

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний Технічний Університет України
«Київський Політехнічний Інститут»

Кафедра ТНР та ЗХТ

Інструкція-звіт з роботи в програмі STOAT

Київ 2014

ЗМІСТ

Вступ.....	3
1 Моделювання простих процесів.....	4
1.1 Хід виконання.....	4
1.2 Додаткові завдання	16
1.2.1Моделювання процесу очистки на протязі 40 днів.....	16

1.2.2 Зміна початкових характеристик води для кожного з процесів.....	19
1.2.3 Зміна методів контролю та швидкостей втрат мулу, порівняння ефекту втрат мулу з аеротенку та з вторинного відстійника	24
1.2.3.1 Стала швидкість відведення мулу з аеротенку.....	24
1.2.3.2 Змінна швидкість відведення мулу з аеротенку.	26
1.2.3.3 Змінне в часі відведення мулу з аеротенку	27
1.2.4 Ефект закупореного потоку на процес очищення – варіювання кількості секцій аеротенку 1, 2, 4, 8 і 12.....	29
1.2.4.1 Аеротенк з двома секціями.....	29
1.2.4.2 Аеротенк з 4-ох секцій	33
Висновок	38

Вступ

STOAT – програма, що використовується для моделювання процесів очистки стічних вод. STOAT розвивалась в якості частини програми менеджменту забруднення міської промислової води (Water Industry's Urban Pollution Management – UPM-programme).

Згодом детальна перевірка результатів моделювання очистки стічної води у середовищі STOAT підтвердила, що точність отриманих результатів даної програми досить близька до точності даних отриманих при дійсних вимірюваннях. Це дає змогу використовувати програму для швидкого, але точного проектування різноманітних технологічних схем, задаючись різними початковими умовам: розмірами і моделями апаратів, складом і типом стоків; отримувати результати у вигляді графіків, таблиць даних на будь-якому етапі моделювання. Це дасть змогу значно полегшити і пришвидшити проектування очисних споруд, а також передбачити слабкі місця у ланках технологічної схеми.

1 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОСТИХ ПРОЦЕСІВ

Мета: моделювання простих робіт, що містять вхідний потік, первинний відстійник, аеротенк та вторинний відстійник.

1.1 Хід виконання

Для початку моделювання обрано у вкладці головного меню “Файл”, “Нова робота”. На порожньому листі, що відкрився, за допомогою робочої панелі “Процеси” побудовано технологічну схему, що включає у себе: вхідний потік, первинний відстійник, аеротенк, вторинний відстійник, потоки мулу із відстійників та потік очищеної води (рисунок 1.1).

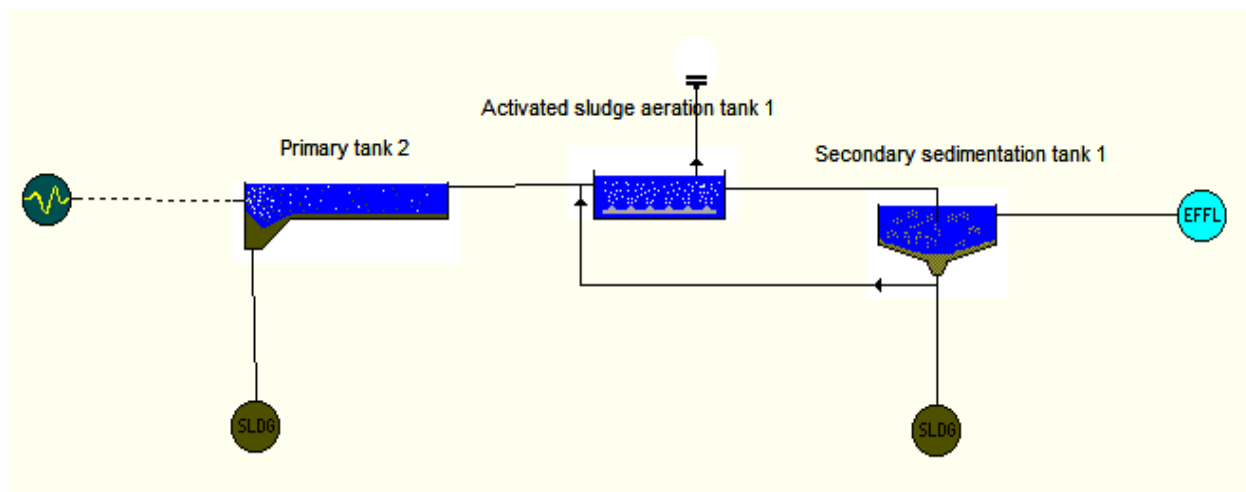


Рисунок 1.1 – Технологічна схема моделювання простого процесу.

Після завершення побудови технологічної схеми необхідно визначити фізичні параметри обладнання. Для апаратів кожного з процесів: попереднього відстоювання, аерації, вторинного відстоювання після натискання правої кнопки миші (ПКМ) на кожен з них обрано “Вхідні дані”, вкладка – “Назви і розміри”. Встановлено необхідні розміри (рисунок 1.2):

1) первинне відстоювання:

- назва: первинний Резервуар 1;
- модель процесу: БСК (біологічне споживання кисню);
- кількість ступенів: 3;
- об’єм: 1200 м^3 ;
- площа поверхні: 400 м^2 .

Рисунок 1.2 – Параметри первинного відстійника.

2) Аеротенк:

- назва: Резервуар активного мулу 1;
- модель процесу: ASAL 1 (Activated Sludge Aeration Line);
- об'єм: 800 м³;
- кількість ступенів: 1;
- кількість рециклів змішаних суспендованих завислих речовин (MLSS – mixed liquor suspended solids): 0;
- метод відходів: жодний (встановлюється, якщо користувачу необхідно відводити мул не з аеротенку, а з вторинного відстійника) (рисунок 1.3).

Рисунок 1.3 – Параметри аеротенку.

3) Вторинний відстійник:

- назва: Вторинний резервуар 1;
- модель процесу: SSSED 1;
- кількість ступенів: 8 (за умовчанням);
- площа поверхні: 400 м²;
- глибина резервуару: 3 м;
- глибина подачі: 2 м;
- потік поверненого активного мулу: швидкість;
- метод відходів: постійний;
- контрольний аеротенк: резервуар активного мулу 1;
- контрольна стадія аерації: 1 (рисунок 1.4)

The image shows two side-by-side screenshots of software configuration windows. The left window is titled 'Edit activated sludge aeration tank : Page 1 of 1'. It contains fields for Name (Activated sludge aeration tank 1), Process model (ASAL1), Volume (m³) (800), Number of stages (1), Number of MLSS recycles (0), Wastage method (radio buttons: None, Continuous rate, Variable rate, Variable time), Stage from which MLSS is wasted (1), and Stage in which MLSS is measured (1). The right window is titled 'Edit secondary sedimentation tank : Page 1 of 2'. It contains fields for Name (Secondary sedimentation tank 1), Model (SSSED1), Number of vertical layers (8), Surface area (m²) (400), Depth of tank (m) (3), Depth of feed (m) (2), and RAS flow (radio buttons: Rate, Ratio). Both windows have OK, Cancel, Reset, More, and Help buttons at the bottom.

Рисунок 1.4 – Параметри вторинного відстійника.

Після збереження роботи вибрано у вкладці “Файл” головного меню пункт “Новий перебіг”. У вкладці “Новий перебіг” даємо назву “Новий перебіг 2” (не використовується перший перебіг у даній роботі, оскільки після його збереження була знайдена помилка, проте більшість початкових умов співпадають з новим). Змінено тривалість процесу перебігу на 2 доби, тривалість введення стічної води: 0,25 години, виведення очищеної: 1 година, середня температура стоків: 15°C, решта параметрів за умовчанням (рисунок 1.5).

New run (repeat run) : Page 1 of 1

Name of run: Run 2

Start date and time (dd/mm/yy hh:mm): 22.07.2012 00:00

End date and time (dd/mm/yy hh:mm): 24.07.2012 00:00

Input timestep (h): 0.25

Output timestep (h): 1

Average sewage temperature (°C): 15

BOD removed per unit non-biomass VS removed: 0.5

BOD removed per unit biomass removed: 0.5

OK Cancel Reset More Help

Рисунок 1.5 – Параметри нового перебігу процесу.

Результати моделювання, що включає модель активного мулу і перебігає лише протягом 2-х діб, дуже сильно залежать від початкових параметрів (умов) стічної води. У даному розділі використовуються підходящі для вказаного терміну параметри стоків, що надходять на очистку, проте зазвичай час утримання стічної води у схемі повинен становити 20-40 діб (час моделювання, що вимагається, встановлюється у відповідності з найбільшим часом утримання в очисних роботах. Для систем з активним мулом зазвичай таким є вік активного мулу).

Після введення основних параметрів моделювання вказано підходящі умови для перебігу симуляції. Необхідно вказати параметри стоків, що надходять на очищення. Після натискання ПКМ на значок стічної води на початку технологічної схеми, обрано “Генерувати профіль”. У відкритому після цього вікні вибрано шаблон “Синусоїдальний”, котрий означає, що параметри стічної води, що надходить до системи не постійні, а значення їх змінюються за синусоїдальним законом (рисунок 1.6).

New profile

Formulae

☐ Constant

☐ Diurnal

☒ Sinusoidal

Influent pattern 14
Influent pattern 15
Influent pattern 16
Influent pattern 17

Edit formulae Create data file
Delete formulae Close

Рисунок 1.6 – Характеристика зміни параметрів стоків, що надходять на очистку.

Далі обрано вкладку “Створити файл даних” для того, щоб ввести значення основних характеристик стічної води, їх введення (рисунк 1.7).



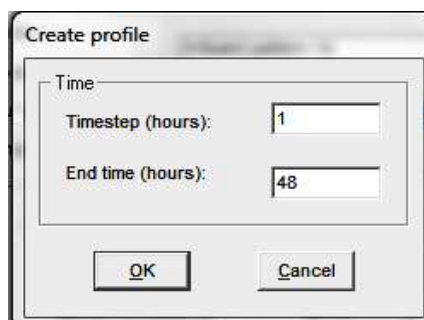
	Flow (m ³ /h)	Temperature (deg. C)	pH	Volatile fatty acids (mg COD/l)	Soluble BOD (mg/l)	Soluble inert COD (mg/l)	Particulate BOD (mg/l)	Particulate inert COD (mg/l)	Volatile solids (mg/l)	Non-volatile solids (mg/l)	Ammonia (mg/l)
Mean:	500.000000	15.000000	7.000000	5.000000	150.000000	0.000000	130.000000	0.000000	180.000000	80.000000	40.000000
Phase (h):	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Amplitude (%):	50.000000	50.000000	0.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000
Frequency:	0.262161	0.000718	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161

Рисунок 1.7 – Основні характеристики стічної води, що надходить на очищення.

Введено такі значення складових вихідної стічної води:

- потужність за потоком: 500 м³/год.;
- концентрація нерозчинного БСК: 130 мг/дм³.

Решта параметрів за умовчанням. Обрано “Зберегти”, “Зберегти шаблон вихідного потоку”, “Створити файл даних”, в якому вказано часовий крок – 1 година, з яким будуть надходити дані про моделювання та час його завершення – 48 годин (рисунк 1.8). В подальшому надається назва файлу і обирається місце його збереження на диску комп’ютера.



Create profile

Time

Timestep (hours):

End time (hours):

OK Cancel

Рисунок 1.8 – Частота відображення результатів процесу очистки та час завершення моделювання.

Надалі проводилась зміна початкових даних керування роботою вторинного відстійника, а саме встановлена швидкість повертання мулу – 150 м³/год; швидкість відведення мулу-відходу – 5 м³/год; час відкачування мулу відходу – 24 год; інтервал між відкачуваннями мулу-відходу – 24 год (рисунк 1.9).

Operation data

		Initial	Change 1	Change 2	Change 3	Change 4
1	Change at time (h):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	RAS flow (m ³ /h):	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	RAS ratio:	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Sludge wastage flow (m ³ /h):	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Wastage pump run time (h):	24.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Wastage cycle time (h):	24.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	MLSS set-point (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

◀

OK Cancel Reset Help

Рисунок 1.9 – Дані керування роботою вторинного відстійника.

В подальшому проводилась зміна початкових умов процесів у апаратах. Після натискання ПКМ на кожен апарат та обрання вкладки “Початкові дані”, “Початкові умови” було встановлено наступні значення:

1) первинний відстійник (для трьох ступенів):

- розчинний БСК: 150 мг/дм³;
- сполуки амонію: 40 мг/дм³;
- здатний до осідання нерозчинний БСК: 95 мг/дм³;
- нездатний до осідання нерозчинний БСК: 45 мг/дм³;
- здатні до осідання леткі речовини: 140 мг/дм³;
- нездатні до осідання леткі речовини: 40 мг/дм³;
- здатні до осідання нелеткі речовини: 40 мг/дм³;
- нездатні до осідання нелеткі речовини: 20 мг/дм³;
- температура: 15°C (рисунок 1.10).

Edit primary tank initial data

		Stage1	Stage2	Stage3
1	Soluble BOD (mg/l):	150.00	150.00	150.00
2	Soluble inert COD (mg/l):	0.00	0.00	0.00
3	Ammonia (mg/l):	40.00	40.00	40.00
4	Nitrate (mg/l):	0.00	0.00	0.00
5	Soluble organic nitrogen (mg/l):	0.00	0.00	0.00
6	Soluble phosphate (mg/l):	10.00	10.00	10.00
7	Dissolved oxygen (mg/l):	0.00	0.00	0.00
8	BOD of volatile fatty acids (mg/l):	0.00	0.00	0.00
9	Settl. particulate BOD (mg/l):	95.00	95.00	95.00
10	Non-settl. partic. BOD (mg/l):	45.00	45.00	45.00
11	Settleable particulate inert COD (mg/l):	0.00	0.00	0.00
12	Nonsettleable particulate inert COD (mg/l):	0.00	0.00	0.00
13	Settl. volatile solids (mg/l):	140.00	140.00	140.00
14	Non-settl. volatile solids (mg/l):	40.00	40.00	40.00
15	Settl. non-volatile solids (mg/l):	40.00	40.00	40.00
16	Non-settl. non-volatile solids (mg/l):	20.00	20.00	20.00
17	Settl. partic. organic N (mg/l):	0.00	0.00	0.00
18	Non-settl. partic. organic N (mg/l):	0.00	0.00	0.00
19	Temperature (°C):	15.00	15.00	15.00

OK Cancel Reset Help

Рисунок 1.10 – Початкові характеристики стічної води, що надходить до первинного відстійника.

2) Аеротенк:

- розчинний БСК: 5 мг/дм³;
- сполуки амонію: 40 мг/дм³;
- розчинений кисень: 2 мг/дм³;
- змішані суспендовані завислі речовини (MLSS): 3000 мг/дм³;
- живі автотрофи: 100 мг/дм³;
- неживі автотрофи: 0 мг/дм³;
- живі гетеротрофи: 1000 мг/дм³;
- неживі гетеротрофи: 0 мг/дм³ (рисунок 1.11).

	Stage1
1 Soluble BOD (mg/l):	5.00
2 Ammonia (mg/l):	40.00
3 Nitrate (mg/l):	0.00
4 Soluble phosphate (mg/l):	10.00
5 Dissolved oxygen (mg/l):	2.00
6 MLSS (mg/l):	3000.00
7 Viable autotrophs (mg/l):	100.00
8 Non-viable autotrophs (mg/l):	0.00
9 Viable heterotrophs (mg/l):	1000.00
10 Non-viable heterotrophs (mg/l):	0.00
11 Particulate BOD (mg/l):	0.00
12 Biomass P (mg/l):	0.00

Рисунок 1.11 – Параметри води, що надходять до аеротенку.

