогы: сызықтық v және айналмалы жылдамдық, температура T , ылғалдылық V_p , заттың концентрациясы K_v . іс жүзінде бұл энергия потенциалы немесе объектідегі зат қорының көрсеткіші. Технологиялық объектілерде бұл шамалар процесс сапасының индикаторын, оның параметрін сипаттайды.

Та уақыты (С, мин, сағ) толық жүктеме кезінде объектінің сыйымдылығын толтыру үшін қажет. Бұл объектіні астатикалық жеделдету уақыты деп аталады:

$$T_a = L \frac{y_0}{x_0}, \quad (7.14)$$

/ Δ / - өлшемсіз мән болғандықтан, біз Т процесінің тұрақты уақытын аламыз:

$$T = \frac{L}{\left(\frac{dx_p}{dy}\right)_0 - \left(\frac{dx_n}{dy}\right)_0}. \quad (7.15)$$

Жеделдету уақытынан айырмашылығы, уақыт тұрақтысы x_0 және U_0 бастапқы жағдайларына тікелей байланысты емес. Өзін-өзі тегістеудің нөлге дейін төмендеуімен, тұрақты уақыт Т шексіз сыйымдылықты коэффициент І-мен шексіздікке жетуі керек.

2 ЖҰМЫСТЫ ОРЫНДАУ ТӘРТІБІ

2.1 7.2-кестеде реттеуші органды 20% - ға ауыстыру кезінде алынған объектілердің үдеу қисықтарының эксперименттік деректері келтірілген (сатылы кіріс әсері салыстырмалы бірліктерде $a = 0,2$ құрайды).

Біз ОУ түрлерін сипаттаймыз:

ОУ 1-н, м сүтінің деңгейі реттелетін теңдестіру ыдысы, нормативаторға тұрақты беруді қамтамасыз ету үшін.

ОУ 2-Стерилизация температурасы Θ , °с реттелетін шырынды термиялық өндеуге арналған технологиялық аппарат.

ОУ 3-ірімшік ваннасы, онда араластырғыштың айналу жылдамдығы V, айн/мин реттеледі, өйткені ірімшік тромб пайда болады және тұтқырлық артады.

ОУ 4-құрғақ ауаны беру арқылы ПЭТФ m, % түйіршіктерінің ылғалдылығын реттейтін кептіру камерасы.

Кесте 7.2.

Оу үдеткіш қисықтарының эксперименттік деректері

О У	Параметр ы	Время, с											
		0	20	40	60	80	100	150	200	250	300	400	500
1	Н, м	1,00	1,00	1,01	1,02	1,05	1,09	1,11	1,14	1,18	1,19	1,20	1,20
		2	3	2	4	2	6	6	2	0	2	0	0
2	Θ , °С	80,0	80,1	80,1	80,2	80,3	80,8	81,1	81,5	83,0	84,0	85,5	85,5
3	V, об/мин	400	406	422	460	498	548	570	580	597	600	600	600
4	m, %	10,0	10,1	10,2	10,3	10,8	11,6	12,4	13,1	15,2	16,6	17,2	17,2

Сәйкестендіру кезінде эксперименттік деректерді өндеу деректерді талап ету дәрежесіне және нақты объектінің мінез-құлқын жақындататын қабылданған модельдерге байланысты.

Үдеткіш қисықтардың әртүрлі түрлері мүмкін, сәйкесінше нақты объектілердің әртүрлі модельдері де қолданылады.

2.2 беру функциясы түріндегі объект динамикасының математикалық моделі:

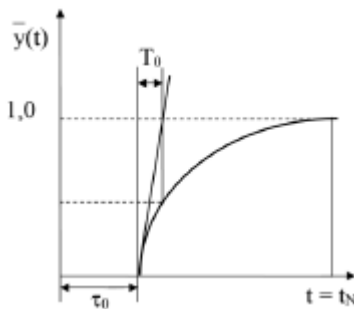
$$W_0(s) = \frac{k_0}{1 + T_0 s} \cdot e^{-\tau_0 s}, \quad (2.1)$$

мұндағы τ_0 -кідіріс; T_0 - уақыт тұрақтысы (графикалық түрде үдеткіш арқылы анықталады); k_0 -пайда

$$k_0 = \frac{y(t_N) - y(0)}{A}, \quad (2.2)$$

мұнда A -сатылы кіріс әсері; $y(0)$, $y(t_N)$ – Шығыс айнымалысының бастапқы және тұрақты мәні.

