

Додаток А

**Комп'ютерна модель процесів в автоматичному
транспортному засобі-шатлі та програмний сценарій її тестування**

Засобами середовища графічного моделювання Xcos були розроблені комп'ютерні моделі та засобами Scilab розроблено програми-сценарії для автоматизації виконання розрахунків й обчислювальних експериментів та графічного представлення результатів досліджень процесів, що відбуваються в транспортувальному засобі-шатлі.

Для моделювання процесів, що відбуваються в транспортувального заслбу-шатла використано математичну модель (5.4)–(5.6) у вигляді системи чотирьох нелінійних звичайних диференціальних рівнянь першого порядку та відповідних їм початкових умов, яка відповідає прийнятій для виконання досліджень схематизації процесів (див. рис. 2.3).

Математична модель (5.4)–(5.6) представлена із використанням засобів середовища графічного моделювання Xcos, як показано на рис. А.1. Ця модель (рис. А.1а) представляє собою набір відповідним чином з'єднаних між собою спеціально обраних графічних блоків, кожен із яких виконує відповідну функцію таким чином, щоб представити в результаті математичну модель (5.4)–(5.6). Параметри кожного із використаних блоків (рис. А.1а) визначаються відповідно математичній моделі (5.4)–(5.6) з використанням відповідних контекстних значень (рис. А.1б), які відображають прийняті вихідні данні (5.4)–(5.6). Параметризація комп'ютерної моделі Xcos за допомогою контекстних значень (рис. А.1) дозволить далі автоматизувати виконання досліджень процесів в транспортувального засоба-шатла шляхом програмного керування, з використанням у тому числі притаманних системі Scilab можливостей щодо програмованого змінення значень контекстних параметрів моделей Xcos (рис. А.1) при виконанні досліджень.

Розроблена засобами середовища Xcos комп'ютерна модель процесів (див. рис. А.1), що відбуваються в транспортувального засоба-шатла відповідно із математичною моделлю (5.4)–(5.6) за прийнятою схематизацією процесів (див. рис. 2.3) є основою для виконання усіх подальших досліджень таким чином, що лише незначні зміни будуть вноситися в цю розроблену модель (див. рис. А.1) у подальшому.

Тестування розробленої комп'ютерної моделі (див. рис. А.1) процесів в транспортувального засоба-шатла зводиться до перевірки результатів комп'ютерного моделювання із теоретичними значеннями (5.19). Для цього насправді зручною застосувати передбачену в системі Scilab можливість програмування сценаріїв щодо виконання досліджень, у тому числі із використанням комп'ютерних моделей, що виконані в середовищі Xcos. Отже, текст розробленої програми-сценарію виконання досліджень щодо тестування розробленої комп'ютерної моделі (див. рис. А.1) за допомогою властивостей (5.15) має вигляд:

```
clear; clc;
loadXcosLibs(); loadScicos(); exec('FormatCharts.sce',-1);
m=110; rw=0.0625; b=1.5; g=9.81; delta=0.002; Re=3.0; Be=0.55;
B=b*rw^2; Ue=24;
x3inf=(2*Be*Ue-Re*m*g*delta)/(Re*B+2*Be^2);
x4inf=(B*Ue+Be*m*g*delta)/(Re*B+2*Be^2);
function res=simulation()
    importXcosDiagram("Computing_1.zcos");
    typeof(scs_m);
    scs_m.props.context;
    scicos_simulate(scs_m);
    res=[X1,X2,X3,X4,S,V];
```

```

endfunction
res=simulation();
show_window(1);
t=res(1).time; x=res(1).values; plot(t,x,"k-", "linewidth",2);
FormatCharts("$t,\mathrm{s}$", "$x_1(t)$", "", [],1);
xsave("Computing_1_res1.scg");
show_window(2);
t=res(2).time; x=res(2).values; plot(t,x,"k-", "linewidth",2);
FormatCharts("$t,\mathrm{s}$", "$x_2(t),\mathrm{Kл}$", "", [],1);
xsave("Computing_1_res2.scg");
show_window(3); LEG=["numerical", "$t\rightarrow\infty$"];
t=res(3).time; x=res(3).values; plot(t,x,"k-", "linewidth",2);
x=ones(length(t)).*x3inf; plot(t,x,"k:", "linewidth",2);
FormatCharts("$t,\mathrm{s}$", "$x_3(t),\mathrm{1/c}$", "", LEG,4);
xsave("Computing_1_res3.scg");
show_window(4);
t=res(4).time; x=res(4).values; plot(t,x,"k-", "linewidth",2);
x=ones(length(t)).*x4inf; plot(t,x,"k:", "linewidth",2);
FormatCharts("$t,\mathrm{s}$", "$x_4(t),\mathrm{A}$", "", LEG,4);
xsave("Computing_1_res4.scg");
show_window(5);
t=res(5).time; x=res(5).values; plot(t,x,"k-", "linewidth",2);
FormatCharts("$t,\mathrm{s}$", "$s(t),\mathrm{M}$", "", [],1);
xsave("Computing_1_res5.scg");
show_window(6);
t=res(6).time; x=res(6).values; plot(t,x,"k-", "linewidth",2);
FormatCharts("$t,\mathrm{s}$", "$v(t),\mathrm{M/c}$", "", [],1);
xsave("Computing_1_res6.scg");

```

В цій програмі-сценарії передбачено виконання розрахунків за формулами (5.19), моделювання процесів з використанням комп'ютерної моделі та графічне представлення результатів розрахунків.

