

ДОДАТОК А

Текст програми

```
unit Unit1;
interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, Menus, StdCtrls, Grids, DB, DBGrids, ADODB, DBCtrls, Mask;

type
  TMain = class(TForm)
    GroupBox1: TGroupBox;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Label6: TLabel;
    Label7: TLabel;
    Label8: TLabel;
    Button1: TButton;
    Button2: TButton;
    ComboBoxType: TComboBox;
    ComboBoxCon: TComboBox;
    ComboBoxPCM: TComboBox;
    ComboBoxRMI: TComboBox;
    ComboBoxPTEM: TComboBox;
    ComboBoxNTEM: TComboBox;
    ComboBoxCWE: TComboBox;
    EditDiameter: TEdit;
    MainMenu1: TMainMenu;
    N1: TMenuItem;
    N2: TMenuItem;
```

```
N3: TMenuItem;
N4: TMenuItem;
N5: TMenuItem;
N6: TMenuItem;
Memo1: TMemo;
Label18: TLabel;
Button3: TButton;
N7: TMenuItem;
Button4: TButton;
DBGrid1: TDBGrid;
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure Button2Click(Sender: TObject);
procedure ComboBoxTypeChange(Sender: TObject);
procedure ComboBoxConChange(Sender: TObject);
procedure ComboBoxPCMChange(Sender: TObject);
procedure ComboBoxRMICChange(Sender: TObject);
procedure ComboBoxPTEMChange(Sender: TObject);
procedure ComboBoxNTEMChange(Sender: TObject);
procedure ComboBoxCWEChange(Sender: TObject);
procedure EditDiameterChange(Sender: TObject);
procedure Button3Click(Sender: TObject);

private
  { Private declarations }
public
  Filter: String;
end;

var
  Main: TMain;
  MemoAdd: String;

implementation
```

```
uses DM, Unit4, Unit3;
```

```
{ $R *.dfm }
```

```
procedure TMain.Button1Click(Sender: TObject);
```

```
var
```

```
Add: String;
```

```
begin
```

```
TDM.ADOQuery1.Filtered := False;
```

```
Filter := "";
```

```
if length(ComboBoxType.Text) > 0 then begin
```

```
Filter := 'type LIKE ' + QuotedStr('%'+ ComboBoxType.Text + '%');
```

```
end;
```

```
if length(ComboBoxCon.Text) > 0 then begin
```

```
if length(Filter) > 0 then Add := ' AND ' else Add := "";
```

```
Filter := Filter + Add + 'Construction LIKE ' + QuotedStr('%'+ ComboBoxCon.Text + '%');
```

```
end;
```

```
if length(ComboBoxPCM.Text) > 0 then begin
```

```
if length(Filter) > 0 then Add := ' AND ' else Add := "";
```

```
Filter := Filter + Add + 'ProtectiveCover LIKE ' + QuotedStr('%'+ ComboBoxPCM.Text + '%');
```

```
end;
```

```
if length(ComboBoxRMI.Text) > 0 then begin
```

```
if length(Filter) > 0 then Add := ' AND ' else Add := "";
```

```
Filter := Filter + Add + 'MechanicalInfluences LIKE ' + QuotedStr('%'+ ComboBoxRMI.Text + '%');
```

```
end;
```

```
if length(ComboBoxPTEM.Text) > 0 then begin
```

```
if length(Filter) > 0 then Add := ' AND ' else Add := "";
```

```
Filter := Filter + Add +'PositiveMaterial LIKE ' + QuotedStr('%'+ ComboBoxPTEM.Text +
'%');
end;
```

```
if length(ComboBoxNTEM.Text)> 0 then begin
if length(Filter)> 0 then Add :=' AND ' else Add :='';
Filter := Filter + Add +'NegativeMaterial LIKE ' + QuotedStr('%'+ ComboBoxNTEM.Text +
'%');
end;
```

```
if length(ComboBoxCWE.Text)> 0 then begin
if length(Filter)> 0 then Add :=' AND ' else Add :='';
Filter := Filter + Add +'WorkingEnvironment LIKE ' + QuotedStr('%'+ ComboBoxCWE.Text
+ '%');
end;
```

```
if length(EditDiameter.Text)> 0 then begin
if length(Filter)> 0 then Add :=' AND ' else Add :='';
Filter := Filter + Add +'Diameter LIKE ' + QuotedStr(EditDiameter.Text);
end;
```

```
if length(Filter)< 1 then begin
  ShowMessage('Заполните хоть одно поле!');
  exit;
end;
TDM.ADOQuery1.Filter := Filter;
TDM.ADOQuery1.Filtered := True;
ShowMessage('По заданным параметрам найдено ' +
IntToStr(TDM.ADOQuery1.RecordCount) + ' термопары');
Form2.Show;
Form2.Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
end;
```

```
procedure TMain.Button2Click(Sender: TObject);
begin
```

```

MemoAdd:="";
Memo1.Lines.Clear;
end;

```

```

procedure TMain.ComboBoxTypeChange(Sender: TObject);
begin
if length(ComboBoxType.Text)> 0 then begin
if length(MemoAdd)> 0 then begin
MemoAdd:='Тип термопары - '+ ComboBoxType.Text+' ' + MemoAdd;
Memo1.Lines.Clear;
Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
end
else
MemoAdd:='Тип термопары - '+ ComboBoxType.Text+' ';
Memo1.Lines.Clear;
Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
end;
end;