3) Вторинний відстійник:

А) 1-3 рівні – очищена вода:

- загальний солевміст: 0 мг/дм^3 ;
- живі гетеротрофи: 0 мг/дм^3 ;
- живі автотрофи: 0 мг/дм^3 .

Б) 4-7 рівень – подача води (живлення водою 4-го рівня):

- загальний солевміст: 300 мг/дм^3 ;
- живі гетеротрофи: 100 мг/дм^3 ;
- живі автотрофи: 10 мг/дм^3 .

В) 8 рівень – шар мулу:

- загальний солевміст: 6000 мг/дм^3 ;
- живі гетеротрофи: 2000 мг/дм^3 ;
- живі автотрофи: 200 мг/дм^3 .

Водночас для усіх 8-и рівнів вторинного відстійника однаковими є наступні параметри:

- розчинний БСК: 5 мг/дм^3 ;
- солі амонію: 40 мг/дм^3 ;
- розчинений кисень: 2 мг/дм^3 (рисунок 1.12).

Initial data		Stage1	Stage2	Stage3	Stage4	Stage5	Stage6	Stage7	Stage8
1	Soluble BOD (mg/l):	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00
2	Ammonia (mg/l):	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	0.00
3	Nitrate (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Soluble phosphate (mg/l):	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
5	Dissolved oxygen (mg/l):	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00
6	Particulate BOD (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	Particulate phosphate (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	Mixed liquor suspended solids (mg/l):	0.00	0.00	0.00	300.00	300.00	300.00	300.00	6000.00
9	Non-settleable (volatile) solids (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	Viable heterotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00	2000.00
11	Non-viable heterotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	Viable autotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	10.00	10.00	10.00	10.00	200.00
13	Non-viable autotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Рисунок 1.12 – Параметри води, що поступає на кожну стадію вторинного відстійника.

Варто пояснити, чому такі параметри, як загальний солевміст та концентрації гетеротрофів та автотрофів відрізняються для кожного рівня вторинного відстійника. Первинний відстійник пов'язаний із горизонтальними та радіальними змінами концентрації стоків, що очищуються, а не з вертикальним розподіленням. Протилежна ж ситуація із вторинним відстійником, оскільки він пов'язаний із вертикальним розподіленням, нехтуючи горизонтальні чи радіальні зміни концентрації. Така відмінність вимагає того, що вміст твердих речовин у вторинному відстійнику відрізняється від рівня до рівня, зростаючи із глибиною. Для осідання твердих частинок створено ідеалізований профіль даних частинок: очищена зона над точкою живлення, “водоспад твердих частинок” від точки живлення до дна резервуара, і врешті-решт шар мулу на дні відстійника (рисунок 1.13).

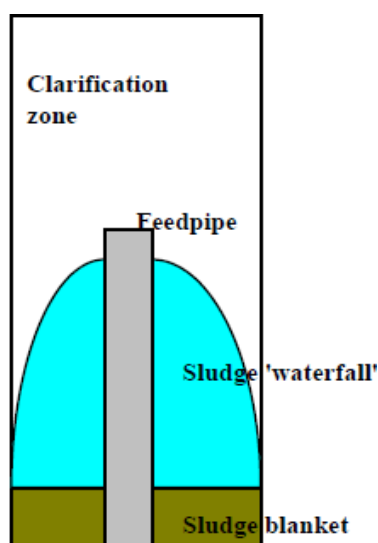


Рисунок 1.13 – Схематичне представлення осідання мулу у вторинному відстійнику.

Після збереження введених даних поточного перебігу проведено моделювання за допомогою кнопки “Перебіг” у верхньому меню над робочим листом. При завершенні моделювання з’являється відповідне вікно, що про це повідомляє (рисунок 1.14).

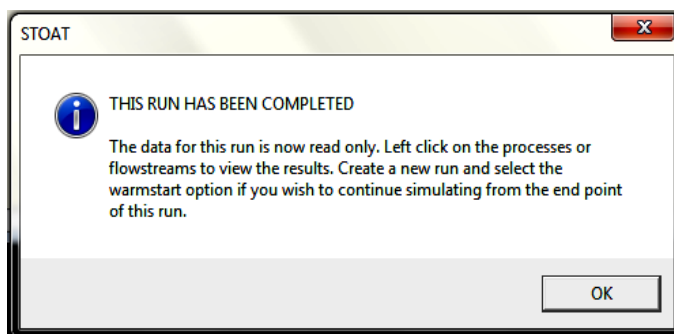


Рисунок 1.14 – Повідомлення про завершення перебігу моделювання процесу.

При натисканні ПКМ на потік очищеної води та при виборі способу перегляду результатів у формі графіка отримано графіки залежності зміни параметрів очищеної води протягом всього часу моделювання (рисунок 1.15).

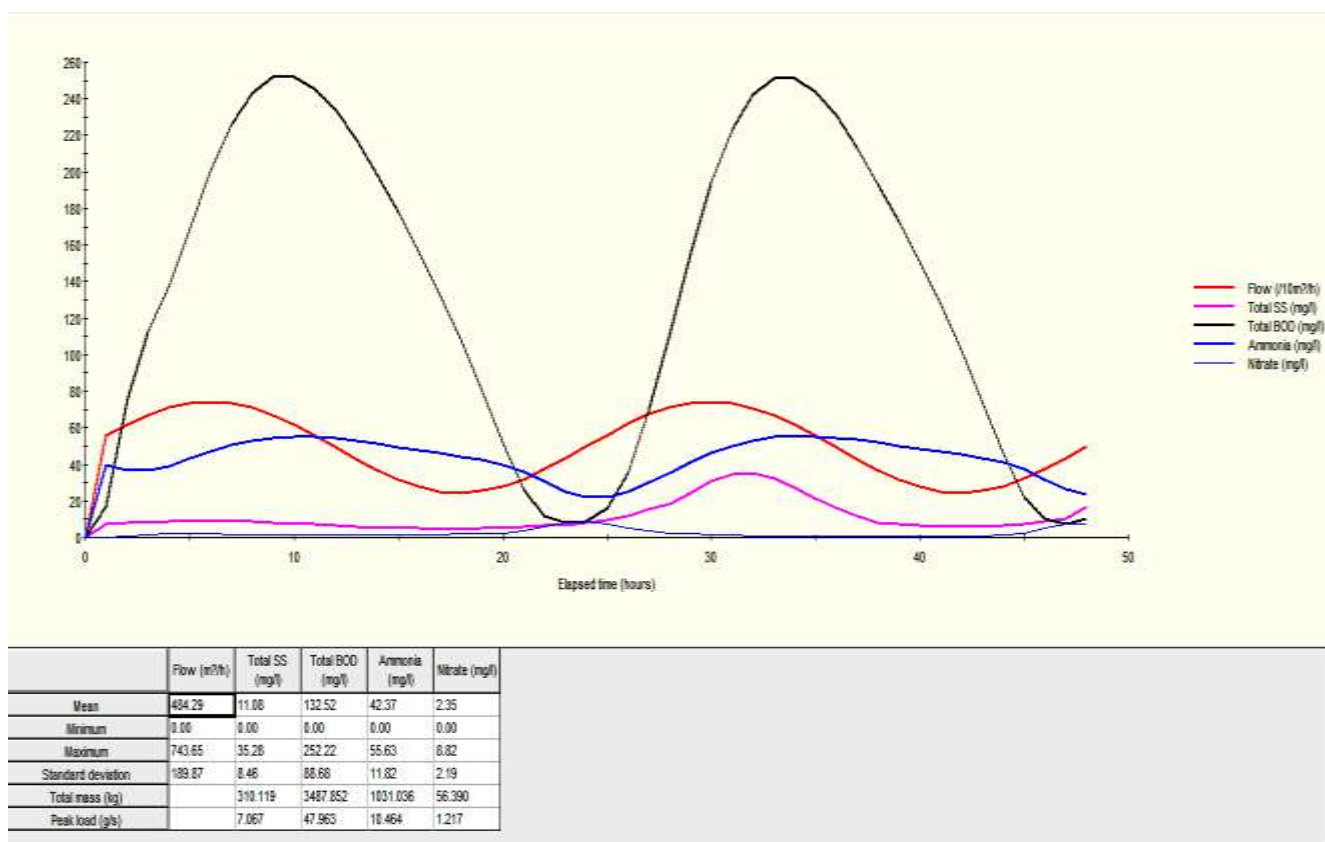


Рисунок 1.15 – Зміна параметрів очищеної води після вторинного відстійника з часом.

З графіку видно, що кількість стоків, що очищуються, змінюється за синусоїдальним законом, як і було запрограмовано. Так піки продуктивності подачі стічної води спостерігаються на 6-й та 30-й годинах після початку моделювання. Характер зміни БСК

протягом усього часу також синусоїдальний, проте періоди підняття та спаду концентрації загального БСК більш тривалі, а сама крива характеризується більшою амплітудою значень. Піки концентрації загального БСК знаходяться із певним запізненням в порівнянні з піками кількості пропущеної через схему води. Це пояснюється тим, що після зростання кількості стоків ефективність очистки дещо зменшується, оскільки у системі з'являється більша кількість біологічних забрудників, здатних споживати кисень. Максимальне значення БСК становить 252 мг/дм^3 . З першої по двадцять години моделювання загальний солевміст становив менше 10 мг/дм^3 . Проте до 33 години значення ЗСВ досягнуло максимуму – $35,28 \text{ мг/дм}^3$. При цьому даний пік знаходиться поряд з максимумами графіку залежності величини потоку від часу, залежності концентрації нітратів та БСК від часу.

У перші години моделювання вміст сполук амонію у очищеній воді різко зріс до 40 мг/дм^3 , як було задано у початкових параметрах води, що підлягає очистці. На 35-й годині моделювання вміст сполук амонію в очищеній воді досягає свого максимуму – $55,63 \text{ мг/дм}^3$.

Протягом всього періоду моделювання вміст нітратів у воді був низький, а $8,82 \text{ мг/дм}^3$ максимальний спостерігався при 23-й годині від початку процесу очистки.

Нижче представлені графіки, що відображають характер зміни таких параметрів, як величина потоку води (червоний колір графіку), ЗСВ (рожевий колір графіку), БСК (чорний колір графіку), концентрації сполук амонію (товста синя лінія графіку) та нітратів (тонка синя лінія) на різних етапах моделювання: потік вихідної неочищеної води (рисунок 1.16), стан води після первинного відстійника (рисунок 1.17), потік води після аеротенку (рисунок 1.18).

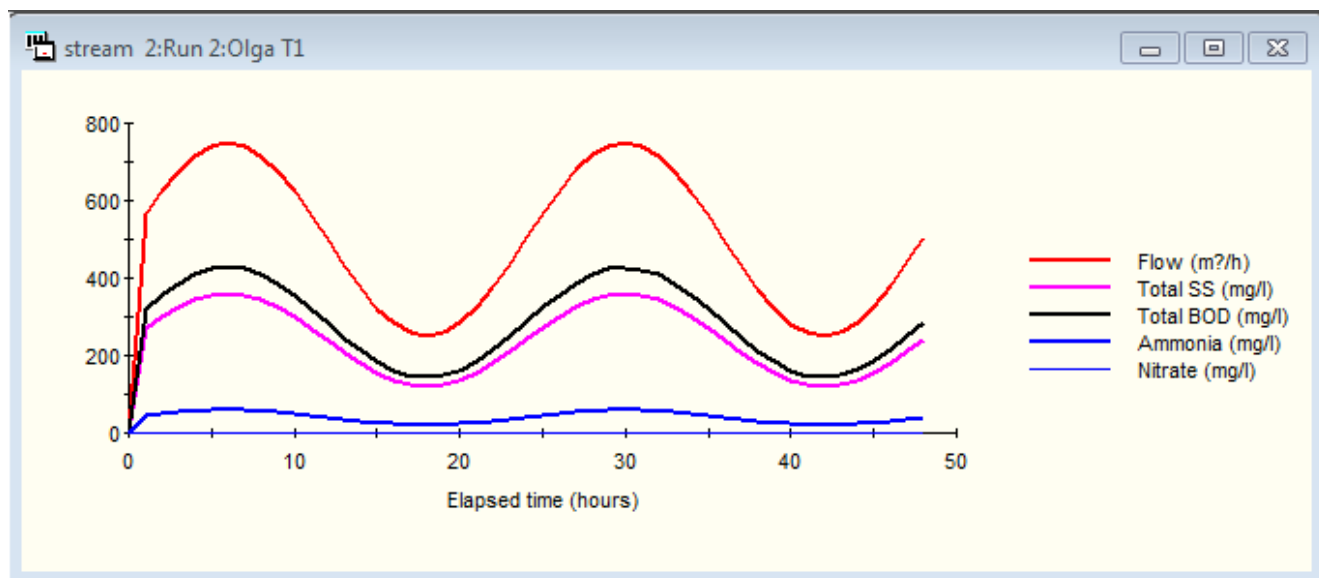


Рисунок 1.16 – Зміна параметрів неочищеної води, що надходить до первинного відстійника, з часом.

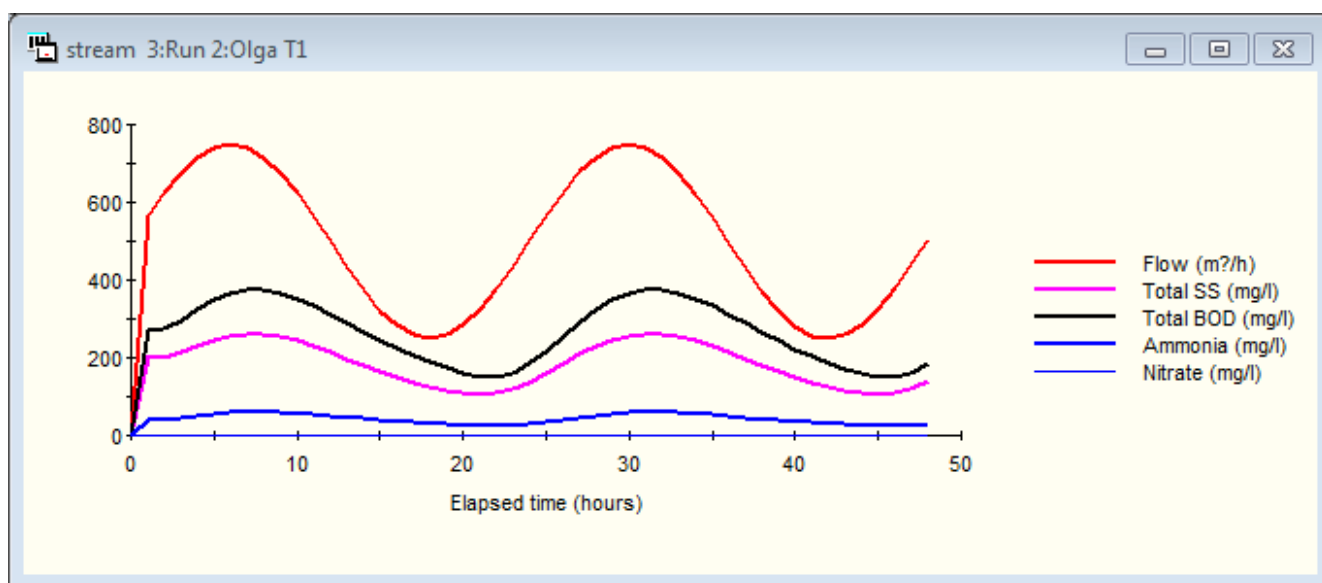


Рисунок 1.17 – Зміна характеристикних параметрів води, що виходить із первинного відстійника, з часом.

