

## Метод побудови комп'ютерної системи визначення реологічних характеристик технічних рідин

Бережний Кирило Юрієвич  
НУ "Одеська морська академія", Одеса, Україна  
90demon777@ukr.net

## Method for constructing a computer system for determining the rheological characteris- tics of technical fluids

Berezhnyi Kyrylo  
NU "Odessa Maritime Academy", Odessa, Ukraine  
90demon777@ukr.net

*Анотація – Розроблено структуру інформаційної моделі системи визначення реологічних характеристик судових технічних рідин, проведена інтеграція розробленої моделі в загальну структуру функціонування судна, на основі чого розроблено розгорнуту інформаційну модель системи визначення та контролю реологічних характеристик судових технічних рідин.*

*Abstract – the structure of the information model of a system for determining the rheological characteristics of ship's technical liquids has been developed, integration of the developed model into the overall structure of the vessel's functioning was carried out, on the basis of which an expanded information model of the system for determining and controlling the rheological characteristics of ship's technical liquids was developed.*

Як показує практика використання дизельних ДВЗ, підтримка оптимальної температури технічних рідин не дозволяє точно підтримувати їх потрібний рівень в'язкості, оскільки вони належать до класу «тиксотропних» рідин, властивості яких залежать від градієнту швидкості та зусиллях зсуву. При аналізі існуючих систем регулювання в'язкості визначено найбільш близьку за своїм складом та призначен-

ням [1], яка дозволяє працювати на двох сортах палива: дизельне та важке паливо. В [2, 3] запропонована комп'ютерна система визначення реологічних властивостей судових технічних рідин, яку також можна використовувати в якості регулятора в'язкості палива. Однак цей перехід системи визначення реологічних характеристик до регулятора в'язкості не є наявним. Щоб досягнути цього, потрібно розв'язати наступні завдання - розробити структуру інформаційної моделі, метод автоматичного визначення та регулювання реологічних характеристик та алгоритми визначення та регулювання реологічних характеристик судових технічних рідин.

Наразі, вдосконалення як систем регулювання в'язкості палива так і систем визначення реологічних властивостей та можливостей автоматичного регулювання в'язкості технічних рідин в залежності від отриманих даних дослідження треба побудувати її інформаційну модель, а саме потрібно розглянути всі можливі зв'язки з усіма судовими підсистемами та ДВЗ, що можуть мати вплив на реологічні характеристики технічних рідин судна.

Для побудови зв'язних інформаційних систем проведено систематизацію та аналіз технологій, обладнання, вимог та норм, що пред'являються до інформаційної системи контролю та регулювання реологічних характеристик. Також варто передбачити можливість віддаленого моніторингу параметрів чи проведення циклу досліджень характеристик технічних рідин для судовласників чи нештатних ситуацій.

Загалом, описане завдання можна представити у вигляді спрощеної блок-схеми рішення задачі проектування об'єднаної комп'ютерної системи контролю реологічних характеристик судових технічних речовин, що представлено на рис. 1.

Найбільш придатними методами для розв'язання подібних завдань є методи системного аналізу. Оскільки модель має бути придатною для застосування на різномісних суднах, використовувати в ній конкретні типи вузлів є недоцільним.

Тому були використані логічної схеми проектування, що базуються на формалізованих елементах (M, S, A, C, R, T), а також – графи (для наочності при топологічному аналізі) [17, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19]. Тут M – модель об'єкта проектування; S – непорожня множина. Елементи множини – завдання проектування; A – кінцева множина. Елементи множини – початкові дані; C – кінцева множина. Елементи множини – обмеження, вимоги або інші залежності; T – кінцева множина. Елементи множини – проектні рішення; R – відображення, яке ставить кожній парі виду  $(a_{si}, c_{si})$ ,  $a_{si} \in A$ ,  $c_{si} \in C$  у

відповідність непорожню підмножина множини  $T$ , що позначається як  $R(a_{si}, c_{si})$ .



Рис. 1. Блок-схема рішення задачі проектування об'єднаної гетерогенної комп'ютерної системи визначення та контролю реологічних характеристик

Вся множина завдань проектування  $S$  вважається повністю вирішуваною, якщо  $|R(a_{si}, c_{si})|=|S|$ . При цьому має виконуватися рівняння [17, 20, 21]

$$|R(a_{si}, c_{si})| = 1.$$

Система визначається у вигляді  $S = \{X, R\}$ , де  $X$  – множина всіх елементів;  $R$  – вказівник відношення між двома елементами. Для множини всіх відносин  $R$  між елементами будується матриця інцидентності  $r$ , яка будується за принципом «керуючий - підлеглий» [12, 11, 19, 7].

