

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. О. ГОНЧАРА
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

з дисципліни: Моделювання складних систем
на тему: «Побудова математичної моделі гідроелектростанції»

Виконали:

студенти групи ПК-21м-1

Панасенко Є. С.

Гриценко А. О.

Доценко Т.С.

Ємельянова Ю. С.

Олійник Д. І.

Яцевська О. О.

м.Дніпро, 2021

Зміст

1	Постановка задачі	2
2	Принцип роботи гідроелектростанції	4
2.1	Водна енергія у природі	4
2.2	Енергія та міць водяного потоку. Гідроенергетичні ресурси	4
2.3	Принцип роботи гідроелектростанції	6
2.4	Сучасна ситуація гідроенергетики в Україні	7
3	Побудова математичної моделі гідроелектростанції	10
4	Опис програмного забезпечення	13
5	Аналіз отриманих результатів	15
6	Висновки	20
7	Перелік використаних джерел	21
8	Лістинг програми	21

1. Постановка задачі

1. Провести огляд джерел предметної області та розглянути існуючі підходи до побудови математично моделі гідроелектростанції.
2. Побудувати математичну модель гідроелектростанції, використовуючи підхід на основі балансових співвідношень.
3. Розробити програмне забезпечення на основі побудованої математичної моделі та знайти наближений розв'язок задачі.
4. Провести дослідження отриманого розв'язку математичної моделі при різних значеннях параметрів системи.
5. Сформулювати висновки.

2. Принцип роботи гідроелектростанції

2.1. Водна енергія у природі

Під впливом сонячного випромінювання з поверхні океанів, морів, материків випаровується вода. Повітряні потоки разносять водяні пари над землею поверхнею. Коли водні пари конденсуються в верхніх холодних шарах атмосфери, вони опадають на землю у вигляді дощу та снігу. Під впливом сили тяжіння частки води переміщуються по поверхні землі на найбільш низькі рівні. Таким чином утворюються річки та струмки, які вливаються у моря та океани.

Коли під впливом сонячного випромінювання частки води випаровуються, вони знову піднімаються у верхні шари атмосфери, виконуючі нескінчений колообіг води у природі, що складає одну з основ життя на Землі.

Вода має механічну енергію і, пересуваючись руслом, поступово втрачає свою потенційну енергію. Деяка її частка переходить у кінетичну, швидкісну енергію рухомих мас. Проте більша частка витрачається на роботу з подолання сил тертя між частками води, між водяним потоком та руслом, розмиваючи його та переміщуючи наноси. В кінцевому рахунку енергія перетворюється в теплову та розсіюється. Однак механічна енергія води, або гідравлічна, неперервно поновлюється.

Створивши на ріках штучні гідротехнічні споруди та встановивши необхідне обладнання, можна використовувати частку гідравлічної енергії для потреб людства.

Проблеми використання енергії води вивчає гідроенергетика, яка є однією з складових галузі, що називається електроенергетикою.

2.2. Енергія та міць водяного потоку. Гідроенергетичні ресурси

Припустимо, що потік має постійні по довжині русла перетин та швидкість течії води, при цьому бічна приточність відсутня. Для визначення енергії водяного потоку розглянемо проміжок АВ. Скористуємося рівнянням Бернуллі, яке визначає реальну енергію потоку, тобто енергію маси води, вага якої дорівнює 1 Н (одному ньютону):

$$e = z + \frac{p}{\rho g} + a \frac{v^2}{2g}, \quad (2.1)$$

Де e - питома енергія (Дж або Н · м); z - геометрична висота точки перетину над рівнем моря або над довільною площиною порівняння (00, м); p - тиск в точці перетину потоку (Па); v - середня швидкість течії води (м/с); ρ - щільність води (кг/м³); $g = 9.81$ м/с² - прискорення

вільного падіння; $a = 1.03/1.1$ - безрозмірний коефіцієнт Коріоліса, що враховує неровномірність розподілу швидкостей по перетину.

Сума $a + z/(pg) = h$ визначає запас питомої потенційної енергії у даному перетині, тобто запас енергії висотного положення z та енергії тиску $p/(pg)$. Для всіх точок перетину потоку із вільною поверхнею сумарна потенційна енергія h постійна, оскільки зі збільшенням z на таке саме значення зменшується $p/(pg)$. Питома потенційна енергія у перетині потоку можна визначати висотою відмітки вільної поверхні над площиною порівняння. Для перетинів А та В ця енергія відповідно дорівнює:

$$\begin{cases} h_A = \nabla A; \\ h_B = \nabla B. \end{cases} \quad (2.2)$$

Доданок $a \frac{v^2}{2g}$ визначає питому кінетичну (швидкісну) енергію. Рівняння 2.1 характеризує запас всієї питомої енергії e в даному перетині. Згідно до закону збереження енергії в потоці рідини енергія e_{AB} , що виділяється під час руху на проміжку АВ, дорівнює різниці енергії потоку в перетинах А та В:

$$e_{AB} = e_A - e_B \quad (2.3)$$

Якщо прийняти $v_A = v_B$, різницею кінетичних енергій можна знехтувати:

$$\left(a \frac{v_A^2}{2g} - a \frac{v_B^2}{2g} = 0 \right)$$

Тоді енергія водяного потоку на проміжку АВ складатиме:

$$e_{AB} = h_A - h_B = \nabla A - \nabla B = H_{AB} \quad (2.4)$$

де H_{AB} - перепад рівней вільної поверхні на проміжку АВ. При визначенні повної енергії потоку необхідно врахувати водність потоку, що обраховується витратою води Q (м³/с). Припустимо, що протягом часу t через проміжок АВ проходить об'єм води Qt (м³), вага якого складає $Qt\rho g$. Тоді повна енергія (Дж) що виділилася на проміжку:

$$_{AB} = H_{AB}Qt\rho g \quad (2.5)$$

Визначимо міць потоку N_{AB} , тобто енергію, що виділяється за 1с:

$$N_{AB} = E_{AB}|t = H_{AB}Q\rho g. \quad (2.6)$$

В (1.6) розмірність N_{AB} буде:

$$\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \frac{\text{Н}}{\text{м}^3} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}} = \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = \text{Вт}.$$

