

Міністерство освіти і науки України  
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»  
Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики  
Кафедра цифрових технологій в енергетиці

## Лабораторна робота №4

з дисципліни

«Моделювання систем в енергетиці»

Тема «Розробка імітаційних моделей обладнання,  
розрахованого на генерацію теплової та/або електричної  
енергії з використанням відновлених та викопних джерел  
енергії.»

Варіант №18

Студента 4-го курсу НН ІАТЕ гр. ТР-12

Ковальова Олександра

Перевірила: ст. вик., Висоцька Олена Іванівна

## Частина 1. Розробка імітаційної моделі діючої вітряної електростанції.

**Завдання:** Завданням роботи є створення математичної моделі для розрахунку потужності вітроелектростанції на основі даних швидкості вітру, температури навколишнього середовища, висоти встановлення установки та її технічних характеристик.

Передбачити:

- Підключення до сервісів прогнозу погоди з використанням даних по швидкості вітру та температури для розрахунку потужності повітряного потоку;
- Можливість задавати певні характеристики вітрогенераторів.
- Розрахунок потужності вітроелектростанції та прогнозу виробництва електроенергії за певний період часу.

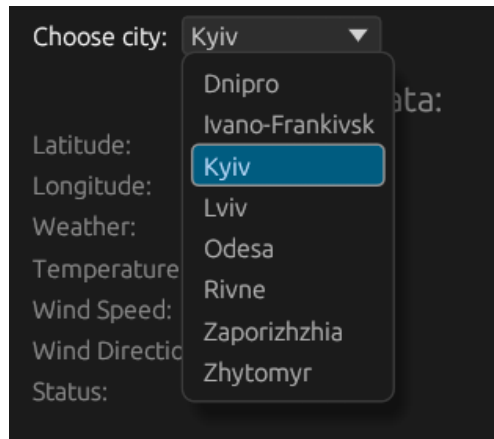
**Результати:**

Був написаний додаток з графічним інтерфейсом за допомогою мови програмування Rust та бібліотеки для створення GUI – egui.

В якості API, який надає навколишню температуру, використовується OpenWeatherMap API.



Можна обрати всі міста, які були в таблиці, наданій до лабораторної роботи:



The image shows a web form with a dark background. At the top, there is a label "Choose city:" followed by a dropdown menu. The dropdown menu is open, showing a list of cities: Dnipro, Ivano-Frankivsk, Kyiv (highlighted with a blue bar), Lviv, Odesa, Rivne, Zaporizhzhia, and Zhytomyr. To the left of the dropdown, there are labels for "Latitude:", "Longitude:", "Weather:", "Temperature:", "Wind Speed:", "Wind Direction:", and "Status:", each followed by a text input field.

З таблиць був сформований Json файл. Він використовується для приблизного розрахунку на кожен місяць і цілий рік:

```
local_data.json
{
  "Kyiv": {
    "temperature": [-0.3, -0.3, 4.8, 9.6, 16.2, 19.6, 21.5, 23.8, 18.8, 11.4, 4.1, 0.7],
    "wind_speed": [2.3, 2.7, 2.5, 1.9, 1.9, 1.6, 1.6, 1.1, 1.2, 2.6, 2.3]
  },
  "Zaporizhzhia": {
    "temperature": [0.2, -0.3, 5.9, 10.7, 16.5, 20.8, 23.7, 25, 20.1, 12.4, 6.4, 2.6],
    "wind_speed": [2.3, 1.8, 1.8, 2, 1.2, 1.4, 1.4, 1.2, 1.3, 1.3, 2.3, 2.3]
  },
  "Zhytomyr": {
    "temperature": [0.6, -0.2, 4.7, 8.7, 15.1, 18.9, 20.8, 22.8, 18, 11.5, 3.8, 1.1],
    "wind_speed": [2, 1.9, 2, 1.7, 1.3, 1.3, 1.2, 0.9, 0.4, 1.5, 2.1, 2.4]
  },
  "Odesa": {
    "temperature": [3, 2.4, 6.2, 10, 16.6, 21.3, 23.8, 25.3, 21.4, 16.2, 8.4, 4.7],
    "wind_speed": [3.9, 2.9, 2.6, 2.8, 1.9, 1.9, 2.3, 1.8, 2.1, 2.2, 3.9, 2.7]
  },
  "Lviv": {
    "temperature": [1.9, -0, 4.6, 7.8, 14, 17, 19.6, 20.9, 17.1, 11.1, 3.8, 1.3],
    "wind_speed": [2.6, 3.3, 3.1, 2.3, 2.3, 1.9, 1.8, 1.8, 1.5, 2.6, 3, 3.3]
  },
  "Ivano-Frankivsk": {
    "temperature": [1.8, 0.6, 4.9, 7.6, 14, 17.3, 20.4, 21.1, 17.1, 11.9, 4.3, 1.1],
    "wind_speed": [2.2, 3.6, 2.9, 2.8, 2.6, 2.1, 2.2, 1.8, 1.3, 2.2, 2.5, 2.3]
  },
  "Rivne": {
    "temperature": [0.9, -0.4, 3.9, 7.7, 14.2, 17.9, 20, 21.5, 17.8, 11.3, 3.1, 0.4],
    "wind_speed": [4.1, 5, 4.5, 3.6, 3.2, 3.3, 2.9, 2.6, 2.5, 4.3, 4.8, 5.4]
  },
  "Dnipro": {
    "temperature": [-1.1, -1, 5.5, 10.3, 16.4, 20.3, 23, 24.3, 19.3, 11.9, 5.3, 1.6],
    "wind_speed": [4.1, 3.7, 3.3, 3.5, 2.2, 3, 3.2, 2.8, 2.5, 3.9, 4.6, 4.4]
  }
}
```