```

```

procedure TMain.ComboBoxConChange(Sender: TObject);
begin
if length(ComboBoxCon.Text)> 0 then begin
if length(MemoAdd)> 0 then begin
MemoAdd:= MemoAdd + ',Вид конструкции - '+ ComboBoxCon.Text+' ';
Memo1.Lines.Clear;
Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
end
else
MemoAdd:='Вид конструкции - '+ ComboBoxCon.Text+' ';
Memo1.Lines.Clear;
Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
end;
end;

```

```

procedure TMain.ComboBoxPCMChange(Sender: TObject);

```

```

begin
if length(ComboBoxPCM.Text)> 0 then begin
if length(MemoAdd)> 0 then begin
MemoAdd:= MemoAdd + ',Материал защитного чехла - "'+ ComboBoxPCM.Text+'"' ;
Memo1.Lines.Clear;
Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
end
else
MemoAdd:='Материал защитного чехла - "'+ ComboBoxPCM.Text+'"' ;
Memo1.Lines.Clear;
Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
end;
end;

procedure TMain.ComboBoxRMIChange(Sender: TObject);
begin
if length(ComboBoxRMI.Text)> 0 then begin
if length(MemoAdd)> 0 then begin
MemoAdd:= MemoAdd + ',Устойчивость к механическим воздействиям - "'+
ComboBoxRMI.Text+'"' ;
Memo1.Lines.Clear;
Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
end
else
MemoAdd:='Устойчивость к механическим воздействиям - "'+ ComboBoxRMI.Text+'"' ;
Memo1.Lines.Clear;
Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
end;
end;

procedure TMain.ComboBoxPTEMChange(Sender: TObject);
begin
if length(ComboBoxPTEM.Text)> 0 then begin
if length(MemoAdd)> 0 then begin

```

```

MemoAdd:= MemoAdd + ',Положительный термоэлектродный материал - "'+
ComboBoxPTEM.Text+' ' ;
Memo1.Lines.Clear;
Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
end
else
MemoAdd:='Положительный термоэлектродный материал - "'+ ComboBoxPTEM.Text+'"'
';
Memo1.Lines.Clear;
Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
end;
end;

```

```

procedure TMain.ComboBoxNTEMChange(Sender: TObject);
begin
if length(ComboBoxNTEM.Text)> 0 then begin
if length(MemoAdd)> 0 then begin
MemoAdd:= MemoAdd + ',Отрицательный термоэлектродный материал - "'+
ComboBoxNTEM.Text+' ' ;
Memo1.Lines.Clear;
Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
end
else
MemoAdd:='Отрицательный термоэлектродный материал - "'+ ComboBoxNTEM.Text+'"'
';
Memo1.Lines.Clear;
Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
end;
end;

```

```

procedure TMain.ComboBoxCWEChange(Sender: TObject);
begin
if length(ComboBoxCWE.Text)> 0 then begin
if length(MemoAdd)> 0 then begin
MemoAdd:= MemoAdd + ',Рабочая среда - "'+ ComboBoxCWE.Text+' ' ;

```

```
Memo1.Lines.Clear;
Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
end
else
MemoAdd:='Рабочая среда - '+ ComboBoxCWE.Text+' ';
Memo1.Lines.Clear;
Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
end;
end;

procedure TMain.EditDiameterChange(Sender: TObject);
begin
  if length(EditDiameter.Text)> 0 then begin
    if length(MemoAdd)> 0 then begin
      MemoAdd:= MemoAdd + ',Диаметр - '+ EditDiameter.Text+' ';
      Memo1.Lines.Clear;
      Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
    end
  end
else
  MemoAdd:='Диаметр - '+ EditDiameter.Text+' ';
  Memo1.Lines.Clear;
  Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
end;
end;

procedure TMain.Button3Click(Sender: TObject);
begin
Form3.Show;
end;
end.

unit Unit4;

interface
```

uses

Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
Dialogs, Grids, DBGrids, StdCtrls, Menus;

type

```
TForm2 = class(TForm)
  Label18: TLabel;
  Memo1: TMemo;
  DBGrid1: TDBGrid;
  Button1: TButton;
  GroupBox2: TGroupBox;
  Label9: TLabel;
  Label10: TLabel;
  Label11: TLabel;
  Label12: TLabel;
  Label13: TLabel;
  Label14: TLabel;
  Label15: TLabel;
  EditReliability: TEdit;
  EditTemperatureCoefficient: TEdit;
  EditTemperatureMax: TEdit;
  ComboBoxInertia: TComboBox;
  EditCost: TEdit;
  EditTemperatureMin: TEdit;
  EditPrecision: TEdit;
  MainMenu1: TMainMenu;
  N7: TMenuItem;
  N1: TMenuItem;
  N2: TMenuItem;
  N4: TMenuItem;
  N5: TMenuItem;
  N6: TMenuItem;
  N3: TMenuItem;
  Button4: TButton;
  Button2: TButton;
```

```

Button3: TButton;
procedure Button2Click(Sender: TObject);
procedure EditReliabilityChange(Sender: TObject);
procedure EditTemperatureCoefficientChange(Sender: TObject);
procedure EditTemperatureMinChange(Sender: TObject);
procedure EditTemperatureMaxChange(Sender: TObject);
procedure EditPrecisionChange(Sender: TObject);
procedure ComboBoxInertiaChange(Sender: TObject);
procedure EditCostChange(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;

var
  Form2: TForm2;

implementation

Uses Unit1, DM, Unit5;

{$R *.dfm}

procedure TForm2.Button2Click(Sender: TObject);
var
  Filter: String;
  Add: String;
begin
  Filter:= Main.Filter;
  if length(EditReliability.Text)> 0 then begin
  if length(Filter)> 0 then Add :=' AND ' else Add :='';
  Filter := Filter + Add +'Reliability LIKE ' + QuotedStr(EditReliability.Text);
  end;