Ват достатньо мала одиниця вимірювання, тому в енергетиці використовують більш великі одиниці - кіловат ($1\text{кВт} = 1000\text{Вт}$) та мегавати ($1\text{МВт} = 1000\text{кВт} = 10^6$). Якщо представити N_{AB} у кіловатах та прийняти чисельні значення прискорення вільного падіння $g = 9.81 \text{ м}^2/\text{с}$ та щільність $\rho = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$, отримаємо:

$$N_{AB} = 9.81QH_{AB} \quad (2.7)$$

Кількість електроенергії у промисловості прийнято вимірювати у кіловат-годинах ($1\text{кВт}\cdot\text{г} = 3.6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$). Якщо вимірювати час T у годинах, то енергія E_{AB} ($\text{кВт}\cdot\text{г}$) буде:

$$E_{AB} = 9.81QH_{AB}T,$$

зокрема енергія, що виділилась за рік, $T=8760\text{г}$.

2.3. Принцип роботи гідроелектростанції

Сьогодні сучасні гідроелектростанції – це величезні споруди на гігават встановленої потужності. Однак принцип роботи будь-якої ГЕС залишається в цілому досить простим і всюди майже повністю однаковим. Напір води, спрямований на лопаті гідротурбіни, призводить її в обертання, а гідротурбіна в свою чергу, будучи з'єднана з генератором, обертає генератор. Генератор виробляє електроенергію, яка і подається на трансформаторну станцію, а потім і на ЛЕП.

У машинному залі гідроелектростанції встановлені гідроагрегати, які перетворюють енергію потоку води в енергію електричну, а безпосередньо в будівлі гідроелектростанції розташовуються всі необхідні розподільні пристрої, а також пристрої управління і контролю роботи ГЕС.

Потужність гідроелектростанції залежить від кількості і від напору води, що проходить через турбіни. Безпосередньо натиск виходить завдяки направленого руху потоку води. Це може бути вода накопичена у греблі, коли в певному місці на річці будується гребля, або ж натиск виходить завдяки деривації потоку, – це коли вода відводиться від русла по спеціальному тунелю або каналу.

Так, гідроелектростанції бувають греблі, дериваційними і гребле-дериваційними. Найбільш поширені греблі ГЕС мають в своїй основі греблю, перегороджує русло річки. За греблею вода піднімається, накопичується, створюючи свого роду водяний стовп, що забезпечує тиск і натиск. Чим вище гребля – тим сильніше натиск. Найвища в світі гребля має висоту 305 метрів, це гребля на Цзіньпінської ГЕС потужністю 3,6 ГВт, що на річці Ялунцзян в західній частині провінції Сичуань на Південно-Западній території Китаю.

Гідроелектростанції, що використовують енергію води, бувають двох типів. Якщо річка має невелике падіння, але щодо багатоводна, то за допомогою греблі, що перегороджує річку, створюють достатню різницю рівнів води.

Над греблею утворюється водосховище, що забезпечує рівномірну роботу станції протягом року. Біля берега нижче греблі, в безпосередній близькості до неї встановлюється водяна турбіна, поєднана з електричним генератором (пригребельного станція). Якщо річка судноплавна, то біля протилежного берега робиться шлюз для пропуску судів. Якщо ж річка не дуже багатоводна, але має велике падіння і бурхливу течію (наприклад, гірські річки), то частина води відводиться по спеціальному каналу, має набагато менший ухил, ніж річка. Канал цей іноді має протяжність в кілька кілометрів. Іноді умови місцевості змушують замінити канал тунелем (для потужних станцій). Таким чином створюється значна різниця рівнів між вихідним отвором каналу і нижньою течією річки. У кінця каналу вода надходить в трубу з крутим нахилом, у нижнього кінця якої розташовується гідротурбіна з генератором. Завдяки значній різниці рівнів вода набуває велику кінетичну енергію, достатню для живлення станції (дери́ваційні станції). Подібні станції можуть мати більшу потужність і ставитися до розряду районних електростанцій. На найменших станціях турбіна іноді замінюється менш ефективним, за дешевшими водяним колесом.

2.4. Сучасна ситуація гідроенергетики в Україні

На сучасному етапі гідроенергетичні об'єкти займають вагоме місце у загальній енергосистемі України. Гідроенергетика має низку суттєвих переваг як порівняно з традиційними методами виробництва енергії, а саме:

- генерація без використання викопного органічного та ядерного палива;
- низька собівартість виробітку електроенергії;
- запобігання паводкам;
- значний термін служби та висока надійність експлуатації;
- додаткові можливості для ведення рибного господарства, зрошення, водопостачання;
- можливість оперативного регулювання потужності.

Гідроенергетика – єдина «зелена» галузь енергетики, що може зібрати надлишок енергії та зберегти його до того моменту, коли в мережі буде дефіцит. Крім того, гідроелектростанції, на

відміну від сонце- та вітро-, не залежать від погодних умов і можуть генерувати електроенергію в будь-який час, що робить їх надзвичайно цінним джерелом балансуєчих потужностей для Об'єднаної енергосистеми.