Додаток Б

**Програма-сценарій обробки результатів вимірювань при
проведенні натурного експерименту**

Для обробки результатів вимірювань, що були одержані при виконанні випробувань усталених режимів електричного двигуна постійного струму (див. п.р. 5.4) розроблено програму-сценарій такого вигляду:

```
clear; clc;
exec('FormatCharts.sce',-1);
U=[0.1,0.3,0.7,0.9,1.2,1.3,1.5,1.6,2.2,3.0,4.1,5.9,6.1];
I=[4.8,9.76,25.4,32.2,43.3,47.2,45.4,19,20,20,21,24,24];
W=[%inf,%inf,%inf,%inf,%inf,%inf,%inf,5,2,1.6,1,1.6,0.8]/1000; W=%pi/10./W;
subplot(2,1,1); plot(U,I,"ko");
FormatCharts("$U_e, \mathrm{B}$", "$I, \mathrm{mA}$", "", [], 1);
subplot(2,1,2); plot(U,W,"ko"); SetYAxesBounds(-100,400);
FormatCharts("$U_e, B$", "$\omega, \mathrm{1/c}$", "", [], 1);
I=I/1000; Re=sum(U(1:7).*I(1:7))./sum(I(1:7).^2); disp(Re);
a11=sum(I(8:13).^2); a12=sum(I(8:13).*W(8:13)); a22=sum(W(8:13).^2);
A=[a11,a12;a12,a22];
b1=sum(U(8:13).*I(8:13)); b2=sum(U(8:13).*W(8:13));
b=[b1;b2]; x=A\b; Re=x(1); Be=x(2);
a11=6; a12=sum(W(8:13)); a22=sum(W(8:13).^2);
A=[a11,a12;a12,a22];
b1=Be*sum(I(8:13)); b2=Be*sum(I(8:13).*W(8:13));
b=[b1;b2]; x=A\b; Mf=x(1); be=x(2);
disp(Re); disp(Be); disp(Mf); disp(be);
```

В цій програмі передбачено введення вихідних даних (табл. 5.1), обчислення кутової швидкості, візуалізація вихідних даних у вигляді залежності електричного струму та кутової швидкості від електричної напруги живлення, а також виконання розрахунків відповідно методу найменших квадратів для отримання параметрів (5.62) й (5.63) та (5.68) й (5.69).

Додаток В
Програмне забезпечення для обробки результатів вимірювань

Для обробки результатів вимірювань на мові програмування Python розроблене спеціалізоване програмне забезпечення, яке включає:

- програму для визначення параметрів досліджуваної еквівалентної електромеханічної системи;
- програму для розрахунку інтервалів між імпульсами, відповідних оптимальним швидкостям та сталій швидкості;
- програму для розрахунку відносної відсоткової економії електричної енергії.

Вибір мови програмування Python обумовлений зручністю використання планшетного комп'ютера в умовах лабораторії, та певними обмеженнями використання спеціалізованого програмного забезпечення в операційній системі Android.

Програма для визначення параметрів досліджуваної еквівалентної електромеханічної системи має такий вигляд:

```
from sys import exit
import copy
from datetime import datetime
from math import pi
import curvesplot
import numpy as np

def current_date_time():
    return(datetime.now().strftime("%d/%m/%Y %H:%M:%S"))

def program_start():
```

```
exp_beg_time=current_date_time()
print(exp_beg_time)
return(exp_beg_time)
```

```
def program_terminate():
    exp_beg_time=current_date_time()
    print(exp_beg_time)
    input("the program is terminated: press ENTER key to terminate program
finally")
    exit()
```

```
def exec_data_inputting():
    ID_exp=""
    while ID_exp == "":
        ID_exp=input("input experiment identificator: ")
    notinputed=True
    while notinputed:
        wheel_mounted = input("..... is the wheel mounted (yes/no): ")
        if wheel_mounted != "yes" and wheel_mounted != "no":
            print("ERROR: it is necessary to type yes or no")
        else:
            notinputed=False
    U=[]
    I=[]
    T=[]
    notinputed=True
    while notinputed:
        value=float(input("..... input voltage (V): "))
        U.append(value)
```

```

value=float(input("..... input amperage (mA): "))
I.append(value)
value=float(input("..... input period (ms): "))
T.append(value)
value=input("to continue inputting press ENTER, but to terminate inputting
type exit:")
if value=="exit":
    notinputed=False
return([ID_exp,wheel_mounted,U,I,T])

def exec_saving_data_inputed(stime,DI):
    ID_exp=DI[0]
    wm=DI[1]
    U=DI[2]
    I=DI[3]
    T=DI[4]
    count=len(U)
    f = open(ID_exp+".inp",'w')
    f.write(stime+"\n")
    f.write(ID_exp+"\n")
    f.write(wm+"\n")
    f.write(str(count)+"\n")
    for i in range(count):
        f.write(str(U[i])+"\n")
    for i in range(count):
        f.write(str(I[i])+"\n")
    for i in range(count):
        f.write(str(T[i])+"\n")
    f.close()