Якщо певний елемент матриці має перевагу перед іншими, або другий передає інформацію першому, тобто відношення  $R$  виконується, в клітку  $(i, j)$  записується 1; якщо ж відношення  $R$  не виконується – в клітку  $(i, j)$  записується 0 [6, 8, 12, 14]. Таким чином, матриця інцидентності побудована з нулів та одиниць (табл. 1). Елементи матриці в табл. 1 підібрані на основі проведеного аналізу систем визначення реологічних характеристик, визначених вузлів паливної системи, які потребують безпосереднього контролю та новітніх тенденцій в сфері автоматизації процесів керування.

Таблиця 1

Матриця інцидентності  $r$  для комп'ютерної системи визначення та контролю реологічних характеристик

Компоненти системи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1 Локальний контролер керування	—	—	—	—	—	—	1	1	1	1	1	1	—
2 В'язкозиметр	1	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	—
3 Датчик температури нагрівача	1	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	—
4 Датчик температури двигуна	1	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	—
5 Датчик частоти обертів двигуна	1	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	—
6 Підігрівач	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
7 Банк даних паспортних характеристик	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	1
8 Банк даних дослідних характеристик	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	1
9 Інтелектуальний модуль збору даних та керування	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1
10 Судновий механік	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
11 Віддалений модуль обробки інформації	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
12 Суперінтендант судноплавної компанії	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13 Паливна апаратура	1	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	1	—

Для візуального представлення взаємозв'язку елементів комп'ютерної системи побудована блок-схема. Проте в силу відсутності її якісного опису, систему на початковому етапі зображено виключно у вигляді неструктурованого графу (рис. 2).

На базі неструктурованого графу (див. рис. 2) побудовано інформаційну модель системи після структуризації елементів за допомогою топологічного аналізу [15, 8, 20], який проводиться покроково. На кожному кроці визначається приналежність кожного з елементів системи до певного рівня ієрархії, починаючи з найвищого [9, 5, 6, 21]. В ході аналізу, при виявленні приналежності елементів до певного рівня, вони виключаються з множини можливих рішень, що спрощує подальший аналіз.

*Крок 1.* Визначаються елементи, що входять до найнижчого, нульового рівня ієрархії, оскільки мають найменшу перевагу. Для цього складається вектор-рядок  $A0$ , елементами якого є сума рядків вихідної матриці  $r$ :  $A0 = (6\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 5\ 5\ 9\ 5\ 4\ 7\ 0)$ . Елементи вектора-рядка  $A0$ , що дорівнюють нулю, утворюють порядковий рівень  $N0$ . У даному випадку це група вимірювальних та виконавчих пристроїв:  $\{PBBIT\}$  – віскозиметр, датчик температури нагрівача, датчик температури дви-

гуна, датчик частоти обертів двигуна, підігрівач, паливна апаратура (в табл. 1 закреслено хвилястою лінією).

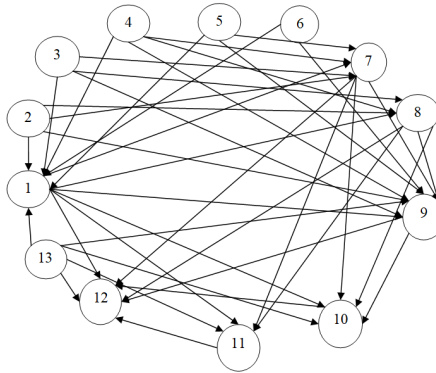


Рис. 2. Неструктурований граф взаємозв'язку елементів комп'ютерної системи визначення та контролю реологічних характеристик: 1 – локальний контролер керування; 2 – віскозиметр; 3 – датчик температури нагрівача; 4 – датчик температури двигуна; 5 – датчик частоти обертів двигуна; 6 – підігрівач; 7 – банк даних паспортних характеристик; 8 – банк даних дослідних характеристик; 9 – інтелектуальний модуль збору даних та керування; 10 – судновий механік; 11 – віддалений модуль обробки інформації; 12 – суперінтендант з судноплавної компанії; 13 – паливна апаратура