Рис. 2.1: Дністровська ГАЕС

На сьогодні, існуюча потужність великих ГЕС становить біля 9% відсотка всіх генеруючих потужностей ОЕС України, однак існує потенціал для подальшого зростання до 15-20%. Одним напрямом розвитку гідроенергетики в Україні є розвиток малої гідроенергетики на існуючих водоймищах, магістральних каналах, а також реконструкція об'єктів малої гідроенергетики, що виконують функцію із захисту прилеглих територій від повеней. ГЕС та ГАЕС зайняли 4-е місце в обсязі генерації у 2020р, виробивши 5,1% (з них ГЕС - 4%, ГАЕС -1%), або 7,58 млрд кВт-год, що на 3,7% менше показника генерації у 2019р (7,86 млрд кВт-год). При цьому споживання ГАЕС у насосному режимі (споживання електроенергії станціями, для балансування енергосистеми) збільшилось на 16,3% - до 2,13 млрд кВт-год. Пріоритетом розвитку гідроенергетики України відповідно до оновленої редакції Енергетичної стратегії України на період до 2030 року визначено будівництво додаткових гідро- і гідроакумуючих потужностей. Поряд із пріоритетними напрямками використання потенціалу великої гідроенергетики, існує можливість використання потенціалу малих рік України. Наразі на території України експлуатується майже 50 малих ГЕС. У таблиці нижче приведені деякі із діючих ГЕС та ГАЕС:

Назви	Ріки	Розташування	Фактична потужність, МВт	Побудова першої черги
Дніпровська ГЕС	Дніпро	Запоріжжя	1569	1927-1932
Середньодніпровська ГЕС	Дніпро	Кам'янське	352	1963
Дністровська ГАЕС	Дністер	Розкопинці	972	1983-2015
Дністровська ГЕС-1	Дністер	Новодністровськ	702	1973-1981
Дністровська ГЕС-2	Дністер	Нагоряни	40,8	1982-2000
Канівська ГЕС	Дніпро	Канів	444	1972
Каховська ГЕС	Дніпро	Нова Каховка	351	1955
Київська ГАЕС	Дніпро	Нові Петрівці	235,5	1970
Київська ГЕС	Дніпро	Вишгород	408,5	1964
Кременчуцька ГЕС	Дніпро	Світловодськ	692	1959
Ташлицька ГАЕС	Південний Буг	Южноукраїнськ	302	1981-2007
Теребле-Ріцька ГЕС	Теребля та Ріка	Хустський район	27	1949-1956

3. Побудова математичної моделі гідроелектростанції

Введемо змінні та константи системи:

- t - момент часу у секундах,
- $E(t)$ - кількість енергії, яка може бути вироблена за допомогою гідроелектростанції у момент часу t ,
- $P(t)$ - швидкість зміни кількості виробляємої енергії, тобто $P(t) = E'(t)$,
- E_{AB} - кількість енергії, яка може бути вироблена завдяки греблі за час T ,
- H_{AB} - перепад висот, утвореної за допомогою греблі,
- Q - об'єм води який проходить за секунду у турбіні,
- T - деякий проміжок часу у секундах,
- g - прискорення вільного падіння.

З розділу 2.2 відомо, що:

$$E_{AB} = gQH_{AB}T$$

Таким чином можна визначити, що за час dt , енергія зміниться на dE , таким чином отримаємо:

$$dE = gQH_{AB}dt$$

Звідси отримаємо диференціальне рівняння:

$$\frac{dE}{dT} = gQH_{AB}$$

або

$$E' = gQH_{AB}$$

Таким чином можна визначити яка кількість енергії може бути вироблена у момент часу, за допомогою гідроелектростанції. Нехай у початковий момент часу не енергія дорівнює 0:

$$E(0) = 0$$

Отримаємо систему:

$$\begin{cases} E' = gQH_{AB} \\ E(0) = 0 \end{cases}$$

Цю систему можна вирішити за допомогою методу Ейлера, поділимо проміжок часу на шаг h рівний одній неділі, тобто $h = 604800$, отримаємо систему:

$$\begin{cases} E[i+1] = E[i] + hf(t) \\ P[i+1] = f(t) \end{cases}$$

$$\begin{cases} E[i+1] = E[i] + hgQH_{AB} \\ P[i+1] = gQH_{AB} \end{cases}$$

Візьмемо для розгляду ДніпроГЕС, ця гідроелектростанція завдяки греблі утворює перепад висот у 50 метрів. Наведемо показання витрат води через турбіни за два роки:

Дата	Показ. м ³ /с	Дата	Показ. м ³ /с	Дата	Показ. м ³ /с
2019-01-01	793	2019-08-13	793	2020-03-24	793
2019-01-08	678	2019-08-20	678	2020-03-31	678
2019-01-15	517	2019-08-27	517	2020-04-07	517
2019-01-22	947	2019-09-03	947	2020-04-14	947
2019-01-29	882	2019-09-10	882	2020-04-21	882
2019-02-05	948	2019-09-17	948	2020-04-28	948
2019-02-12	877	2019-09-24	877	2020-05-05	877
2019-02-19	939	2019-10-01	939	2020-05-12	939
2019-02-26	916	2019-10-08	916	2020-05-19	916
2019-03-05	965	2019-10-15	965	2020-05-26	965
2019-03-12	772	2019-10-22	772	2020-06-02	772
2019-03-19	614	2019-10-29	614	2020-06-09	614
2019-03-26	652	2019-11-05	652	2020-06-16	652
2019-04-02	555	2019-11-12	555	2020-06-23	555
2019-04-09	849	2019-11-19	849	2020-06-30	849
2019-04-16	866	2019-11-26	866	2020-07-07	866
2019-04-23	914	2019-12-03	914	2020-07-14	914
2019-04-30	967	2019-12-10	967	2020-07-21	967
2019-05-07	758	2019-12-17	758	2020-07-28	758
2019-05-14	579	2019-12-24	579	2020-08-04	579
2019-05-21	769	2019-12-31	769	2020-08-11	769