```

```
def exec_loading_data_inputed(filename):  
    f = open(filename+".inp",'r')  
    stime=f.readline()[0:-1]  
    ID_exp=f.readline()[0:-1]  
    wm=f.readline()[0:-1]  
    count=int(f.readline()[0:-1])  
    U=[]  
    for i in range(count):  
        U.append(float(f.readline()[0:-1]))  
    I=[]  
    for i in range(count):  
        I.append(float(f.readline()[0:-1]))  
    T=[]  
    for i in range(count):  
        T.append(float(f.readline()[0:-1]))  
    f.close()  
    return([ID_exp,wm,U,I,T])  
  
def exec_results_computing(DI):  
    N=48  
    wm=copy.deepcopy(DI[1])  
    U=copy.deepcopy(DI[2])  
    I=copy.deepcopy(DI[3])  
    T=copy.deepcopy(DI[4])  
    W=[]  
    count=len(U)  
    for i in range(count):  
        I[i]=I[i]/1000
```

```
T[i]=T[i]/1000
W.append(pi/10/T[i])
U1=[]
I1=[]
U2=[]
I2=[]
W2=[]
for i in range(count):
    if W[i] == 0:
        U1.append(U[i])
        I1.append(I[i])

    else:
        U2.append(U[i])
        I2.append(I[i])
        W2.append(W[i])
count1=len(U1)
count2=len(U2)
b=[]
a=[]
for i in range(count1):
    b.append(U1[i]*I1[i])
    a.append(I1[i]*I1[i])
Re=sum(b)/sum(a)
print(Re)

a12=[]
a22=[]
b2=[]
```

```

for i in range(count2):
    a12.append(I2[i]*W2[i])
    a22.append(W2[i]*W2[i])
    b2.append(U2[i]*W2[i])
a12=sum(a12)
a22=sum(a22)
b2=sum(b2)
Be=(b2-Re*a12)/a22/N

a11=count2
a12=[]
a22=[]
b1=[]
b2=[]
for i in range(count2):
    a12.append(W2[i])
    a22.append(W2[i]*W2[i])
    b1.append(I2[i])
    b2.append(I2[i]*W2[i])
a12=sum(a12)
a22=sum(a22)
b1=N*Be*sum(b1)
b2=N*Be*sum(b2)
Mf=(b1*a22-b2*a12)/(a11*a22-a12*a12)
b=(b2*a11-b1*a12)/(a11*a22-a12*a12)
return([W,Re,Be,Mf,b])

```

```

def exec_result_saving(starttime,DI,DR):

```



```
f.close()
```

```
def exec_results_view(DI,DR):
```

```
    N=48
```

```
    id=DI[0]
```

```
    wm=DI[1]
```

```
    U=DI[2]
```

```
    I=DI[3]
```

```
    T=DI[4]
```

```
    W=DR[0]
```

```
    count=len(U)
```

```
    U1=[]
```

```
    I1=[]
```

```
    U2=[]
```

```
    I2=[]
```

```
    W2=[]
```

```
    for i in range(count):
```

```
        if W[i] == 0:
```

```
            U1.append(U[i])
```

```
            I1.append(I[i])
```

```
        else:
```

```
            U2.append(U[i])
```

```
            I2.append(I[i])
```

```
            W2.append(W[i])
```

```
    count1=len(U1)
```

```
    count2=len(U2)
```

```
    Re=DR[1]
```

```
    Be=DR[2]
```

```
    Mf=DR[3]
```

```

b=DR[4]
U1a=np.linspace(U1[0], U1[count1-1],num=50)
I1a=U1a/Re
U2b=np.linspace(U2[0], U2[count2-1],num=50)
I2b=(Be*N*Mf+b*U2b)/(Re*b+Be*Be*N*N)
curves=("Voltage-amperage characteristic",
        "$U,\mathrm{V}$",
        "$I,\mathrm{mA}$",
        [ ["primary data", "01", "035", "0 0 0", U, I],
          ["approximation", "12", "00", "0 0 0", U1a, I1a*1000],
          [ "", "22", "00", "0 0 0", U2b, I2b*1000]])
curvesplot.CurvesPlot(curves,filename="Ares1_"+id)
W2b=(N*Be*U2b-Re*Mf)/(Re*b+Be*Be*N*N)
curves=("Electromechanical characteristic",
        "$U,\mathrm{V}$",
        "$\omega,\mathrm{s}^{-1}$",
        [ ["primary data", "01", "035", "0 0 0", U, W],
          ["approximation", "22", "00", "0 0 0", U2b, W2b]])
curvesplot.CurvesPlot(curves,filename="Ares2_"+id)

starttime=program_start()
ID_exp=input("input experiment identificator to load data from file or just press
ENTER to input data: ")
if ID_exp != "":
    data_inputed=exec_loading_data_inputed(ID_exp)
else:
    data_inputed=exec_data_inputting()
exec_saving_data_inputed(starttime,data_inputed)
data_results=exec_results_computing(data_inputed)