```

```

if length(EditTemperatureCoefficient.Text)> 0 then begin
if length(Filter)> 0 then Add := ' AND ' else Add := '';
Filter := Filter + Add + 'TemperatureCoefficient LIKE ' +
QuotedStr(EditTemperatureCoefficient.Text);
end;

```

```

if length(EditTemperatureMin.Text)> 0 then begin
if length(Filter)> 0 then Add := ' AND ' else Add := '';
Filter := Filter + Add + 'TemperatureMin LIKE ' + QuotedStr(EditTemperatureMin.Text);
end;

```

```

if length(EditTemperatureMax.Text)> 0 then begin
if length(Filter)> 0 then Add := ' AND ' else Add := '';
Filter := Filter + Add + 'TemperatureMax LIKE ' + QuotedStr(EditTemperatureMax.Text);
end;

```

```

if length(ComboBoxInertia.Text)> 0 then begin
  if length(Filter)> 0 then Add := ' AND ' else Add := '';
  Filter := Filter + Add + 'Inertia LIKE ' + QuotedStr(ComboBoxInertia.Text);
end;

```

```

if length(EditPrecision.Text)> 0 then begin
  if length(Filter)> 0 then Add := ' AND ' else Add := '';
  Filter := Filter + Add + 'Precision LIKE ' + QuotedStr(EditPrecision.Text);
end;

```

```

if length(EditCost.Text)> 0 then begin
  if length(Filter)> 0 then Add := ' AND ' else Add := '';
  Filter := Filter + Add + 'Cost LIKE ' + QuotedStr(EditCost.Text);
end;

```

```

if length(Filter)< 1 then begin

```

```

  ShowMessage('Заполните хоть одно поле!');
  exit;

```

```

end;
TDM.ADOQuery1.Filter := Filter;
TDM.ADOQuery1.Filtered := True;
ShowMessage('По заданным параметрам найдено ' +
IntToStr(TDM.ADOQuery1.RecordCount) + ' термопары'+#13+'Выберите по каким
важным параметрам необходимо выбрать термопару');
Form5.Show;
Form5.Label10.Caption:='ТПП13';
Form5.Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
end;

```

```

procedure TForm2.EditReliabilityChange(Sender: TObject);
begin
if length(EditReliability.Text)> 0 then begin
if length(MemoAdd)> 0 then begin
MemoAdd:= MemoAdd + ',Надежность - "'+ EditReliability.Text+'"' ;
Memo1.Lines.Clear;
Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
end
else
MemoAdd:='Надежность - "'+ EditReliability.Text+'"' ;
Memo1.Lines.Clear;
Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
end;
end;

```

```

procedure TForm2.EditTemperatureCoefficientChange(Sender: TObject);
begin
if length(EditTemperatureCoefficient.Text)> 0 then begin
if length(MemoAdd)> 0 then begin
MemoAdd:= MemoAdd + ',Температурный коэффициент - "'+
EditTemperatureCoefficient.Text+'"' ;
Memo1.Lines.Clear;
Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
end
end;

```

```

else
  MemoAdd:='Температурный коэффициент - '+ EditTemperatureCoefficient.Text+' ';
  Memo1.Lines.Clear;
  Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
end;
end;

procedure TForm2.EditTemperatureMinChange(Sender: TObject);
begin
  if length(EditTemperatureMin.Text)> 0 then begin
    if length(MemoAdd)> 0 then begin
      MemoAdd:= MemoAdd + ',Минимальная температура - '+
EditTemperatureMin.Text+' ';
      Memo1.Lines.Clear;
      Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
    end
  else
    MemoAdd:='Минимальная температура - '+ EditTemperatureMin.Text+' ';
    Memo1.Lines.Clear;
    Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
  end;
end;

procedure TForm2.EditTemperatureMaxChange(Sender: TObject);
begin
  if length(EditTemperatureMax.Text)> 0 then begin
    if length(MemoAdd)> 0 then begin
      MemoAdd:= MemoAdd + ',Максимльная температура - '+
EditTemperatureMax.Text+' ';
      Memo1.Lines.Clear;
      Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
    end
  else
    MemoAdd:='Максимльная температура - '+ EditTemperatureMax.Text+' ';
    Memo1.Lines.Clear;

```

```

Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
end;
end;

```

```

procedure TForm2.EditPrecisionChange(Sender: TObject);
begin
  if length(EditPrecision.Text)> 0 then begin
    if length(MemoAdd)> 0 then begin
      MemoAdd:= MemoAdd + ',Точность - "'+ EditPrecision.Text+'" ';
      Memo1.Lines.Clear;
      Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
    end
  else
    MemoAdd:='Точность - "'+ EditPrecision.Text+'" ';
    Memo1.Lines.Clear;
    Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
  end;
end;