Дата	Показ. м³/с	Дата	Показ. м³/с	Дата	Показ. м³/с
2019-05-28	606	2020-01-07	606	2020-08-18	606
2019-06-04	678	2020-01-14	678	2020-08-25	678
2019-06-11	518	2020-01-21	518	2020-09-01	518
2019-06-18	946	2020-01-28	946	2020-09-08	946
2019-06-25	885	2020-02-04	885	2020-09-15	885
2019-07-02	953	2020-02-11	953	2020-09-22	953
2019-07-09	853	2020-02-18	853	2020-09-29	853
2019-07-16	878	2020-02-25	878	2020-10-06	878
2019-07-23	940	2020-03-03	940	2020-10-13	940
2019-07-30	910	2020-03-10	910	2020-10-20	910
2019-08-06	969	2020-03-17	969	2020-10-27	969

4. Опис програмного забезпечення

У ході виконання лабораторної роботи було розроблене програмне забезпечення на мові Python, з використанням бібліотек NumPy та Matplotlib. Numpy дозволяє полегшити роботу з математичною частиною, завдяки великій кількості готових реалізацій, Matplotlib використовується для інтерактивної візуалізації.

У програмному забезпеченні реалізовано метод Ейлера для знаходження наближеного значення задачі Коші для системи диференціальних рівнянь, щоб розрахувати вироблення енергії відносно витрат води. У програмі відображаються графіки вхідних даних витрат води за тиждень, сума витрат за весь період, кількість енергії виробленої за тиждень та кількість енергії виробленої за весь позначений час. Також у режимі реального часу можна задати перепад висоти, утворений греблею.

Програма відкриває 5 вікон для кожного графіку. Розглянемо можливості інтерфейсу для одного з вікон.

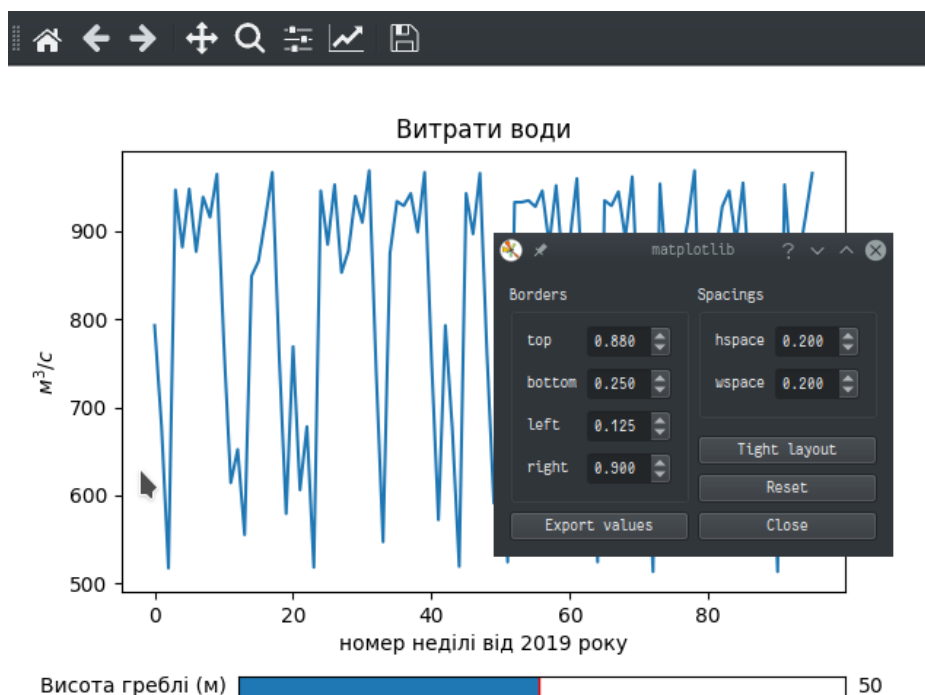


Рис. 4.1: Приклад інтерфейсу вікна програми.

На рисунку 4.1 ми бачимо графік з панеллю для інтерактивної взаємодії з графіком та вікно для налаштування параметрів відображення. За допомогою цього інтерфейсу ми можемо змінювати масштаб графіку, переміщуватися по значенням графіку, та відновлювати початковий стан відображення та можна задати перепад висоти, утворений греблею. Також є можливість експор-

тування значень із графіку.

У програмі задані такі константи та змінні:

- H_{AB} - перепад висот, утвореної за допомогою греблі, у ДніпроГЕС це значення дорівнює 50
- T - неділя у секундах, має значення 604800,
- g - прискорення вільного падіння, має значення 9.8,
- N - кількість розглянутих неділей, має значення 96, що позначає 2 роки.
- Q - масив показників витрат води у кожну неділю.

Задавши ці параметри, програмне забезпечення дозволяє обчислити:

- $E(t)$ - кількість енергії, яка може бути вироблена за допомогою гідроелектростанції у момент часу t ,
- $P(t)$ - швидкість зміни кількості виробляємої енергії, тобто $P(t) = E'(t)$,

За замовчанням початкові значення енергії дорівнюють 0.

5. Аналіз отриманих результатів

Проаналізуємо результати роботи програми для наступних заданих значень параметрів системи та початкових умов:

- Висоту перепаду води, утвореною за допомогою греблі, встановимо 50 м, та розглянемо також випадок коли висота перепаду буде 25 м.
- Також встановимо прискорення вільного падіння $g = 98.1 \text{ м/с}^2$.
- Обчислимо та задамо кількість секунд у неділі $60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 7 = 604800 \text{ с}$.
- Також задамо кількість неділей, для яких проводиться аналіз. Було узято 2 роки, що дорівнює 96 неділям.
- Та задамо показники витрат води за 2019-2020 роки.