```

```
exec_result_saving(starttime,data_inputed,data_results)
```

```
exec_results_view(data_inputed,data_results)
```

```
program_terminate()
```

Програма для розрахунку інтервалів між імпульсами, відповідних оптимальним швидкостям та сталій швидкості має такий вигляд:

```
from sys import exit
```

```
from datetime import datetime
```

```
from math import pi,sqrt
```

```
def current_date_time():
```

```
    return(datetime.now().strftime("%d/%m/%Y %H:%M:%S"))
```

```
def program_start():
```

```
    exp_beg_time=current_date_time()
```

```
    print(exp_beg_time)
```

```
    return(exp_beg_time)
```

```
def program_terminate():
```

```
    exp_beg_time=current_date_time()
```

```
    print(exp_beg_time)
```

```
    input("the program is terminated: press ENTER key to terminate program  
finally")
```

```
    exit()
```

```
def exec_data_inputting():
```

```
# Re = float(input("..... input resistance (Om): "))
```

```
# Mf = float(input("..... input rolling friction moment (N*m): "))
```

```

# Be = float(input("..... input electromechanical characteristic (N*m/A): "))
# bL = float(input("..... input damping parameter with wheel: "))
# bE = float(input(".....input damping parameter without wheel: "))
Re=9.923152709359606
Be=0.004191447981192944
Mf=0.013733795037235848
bL=0.00026112105787854306
bE=0.00022243135639658104
t12 = float(input("..... input period related with half of required angular velocity
(ms): "))
return((Re,Mf,Be,bL,bE,t12))

def exec_results_computing(DI):
    A=20
    from sys import exit
    from datetime import datetime
    from math import pi,sqrt

def current_date_time():
    return(datetime.now().strftime("%d/%m/%Y %H:%M:%S"))

def program_start():
    exp_beg_time=current_date_time()
    print(exp_beg_time)
    return(exp_beg_time)

def program_terminate():
    exp_beg_time=current_date_time()
    print(exp_beg_time)

```

```
input("the program is terminated: press ENTER key to terminate program
finally")
exit()
```

```
def exec_data_inputting():
```

```
# Re = float(input("..... input resistance (Om): "))
```

```
# Mf = float(input("..... input rolling friction moment (N*m): "))
```

```
# Be = float(input("..... input electromechanical characteristic (N*m/A): "))
```

```
# bL = float(input("..... input damping parameter with wheel: "))
```

```
# bE = float(input(".....input damping parameter without wheel: "))
```

```
Re=9.923152709359606
```

```
Be=0.004191447981192944
```

```
Mf=0.013733795037235848
```

```
bL=0.00026112105787854306
```

```
bE=0.00022243135639658104
```

```
t12 = float(input("..... input period related with half of required angular velocity
(ms): "))
```

```
return((Re,Mf,Be,bL,bE,t12))
```

```
def exec_results_computing(DI):
```

```
A=20
```

```
N=48
```

```
Re=DI[0]
```

```
Mf=DI[1]
```

```
Be=DI[2]
```

```
bL=DI[3]
```

```
bE=DI[4]
```

```
t12=DI[5]
```



```
starttime=program_start()
data_inputed=exec_data_inputting()
data_results=exec_results_computing(data_inputed)
exec_result_saving(starttime,data_inputed,data_results)
```

```
program_terminate()
```

Програма для розрахунку відносної відсоткової економії електричної енергії має такий вигляд:

```
from sys import exit
from datetime import datetime
from math import pi,sqrt

def current_date_time():
    return(datetime.now().strftime("%d/%m/%Y %H:%M:%S"))

def program_start():
    exp_beg_time=current_date_time()
    print(exp_beg_time)
    return(exp_beg_time)

def program_terminate():
    exp_beg_time=current_date_time()
    print(exp_beg_time)
    input("the program is terminated: press ENTER key to terminate program finally")
    exit()

def exec_data_inputting():
```

```

# Re = float(input("..... input resistance (Om): "))
# Mf = float(input("..... input rolling friction moment (N*m): "))
# Be = float(input("..... input electromechanical characteristic (N*m/A): "))
# bL = float(input("..... input damping parameter with wheel: "))
# bE = float(input(".....input damping parameter without wheel: "))

Re=9.923152709359606

Be=0.004191447981192944

Mf=0.013733795037235848

bL=0.00026112105787854306

bE=0.00022243135639658104

t12 = float(input("..... input period related with half of required angular velocity
(ms): "))

return((Re,Mf,Be,bL,bE,t12))

def exec_results_computing(DI):
    A=20
    from sys import exit
    from datetime import datetime
    from math import pi,sqrt

def current_date_time():
    return(datetime.now().strftime("%d/%m/%Y %H:%M:%S"))

def program_start():
    exp_beg_time=current_date_time()
    print(exp_beg_time)
    return(exp_beg_time)

def program_terminate():
    exp_beg_time=current_date_time()