```

```

procedure TForm2.ComboBoxInertiaChange(Sender: TObject);
begin
  if length(ComboBoxInertia.Text)> 0 then begin
    if length(MemoAdd)> 0 then begin
      MemoAdd:= MemoAdd + ',Степень тепловой инерции - "'+ ComboBoxInertia.Text+'" ';
      Memo1.Lines.Clear;
      Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
    end
  else
    MemoAdd:='Степень тепловой инерции - "'+ ComboBoxInertia.Text+'" ';
    Memo1.Lines.Clear;
    Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
  end;
end;

```

```

procedure TForm2.EditCostChange(Sender: TObject);

```

```

begin
  if length(EditCost.Text)> 0 then begin
    if length(MemoAdd)> 0 then begin
      MemoAdd:= MemoAdd + ',Стоимость - "'+ EditCost.Text+' "';
      Memo1.Lines.Clear;
      Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
    end
  else
    MemoAdd:='Стоимость - "'+ EditCost.Text+' "';
    Memo1.Lines.Clear;
    Memo1.Lines.Add(MemoAdd);
  end;
end;
end.

```

```
unit DM;
```

```
interface
```

```
uses
```

```
  SysUtils, Classes, DB, ADODB, DBTables;
```

```
type
```

```
  TTDM = class(TDataModule)
```

```
    ADOConnection1: TADOConnection;
```

```
    TableThermocouple: TADOTable;
```

```
    DSThermocouple: TDataSource;
```

```
    TableTypes: TADOTable;
```

```
    DSTypes: TDataSource;
```

```
    TableTypesid: TAutoIncField;
```

```
    TableTypesType: TStringField;
```

```
    TableConstructions: TADOTable;
```

```
    DSConstructions: TDataSource;
```

```
    TableConstructionsid: TAutoIncField;
```

```
    TableConstructionsConstruction: TStringField;
```

```
    TableCWE: TADOTable;
```

```
    DSCWE: TDataSource;
```

TablePCM: TADOTable;
DSPCM: TDataSource;
TablePCMId: TAutoIncField;
TablePCMProtectiveCover: TStringField;
TableCWEid: TAutoIncField;
TableCWEWorkingEnvironment: TStringField;
TablePTEM: TADOTable;
DSPTEM: TDataSource;
TableNTEM: TADOTable;
DSNTEM: TDataSource;
TableNTEMid: TAutoIncField;
TableNTEMNegativeMaterial: TStringField;
TablePTEMid: TAutoIncField;
TablePTEMPositiveMaterial: TStringField;
TableRMI: TADOTable;
TableRMIid: TAutoIncField;
TableRMIMechanicalInfluences: TStringField;
DSRMI: TDataSource;
TableThermocoupleid: TAutoIncField;
TableThermocoupleName: TStringField;
TableThermocoupleTypes_id: TIntegerField;
TableThermocoupleConstructions_id: TIntegerField;
TableThermocouplePCM_id: TIntegerField;
TableThermocouplePTEM_id: TIntegerField;
TableThermocoupleNTEM_id: TIntegerField;
TableThermocoupleCWE_id: TIntegerField;
TableThermocoupleRMI_id: TIntegerField;
TableThermocoupleReliability: TStringField;
TableThermocoupleSensitivity: TStringField;
TableThermocoupleTemperatureMin: TIntegerField;
TableThermocoupleTemperatureMax: TIntegerField;
TableThermocouplePrecision: TIntegerField;
TableThermocoupleInertia: TIntegerField;
TableThermocoupleCost: TBCDField;
ADOQuery1: TADOQuery;

```

ADOQuery1Name: TStringField;
ADOQuery1type: TStringField;
ADOQuery1Construction: TStringField;
ADOQuery1ProtectiveCover: TStringField;
ADOQuery1PositiveMaterial: TStringField;
ADOQuery1NegativeMaterial: TStringField;
ADOQuery1WorkingEnvironment: TStringField;
ADOQuery1MechanicalInfluences: TStringField;
ADOQuery1TemperatureMin: TIntegerField;
ADOQuery1TemperatureMax: TIntegerField;
ADOQuery1Inertia: TIntegerField;
ADOQuery1Cost: TBCDField;
ADOQuery1Diameter: TBCDField;
ADOQuery1Reliability: TIntegerField;
ADOQuery1TemperatureCoefficient: TBCDField;
ADOQuery1Precision: TStringField;
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
edType:String;
edCON:String;
edPCM:String;
edPTEM:String;
edNTEM:String;
edCWE:String;
edRMI:String;
end;
var
  TDM: TTDM;
implementation
uses Unit2;
{$R *.dfm}
end.

```

Демонстраційний матеріал

Слайд 1

ТИТУЛЬНИЙ ЛИСТ АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ



Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Атестаційна робота

«Розробка програмного модуля оптимального вибору
конструкції термопар»

ВИКОНАВ:
СТ. ГР. КТРС_м-19-1
ЩЕРБАКОВ Г.А.

КЕРІВНИК:
ПРОФ.
БЕЗКОРОВАЙНИЙ В.В.

ХАРКІВ 2020

Слайд 2

МЕТА ТА ЗАДАЧІ АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Мета та задачі атестаційної роботи

Об'єкт дослідження – термопари для технологічного обладнання.

Предмет дослідження – моделі багатокритеріального вибору конструкції термопар для технологічного обладнання.

Мета роботи – розробка засобу підтримки прийняття рішень з багатокритеріального вибору конструкцій термопар для технологічного обладнання.