Тұрақты t_0 , τ_0 , k_0 графоаналитикалық әдіспен 2.1-суретте көрсетілген үдеу қисығы арқылы анықталады.



Сурет 2.1-оп-ның эксперименттік үдеткіш қисығы салыстырмалы бірліктерде

2.3 салыстырмалы бірліктерде үдеу қисығын құру үшін эксперименттік мәндер өрнекпен анықталады:

$$\bar{y}(t) = \frac{y(t) - y(t_0)}{y(t_N) - y(t_0)}. \quad (2.3)$$

2.4 екінші ретті сипаттамалық теңдеуі бар беріліс функциясы түріндегі объект динамикасының математикалық моделі:

$$W_0(s) = \frac{k_0}{a_2 s^2 + a_1 s + 1}. \quad (2.4)$$

2.5 трапецияның аудандастыру әдісін және шекті ауысу туралы белгілі операциялық есептеу теоремасын қолдана отырып,:

$$k_0 = \lim_{s \rightarrow 0} W_0(s), \quad (2.5)$$

$$k_1 = \lim_{s \rightarrow 0} W_1(s) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{1}{s} [k_0 - W_0(s)] = k_0 a_1, \quad (2.6)$$

$$k_2 = \lim_{s \rightarrow 0} W_2(s) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{1}{s^2} [k_1 - W_1(s)] = k_1 a_1 - k_0 a_2. \quad (2.7)$$

2.6 k_0 , k_1 , k_2 коэффициенттерінің белгісіз мәндерін $h(t)$ реакциясының коэффициенттерге сәйкес дәйекті интеграциясы арқылы табамыз:

$$k_0 = \lim_{t \rightarrow t_N} h_0(t), \quad (2.8)$$

$$k_1 = \lim_{t \rightarrow t_N} h_1(t) = \lim_{t \rightarrow t_N} \int_0^t [k_0 - h_0(t)] dt, \quad (2.9)$$

$$k_2 = \lim_{t \rightarrow t_N} h_2(t) = \lim_{t \rightarrow t_N} \int_0^t [k_1 - h_1(t)] dt. \quad (2.10)$$

2.7 трапеция аудандары әдісі бойынша беріліс функциясының A_1, a_2 коэффициенттерін табу алгоритмін сипаттаймыз:

Қадам 1. Бастапқы мәліметтерге сәйкес өтпелі функцияның графигі жасалады .

Қадам 2. Сандық әдіс $K_0 - h_0(t)$ қисығының астындағы ауданды немесе мәндері есте сақталатын $h_1(t)$ функциясын табады.

Қадам 3. $H_1(t) = k_1$ мәнін анықтаңыз және $H_1(t)$ графигін құрыңыз.

Қадам 4. $T = t_N$ кезінде $K_1 - h_1(t)$ қисығының астындағы бүкіл ауданның мәнін немесе $H_2(t) = k_2$ функциясының мәнін есептеңіз.

2.8 интегралдар (2.9) және (2.10) трапеция әдісіне жақын:

$$\int_0^t f_j(t) dt = \Delta t \left(\sum_{i=0}^N f_j(t_i) - \frac{f_j(t_0) + f_j(t_N)}{2} \right), \quad (2.11)$$

мұндағы N -нүктелер саны, $N = T / \Delta T$; ΔT -өлшеу қадамы; $f_j(t) = k_j - h_j(t)$; $j = 0, 1$.

2.9 жоғары ретті сипаттамалық теңдеуі бар беріліс функциясы түріндегі объект динамикасының математикалық моделі:

$$W_0(s) = \frac{k_0(1 + b \cdot s)}{1 + a_1 s + a_2 s^2 + a_3 s^3}. \quad (2.12)$$

A_i және b беру функциясының коэффициенттері s_i -ту аудандары әдісімен анықталады. Ол үшін алдымен таралу қисығымен анықталған S_i аудандары есептеледі:

$$\begin{aligned} S_0 &= 1, & S_1 &= S_0 \int_{t_0}^{t_N} [1 - \bar{y}(t)] dt = S_0 S_{00}, & S_2 &= S_1 S_{00} - S_0 \int_{t_0}^{t_N} [1 - \bar{y}(t)] t dt = S_1 S_{00} - S_0 S_{10}, & \dots \\ S_4 &= S_3 S_{00} - S_2 S_{10} + \frac{1}{2} S_1 S_{20} - \frac{1}{6} S_0 S_{30}, & \dots, & & S_i &= \sum_{g=0}^{i-1} \frac{(-1)^g}{g!} S_{i-g-1} S_{g0}. \end{aligned} \quad (2.13)$$