## General data

- ## Weights

- ## Rotor

- 

Помісячні і річні дані вказані в кіловатах, та знову ж, є приблизними. Для їх розрахунку використовувались таблиці з лабораторної роботи.

## Частина 2.

**Завдання:** Завданням роботи є створення програми для розрахунку експлуатаційних показників електро/теплогенеруючого обладнання на основі його паспортних характеристик та якісних показників вхідного палива.

Передбачити проведення розрахунку для типів обладнання:

- котел,
- когенераційна установка,
- тепловий насос,
- рекуперативний теплообмінник.

Палива:

- природний газ,  $Q_H^p=9,5$  кВт·год/м<sup>3</sup>,
- вугілля,  $Q_H^p=7$  кВт·год/кг,
- пелети з деревини  $Q_H^p=4,2$  кВт·год/кг,
- дизельне паливо  $Q_H^p=12$  кВт·год/л.

### Результати:

Був розроблений консольний додаток за допомогою мови програмування Rust.

Приклад роботи для котлу:

```
Running `D:\Programming\ModelingSystems\target\debug\Lab4-2.exe`
Choose a system:
1. Boiler
2. Cogeneration Unit
3. Heat Pump
4. Recuperative Heat Exchanger
5. Exit

1
Choose fuel:
1. Natural Gas
2. Coal
3. Wood pellets
4. Diesel fuel

3
Boiler Efficiency, % (80..92):
85
Fuel Consumption (Units depending on chosen fuel) (5..20):
15
Fluid Flow Rate, kg/h (500..3000):
567
Water Temperature-In, °C:
5
-- RESULTS --
Boiler Power, kW: 53.55
Temperature-Out, °C: 86.20
ΔT, °C: 81.20
```

## Когенераційна установка:

```
2. Cogeneration Unit
3. Heat Pump
4. Recuperative Heat Exchanger
5. Exit

2
Choose fuel:
1. Natural Gas
2. Coal
3. Wood pellets
4. Diesel fuel

1
Fuel Consumption (Units depending on chosen fuel) (5..20):
15
Fluid Flow Rate, kg/h (500..3000):
500
Water Temperature-In, °C:
3
Electric Efficiency, % (35..44):
39
Thermal Efficiency, % (40..45):
43
-- RESULTS --
Electrical Power, kW: 55.58
Thermal Power, kW: 61.27
Temperature-Out, °C: 98.57
ΔT, °C: 95.57
```

## Тепловий насос:

```
Choose a system:
1. Boiler
2. Cogeneration Unit
3. Heat Pump
4. Recuperative Heat Exchanger
5. Exit

3
Electric Power, kW:
1500
Source Temperature, °C:
3
Water Temperature-In, °C (30..40):
25
Water Temperature-Out, °C (50..65):
33
-- RESULTS --
Heat Power, kW: 15307.50
Fluid Flow Rate, kg/h: 1645181.51
```

## Рекуперативний теплообмінник:

```
Choose a system:
1. Boiler
2. Cogeneration Unit
3. Heat Pump
4. Recuperative Heat Exchanger
5. Exit

4
Efficiency, % (85..90):
89
Indoor Temperature, °C:
25
Outdoor Temperature, °C:
2
Number of People in a house:
5
Normative air exchange per person, m³/h (12..20):
19
-- RESULTS --
Total air flow volume, m³/h: 95.00
Thermal energy loss, kW: 0.61
Recuperator heat flow, kW: 0.54
Heat required for air heating, kW: 0.07
Exhaust air temperature (after rec.), °C: 4.53
Supplied air temperature (after rec.), °C: 27.53
```

**Висновок:** У ході виконання лабораторної роботи було розроблено математичні моделі для аналізу експлуатаційних показників теплового та електрогенеруючого обладнання. Реалізовані програми на мові Rust дозволяють проводити розрахунки для різних типів установок, зокрема котлів, когенераційних установок, теплових насосів і рекуперативних теплообмінників, вітряків. Проведені розрахунки підтвердили ефективність моделей для визначення основних експлуатаційних характеристик, таких як потужність, температурні режими та ефективність використання енергії. Результати свідчать про відповідність програм поставленим завданням і її можливість адаптації до різних умов експлуатації.

Код обох застосунків прикріплений до завдання в Classroom разом зі звітом.