Завдання, які необхідні для реалізації поставленої мети:

- проаналізувати сучасні типи і види термопар;
- дослідити основні параметри термопар та їх вплив на технічні характеристики;
- проаналізувати сучасні засоби підтримки прийняття рішень з вибору термопар;
- розробити структурно-параметричну модель;
- розробити математичну модель та метод вибору термопар;
- розробити програмний продукт як реалізацію вибору конструкції термопар;
- виконати розрахунок засобів електробезпеки та забезпечення безпечних умов праці в офісі розробників програмного забезпечення.

Слайд 3

ВИДИ СУЧАСНИХ ТЕРМОПАР

Види сучасних термопар

Термопари поділяють на:

- **Термопари з благородних металів:**
 - термопара хромель-алюмель (ТХА, тип К);
 - термопара хромель-копель (ТХК, тип L);
 - хромель-константан (ТХКн, тип E);
 - термопара залізо-константан (ТЖК, тип J);
 - термопара мідь-константан (ТМК, тип T);
 - термопара мідь-копель (ТМК, тип M);
 - термопара нікросил-нісіл (ТНН, тип N).
- **Термопари з тугоплавких металів:**
 - термопара ВР5-ВР20 (ТВР, тип А);
 - термопара вольфрам-молибден (ТВМ).
- **Термопари з благородних металів:**
 - термопара плагініородій-платина (ПП, тип S, R);
 - термопара плагініородій-платинородій (ПР, тип B).

Класифікація типів конструктивного виконання термопар:

- **За наявністю і матеріалу захисного чохла:**
 - виготовлені без чохла;
 - зі сталевим чохлам (до $t = 600\text{ }^{\circ}\text{C}$);
 - з чохлам зі спеціального жаростійкого сплаву (до $t = 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($1100\text{ }^{\circ}\text{C}$));
 - з порцеляновим чохлам (до $t = 1300\text{ }^{\circ}\text{C}$);
 - з чохлам з тугоплавких сплавів ($t = 2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ і більше).
- **За захищеності від впливованого середовища:**
 - захищені від впливу неагресивних і агресивних середовищ;
 - незахиснені (коли середовище не має шкідливого впливу на термоелектроди).
- **За стійкістю до механічних впливів:**
 - вібронезостійкі;
 - ударостійкі;
 - звичайні.
- **За ступенем теплової інерції:**
 - з великою інерційністю – до 3,5 хс;
 - із середньою інерційністю – до 1 хс;
 - малоінерційні – до 40 сек;
 - з ненормованою інерційністю.

Слайд 4

КОНСТРУКЦІЯ ТИПОВОЇ ТЕРМОПАРИ

Конструкція типової термопари

3



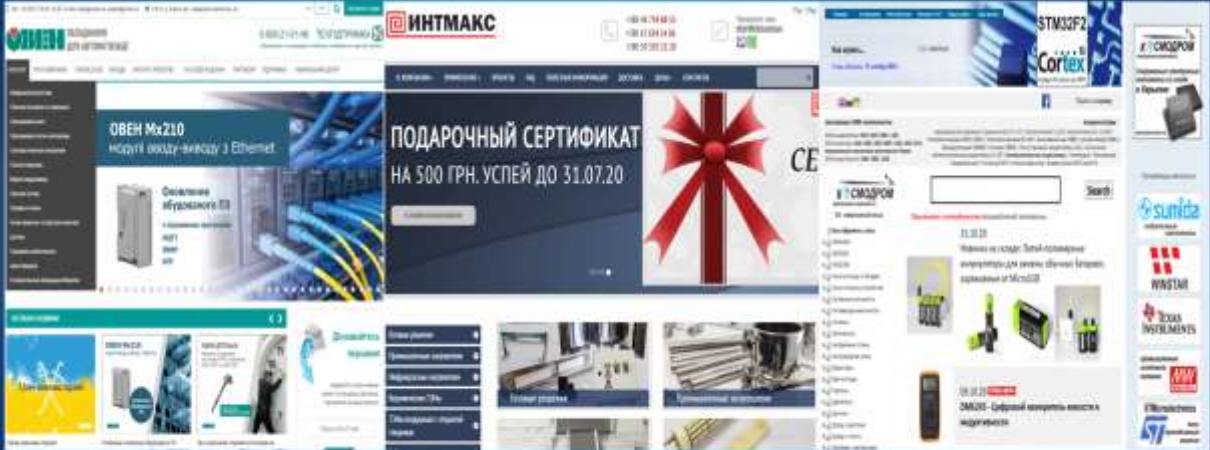
1 – захисна гільза;
 2 – нерухомий штуцер (існують варіанти виконання з пересувним штуцером);
 3 – головка;
 4 – розетка з ізоляційного матеріалу з зажимами для приєднання термоелектродів і подовжують проводів;
 5 – патрубок з сальниковим ущільненням;
 6 – сполучна трубка;
 7 – термоелектроди.