Мұнда

$$S_{g0} = \int_{t_0}^{t_N} [1 - \bar{y}(t)] t^g dt. \quad (2.14)$$

2.10 sg_0 анықталған интегралды шамамен есептеу формулаларының біріне сәйкес есептеледі, мысалы трапеция әдісі:

$$\int_{t_0}^{t_N} f(t) dt = \left[\sum_{j=1}^{N-1} f_j(t) + \frac{f(t_0) + f(t_N)}{2} \right] \Delta t, \quad (2.15)$$

мұндағы N-нүктелер саны, Δt-интегралдау қадамы.

2.11 si есептеу шамасына қарай: |Si / Si-1| мәнін анықтайды.

Егер бұл қатынас берілген Δ мәнінен аз болса, si есептеулері беріліс функциясының деноминаторының (2.12) ретін i-1 – ге тең деп санайды. Сонда:

$$b = 0; a_j = S_j; j = 1, \dots, (i-1). \quad (2.16)$$

Егер Si нөлден аз болса, онда |Si / Si-1| мәніне қарамастан, есептеулер тоқтатылады және деноминатордың тәртібі i-1 деп саналады.

$$a_i = S_j - b_i \cdot S_{j-1}; j = 1, \dots, (i-1); b_i = -\frac{S_i}{S_{i-1}}. \quad (2.17)$$

Егер B < Δ болса, онда есептеулер (2.16) және b1 ескерілмейді.

2.12 модельдің есептік мәндерін құру үшін Сіз қашырды қолдана аласыз:

$$Y = y(t_0) + \Delta y \left(1 - e^{-\frac{t-t_0}{T_0}}\right) = \\ = y(t_0) + [y(t_N) - y(t_0)] \cdot \left(1 - e^{-\frac{t-t_0}{T_0}}\right). \quad (2.18)$$

Модельдің есептік мәндерін құру үшін (2.1), (2.3), (2.12) MATLAB немесе MathCAD қолданбалы бағдарламалар пакетін пайдалану ұсынылады.

2.13 Апроксимация, егер үдеу қисығының эксперименттік және есептік деректері арасындағы ең жоғары таралу 0,1-ден аспаса, қанағаттанарлық деп танылады. Барабарлықты орташа квадраттық ауытқу бойынша тексеруге болады:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - Y_i)^2}{n-1}} \cdot \frac{1}{y(t_N) - y(t_0)}. \quad (2.19)$$

мұндағы yi-эксперименттік мәндер; Yi-есептелген мәндер.

3 ЕСЕПТЕ МЫНАЛАР БОЛУЫ КЕРЕК

3.1 Жұмыс мақсаты.

3.2 тапсырманың толық мәтіні.

3.3 басқару объектісі және эксперименттік зерттеулердің нәтижелері.

3.4 үдеу қисықтары бойынша эксперименттік және есептік деректер кестесі.

3.5 Mathcad немесе MATLAB-та жүзеге асырылған трапеция мен Симою аудандарының әдістеріне сәйкес объект динамикасының модельдерін есептеу алгоритмдері.

3.6 ОУ динамикалық параметрлерін анықтауға арналған құрылыстармен үдеу қисықтарының графиктері (эксперименттік, есептік).

3.7 сән құрылымын сәйкестендіру нәтижесінде алынған жеткіліктілік тұжырымдары.

3.8 Mathcad немесе MATLAB-та жасалған модельдердің коэффициенттерін анықтау алгоритмдері.

3.9 алынған коэффициенттері бар абсолютті бірліктердегі бірнеше регрессиялық модельдің өрнектерінің түрі.

3.10 сәйкестендірілген статикалық модельдердің барабарлығының тұжырымдары.

4 БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

4.1 оу үдеткіш қисығының мақсатын түсіндіріп, оның құрылу барысын сипаттаңыз.

4.2 салыстырмалы бірліктерде үдеу қисығы қалай құрылады?

4.3 оу динамикасының математикалық моделінің өрнегін берілген функция түрінде жазыңыз.

4.4 оу келесі параметрлері қалай анықталады: τ -кешіктіру, t -тұрақты уақыт, k -пайда?

4.5 MATLAB немесе MathCAD ортасында модель бойынша үдеу қисығының есептік мәндері қалай анықталады?

4.6 алынған модельді жеткіліктілікке қалай тексеруге болады?