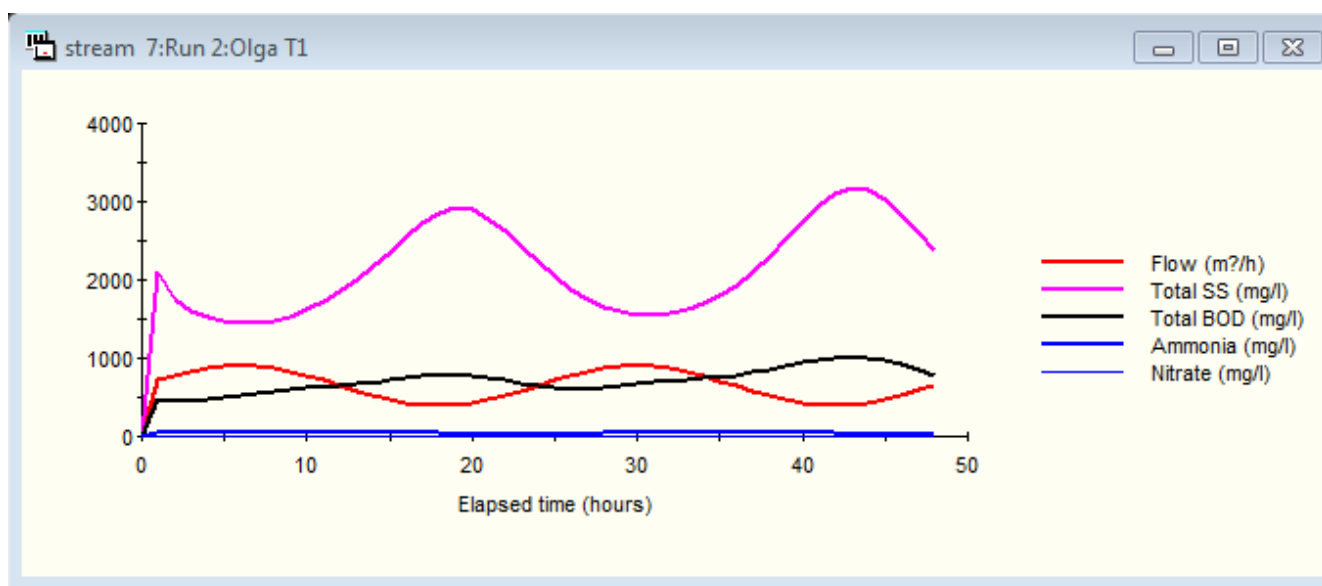


Рисунок 1.18 – Зміна характеристик води, що виходить з аеротенку, з часом.

З наведених графіків видно, що дана технологічна схема дає змогу значно зменшити ЗСВ стічної води: від декількох сотень (до очистки) до концентрації $35,28 \text{ мг/дм}^3$ і нижче (після вторинного відстійника).

1.2 Додаткові завдання

1.2.1 Моделювання процесу очистки на протязі 40 днів

Попереднє завдання було зосереджене на використанні у моделюванні даних декількох днів. На практиці ж потрібно обирати довші періоди, охоплюючи щонайменше 3 терміни дозрівання активного мулу, щоб досягти наглядного стану динамічної рівноваги. STOAT дає змогу досліджувати очищений потік води і вважати станом динамічної рівноваги такий, який досягається, коли вода має однакові характеристики протягом останніх двох днів. Тоді на такому етапі можна зупинити моделювання. Якщо ж динамічної рівноваги не досягнуто, то повторюють моделювання, що охоплює період наступних 40 днів.

Тому у даній роботі проведено також моделювання процесу очистки стоків протягом 40 днів з використанням технологічної схеми, наведеної вище.

Для цього уже при вище сформованій технологічній схемі, яка використовувалась для попереднього моделювання, створюємо новий перебіг (рисунок 1.19), що є своєрідним повторенням наведеного вище, тільки охоплює довший період очистки.

The image shows two screenshots of the STOAT software interface for setting up a new simulation run.

Left Window: New run : Page 1 of 1

- Name of run: Run 2**
- Initial conditions:
 - ☐ Default (cold start)
 - ☒ Start of old run (repeat run)
 - ☐ End of old run (warm start)
 - ☐ Continue old run (retain operational data)
- Buttons: OK, Cancel, Reset, More, Help

Right Window: New run (repeat run) : Page 1 of 1

- Name of run: Run 2**
- Start date and time (dd/mm/yy hh:mm): 22.07.2012 00:00
- End date and time (dd/mm/yy hh:mm): 31.08.2012 00:00
- Input timestep (h): 0.25
- Output timestep (h): 1
- Average sewage temperature (°C): 15
- BOD removed per unit non-biomass VS removed: 0.5
- BOD removed per unit biomass removed: 0.5
- Buttons: OK, Cancel, Reset, More, Help

Рисунок 1.19 – Параметри нового перебігу процесу.

Параметри вхідних стоків залишено такими, як при попередньому моделюванні (рисунок 1.7). Початкові характеристики води, що надходить до кожного з апаратів, не відрізняються від тих, що вказувались при попередньому моделюванні, оскільки новий перебіг і нове моделювання процесу очистки є повтореннями наведених вище (рисунок 1.9, рисунок 1.10, рисунок 1.11, рисунок 1.12).

Нижче представлені графіки, що відображають характер зміни таких параметрів, як величина потоку води (червоний колір графіку), ЗСВ (рожевий колір графіку), БСК (чорний колір графіку), концентрації сполук амонію (товста синя лінія графіку) та нітратів (тонка синя лінія) на різних етапах моделювання: потік вихідної неочищеної води (рисунок 1.20), стан води після первинного відстійника (рисунок 1.21), потік води після аеротенку (рисунок 1.22) та потік очищеної води після вторинного відстійника (рисунок 1.23).

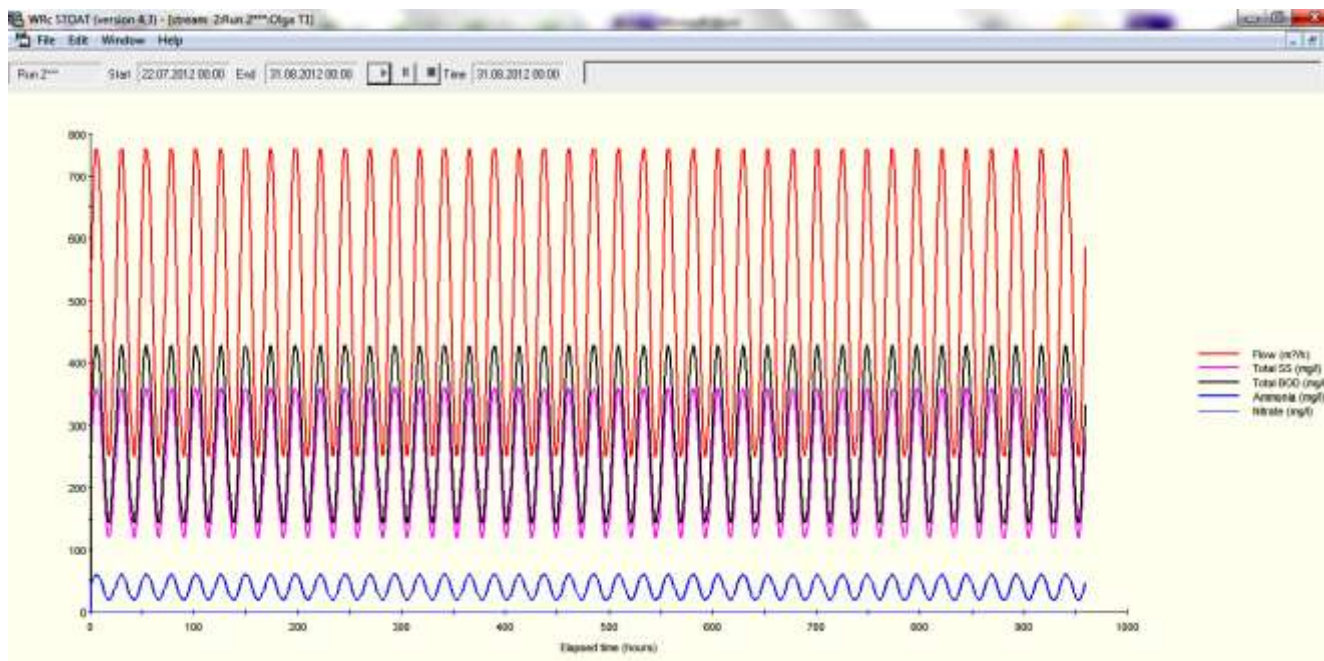


Рисунок 1.20 – Залежність зміни параметрів неочищеної води з часом.

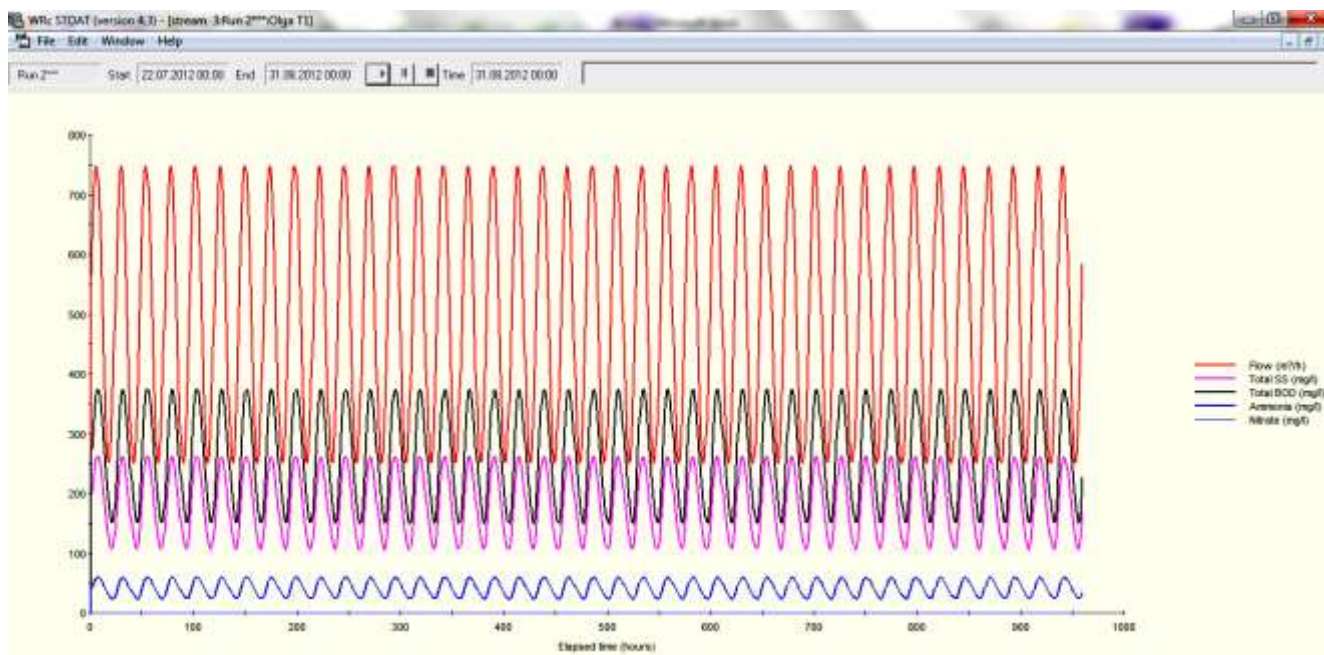


Рисунок 1.21 – Зміна характеристик води, що виходить із первинного відстійника з часом.

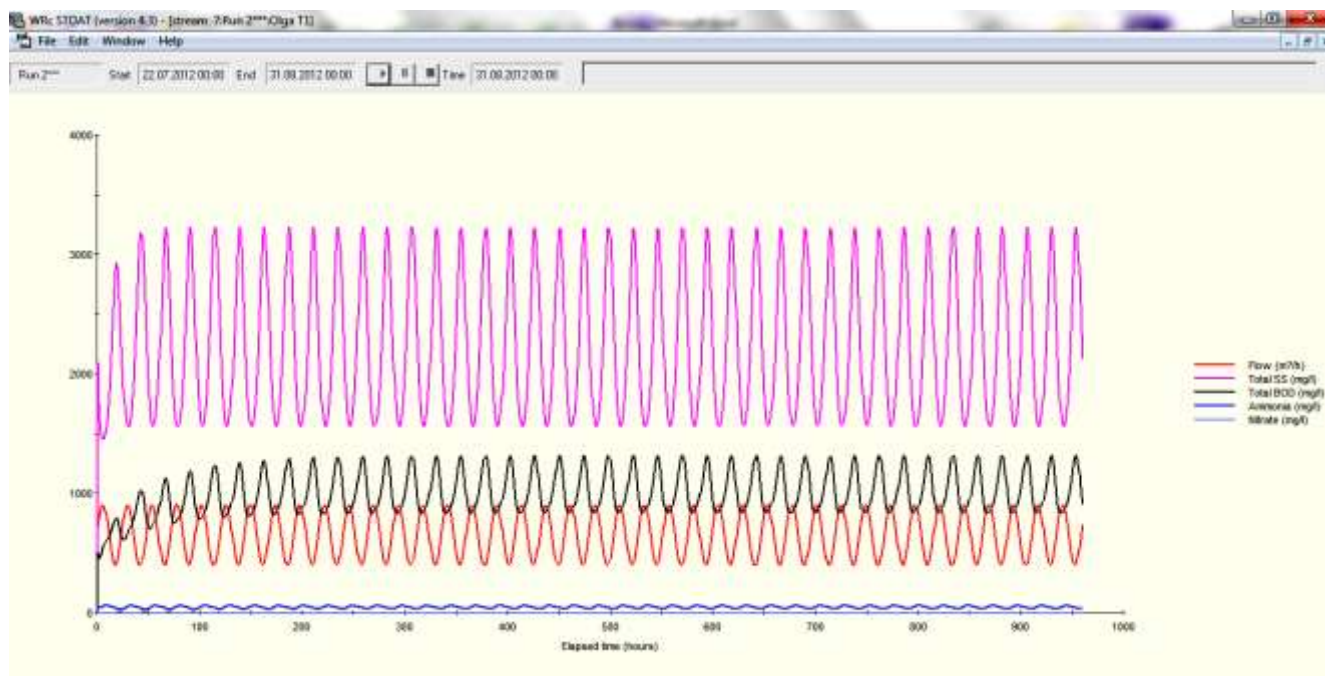


Рисунок 1.22 – Зміна характеристик води, що виходить з аеротенку, з часом.