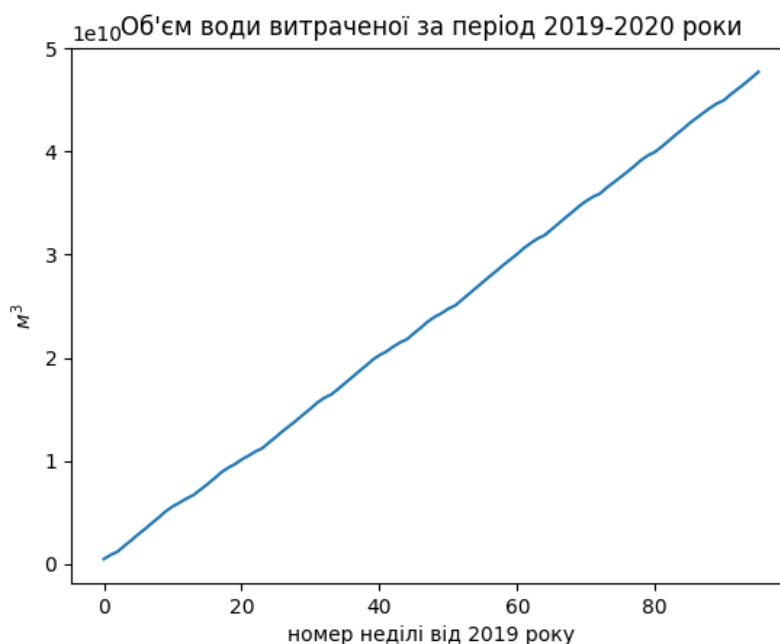


Рис. 5.1: Об'єм води витраченої за період 2019-2020 роки

На рисунках 5.1, 5.2, 5.3 ми бачимо вхідні дані витрат води та обчислені об'єми води витраченої за кожну неділю, а також загальні об'єми води витраченої води. Отримали результати: графіки виробництва енергії побудовані відносно всього періоду, потижнево, помісячно.

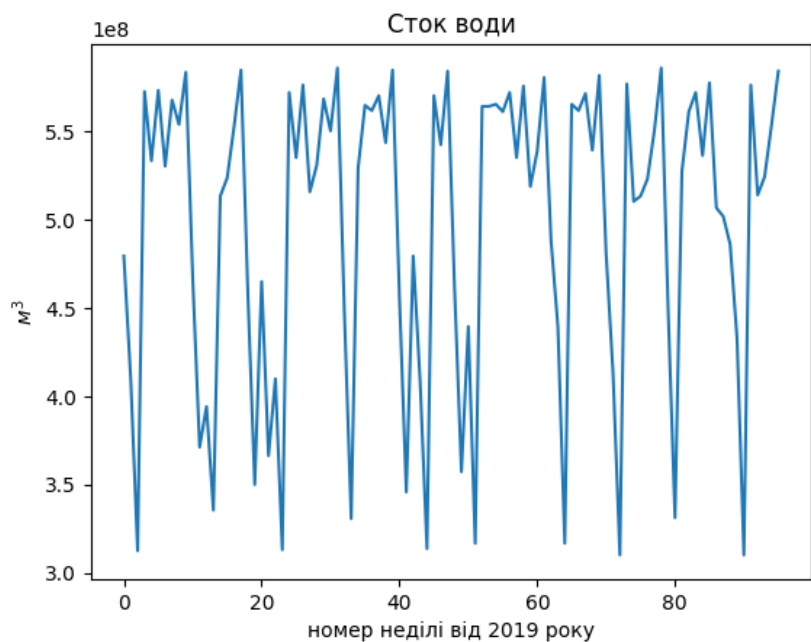


Рис. 5.2: Об'єми води витраченої за кожну неділю

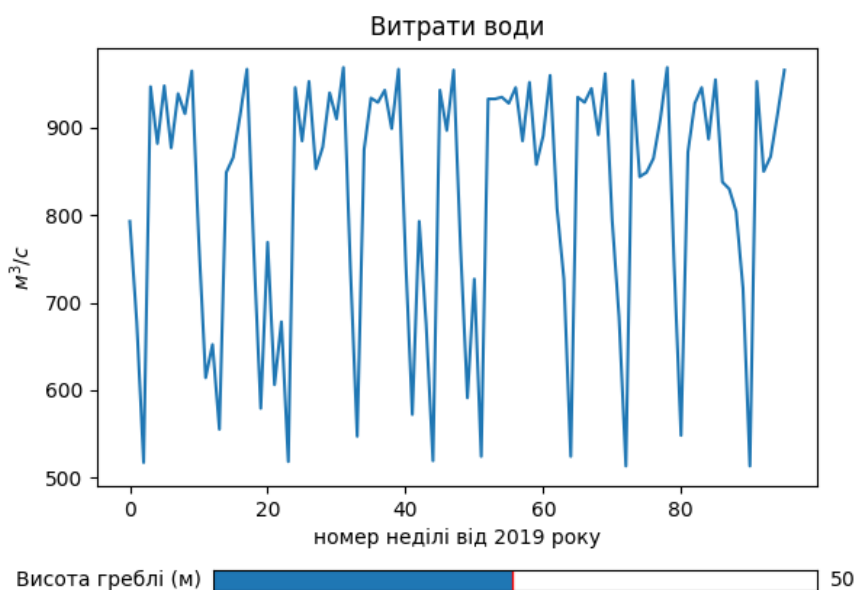


Рис. 5.3: Витрати води

На рисунках 5.4, 5.5, 5.6 бачимо кількості виробленої енергії при висоті перепаду 50 м, та на рисунках 5.7, 5.8, 5.9 бачимо кількості виробленої енергії при висоті перепаду 25 м. З цих рисунків можна зробити висновок, що кількість енергії прямо пропорційна витратам води. Також бачимо що залежність від висоти перепаду лінійна. Результати цих досліджень можна використовувати для прогнозу, яке буде виробництво енергії, якщо з плином часу зміниться висота перепаду води.