Слайд 5

СУЧАСНІ ЗАСОБИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Сучасні засоби підтримки прийняття рішень

4



The screenshot displays a website interface with several key elements:

- Navigation Bar:** Includes the company logo 'ІНТМАКС' and contact information.
- Main Banner:** A large promotional banner for a 'ПОДАРОЧНИЙ СЕРТИФІКАТ НА 500 ГРН. УСПЕШЬ ДО 31.07.20' (Gift Certificate for 500 GRY. Success by 31.07.20) featuring a large red ribbon graphic.
- Product Showcase:** Displays various IT products such as 'ОВЕН Мx210' and 'Система збалансованого ПЛ'.
- Search and Navigation:** A search bar and a list of product categories are visible on the right side.
- Logos:** Logos for various brands and partners like 'STM32F2', 'Cortex', 'sumida', and 'WINSTAR' are present.

Слайд 8

ПАРАМЕТРИЧНА МОДЕЛЬ

Параметрична модель

7

$$T_i = \langle R_i, S_i, t_i, P_{ri}, I_{ti}, V_i \rangle, \quad i = 1 \dots M,$$

де R_i – надійність термомпари T_i ;
 S_i – чутливість термомпари T_i ;
 t_i – температурний діапазон термомпари T_i ;
 P_{ri} – точність термомпари T_i ;
 I_{ti} – ступінь теплової інерції термомпари T_i ;
 V_i – вартість термомпари T_i .

Слайд 9

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ

Математична модель

8

$$BT^i = \begin{cases} BT^1, & \text{якщо } BT = [\text{тип } S], \\ BT^2, & \text{якщо } BT = [\text{тип } R], \\ BT^3, & \text{якщо } BT = [\text{тип } B], \\ BT^4, & \text{якщо } BT = [\text{тип } A], \\ BT^5, & \text{якщо } BT = [\text{тип } L], \\ BT^6, & \text{якщо } BT = [\text{тип } E], \\ BT^7, & \text{якщо } BT = [\text{тип } K], \\ BT^8, & \text{якщо } BT = [\text{тип } J], \\ BT^9, & \text{якщо } BT = [\text{тип } T], \\ BT^{10}, & \text{якщо } BT = [\text{тип } M], \\ BT^{11}, & \text{якщо } BT = [\text{тип } N]. \end{cases}$$

$$St^i = \begin{cases} St^1, & \text{якщо } St = [\text{вібротрясостійкі}], \\ St^2, & \text{якщо } St = [\text{ударостійкі}], \\ St^3, & \text{якщо } St = [\text{звичайні}]. \end{cases}$$

$$I_t^i = \begin{cases} I_t^2, & \text{якщо } I_t \leq 0,5 \text{ хв}, \\ I_t^1, & \text{якщо } I_t \leq 1 \text{ хв}, \\ I_t^3, & \text{якщо } I_t \leq 3,5 \text{ хв}, \end{cases}$$

$0,5 \leq D \leq 8.$

$$EN^i = \begin{cases} EN^1, & \text{якщо } MN = [\text{газоподібне середовище}], \\ EN^2, & \text{якщо } MN = [\text{тверде середовище}], \\ EN^3, & \text{якщо } MN = [\text{рідке середовище}], \\ EN^4, & \text{якщо } MN = [\text{окислювальне середовище}], \\ EN^5, & \text{якщо } MN = [\text{середовище інертних газів}], \\ EN^6, & \text{якщо } MN = [\text{нейтральне середовище}]. \end{cases}$$

$$MN^i = \begin{cases} MN^1, & \text{якщо } MN = [\text{алюмель}], \\ MN^2, & \text{якщо } MN = [\text{константан}], \\ MN^3, & \text{якщо } MN = [\text{нісіл}], \\ MN^4, & \text{якщо } MN = [\text{платина}], \\ MN^5, & \text{якщо } MN = [\text{платинородій}], \\ MN^6, & \text{якщо } MN = [\text{реній}]. \end{cases}$$

$$MP^i = \begin{cases} MP^1, & \text{якщо } MP = [\text{хромель}], \\ MP^2, & \text{якщо } MP = [\text{залізо}], \\ MP^3, & \text{якщо } MP = [\text{ніхросил}], \\ MP^4, & \text{якщо } MP = [\text{платинородій}], \\ MP^5, & \text{якщо } MP = [\text{мідь}]. \end{cases}$$