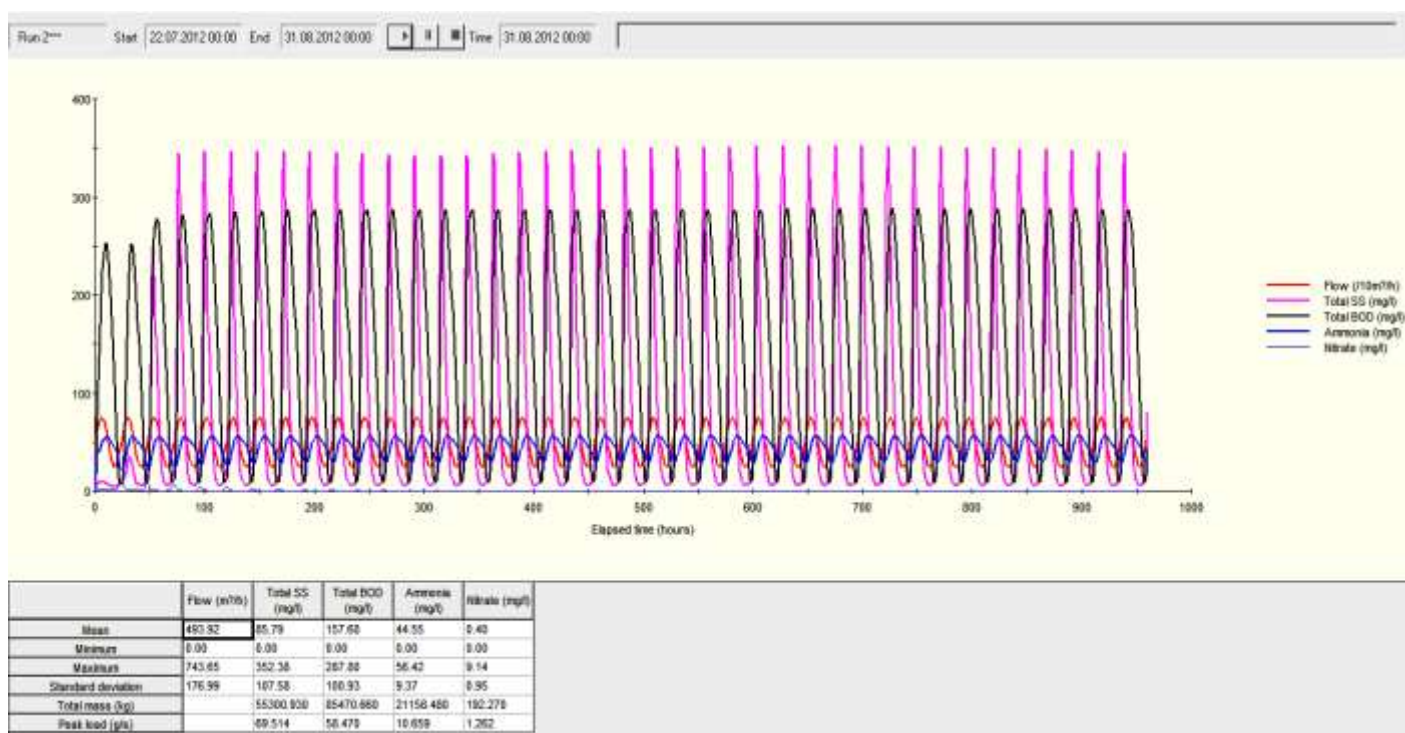


Рисунок 1.23 – Залежність характеристики очищеної води (після вторинного відстійника) від часу.

Протягом даного моделювання процесу очистки стічної води загальний солевміст, концентрація сполук амонію, БСК змінюються паралельно зміні кількості води, що надходить, тобто при зростанні величини потоку зростають і значення даних параметрів. Концентрація нітратів, змінюється інакше (рисунок 1.24): зменшується від 9,14 мг/дм³ до 0,05 мг/дм³.

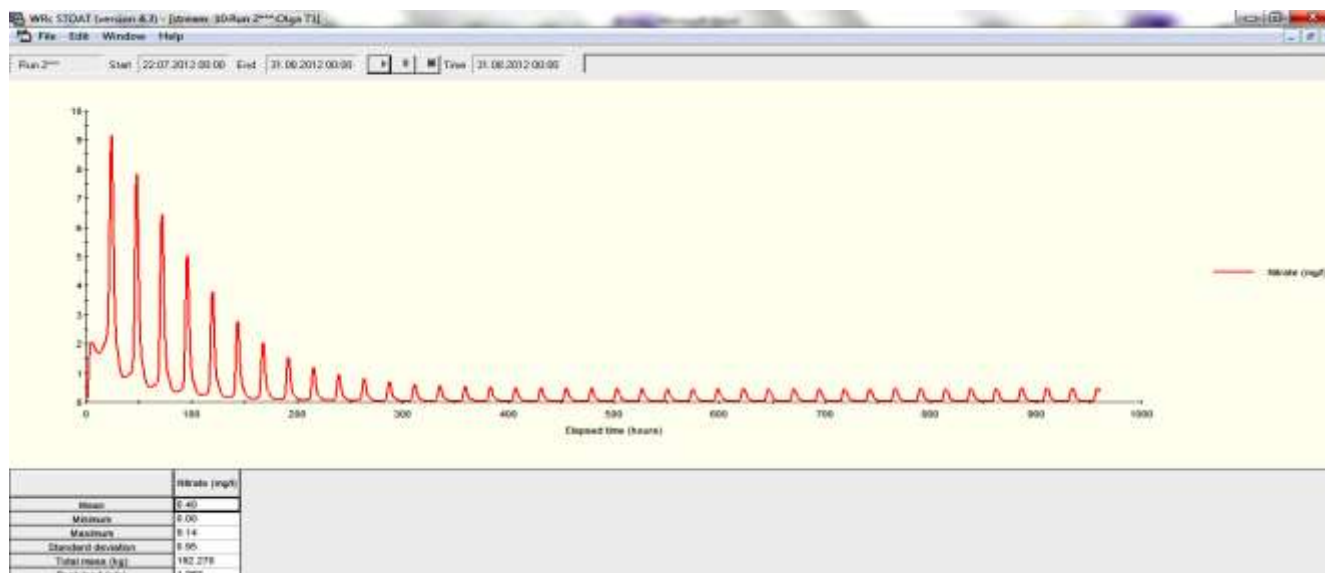


Рисунок 1.24 – Характер зміни концентрації нітратів у очищеній воді з часом.

Із рисунку 1.23 видно, що протягом останніх двох діб моделювання параметри води змінювались з повторенням, що свідчить про досягнення стану динамічної рівноваги, що і було завданням даного моделювання.

1.2.2 Зміна початкових характеристик води для кожного з процесів

В ході даного завдання змінено величину потоку води, що надходить на очистку за одиницю часу: з 500 м³/год. на 100 м³/год.; концентрацію сполук амонію з 40 мг/дм³ на 80 мг/дм³ (рисунок 1.25).

Influent pattern [Influent pattern 6]											
	Flow (m3/h)	Temperature (deg. C)	pH	Volatile fatty acids (mg COD/l)	Soluble BOD (mg/l)	Soluble inert COD (mg/l)	Particulate BOD (mg/l)	Particulate inert COD (mg/l)	Volatile solids (mg/l)	Non-volatile solids (mg/l)	Ammonia (mg/l)
Mean:	100.000000	15.000000	7.000000	5.000000	150.000000	0.000000	130.000000	0.000000	180.000000	60.000000	80.000000
Phase (h):	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Amplitude (%):	50.000000	50.000000	0.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000
Frequency:	0.262161	0.000718	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161

Рисунок 1.25 - Основні характеристики стічної води, що надходить на очищення.

Дана зміна не вплине на стан динамічної рівноваги, а лише на короткотермінове моделювання.

Внаслідок цього необхідно змінити і початкові характеристики води перед надходженням на кожен етап очистки: до первинного відстійника (рисунок 1.26), до аеротенку (рисунок 1.27) та до вторинного відстійника (рисунок 1.28).

Edit primary tank initial data

		Stage1	Stage2	Stage3
1	Soluble BOD (mg/l):	150.00	150.00	150.00
2	Soluble inert COD (mg/l):	0.00	0.00	0.00
3	Ammonia (mg/l):	80.00	80.00	80.00
4	Nitrate (mg/l):	0.00	0.00	0.00
5	Soluble organic nitrogen (mg/l):	0.00	0.00	0.00
6	Soluble phosphate (mg/l):	0.00	0.00	0.00
7	Dissolved oxygen (mg/l):	0.00	0.00	0.00
8	BOD of volatile fatty acids (mg/l):	0.00	0.00	0.00
9	Settl. particulate BOD (mg/l):	95.00	95.00	95.00
10	Non-settl. partic. BOD (mg/l):	45.00	45.00	45.00
11	Settleable particulate inert COD (mg/l):	0.00	0.00	0.00
12	Nonsettleable particulate inert COD (mg/l):	0.00	0.00	0.00
13	Settl. volatile solids (mg/l):	140.00	140.00	140.00
14	Non-settl. volatile solids (mg/l):	40.00	40.00	40.00
15	Settl. non-volatile solids (mg/l):	40.00	40.00	40.00
16	Non-settl. non-volatile solids (mg/l):	20.00	20.00	20.00
17	Settl. partic. organic N (mg/l):	0.00	0.00	0.00
18	Non-settl. partic. organic N (mg/l):	0.00	0.00	0.00
19	Temperature (°C):	15.00	15.00	15.00

OK Cancel Reset Help

Рисунок 1.26 - Початкові характеристики стічної води, що надходить до первинного відстійника.

Initial data

		Stage1
1	Soluble BOD (mg/l):	5.00
2	Ammonia (mg/l):	80.00
3	Nitrate (mg/l):	0.00
4	Soluble phosphate (mg/l):	0.00
5	Dissolved oxygen (mg/l):	2.00
6	MLSS (mg/l):	3000.00
7	Viable autotrophs (mg/l):	100.00
8	Non-viable autotrophs (mg/l):	0.00
9	Viable heterotrophs (mg/l):	1000.00
10	Non-viable heterotrophs (mg/l):	0.00
11	Particulate BOD (mg/l):	0.00
12	Biomass P (mg/l):	0.00

OK Cancel Reset Help

Рисунок 1.27 - Параметри води, що надходять до аеротенку.

Initial data

		Stage1	Stage2	Stage3	Stage4	Stage5	Stage6	Stage7	Stage8
1	Soluble BOD (mg/l)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
2	Ammonia (mg/l)	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
3	Nitrate (mg/l)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Soluble phosphate (mg/l)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Dissolved oxygen (mg/l)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
6	Particulate BOD (mg/l)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	Particulate phosphate (mg/l)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	Mixed liquor suspended solids (mg/l)	0.00	0.00	0.00	300.00	300.00	300.00	300.00	6000.00
9	Non-settleable (volatile) solids (mg/l)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	Viable heterotrophs (mg/l)	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00	2000.00
11	Non-viable heterotrophs (mg/l)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	Viable autotrophs (mg/l)	0.00	0.00	0.00	10.00	10.00	10.00	10.00	200.00
13	Non-viable autotrophs (mg/l)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

OK Cancel Reset Help

Рисунок 1.28 - Параметри води, що поступає на кожну стадію вторинного відстійника.

Нижче представлені графіки, що відображають характер зміни таких параметрів, як величина потоку води (червоний колір графіку), ЗСВ (рожевий колір графіку), БСК (чорний колір графіку), концентрації сполук амонію (товста синя лінія графіку) та нітратів (тонка синя лінія) на різних етапах моделювання: потік вихідної неочищеної води (рисунок 1.29), стан води після первинного відстійника (рисунок 1.30), потік води після аеротенку (рисунок 1.31) та потік очищеної води після вторинного відстійника (рисунок 1.32).

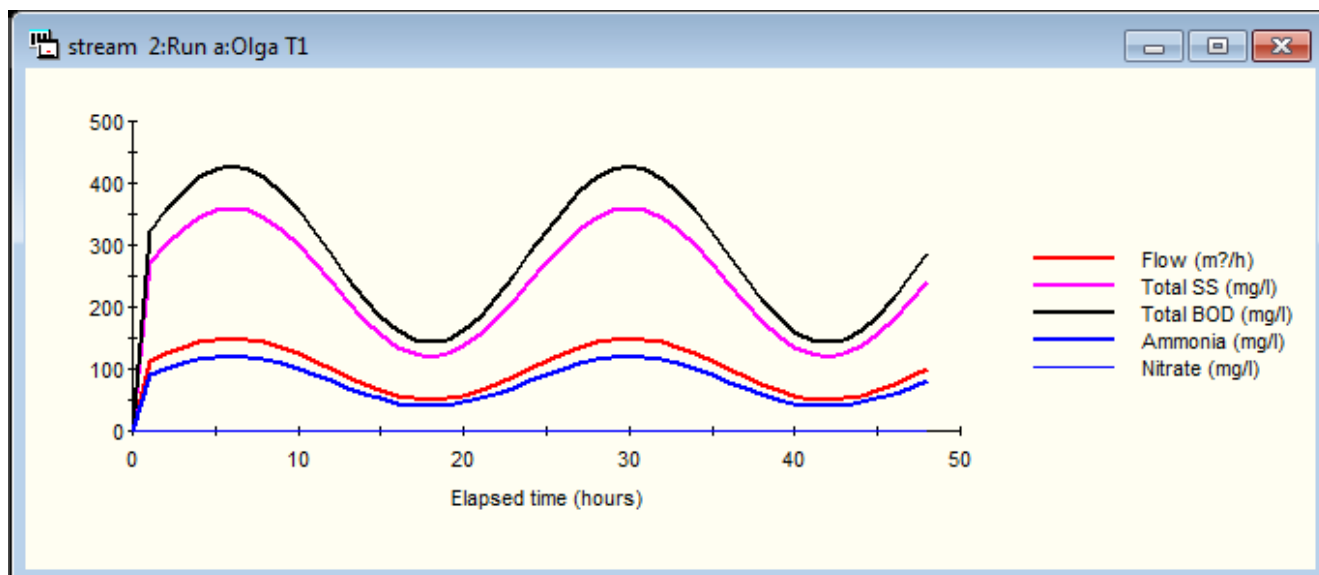


Рисунок 1.29 – Залежність зміни параметрів неочищеної води з часом.

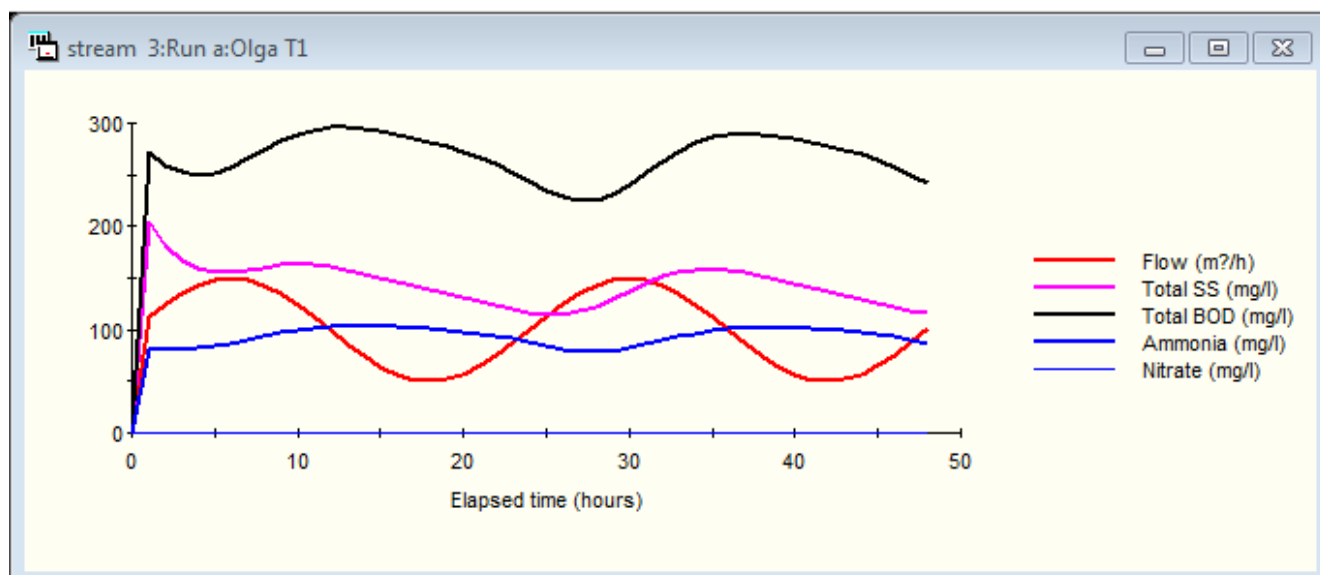


Рисунок 1.30 - Зміна характеристик води, що виходить із первинного відстійника з часом.