```

```
print(exp_beg_time)
input("the program is terminated: press ENTER key to terminate program
finally")
exit()

def exec_data_inputting():
# Re = float(input("..... input resistance (Om): "))
# Mf = float(input("..... input rolling friction moment (N*m): "))
# Be = float(input("..... input electromechanical characteristic (N*m/A): "))
# bL = float(input("..... input damping parameter with wheel: "))
# bE = float(input(".....input damping parameter without wheel: "))
Re=9.923152709359606
Be=0.004191447981192944
Mf=0.013733795037235848
bL=0.00026112105787854306
bE=0.00022243135639658104
t12 = float(input("..... input period related with half of required angular velocity
(ms): "))
return((Re,Mf,Be,bL,bE,t12))

def exec_results_computing(DI):
A=20
N=48
Re=DI[0]
Mf=DI[1]
Be=DI[2]
bL=DI[3]
bE=DI[4]
t12=DI[5]
```

$N=48$

$Re=DI[0]$

$Mf=DI[1]$

$Be=DI[2]$

$bL=DI[3]$

$bE=DI[4]$

$t12=DI[5]$

$tL=t12/(1+\sqrt{bE/bL})$

$IoL=(bL*2*\pi/A/(tL/1000)+Mf)/Be/N$

$tE=t12/(1+\sqrt{bL/bE})$

$IoE=(bE*2*\pi/A/(tE/1000)+Mf)/Be/N$

$t=t12/2$

$IL=(bL*2*\pi/A/(t/1000)+Mf)/Be/N$

$IE=(bE*2*\pi/A/(t/1000)+Mf)/Be/N$

$return((tL,tE,t,IoL*1000,IoE*1000,IL*1000,IE*1000))$

`def exec_result_saving(starttime,DI,DR):`

`experimentID=input("type experiment identifier: ")`

`f=open(experimentID+".txt",'w')`

`f.write(starttime+"\n")`

`Re=DI[0]`

`Mf=DI[1]`

`Be=DI[2]`

`bL=DI[3]`

`bE=DI[4]`

`t12=DI[5]`


```
starttime=program_start()
```

```
data_inputed=exec_data_inputting()
```

```
data_results=exec_results_computing(data_inputed)
```

```
exec_result_saving(starttime,data_inputed,data_results)
```

```
program_terminate()
```

Додаток Ж
Акти впровадження

Затверджую Директор ТОВ Капелю

Труба Олександр Михайлович

4.09.2024

ТЕХНІЧНИЙ АКТ
дослідного впровадження
результатів дисертаційної роботи
Вжесневського Максима Олеговича

Комісія у складі голови: директора ТОВ Капелю – Труби Олександра Михайловича та членів комісії: технічний директор Кондратенко Євген Анатольович та керівник відділу АСУ ТП Костенко Руслан Володимирович, склали АКТ про провадження результатів дисертаційної роботи Вжесневського Максима Олеговича, подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробничий процес компаній ТОВ Капелю.

Склад дослідного впровадження:

– моделі та методи керованого технологічного процесу функціонування транспортного засоба-шатла в автоматизованих внутрішньо складських системах, що заснована на використанні регуляторів із інтелектуальними системами, яка базується на обґрунтуванні поточних параметрів виробничих процесів з використанням комп'ютерно-інтегрованих технологій, що дозволило забезпечити економію електричної енергії інтелектуальних транспортних засобів-шатлів за рахунок оптимізації їх швидкості.

Комісія встановила, що результати дисертаційної роботи Вжесневського М. О. у формі методів та моделей можуть бути використані для технологічного процесу проектування і модернізації транспортних засобів-шатлів в автоматизованих внутрішньо складських систем, що дає позитивний ефект і може бути інтегрованим у виробничі процеси компанії ТОВ Капелю.

Акт складено для пред'явлення до розової спеціалізованої Вченої ради із захисту дисертацій здобувача з метою присудження ступеня доктора філософії та не є підставою для фінансових розрахунків.