МЕТОД ВИБОРУ ТЕРМОПАР

Метод вибору термопар

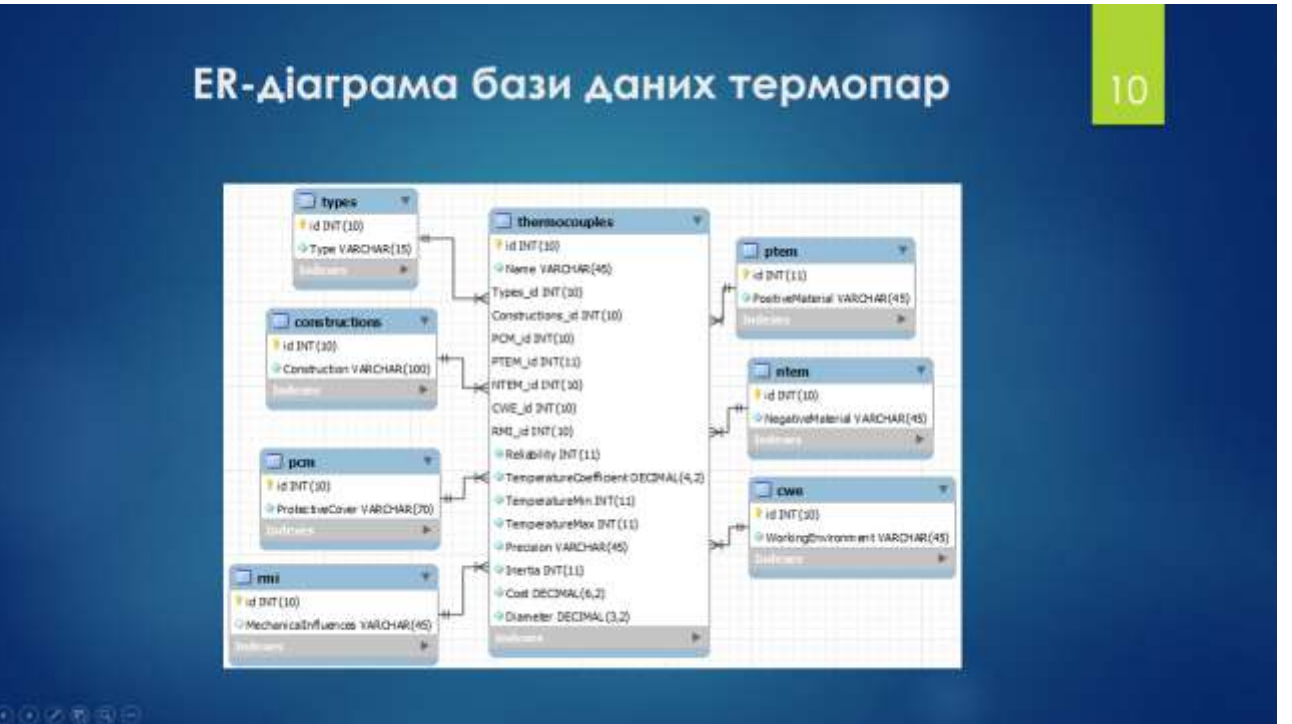
9

Часткові критерії, що характеризують термопари $k_1(T_i), k_2(T_i), \dots, k_m(T_i)$ мають різний фізичний зміст, розмірність, інтервали вимірювання і є суперечливими. Для їх нормалізації скористаємось функціями корисності, які мають сенс функцій належності значень часткових критеріїв $k_1(T_i), k_2(T_i), \dots, k_m(T_i)$ нечіткій множині «найкращий варіант конструкції термопари» $T^a \in T^E$:

$$\xi_j(T_i) = \left(\frac{[k_j(T_i) - k_j^-]}{[k_j^+ - k_j^-]} \right)^{\alpha_j}$$

де $k_j(T_i)$ – значення j -го часткового критерію, $j = \overline{1, m}$;
 k_j^+, k_j^- , $j = \overline{1, m}$ – найкраще та найгірше значення часткового критерію $k_j(T_i)$ на множині ефективних рішень T^E ;
 α_j – параметр, що визначає вид залежності ($\alpha_j = 1$ – лінійна, $0 < \alpha_j < 1$ – вигнута догори, $\alpha_j > 1$ – вигнута донизу).
 Для визначення найкращого варіанту конструкції термопари $T^a \in T^E$ скористаємось методом лексикографічної оптимізації. На першому етапі визначимо систему переваг часткових критеріїв. Нехай $k_1 > k_2 > \dots > k_m$. На множині ефективних варіантів T^E визначимо підмножину варіантів $T_1^a \in T^E$, найкращих за найважливішим із критеріїв – k_1 . На множині розв'язків T_1^a знайти підмножину розв'язків T_2^a , оптимальних за наступним за важливістю критерієм – k_2 . На останньому етапі із підмножини T_{m-1}^a знайдемо за критерієм k_m єдиний оптимальний розв'язок. При цьому $T^a \in T_{m-1}^a \subseteq T_{m-2}^a \subseteq \dots \subseteq T_1^a \subseteq T^E$.

ER-ДІАГРАМА БАЗИ ДАНИХ ТЕРМОПАР



Слайд 12

СХЕМА АЛГОРИТМУ ВИБОРУ ТЕРМОПАР

The flowchart on the left describes the selection process for a thermocouple. It starts with 'Початок' (Start) and proceeds to 'Вибір конструктивних параметрів' (Selection of constructional parameters). A decision diamond asks 'Задано конструктивні параметри?' (Constructional parameters specified?). If 'Так' (Yes), it goes to 'Вибір технічних параметрів' (Selection of technical parameters). If 'Ні' (No), it goes to 'Підприємство пропонує' (Company offers). From 'Вибір технічних параметрів', another decision diamond asks 'Задано технічні параметри?' (Technical parameters specified?). If 'Так', it goes to 'Вибір одиниць термопар' (Selection of thermocouple units). If 'Ні', it goes to 'Підприємство пропонує'. From 'Вибір одиниць термопар', a decision diamond asks 'Вибір одиниць термопар?' (Selection of thermocouple units?). If 'Так', it goes to 'Отримати дані' (Get data). If 'Ні', it goes to 'Вибір конструктивних параметрів'. From 'Отримати дані', it goes to 'Вивести дані' (Output data) and finally 'Кінець' (End). The slide on the right has a green bar with '11' and the title 'Схема алгоритму вибору термопар'.