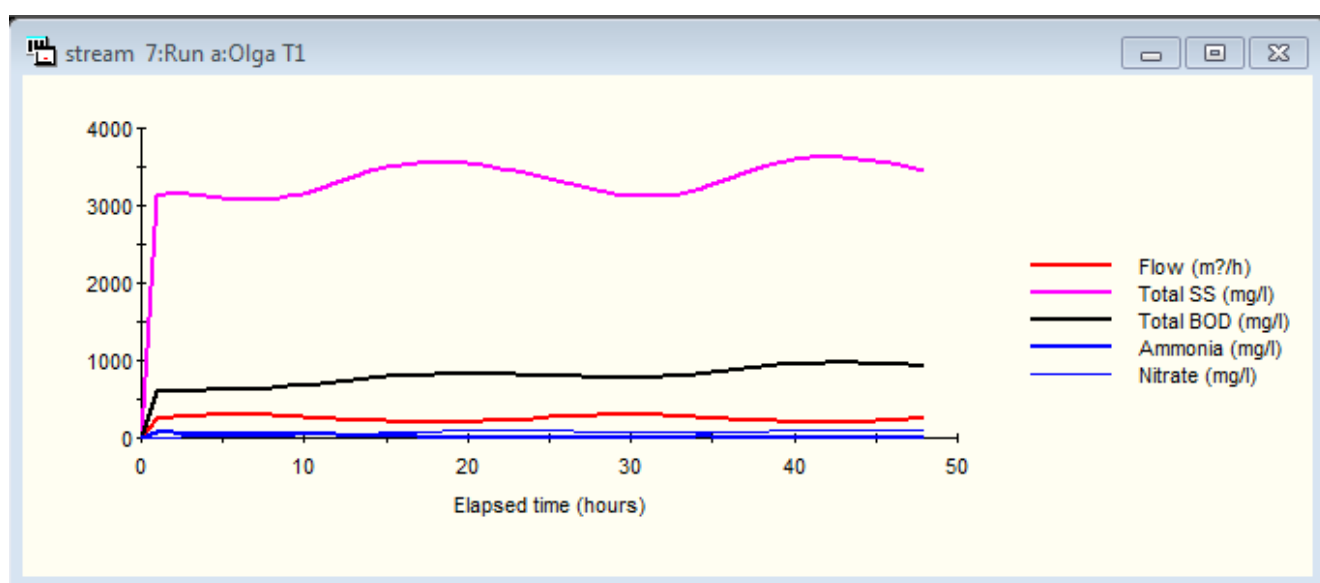


Рисунок 1.31 – Зміна характеристик води, що виходить з аеротенку, з часом.

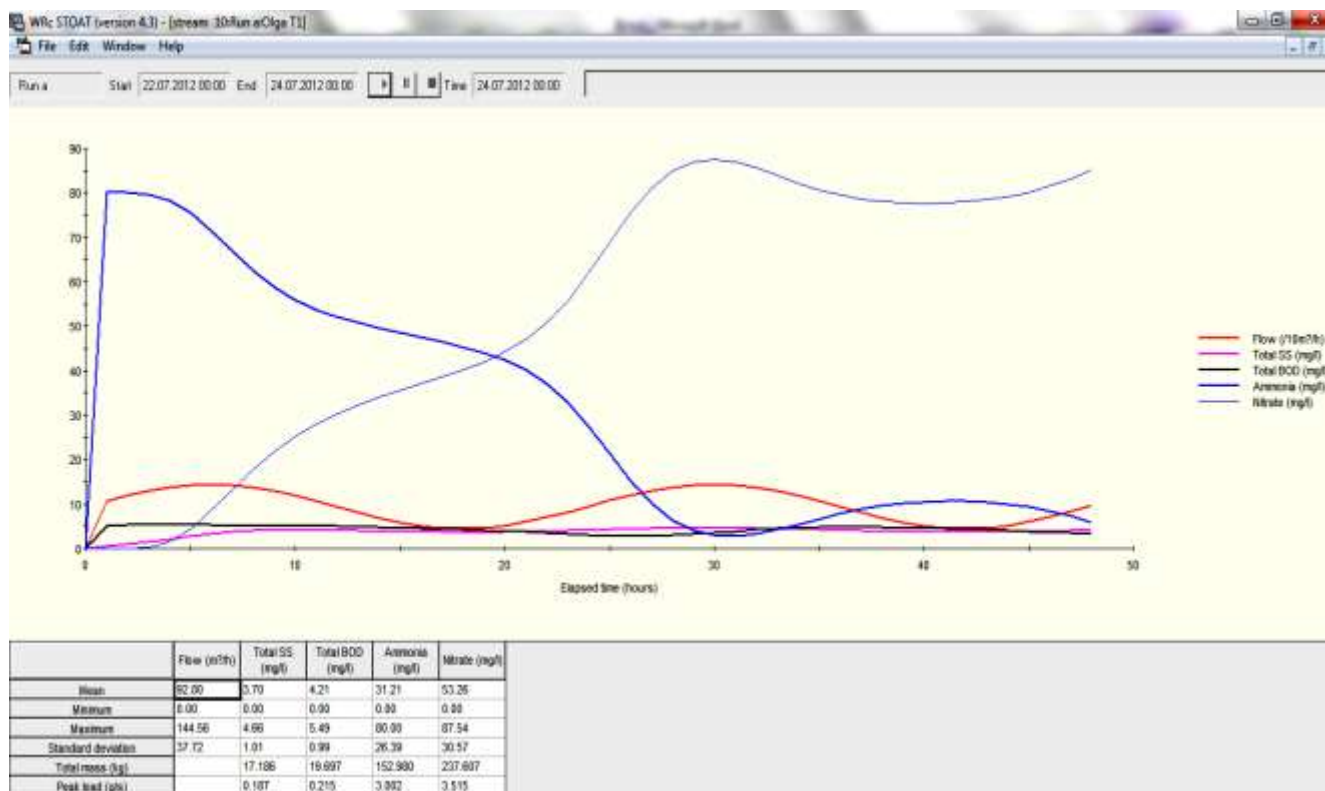


Рисунок 1.32 – Залежність характеристики очищеної води (після вторинного відстійника) від часу при відведенні мулу на лінії від вторинного відстійника до аеротенка.

З останнього графіка видно, що в ході моделювання концентрація сполук амонію від 2-ї до 30-ї години моделювання значно зменшується від 80 мг/дм^3 до 3 мг/дм^3 , а в подальшому від 30-ї години до завершення моделювання вміст їх зростає приблизно до 12 мг/дм^3 . Оскільки єдина секція аеротенку аеробна, то у ній відбувається окиснення сполук амонію до нітратів, внаслідок чого концентрація нітратів у очищеній воді зростає. Якби у аеротенку була безкиснева секція, то утворені нітрата перетворювалися б у ній на нітроген. Останній фактор також є причиною зростання концентрації нітратів.

При концентрації ж сполук амонію у воді 40 мг/дм^3 на вході до первинного відстійника вміст сполук амонію в ході моделювання змінювався менш інтенсивно (рисунок 1.15).

Зменшення величини потоку стоків, що надходять на очистку з $500 \text{ м}^3/\text{год}$ до $100 \text{ м}^3/\text{год}$ зумовило значне зменшення концентрації БСК у очищеній воді: максимальне значення концентрації БСК у даному випадку становить $5,49 \text{ мг/дм}^3$ (рисунок 1.32), тоді ж, як при величині потоку – $500 \text{ м}^3/\text{год}$ максимальна концентрація БСК становила $252,22 \text{ мг/дм}^3$. Крім того, при меншій потужності системи концентрація речовин, що зумовлюють БСК, практично не змінюється і є стабільною від 2-ї години до кінця моделювання (рисунок 1.32), а при великій потужності значення загального БСК змінюється за синусоїдальним законом з амплітудою зміни концентрацій приблизно 242 мг/дм^3 (рисунок 1.15).

Зі зменшенням кількості води, що очищається зменшилось і максимальне значення ЗСВ: з 35,28 мг/дм³ при потужності 500 м³/год (рисунок 1.15) до 4,66 мг/дм³ при потужності 100 м³/год (рисунок 1.32). Крім того в останньому випадку концентрація ЗСВ є більш стабільною і після досягнення максимального значення практично не змінюється (рисунок 1.32), а у випадку більшої потужності простежується чіткий максимум на графіку залежності даного параметра від часу (рисунок 1.15).

1.2.3 Зміна методів контролю та швидкостей втрат мулу, порівняння ефекту втрат мулу з аеротенку та з вторинного відстійника

Функцію “Метод втрат” у вікні “Назви та розміри” для аеротенку використовують лише тоді, коли необхідно, щоб мул втрачався саме з аеротенку. У випадку, коли обрано “Жодний” для методу втрат, то необхідна частина мулу буде відводитись з вторинного відстійника.

1.2.3.1 Стала швидкість відведення мулу з аеротенку

У попередній роботі встановлено, що мул відводиться лише з вторинного відстійника. У даному разі визначено, що мул відводиться з аеротенку зі сталою швидкістю (рисунок 1.33).

Дана зміна має вплив на характеристику потоку очищеної води.

Рисунок 1.33 – Параметри аеротенку.

Встановлено максимальну швидкість відведення мулу – 30 м³/год (рисунок 1.34).

Operation data									
	Initial	Change 1	Change 2	Change 3	Change 4	Change 5	Change 6	Change 7	0
1 Change at time (h):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2 MLSS set point (mg/l):	3000.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
3 Max. wastage flowrate (m ³ /h):	30.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
4 Max. pumping time per wastage event (h):	24.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
5 Wastage cycle time (h):	24.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Рисунок 1.34 – Експлуатаційні дані для аеротенку.

Після проведення перебігу моделювання отримано наступні результати для потоку води після вторинного відстійника (рисунок 1.35). Представлені графіки, що відображають характер зміни з часом таких параметрів, як величина потоку води (червоний колір графіку), ЗСВ (рожевий колір графіку), БСК (чорний колір графіку), концентрації сполук амонію (товста синя лінія графіку) та нітратів (тонка синя лінія) на різних етапах моделювання:

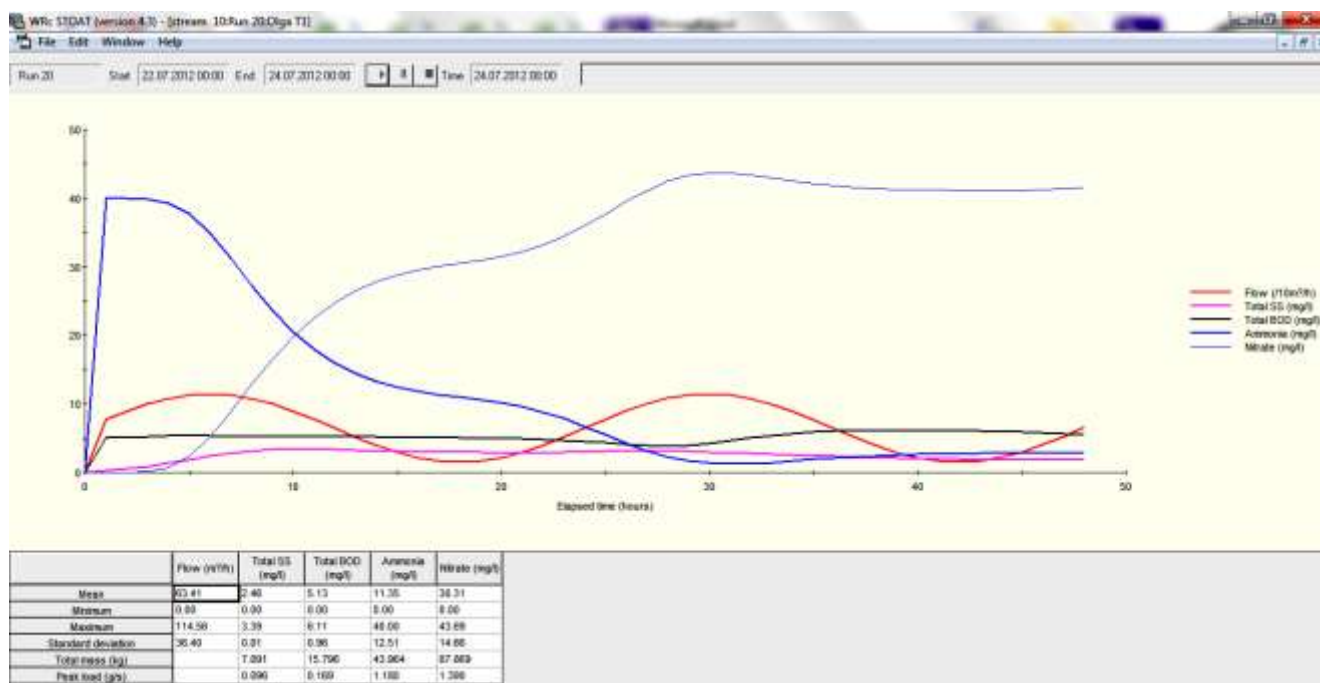


Рисунок 1.35 – Залежність характеристики очищеної води (після вторинного відстійника) від часу при відведенні мулу з аеротенку з постійною швидкістю.

Дані результати суттєво відрізняються від отриманих у попередньому випадку (рисунок 1.32). При встановленні відведення частини мулу із аеротенку зі сталою швидкістю у потоці очищеної води, що виходить із вторинного відстійника майже вдвічі зменшується максимальна концентрація нітратів: з 87,54 мг/дм³ (рисунок 1.32) до 43,69 мг/дм³ (рисунок 1.35). Крім того, на відміну від попереднього випадку, після досягнення піку на протязі першої години вміст сполук амонію

постійно зменшується і наближається до близьких до нуля значень в кінці моделювання. Максимальне значення концентрації БСК у даному разі дещо вище $6,11 \text{ мг/дм}^3$ (рисунок 1.35) проти $5,49 \text{ мг/дм}^3$ у випадку відведення мулу з вторинного відстійника (рисунок 1.32). Щодо значення ЗСВ очищеної води, то у випадку сталої швидкості відведення мулу з аеротенку максимальне значення ЗСВ дещо менше – $3,39 \text{ мг/дм}^3$, ніж при відведенні мулу із вторинного відстійника – $4,66 \text{ мг/дм}^3$.

1.2.3.2 Змінна швидкість відведення мулу з аеротенку.

Встановлено змінну швидкість відведення мулу з аеротенку (рисунок 1.36).

Рисунок 1.36 – Параметри аеротенку.

Максимальна швидкість відведення мулу є такою, як і у попередньому випадку – $30 \text{ м}^3/\text{год}$ (рисунок 1.34).

Отримано результати, що незначно відрізняються від результатів моделювання зі сталою швидкістю відведення мулу.