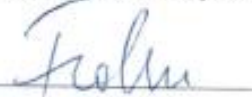
Голова комісії
Члени комісії



Олександр ТРУБА
Євген КОНДРАТЕНКО
Руслан КОСТЕНКО

Approved by Director of Kapelou Europe GmbH

Tobias Frohn



TECHNICAL ACT

of experimental implementation
of the results of the dissertation work
by **Maksym Vzhesnievskyi**

The commission, consisting of the director of Kapelou Europe GmbH – Tobias Frohn, and the commission members: project manager Sergii Palamarchuk, has drafted an ACT on the implementation of the results of the dissertation work by Maksym Olehovich Vzhesnievskyi, submitted for the academic degree of Doctor of Philosophy in the specialty 151 Automation and Computer-Integrated Technologies, into the production process of Kapelou Europe GmbH.

The scope of the experimental implementation includes:

– A method of automated control of the movement of a shuttle vehicle in intra-warehouse systems under conditions of uncertainty, which uses mathematical models to select the parameters of the optimal control decision – aimed at improving the energy efficiency, productivity, mobility, and autonomy of technological systems in consideration of the INDUSTRY 5.0 concept.

The commission has determined that the results of Maksym Olehovich Vzhesnievskyi's dissertation work, in the form of methods and mathematical models, can be used for designing shuttle vehicle automation systems in intra-warehouse systems under conditions of uncertainty, improving the energy efficiency, productivity, and mobility of such systems.

The experimental implementation has shown a positive effect and can be integrated into the production processes of Kapelou Europe GmbH.

This Act has been drafted for submission to the one-time specialized academic council for the defense of the dissertation of the candidate for the purpose of awarding the degree of Doctor of Philosophy and is not grounds for financial settlements.

Head of the commission



KAPPELOU Europe GmbH
Bergisch Gladbach, Germany

Tobias FROHN

Commission member



KAPPELOU Europe GmbH
Bergisch Gladbach, Germany

Sergii PALAMARCHUK



Код ЄДРПОУ 33010822
 ІПН 330108220234
 Свідоцтво платника ПДВ № 100330632
 тел./факс: +38(057) 713 69 00
 IBAN UA46 300528 00000 26 002 001 311 248 AT OTP Банк

Юридична адреса:
 вул. Промислова, 1, смт. Васищево,
 Харківський район, Харківська
 область, Україна, 62495
 E-mail: office@omega.page
omega.page

Затверджую
 Директор ТОВ Омега
 Дубовік Вікторія Іванівна

Вікторія Іванівна Дубовік
 9 09 2024

АКТ
 дослідного впровадження
 результатів дисертаційної роботи
Вжесневського Максима Олеговича

Комісія у складі голови: Директора департаменту складської логістики – Жарінова Олександра Олександровича та членів комісії: керівник відділу реінжинірингу Глибченко Сергій Юрійович та керівник відділу якості Дроздов Олексій Миколайович, склали АКТ про провадження результатів дисертаційної роботи Вжесневського Максима Олеговича, подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробничий процес компанії ТОВ Омега.

Комісія підтверджує працездатність моделей та методів, відзначає доцільність та перспективність використання запропонованих моделей та методів для удосконалення та модернізації технічних засобів автоматизації на основі ПІД-регуляторів, за рахунок забезпечення автономності транспортних засобів-шатлів для автоматизації внутрішньо складських вантажних операцій, шляхом автоматизації керування рухом із точно заданими швидкістю та переміщенням для точного позиціонування, відносно складових логістичної системи, що дало можливість підвищення продуктивності та енергоефективності, стабільності внутрішньо складських вантажних операцій.


Викладені в дисертаційній роботі експериментальні дослідження та створений випробувальний стенд, можуть бути використані, як база для розробки практичних рекомендацій, щодо удосконалення та модернізації технічних засобів автоматизації у внутрішньологістичному господарстві.

Акт складено для пред'явлення до разової спеціалізованої Вченої ради із захисту дисертації здобувача з метою присудження ступеня доктора філософії та не є підставою для фінансових розрахунків.

Голова комісії
 Члени комісії



Олександр Жарінов
 Сергій Глибченко
 Олексій Дроздов


ЗАТВЕРДЖУЮ»
 В.о. ректор Харківського
 національного університету
 радіоелектроніки
 Ігор РУБАН
 « 3 » 2024 р.

АКТ
 з впровадження в освітній процес
 результатів дисертаційної роботи
ВЖЕСНЄВСЬКОГО МАКСИМА ОЛЕГОВИЧА

Комісія у складі Голови декана факультету Автоматики в комп'ютеризованих технологій д.т.н., проф. Филипенка Олександра Івановича та членів комісії д.т.н., проф. кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизацій та робототехніки (КІТАР) Цимбала Олександра Михайловича, д.т.н., проф. кафедри КІТАР Євсєєва Владислава В'ячеславовича, складала АКТ про впровадження результатів дисертаційної роботи Вжеснєвського М. О., подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, в освітній процес Харківського національного університету радіоелектроніки



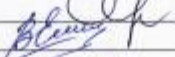
Склад впровадження

математична модель процесів в автономному транспортному-засоби шатлі, для внутрішньоскладських вантажних операцій, що дозволяє встановити три можливі еквівалентні форми представлення математичних моделей у вигляді системи диференціальних рівнянь першого порядку відносно кутової швидкості коліс та струму роторів електричних двигунів, у вигляді диференціального рівняння другого порядку відносно кутової швидкості та у вигляді диференціального рівняння відносно струму роторів електричних двигунів цих засобів-шатлів;