Слайд 13

ПРИКЛАД ВИБОРУ ПАРАМЕТРІВ

The slide shows two screenshots of a software application for selecting thermocouple parameters. The left window, titled 'Вибір конструктивних параметрів', shows fields for 'Тип' (Type) set to 'K', 'Конструкція' (Construction) set to 'імпровізована з отриманим контактом', 'Матеріал захисного чехла' (Protective sheath material), 'Усталованість і номінальний коефіцієнт' (Stability and nominal coefficient), 'Положительний термоелектричний матеріал' (Positive thermoelectric material) set to 'платиновий', 'Отрицательний термоелектричний матеріал' (Negative thermoelectric material) set to 'нікель', 'Робочий діаметр' (Working diameter), and 'Діаметр, мм' (Diameter, mm). Below is a table of selected parameters:

Тип термопары	Вид конструкції	Матеріал захисного чехла	Положительний термоелектричний матеріал	Отрицательний термоелектричний матеріал
K	імпровізована з отриманим контактом		платиновий	нікель

 The right window, titled 'Вибір технічних параметрів', shows fields for 'Базисна температура, °C' (Base temperature, °C) set to 3000, 'Температурний коефіцієнт' (Temperature coefficient), 'Максимальна температура, °C' (Maximum temperature, °C) set to 100, 'Мінімальна температура, °C' (Minimum temperature, °C) set to 1000, 'Точність' (Accuracy) set to 1.5-2.5, 0.004-0.0075, 'Степень точності термопар' (Thermocouple accuracy level) set to 'предназначення (до 1000)', and 'Складність' (Complexity). Below is a table of selected parameters:

Тип термопары	Вид конструкції	Матеріал захисного чехла	Складність
K	імпровізована з отриманим контактом		імпровізована з отриманим контактом
В-тип 344	імпровізована з отриманим контактом		імпровізована з отриманим контактом
ДТТЕР	імпровізована з отриманим контактом		імпровізована з отриманим контактом
ДТТЕРМ2	імпровізована з отриманим контактом		імпровізована з отриманим контактом

 Both windows have 'Вибрати параметри' (Select parameters) and 'Сформувати параметри' (Form parameters) buttons.

Слайд 14

ВИБІР ВАЖЛИВИХ ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЗУЛЬТАТ ПОШУКУ

13

Вибір важливих параметрів та результат пошуку

Выбор важных параметров

По заданным параметрам найдено 2 термостаты.
Выберите по каким важным параметрам необходимо выбрать термостату

Результат поиска

Задаваемые условия поиска:

Тип термостата - "В", Вид конструкции - "комбинированный с открытым контуром", Понижающий преобразовательный материал - "титаниевый", Отрицательный преобразовательный материал - "золотая", Длительность - "1000", Минимальная температура - "100", Максимальная температура - "1000", Точность - "1.5-2.5, 0.004-0.0075", Степень защиты оболочки - "предназначенные для помещений"

Рекомендуемые термостаты по выбранным параметрам:

Конструктивные параметры:

Тип	В
Конструкция	комбинированный с открытым контуром
Материал защитного чехла	чехол из специального жаростойкого стекла (до t = 1000°С)
Удобность и возможность эксплуатации	адаптированный
Понижающий преобразовательный материал	титаниевый
Отрицательный преобразовательный материал	золотая
Рабочая среда	вакуумированная среда
Диаметр, мм	Ø

Технические параметры:

Емкость, чаша	10000
Температурный коэффициент	70.3
Минимальная температура	100
Максимальная температура	1000
Точность	1.5-2.5, 0.004-0.0075
Степень защиты оболочки	В Вв - предназначенные для помещений
Степень защиты	IP72

Слайд 15

ВИСНОВКИ

14

Висновки

У **першому** розділі був проведений аналіз сучасного стану проблеми вибору термостатів для технологічного обладнання, аналіз характеристик та конструкцій термостатів, їх класифікація, аналіз основних помилок термостатів і огляд сучасних засобів підтримки прийняття рішень з вибору термостатів.

Проведений аналіз дозволив визначити основні складові термостатів і їх параметричні особливості, що в подальшому стало передумовою для формулювання постановки мети та задач дослідження, що передбачають розробку засобу підтримки прийняття рішень з багатокритеріального вибору конструкцій термостатів для технологічного обладнання.

У **другому** розділі були розроблені структурна і параметрична моделі термостатів. Структурна модель відрізняється від існуючих тим, що складається із виявлених специфічних особливостей термостатів. Вона дозволяє скоротити час обліку всіх основних елементів конструкції. Параметрична модель може використовуватися в якості бази для розробки математичної моделі в процесі створення модуля автоматизованого проектування термостатів.

На основі розроблених параметричної та структурної моделей для вибору термостатів було запропоновано здійснювати виділення підмножини їх ефективних конструкцій та скоротити множину ефективних альтернатив використати методом лексикографічної оптимізації. Це дозволяє якісно підібрати набагато більше конструкційних елементів термостатів, при цьому розглядаючи більшу кількість різних типів термостатів, використовуючи завжди актуальні дані.

На базі лексикографічного методу оптимізації в **третьому** розділі розроблено програмний засіб підтримки прийняття рішень вибору термостатів для технологічного обладнання.

За результатами, отриманими у процесі виконання атестаційної роботи підготовлено публікацію для збірника студентських наукових статей і тези доповіді на Міжнародну науково-технічну конференцію студентів, аспірантів та молодих вчених «Комп'ютерні науки, інформаційні технології та системи управління» CSYS-2020, що проходила 1 – 2 грудня 2020 р. в м. Івано-Франківськ.