Так, максимальна концентрація нітратів у даному випадку дещо зросла, у порівнянні з попереднім: $45,23 \text{ мг/дм}^3$ при змінній швидкості проти $43,69 \text{ мг/дм}^3$ при постійній (рисунок 1.35); зменшилась максимальна концентрація БСК:

$5,48 \text{ мг/дм}^3$ проти $6,11 \text{ мг/дм}^3$ (у попередньому випадку); найвище значення ЗСВ при змінній швидкості відведення мулу збільшилось, у порівнянні зі сталою швидкістю з $3,39 \text{ мг/дм}^3$ до $4,43 \text{ мг/дм}^3$.

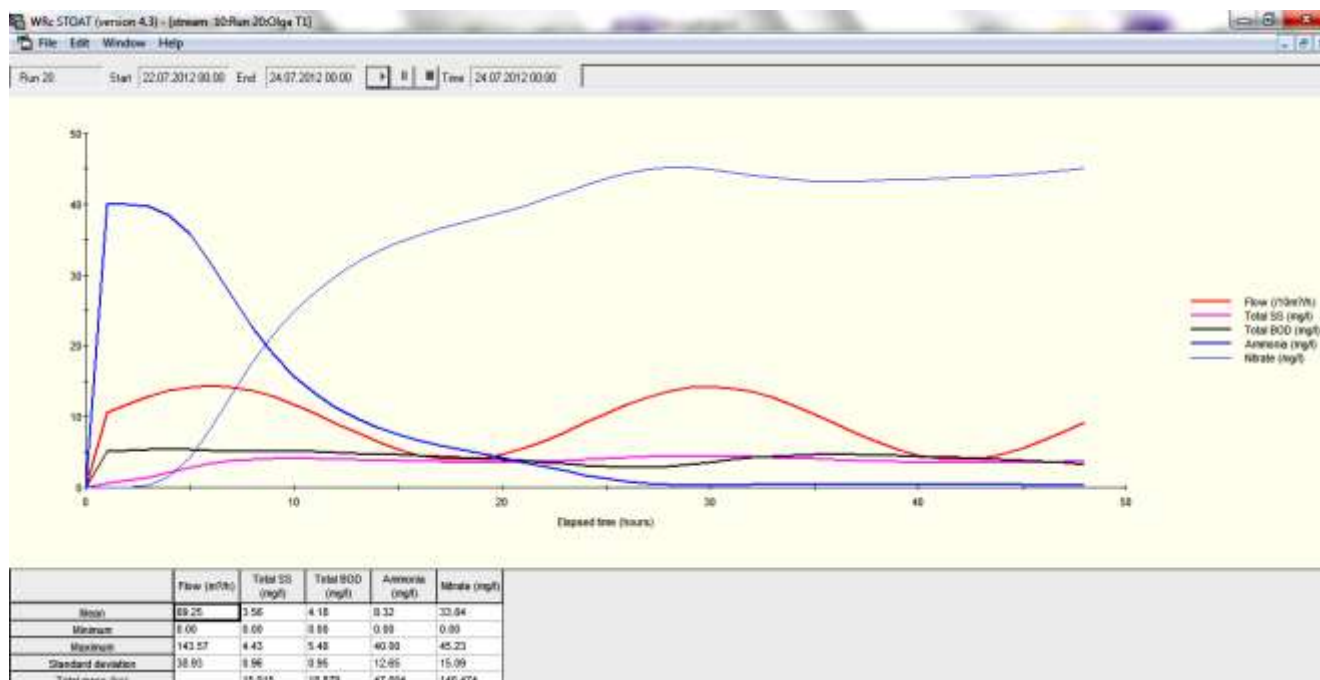


Рисунок 1.36— Залежність характеристики очищеної води (після вторинного відстійника) від часу при відведенні мулу з аеротенку зі змінною швидкістю.

Проте дані результати, особливо стосовно вмісту нітратів, суттєво відрізняються від тих, що отримані в результаті відведення мулу від вторинного відстійника (рисунок 1.32). Так, в при відведенні мулу від вторинного відстійника значно збільшується вміст нітратів у очищеній воді – їх концентрація становить $87,54 \text{ мг/дм}^3$ (рисунок 1.32), у порівнянні з $45,23 \text{ мг/дм}^3$ – концентрацією нітратів у очищеній воді при відведенні мулу з аеротенку (рисунок 1.36). При відведенні мулу з аеротенку концентрація речовин, що зумовлюють БСК - $5,49 \text{ мг/дм}^3$ практично дорівнює концентрації цих речовин у очищеній воді при відведенні мулу з вторинного відстійника – $5,48 \text{ мг/дм}^3$. ЗСВ ж у першому випадку (рисунок 1.32) вищий – $4,66 \text{ мг/дм}^3$ у порівнянні з другим – $4,43 \text{ мг/дм}^3$ (рисунок 1.36).

1.2.3.3 Змінне в часі відведення мулу з аеротенку

Встановлено змінне у часі відведення мулу з аеротенку (рисунок 1.37).

Edit activated sludge aeration tank : Page 1 of 1

Name: Activated sludge aeration tank 1

Process model: ASAL1

Volume (m³): 800

Number of stages: 1

Number of MLSS recycles: 0

Wastage method

- ☐ None
- ☐ Continuous rate
- ☐ Variable rate
- ☒ Variable time

Stage from which MLSS is wasted: 1

Stage in which MLSS is measured: 1

OK Cancel Reset More Help

Рисунок 1.37 – Параметри аеротенку.

Отримані результати (рисунок 1.38) практично співпадають із результатами моделювання при змінній швидкості.

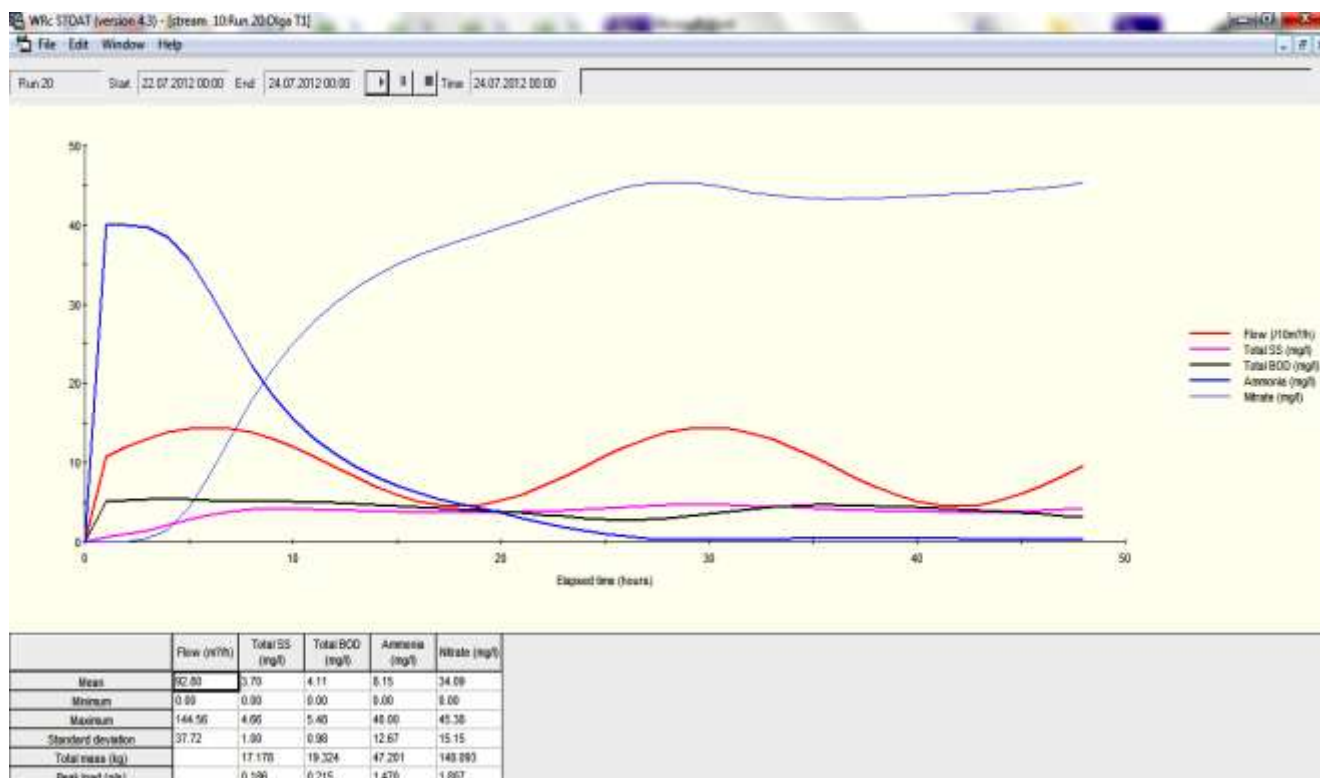


Рисунок 1.38 – Зміна основних характеристик потоку очищеної води із вторинного відстійника при змінному часі відведення мулу з аеротенку.

Характер залежності усіх параметрів води від часу такий же, як і у випадках з сталою та змінною швидкостями. Встановлено, що отримані значення при змінному часі в дуже незначній

мірі відрізняються від результатів моделювання при змінній швидкості відведення мулу з аеротенку (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика результатів, отриманих в ході моделювання при змінній швидкості відведення мулу з аеротенку та при змінному часі відведення

Максимальна концентрація речовин, мг/дм ³	Змінна швидкість	Змінний час
БСК	5,48	5,48
ЗСВ	4,43	4,66
Нітрати	45,23	45,38

Проте дані значення, отримані в ході моделювання очистки зі змінним часом відведення мулу з аеротенку, суттєво відрізняються за вмістом нітратів від результатів, отриманих при відведенні мулу з вторинного відстійника (рисунок 1.32). Концентрація нітратів у другому випадку майже вдвічі вища – 87, 54 мг/дм³, ніж при відведенні мулу з аеротенку – 45,37 мг/дм³. Решта параметрів відрізняються незначно (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 – Порівняльна характеристика результатів, отриманих в ході моделювання, при змінному часі відведення мулу з аеротенку та при відведенні мулу з вторинного відстійника

Максимальна концентрація речовин, мг/дм ³	Відведення мулу з аеротенку	Відведення мулу з вторинного відстійника
БСК	5,48	5,49
ЗСВ	4,66	4,66
Нітрати	45,37	87,54

1.2.4 Ефект закупореного потоку на процес очищення – варіювання кількості секцій аеротенку 1, 2, 4, 8 і 12

У попередньому підрозділі було розглянуто процес очистки стоків при використанні аеротенку з однією лише аеробною секцією. Результати наведені вище.

1.2.4.1 Аеротенк з двома секціями

У даному випадку у технологічній схемі використано аеротенк з двома аеробними стадіями. Для цього у параметрах аеротенку вказано кількість стадій – 2 (рисунок 1.39).

Edit activated sludge aeration tank : Page 1 of 1

Name:

Process model:

Volume (m³):

Number of stages:

Number of MLSS recycles:

Wastage method

☒ None

☐ Continuous rate

☐ Variable rate

☐ Variable time

Stage from which MLSS is wasted:

Stage in which MLSS is measured:

Рисунок 1.39 – Параметри аеротенку.

Для того, щоб кожен зі стадій задати аеробною, після натискання ПКМ на значок аеротенку у вкладці “Початкові дані” (рисунок 1.40) необхідно встановити концентрацію розчиненого кисню – 2 мг/дм³.

Крім того, у вкладці “Дані розподілу потоку” для аеробних умов необхідно задати наступні значення K_{La} – коефіцієнту масопередачі кисню: мінімальне – 2 1/год, а максимальне – 10 1/год (рисунок 1.41).

Initial data

		Stage1	Stage2
1	Soluble BOD (mg/l):	5.00	5.00
2	Ammonia (mg/l):	40.00	40.00
3	Nitrate (mg/l):	0.00	0.00
4	Soluble phosphate (mg/l):	0.00	0.00
5	Dissolved oxygen (mg/l):	2.00	2.00
6	MLSS (mg/l):	3000.00	3000.00
7	Viable autotrophs (mg/l):	100.00	1.00
8	Non-viable autotrophs (mg/l):	0.00	0.00
9	Viable heterotrophs (mg/l):	1000.00	100.00
10	Non-viable heterotrophs (mg/l):	0.00	0.00
11	Particulate BOD (mg/l):	0.00	0.00
12	Biomass P (mg/l):	0.00	0.00

Рисунок 1.40 – Початкові дані для аеротенка.

Flow distribution data

		Stage 1	Stage 2
1	Volume distribution:	0.500	0.500
2	Feed distribution:	0.500	0.500
3	Return activated sludge distribution:	0.500	0.500
4	Minimum K _{la} (1/h):	2.000	2.000
5	Maximum K _{la} (1/h):	10.000	10.000
6	Dissolved oxygen set point (mg/l):	2.000	2.000
7	Stage where DO is to be measured:	1	2

OK Cancel Reset Help

Рисунок 1.41 – Дані розподілу потоку у аеротенку.

Отримали наступні результати у вигляді графіків, що відображають характер зміни таких параметрів, як величина потоку води (червоний колір графіку), ЗСВ (рожевий колір графіку), БСК (чорний колір графіку), концентрації сполук амонію (товста синя лінія графіку) та нітратів (тонка синя лінія) на різних етапах моделювання: потік вихідної неочищеної води (рисунок 1.42), стан води після первинного відстійника (рисунок 1.43), потік води після аеротенку (рисунок 1.44) та потік очищеної води після вторинного відстійника (рисунок 1.45).

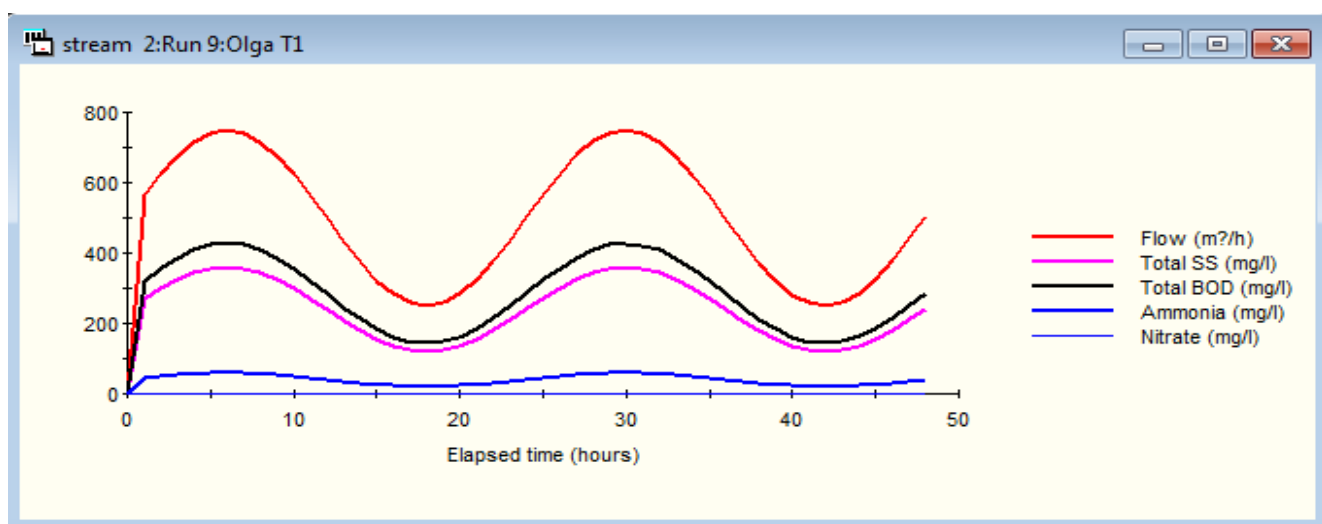


Рисунок 1.42 – Залежність зміни параметрів неочищеної води з часом.