стенд для дослідних випробувань, розроблених математичних моделей технічних засобів автоматизації, для інтелектуального керування рухом транспортного засоба-шатла в внутрішньоскладських системах в умовах невизначеності відповідно до концепції INDUSTRY 5.0

Комісія встановила, що результати дисертаційної роботи Вжеснєвського М. О., були впроваджені в освітній процес кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизацій та робототехніки Харківського національного університету радіоелектроніки при проведенні лекційних, лабораторних та практичних занять з дисциплін «Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації» та «Проектування систем автоматизації», для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології та «Математичне моделювання процесів та систем» для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

Акт складено для пред'явлення до разової спеціалізованої Вченої ради із захисту дисертацій здобувача з метою присудження ступеня доктора філософії та не є підставою для фінансових розрахунків

Голова комісії		Олександр ФИЛИПЕНКО
Члени комісії		Олександр ЦИМБАЛ
		Владислав ЄВССЄВ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з наукової роботи

Національного університету

«Запорізька політехніка»

Владим ШАЛОМССВ

20/11 р.



АКТ
з впровадження результатів дисертаційної роботи
Вжесневського Максима Олександровича

Комісія у складі Голови: декана факультету інформаційної безпеки та електронних комунікацій – к.т.н., доц. Фурманової Наталії Іванівни, та членів комісії: завідувача кафедри «Інформаційні технології електронних засобів» – к.т.н., доц. Малого Олександра Юрійовича, професора кафедри «Інформаційні технології електронних засобів» – д.т.н., проф. Сфименка Миколи Володимировича, та старшого викладача кафедри «Інформаційні технології електронних засобів» Куляби-Харитонової Тетяни Іванівни, склали акт про впровадження результатів дисертаційної роботи Вжесневського М.О. в освітній процес Національного університету «Запорізька політехніка».

Склад впровадження:

– математична модель процесу керування переміщенням транспортних засобів-шатлів з використанням ПД-регулятора у формі лінійного диференціального рівняння четвертого порядку із відповідними початковими умовами, амплітудно-частотну характеристику процесу переміщенням з урахуванням резонансних режимів, що на відміну від існуючих моделей, дало можливість встановлювати умови та параметри ПД-регуляторів переміщення для уникнення резонансних процесів життєвого циклу експлуатації автономних транспортних засобів-шатлів;

– метод автоматизованого керування рухом транспортного засоба-шатла у внутрішньоскладських системах в умовах невизначеності, що використовує математичні моделі при виборі параметрів найкращого варіанта рішень керування для підвищення енергоефективності, продуктивності, мобільності, автономності технологічних систем з урахуванням концепції INDUSTRY 5.0.

Комісія встановила, що результати дисертаційної роботи Вжесневського М.О. були впроваджені в освітній процес кафедри «Інформаційні технології електронних засобів» Національного університету «Запорізька політехніка» при проведенні лекційних та лабораторних занять з дисципліни «Математичне моделювання та системний аналіз» (бакалаврат) та «Оптимальні системи автоматичного керування» (магістратура) для спеціальності 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка.

Голова комісії

Члени комісії

Наталія ФУРМАНОВА

Олександр МАЛИЙ

Микола СФИМЕНКО

Тетяна КУЛЯБА-ХАРИТОНОВА

Додаток И**Перелік опублікованих праць за темою роботи**

1. Automation of Mathematical Modeling of Physical and Technological Processes in the Electronic Devices Manufacture / I. Nevliudov, O. Chala, I. Botsman, O. Klymenko, **M. Vzhesnievskiy** // *Functional Basis of Nanoelectronics : proceedings of the XII International Scientific Conference*, Odessa, September 20-24, 2021. – Odessa, 2021. – P. 74-77(тези доповіді).

2. Igor Nevliudov, I Nevliudov, A Andrusevich, N Starodubcev, N Demska, **M Vzhesnievskiy** (2021). Evolutions of group management development of mobile robotic platforms in warehousing 4.0. *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, 4 (18), 57–64. (фахове видання, категорія Б)

3. Nevlyudov I., Novoselov S., Klymenko O., **Vzhesnievskiy M.** Design and study of gateway operating modes for industrial internet things / *International independent scientific journal* №33/2021 – pp. 75-78. (фах. видання закордон)

4. Аналіз стратегій зберігання виробів в автоматизованому інтелектуальному складі / І. Ш.Невлюдов, В. В. Євсєєв, Н. П. Демська, **М. О. Вжесневський**, О. М. Клименко // *VII Міжнародна науково-практична конференція «Напівпровідникові матеріали, інформаційні технології та фотовольтаїка»*: Тези доповідей. – Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2022. – С. 87-88. (тези доповіді).