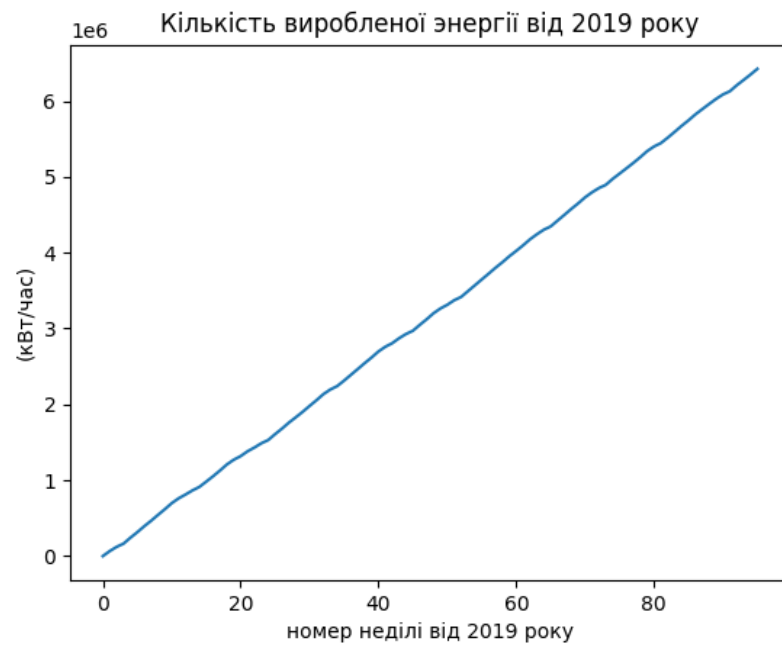


Рис. 5.4: Кількість виробленої енергії від 2019 року, висота перепаду 50 м

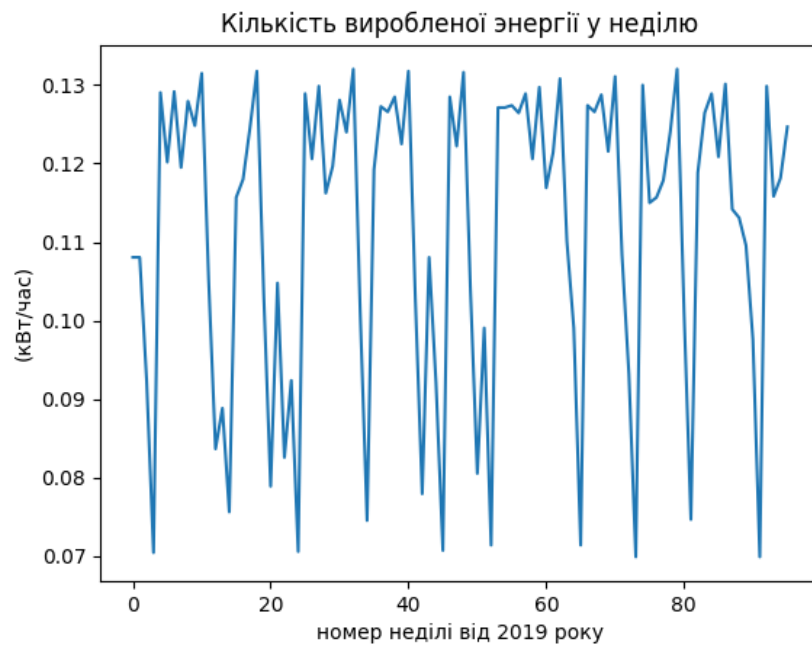


Рис. 5.5: Кількість виробленої енергії у неділю, висота перепаду 50 м

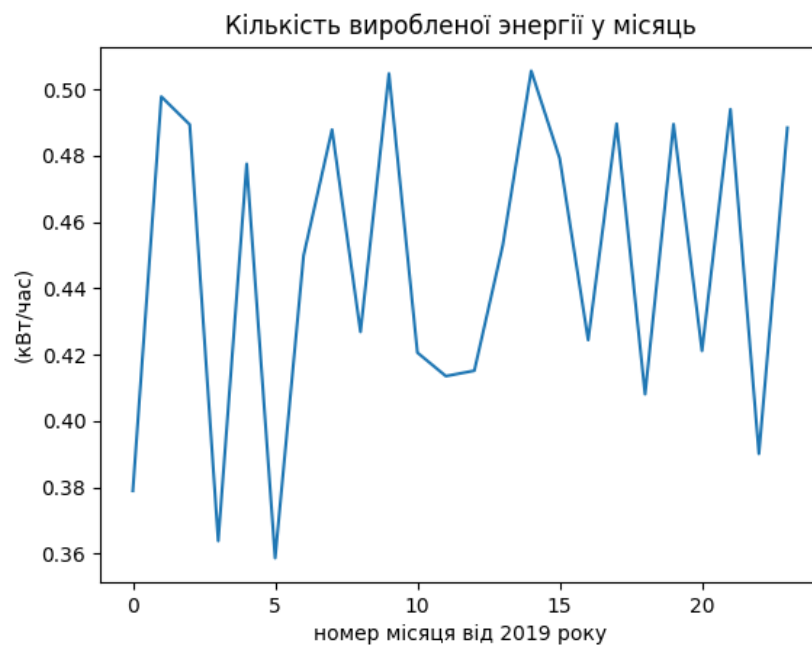


Рис. 5.6: Кількість виробленої енергії у місяць, висота перепаду 50 м

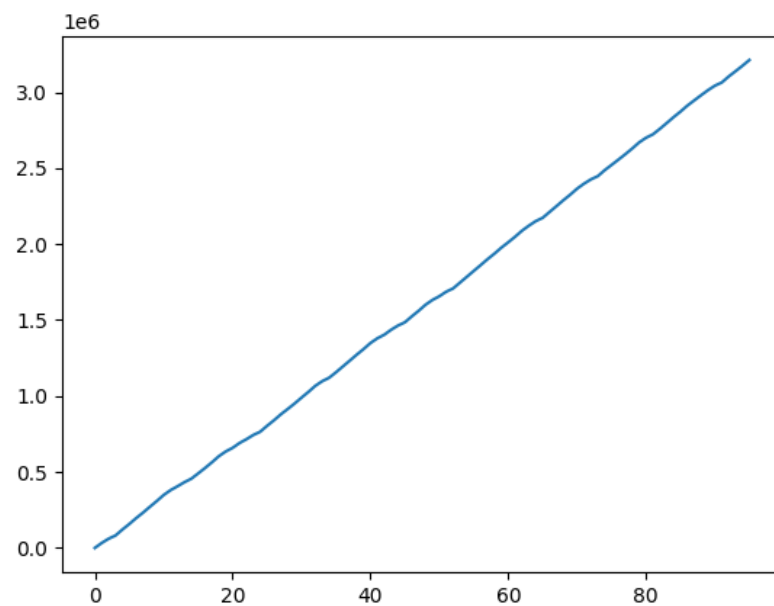


Рис. 5.7: Кількість виробленої енергії від 2019 року, висота перепаду 25 м

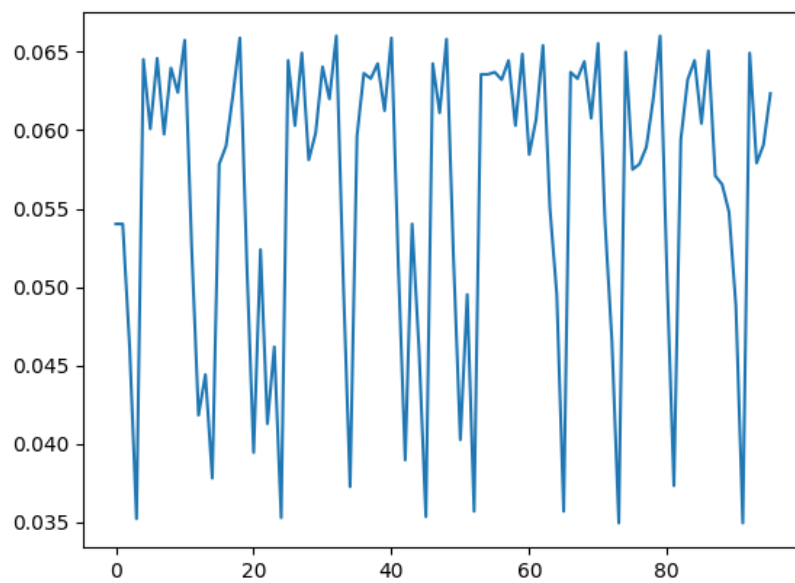


Рис. 5.8: Кількість виробленої енергії у неділю, висота перепаду 25 м

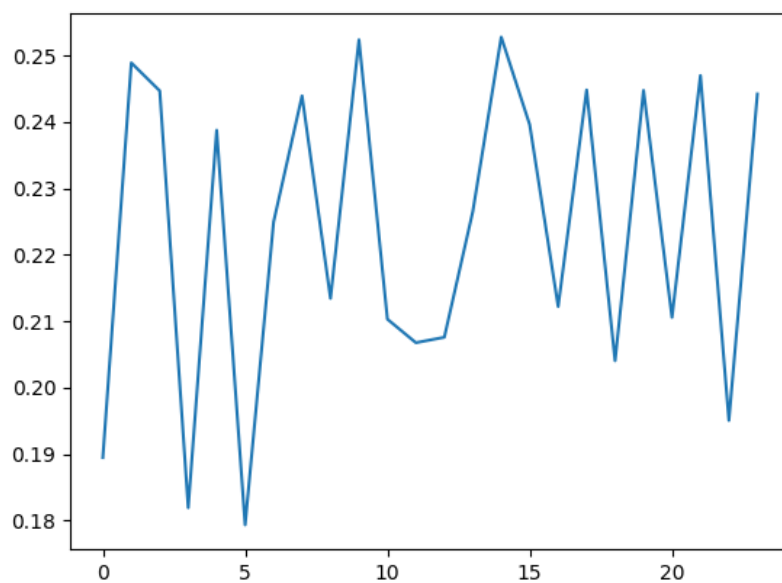


Рис. 5.9: Кількість виробленої енергії від 2019 року, висота перепаду 25 м

6. Висновки

У ході лабораторної роботи було:

1. Проведено огляд джерел предметної області та розглянути існуючі підходи до побудови математично моделі гідроелектростанції.
2. Побудовано математичну модель гідроелектростанції ДніпроГЕС, використовуючи підхід на основі балансових співвідношень. Для наближеного розв'язку задачу Коші було використано метод Ейлера.
3. Розроблене програмне забезпечення на мові Python на основі побудованої математичної моделі та знайдено наближений розв'язок задачі методом Ейлера.
4. Проведено дослідження отриманого розв'язку математичної моделі ДніпроГЕС при різних значеннях параметрів системи.