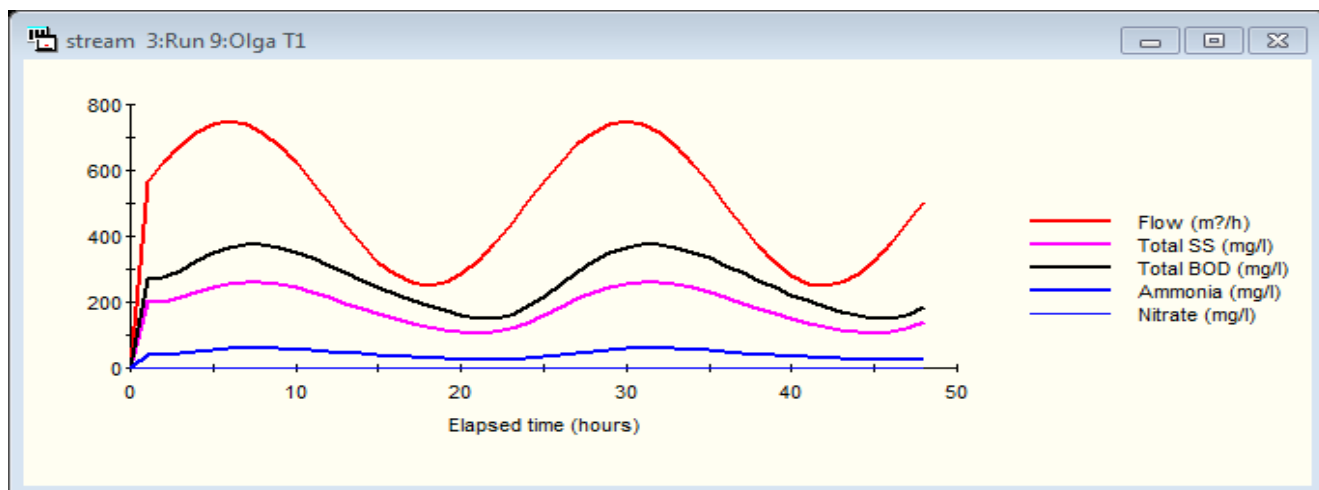


Рисунок 1.43 – Зміна характеристик води, що виходить із первинного відстійника, з часом.

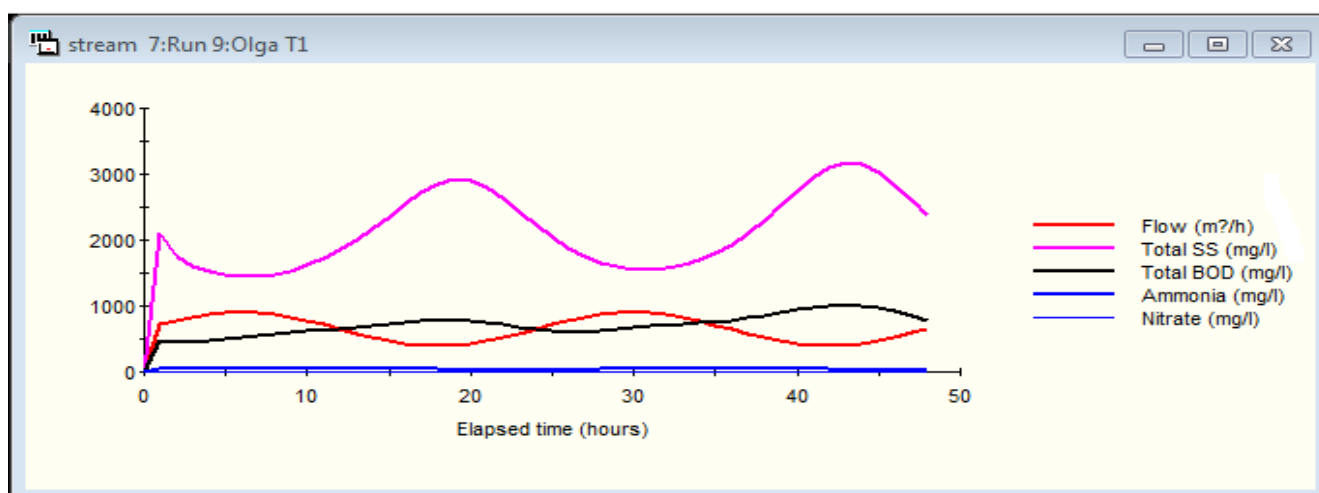


Рисунок 1.44 – Зміна характеристик води, що виходить з аеротенку, з часом.

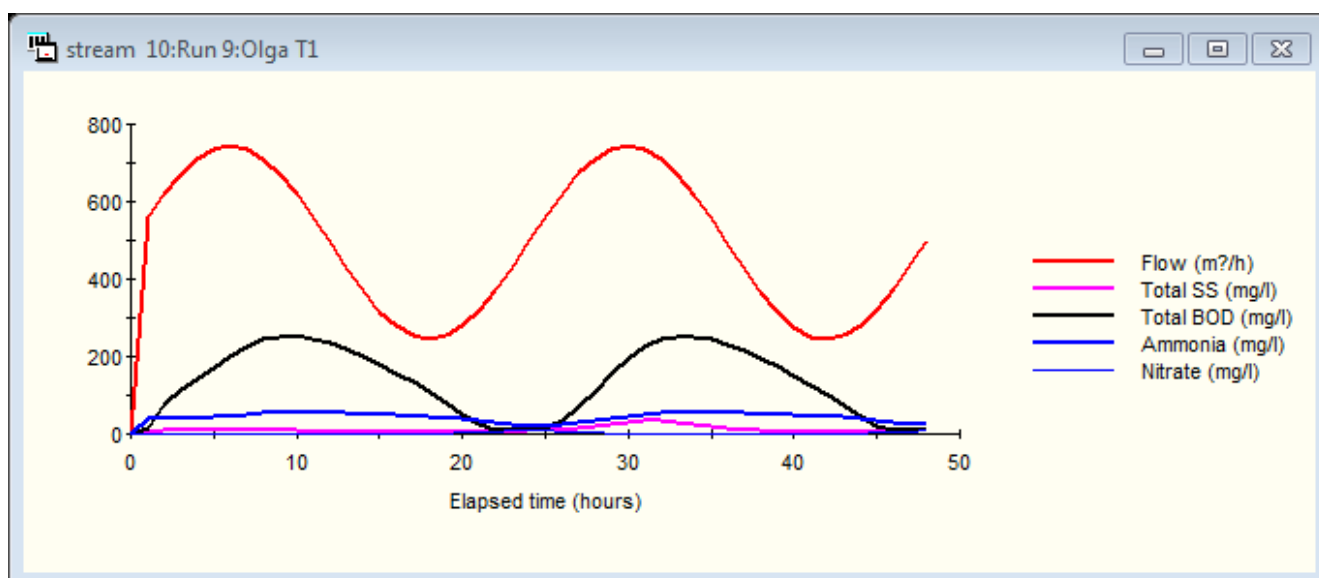


Рисунок 1.45 – Залежність зміни складових очищеної води (після вторинного відстійника) від часу.

З останнього рисунка видно, що в потоці очищеної води з часом вміст речовин, що зумовлюють загальне БСК змінюється синусоїдально, а максимальна концентрація становить наближено 270 мг/дм^3 . Концентрація сполук амонію змінюється з часом менш стрімко і після зростання під час перших годин моделювання досягає максимальних значень, близьких до 50 мг/дм^3 . ЗСВ протягом більшого періоду часу не перевищує 10 мг/дм^3 . Проте при досягненні 32-ї години від початку моделювання на графіку залежності ЗСВ від часу спостерігається чіткий максимум (приблизна концентрація – 25 мг/дм^3), після досягнення якого рівень ЗСВ плавно знижується до кінця моделювання.

1.2.4.2 Аеротенк з 4-ох секцій

Використано аеротенк з чотирма аеробними стадіями. Для цього у параметрах аеротенку вказано кількість стадій – 4 (рисунок 1.46).

Edit activated sludge aeration tank : Page 1 of 1

Name: Activated sludge aeration tank 1

Process model: ASAL1

Volume (m³): 800

Number of stages: 4

Number of MLSS recycles: 0

Wastage method

- ☒ None
- ☐ Continuous rate
- ☐ Variable rate
- ☐ Variable time

Stage from which MLSS is wasted: 1

Stage in which MLSS is measured: 1

OK Cancel Reset More Help

Рисунок 1.46 – Параметри аеротенка.

Надалі встановлено концентрацію розчиненого кисню – 2 мг/дм^3 у воді кожної з чотирьох стадій (рисунок 1.47).

Крім того, у вкладці “Дані розподілу потоку” задаються наступні значення K_{La} – коефіцієнту масопередачі кисню: мінімальне – 2 1/год , а максимальне – 10 1/год (рисунок 1.48).

Initial data

		Stage1	Stage2	Stage3	Stage4
1	Soluble BOD (mg/l):	5.00	5.00	5.00	5.00
2	Ammonia (mg/l):	40.00	40.00	40.00	40.00
3	Nitrate (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Soluble phosphate (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Dissolved oxygen (mg/l):	2.00	2.00	2.00	2.00
6	MLSS (mg/l):	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00
7	Viable autotrophs (mg/l):	100.00	100.00	100.00	100.00
8	Non-viable autotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00
9	Viable heterotrophs (mg/l):	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
10	Non-viable heterotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00
11	Particulate BOD (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00
12	Biomass P (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00

OK Cancel Reset Help

Рисунок 1.47 – Початкові дані для аеротенка.

Flow distribution data

		Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4
1	Volume distribution:	0.250	0.250	0.250	0.250
2	Feed distribution:	0.250	0.250	0.250	0.250
3	Return activated sludge distribution:	0.250	0.250	0.250	0.250
4	Minimum K _{la} (1/h):	2.000	2.000	2.000	2.000
5	Maximum K _{la} (1/h):	10.000	10.000	10.000	10.000
6	Dissolved oxygen set point (mg/l):	2.000	2.000	2.000	2.000
7	Stage where DO is to be measured:	1	2	3	4

OK Cancel Reset Help

Рисунок 1.48 – Дані розподілу потоку у аеротенку.

Отримали наступні результати у вигляді графіків, що відображають характер зміни таких параметрів, як величина потоку води (червоний колір графіку), ЗСВ (рожевий колір графіку), БСК (чорний колір графіку), концентрації сполук амонію (товста синя лінія графіку) та нітратів (тонка синя лінія) на різних етапах моделювання: потік вихідної неочищеної води (рисунок 1.49), стан води після первинного відстійника (рисунок 1.50), потік води після аеротенку (рисунок 1.51) та потік очищеної води після вторинного відстійника (рисунок 1.52).

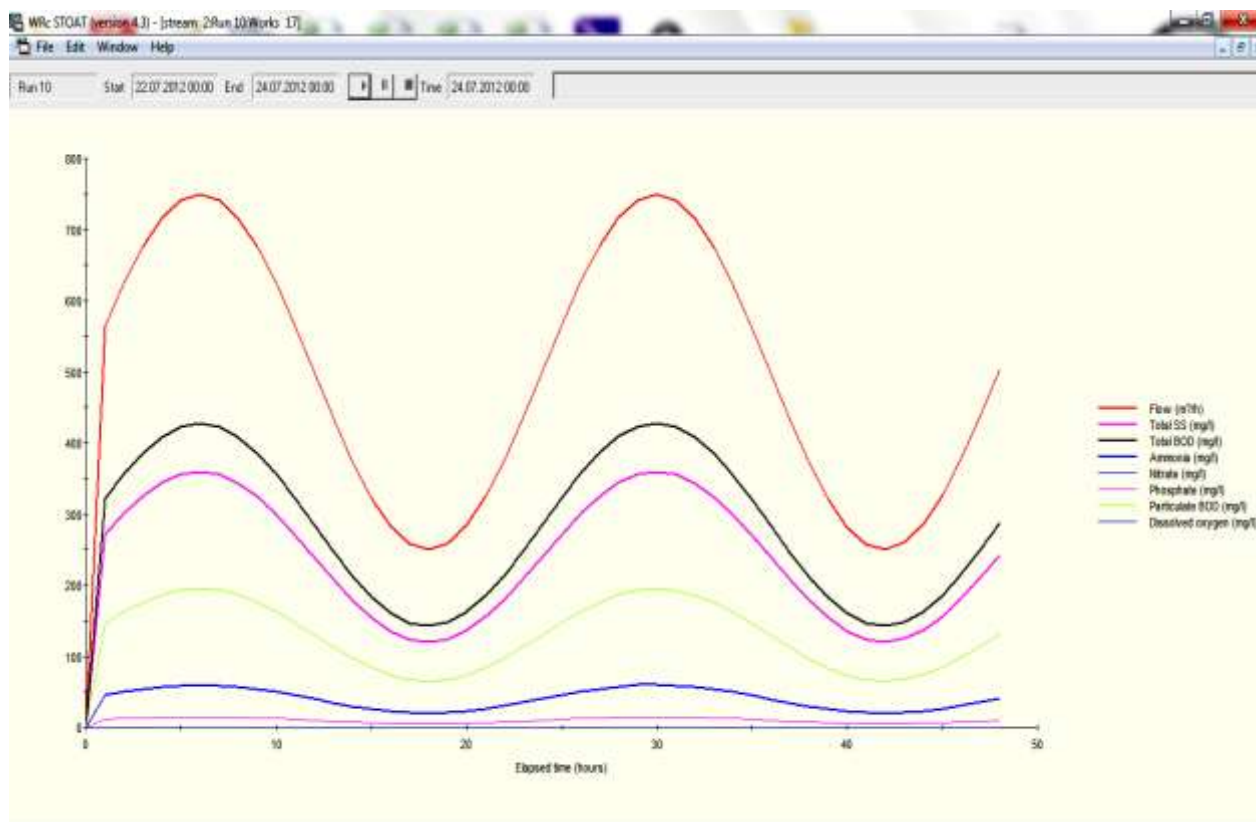


Рисунок 1.49 – Залежність зміни параметрів неочищеної води з часом.