5. Nevliudov, I., Andrusevich, A., Starodubcev, N., Demska, N., **Vzhesnievskiy, M.** (2022) Choice of informative attributes for monitoring of the electronic components of automatics lifecycle. Innovative integrated computer systems in strategic project management, [Text]: *Collective monograph edited by I. Linde. European University Press*. Riga: ISMA, p. 139-150. (Розділ колективної монографії в країні Євросоюзу)

6. Analysis of Software Products for Simulation Modeling of the Operation of the System of Shuttles for Warehousing /Igor Nevludov, Vladyslav Yevsieiev, Svitlana Maksymova, Oleksandr Klymenko, Maksym **Vzhesnievskiy** // *Manufacturing & Mechatronic Systems 2022: proceedings of the VIst International Conference*, Kharkiv, October 21-22, 2022. Kharkiv, 2022. - P. 24-26. (тези доповіді).

7. Shuttle-based Storage and Retrieval System 3D Model Improvement and Development / I. Nevliudov, V. Yevsieiev, S. Maksymova, O. Klymenko, **M. Vzhesniewski** // *Journal of Natural Sciences and Technologies*. - 2023. - Vol. 2(2). - P. 232-237. (фах. видання закордон).

8. Igor Nevliudov, Murad Omarov, Yurii Romashov, Vusala Muradova, **Maksym Vzhesnievskyi** One approach to find optimal controls for discrete dynamic systems with numerical methods application // *Advanced Mathematical Models & Applications* Vol.8, No.3, 2023, pp.548-564. (стаття в закордонному виданні, рецензовано в Scopus, кваліфікація Q2).

9. Nevliudov, I., **Vzhesnievskyi, M.**, Romashov, Y. і Chala, O. (2023) «Математичне моделювання мехатронних шатлів як об'єктів автоматизації для багаторівневих систем внутрішньоскладської логістики», *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*, (4 (26), с. 135–144. doi: 10.30837/ITSSI.2023.26.135. (фахове видання, категорія Б)

10. Nevliudov Igor, Maksymova Svitlana, Chala Olena, Bronnikov Artem, & **Vzhesnievskyi Maksym**. (2023). Automated Logistics Processes Improvement in Logistics Facilities. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 3(3), 157–170. (фах. видання закордон)

11. Software development for small details production warehouse automated system Nevliudov Ihor , Maksymova Svitlana , Nevliudova Viktoriia , **Vzhesniewski Maksym** , Klymenko Oleksandr. // *Science in the Environment of Rapid Changes: proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference*, Brussels, Scientific Collection «InterConf» February 6-8, 2023. - Brussels, 2023. - P. 320-323.- (фах. видання закордон)

12. Вжеснєвський М. О. Розробка кінематичної схеми транспортувального шатлу для внутрішньоскладської виробничої логістики / **М.О. Вжеснєвський**, О.О. Чала, Ю.В. Ромашов // *матеріали I-ої Всеукраїнської конференції Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки*. – Харків, 2024. – С. 6-10. (тези доповіді).

13. **Вжеснєвський М** Автоматизація внутрішньо-складських виробничих логістичних процесів для впровадження концепції industry 4.0:

енергоощадливість, продуктивність, мобільність, модульність, автономність / Вжеснєвський, О. Чала // *Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць*. – Полтава: ПНТУ, 2024. – Т. 2 (76). – С. 34-38. – doi:<https://doi.org/10.26906/SUNZ.2024.2.034>. (фахове видання, категорія Б)

14. **Вжеснєвський М.О.** Технічні засоби автоматизації внутрішньоскладських виробничих логістичних процесів // *Матеріали 28-го Міжнародного молодіжного форуму «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті»*. Зб. матеріалів форуму. Т. 2. – Харків: ХНУРЕ. 2024. С.: 9-10. DOI: <https://doi.org/10.30837/IYF.ASCTREDB.2024.009> (тези доповіді).

15. Maksymova, S., Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Klymenko, o., & **Vzhesniewski, M.** (2023). Shuttle-Based Storage And Retrieval System 3d Model Improvement And Development. *Journal of Natural Sciences and Technologies*, 2(2), 232–237. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10354730> (фах. видання закордон)

16. Features of Wave Algorithm Application in Warehouse Logistics Transport Systems / I. Nevliudov, **Maksym Vzhesniewskiy**, V. Yevsieiev, S. Maksymova S. et all // *Information systems in project and program managemen* : collective monograph / ed. by I. Linde ; European University Press. – Riga : ISMA, 2023. – P. 251-261 (Розділ колективної монографії в країні Євросоюзу).

17. **М. Вжеснєвський** Інтелектуальне керування автономними транспортними шатлами для внутрішньо-складських логістичних систем // *Виробництво & Мехатронні Системи 2024: матеріали VIII-ої Міжнародної конференції*, Харків, 25-26 жовтня 2024 р.: тези доповідей /. Харків: [електронний друк], 2024. С.: 117-119.