7. Перелік використаних джерел

1. Пантелеев В.И. Многоцелевая оптимизация и автоматизированное проектирование управления качеством электроснабжения в электроэнергетических системах: монография/ В.И. Пантелеев, Л.Ф. Поддубных. – Красноярск :Изд-во Сиб. федер. ун-т, 2009. – 194 с.
2. Борщ П.С. Методика планирования выработки электроэнергии каскада ГЭС с учетом стокообразующих и атмосферных факторов : дис. ... канд. техн.наук :05.14.08 / Борщ Павел Сергеевич. – Москва, 2014. –147 с.
3. Ильиных И. И. Гидроэлектростанции: Учебник для техникумов. // М.: Энергоатомиздат. - 1988. - 2-ое изд. - 248 с.
4. Крючковский В.В. Ситуационный подход к теории организации и управления промышленными объектами в условиях неопределенности /В.В. Крючковский, И.Ф.Погребняк, А.В. Шарко // Экономические инновации. –2011. – Вып. 45. – С. 132–137.
5. Глазунова А.М. Модифицированное оценивание состояния для решения диспетчерских задач при управлении режимами электроэнергетической системы / А.М.Глазунова, Е.С. Аксеева // Электричество. – 2013. – No 12. –С. 21–29.
6. ПрАТ Укргідроенерго - Основні показники – 2021 – Режим доступу:
https://uhe.gov.ua/diyalnist/osnovni_pokaznyky

8. Лістинг програми

```

1  #!/usr/bin/env python3
2
3  import numpy as np
4  import matplotlib.pyplot as plt
5  from datetime import tzinfo, timedelta, date
6
7  N = 96
8  h = 60*60*24*7
9  g = 9.81
10 H = 50
11
12 weeks = np.arange(0, N, 1)
13 y = np.array([793, 678, 517, 947, 882, 948, 877, 939, 916, 965, 772, 614, 652, 555, 849, 866,
    ↪ 914, 967, 758, 579, 769, 606, 678, 518, 946, 885, 953, 853, 878, 940, 910, 969, 742, 547,
    ↪ 875, 934, 929, 943, 899, 967, 755, 572, 793, 676, 519, 943, 897, 966, 763, 591, 727, 524,
    ↪ 933, 933, 935, 928, 946, 885, 952, 858, 891, 960, 808, 727, 524, 935, 929, 945, 892, 962,
    ↪ 795, 684, 513, 954, 844, 849, 865, 910, 969, 743, 548, 872, 928, 946, 887, 955, 838, 830,
    ↪ 804, 716, 513, 953, 850, 867, 915, 966])
14
15 start_date = date(2019, 1, 1)
16 dweek = timedelta(weeks=1)
17
18 for i in range(32):
19     print("%s & %s & %s & %s & %s & %s \\\\\\\nhline"
20           % ((start_date+dweek*i).isoformat(), y[i], (start_date+dweek*(i+32)).isoformat(), y[i],
21              (start_date+dweek*(i+64)).isoformat(), y[i]))
22
23
24 volume_per_week = lambda H: y*h
25 volume = lambda H: np.add.accumulate(volume_per_week(H))
26
27 def e(H):
28     e = np.zeros(N)
29     for i in range(N-1):
30         e[i+1] = e[i] + h * g * y[i] * H
31     return e/1000/3600
32
33 def de(H):
34     de = np.zeros(N)
35     de[0] = g * y[0] * H
36
37     for i in range(N-1):
38         de[i+1] = g * y[i] * H
39
40     return de/1000/3600
41
42 def dem(H):

```

```

43     dev = de(H)
44     return np.array([sum(dev[4*i:4*i+4]) for i in range(N//4)])
45
46 fig1 = plt.figure(1)
47 ax1 = fig1.add_subplot(1,1,1)
48 p1, = ax1.plot(weeks, volume(H))
49 plt.title('Об'єм води витраченої за період 2019-2020 роки')
50 plt.xlabel('номер неділі від 2019 року')
51 plt.ylabel('$m^3$')
52
53 fig6 = plt.figure(6)
54 ax6 = fig6.add_subplot(1,1,1)
55 p6, = ax6.plot(weeks, volume_per_week(H))
56 plt.title('Сток води')
57 plt.xlabel('номер неділі від 2019 року')
58 plt.ylabel('$m^3$')
59
60 fig2 = plt.figure(2)
61 ax2 = fig2.add_subplot(1,1,1)
62 p2, = ax2.plot(weeks, y)
63 plt.title('Витрати води')
64 plt.xlabel('номер неділі від 2019 року')
65 plt.ylabel('$m^3/c$')
66
67 plt.subplots_adjust(bottom=0.25)
68
69 axfreq = plt.axes([0.25, 0.1, 0.65, 0.03])
70 height_slider = plt.Slider(
71     ax=axfreq,
72     label='Висота греблі (м)',
73     valmin=1,
74     valmax=100,
75     valstep=1,
76     valinit=H,
77 )
78
79 fig3 = plt.figure(3)
80 ax3 = fig3.add_subplot(1,1,1)
81 p3, = ax3.plot(weeks, e(H))
82 plt.title('Кількість виробленої енергії від 2019 року')
83 plt.xlabel('номер неділі від 2019 року')
84 plt.ylabel('(кВт/час)')
85
86 fig4 = plt.figure(4)
87 ax4 = fig4.add_subplot(1,1,1)
88 p4, = ax4.plot(weeks, de(H))
89 plt.title('Кількість виробленої енергії у неділю')
90 plt.xlabel('номер неділі від 2019 року')
91 plt.ylabel('(кВт/час)')
92

```

```

93 fig5 = plt.figure(5)
94 ax5 = fig5.add_subplot(1,1,1)
95 p5, = ax5.plot(range(N//4), dem(H))
96 plt.title('Кількість виробленої енергії у місяць')
97 plt.xlabel('номер місяця від 2019 року')
98 plt.ylabel('(кВт/час)')
99
100
101 def update(val):
102     H = height_slider.val
103     ax1.clear()
104     p1, = ax1.plot(weeks, volume(H))
105     fig1.canvas.draw_idle()
106     ax3.clear()
107     p3, = ax3.plot(weeks, e(H))
108     fig3.canvas.draw_idle()
109     ax4.clear()
110     p4, = ax4.plot(weeks, de(H))
111     fig4.canvas.draw_idle()
112     ax5.clear()
113     p5, = ax5.plot(range(N//4), dem(H))
114     fig5.canvas.draw_idle()
115
116
117 height_slider.on_changed(update)
118
119 plt.show()

```