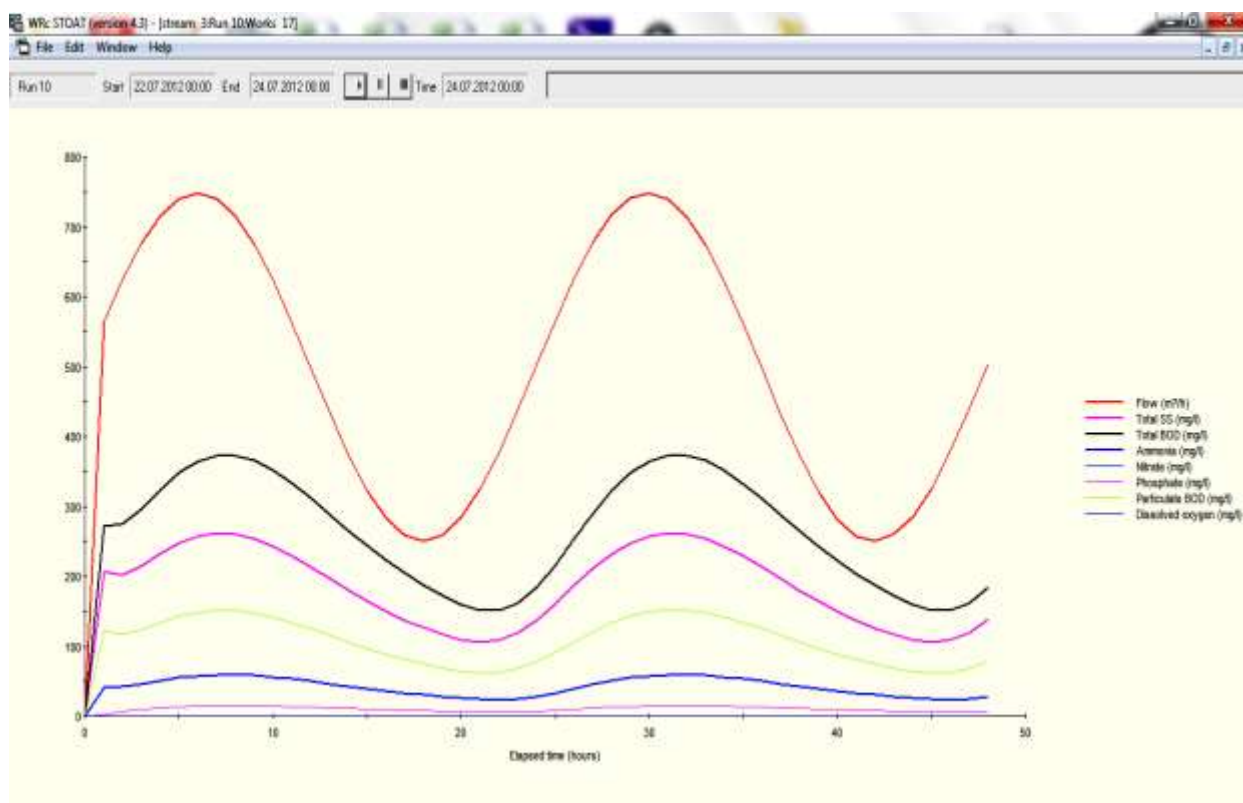


Рисунок 1.50 – Зміна характеристик води, що виходить із первинного відстійника, з часом.

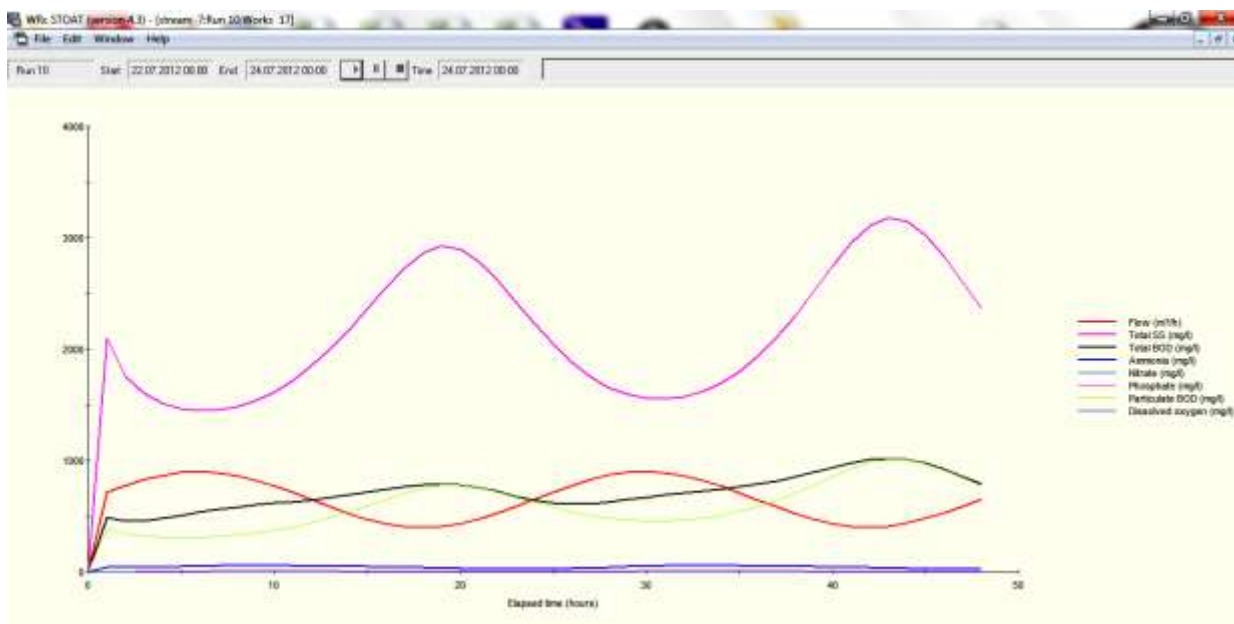


Рисунок 1.51 – Зміна характеристик води, що виходить з аеротенку, з часом.

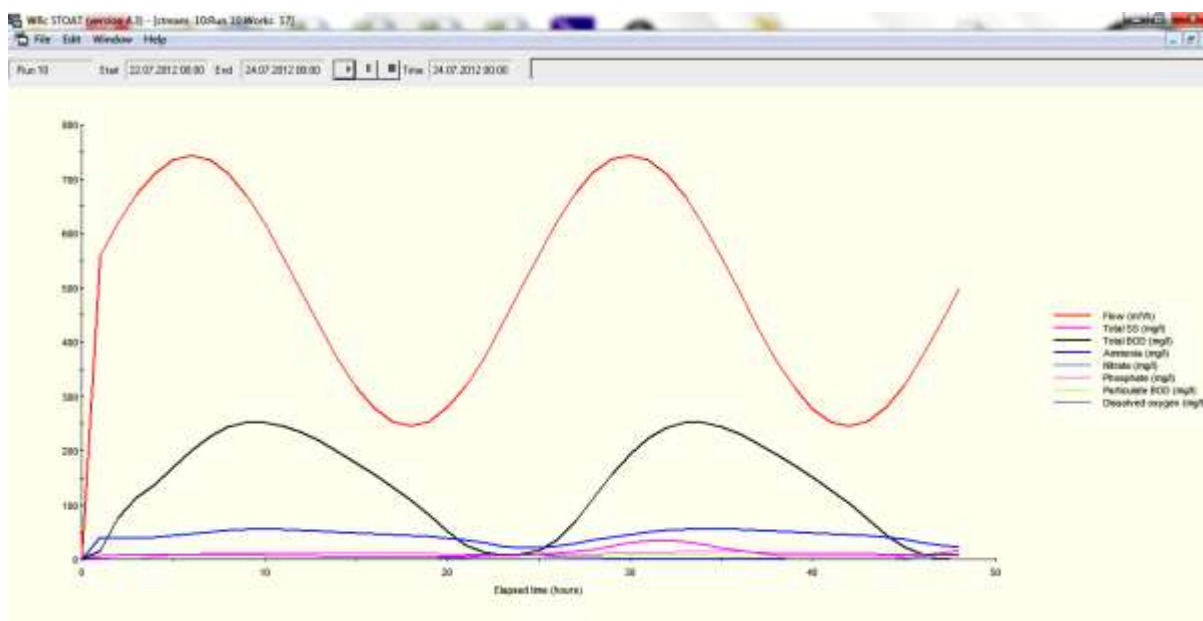


Рисунок 1.52 – Залежність характеристик очищеної води (після вторинного відстійника) від часу.

При використанні аеротенку з чотирма секціями у потоці очищеної води концентрація речовин, що зумовлюють загальне БСК, змінюється синусоїдально. Максимум становить близько 260 мг/дм^3 , мінімум – 0 мг/дм^3 . Зміна концентрації сполук амонію має набагато меншу амплітуду. Зміна ЗСВ характеризується появою максимуму (концентрація приблизно 25 мг/дм^3) на 32-й годині моделювання, після чого плавно знижується. Загалом, характер зміни усіх показників такий же, як і у випадку моделювання з використанням аеротенку з 2-а секціями (рисунок 1.45).

Такі ж самі результати отримані при використанні в ході очищення аеротенку із 8-а (рисунок 1.53) та 12-а секціями (рисунок 1.54).

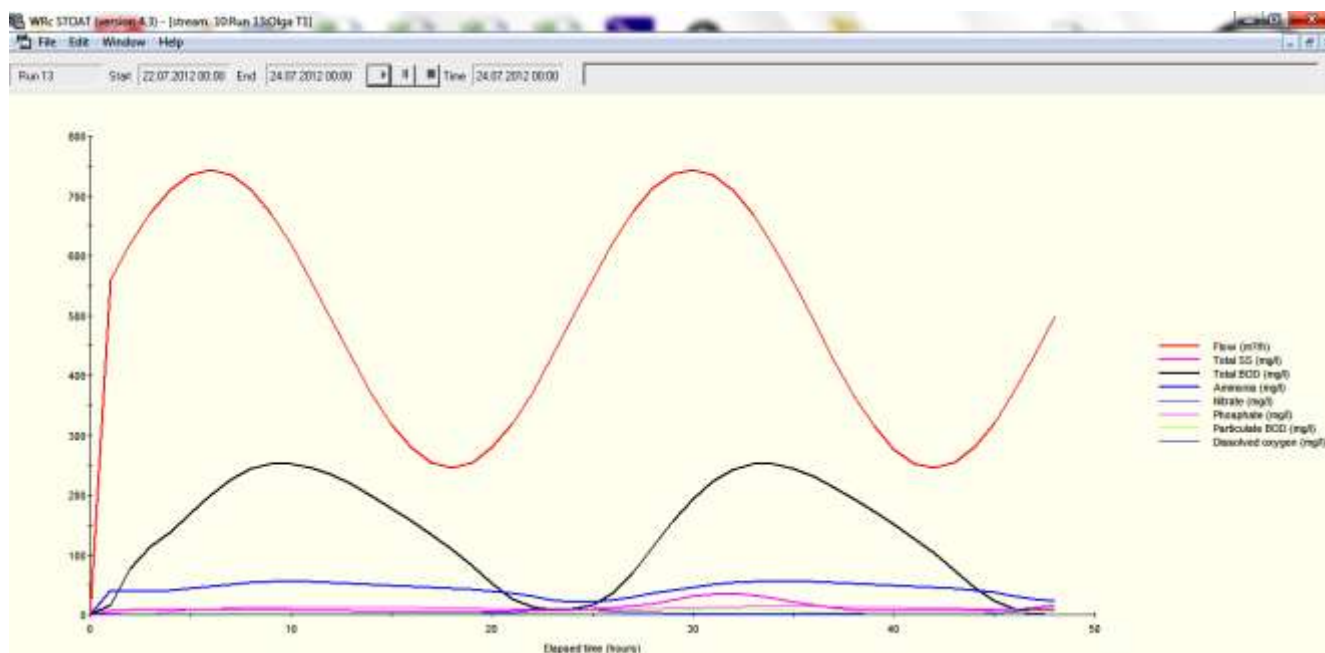


Рисунок 1.53 – Характеристика потоку очищеної води, що виходить з вторинного відстійника при використанні аеротенку з 8-а секціями.

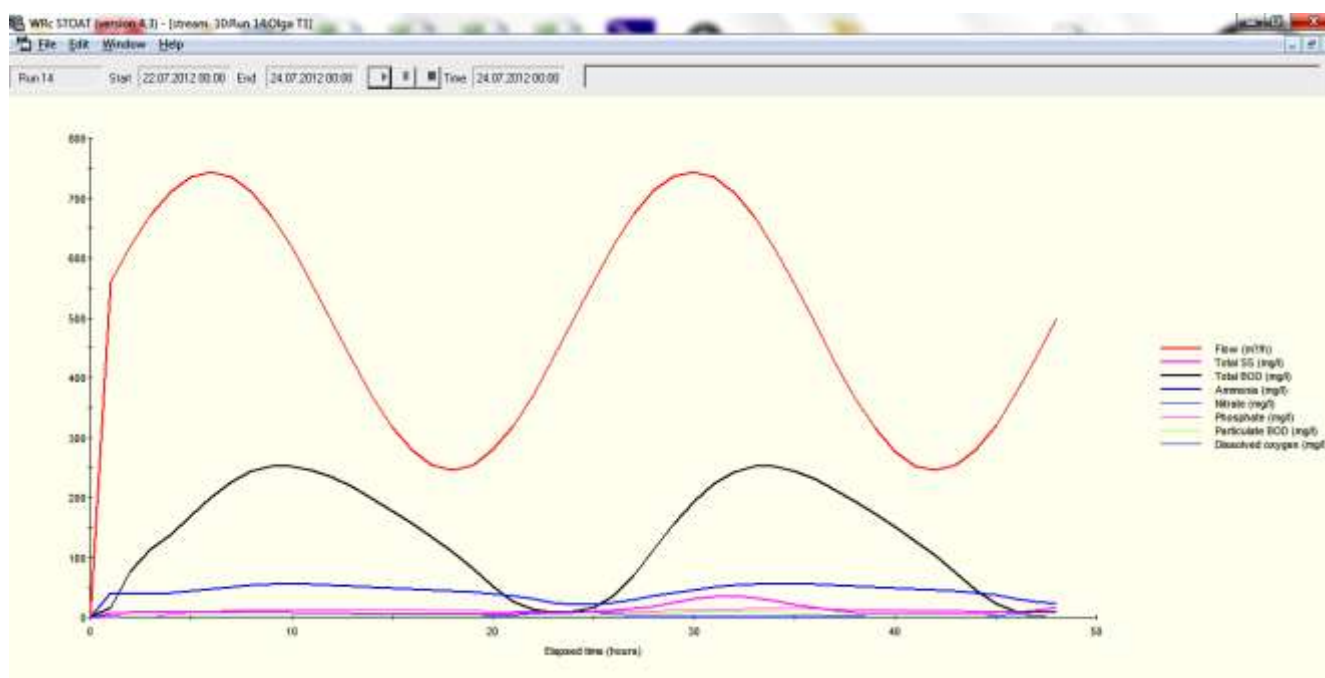


Рисунок 1.54 – Характеристика потоку очищеної води, що виходить з вторинного відстійника при використанні аеротенку з 12-а секціями.

Висновок

В ході роботи навчились проводити моделювання простих процесів, що базуються як на даних декількох (двох) днів, так і довших періодів. Моделювання протягом сорока днів дає змогу досягнути динамічної рівноваги, при якій характеристика потоку з дня в день незмінна.

При зміні початкових умов, а саме характеристик потоку вихідної води, встановили, що зі зменшенням об'єму води, що надходить на очистку, спадає максимальна концентрація органічних речовин, що зумовлюють БСК води після вторинного відстійника, з 260 мг/дм³ (рисунок 1.15) до 5,49 мг/дм³ (рисунок 1.32). ЗСВ очищеної води при зменшенні кількості води, що подається на очищення, зменшується з 35,28 мг/дм³ (рисунок 1.15) до 4,66 мг/дм³ (рисунок 1.32). Таке суттєве зниження цих двох параметрів пояснюється зменшенням навантаження на апарати технологічної схеми, що робить їх роботу більш ефективною. Проте вміст амонійних сполук навпаки зростає при зменшенні кількості води, що подається на очистку: з 55,63 мг/дм³ (рисунок 1.15) до 80 мг/дм³ (рисунок 1.32). Внаслідок цього зростає і вміст нітратів, оскільки, як уже зазначалося вище, у даному випадку секція аеротенку аеробна, і у ній амонійні сполуки окиснюються до нітратів, що і зумовлює підвищення концентрації останніх у очищеній воді.