*Крок 2.* Для визначення елементів наступного рівня потрібно вектор-рядок  $A0$  перетворити, замінивши попередні нулі знаком "X" та виключивши з рядка  $A0$  новоутворені "нульові" елементи. В результаті отримаємо рядок  $A1 = (0 X X X X X 1 1 3 4 3 6 X)$ . Нульовий елемент в рядку  $A1$  показує, які елементи мають більшу перевагу перед елементами з рівня  $A0$ , проте меншу, в порівнянні з іншими, що лишилися. Локальний контролер керування  $\{ЛКК\}$  (в табл. 1 закреслено штриховою лінією) утворює наступний порядковий рівень  $N1$ .

*Крок 3.* Аналогічним чином здійснюється перетворення нового отриманого вектора-рядка  $A1$ . Після сумування залишкових елементів отримаємо рядок  $A2 = (X X X X X X 0 0 2 3 2 5 X)$ . Новоутворені нулі відповідають елементам банк даних паспортних характеристик та банк даних дослідних характеристик  $\{БДПХ, БДДХ\}$ , (в табл. 1 викреслено суцільними лініями), що створює наступний порядковий рівень  $N2$ .

*Крок 4.* Знову нульові елементи замінюються на ікс та формується новий вектор-рядок  $A3 = (X X X X X X X 0 1 0 3 X)$ . Нові нулі відповідають елементам інтелектуальний модуль збору даних та керу-

вання та віддалений модуль обробки інформації {ІМЗДмК, ВМОІ} (закреслено штрих-пунктирними лініями).

Крок 5. Після повторення процедури перетворення А3, отримано: А4 = (X X X X X X X X 0 X 1 X), що формує новий рівень N4 (в табл. 1 закреслено двома суцільними лініями): судновий механік {СМ}.

Крок 6. Остаточне перетворення рядка А4 дає А5 = (X X X X X X X X X X 0 X), звідки отримуємо заключний рівень N5: суперінтендант з судноплавної компанії {ССК}.

За результатами дослідження отримано розподіл множини всіх елементів рівні порядку, що розташовані від найнижчого (рівень N0) – до найвищого рівня – N5.

Результати перетворень можна представити в наступний спосіб:  
 {РВВП}, {ЛКК}, {БДПХ, БДДХ}, {ІМЗДмК, ВМОІ}, {СМ}, {ССК}  
 N0 N1 N2 N3 N4 N5

Кінцевий результат перетворення неструктурованого графа з рис. 2 представлено у вигляді структурованого графа (рис. 3) на основі отриманого розподілу на лінії порядку (означення елементів на рис. 2 та 3 співпадають).

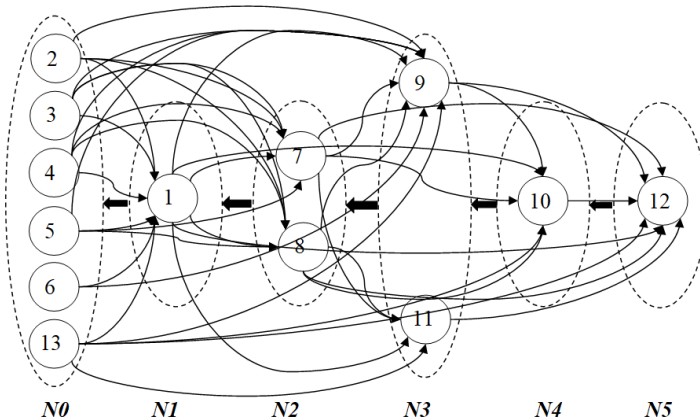


Рис. 3. Структурований граф взаємозв'язку елементів комп'ютерної системи визначення та контролю реологічних характеристик

Аналіз отриманого графу (див. рис. 3) довів, що всі елементи системи розподілені на 6 структурних рівнів, відповідно до класу вирішуваних завдань. Модель є основою для подальшої побудови на її

базі автоматизованих систем дослідження суднових технічних рідин, а також контролю їх підготовки перед подачею в паливну апаратуру.

Тому на основі розробленої структури інформаційної моделі системи визначення реологічних характеристик розроблено реальну модель, яку представлено у вигляді UML-діаграм (рис. 4), що полегшує її подальшу практичну реалізацію.

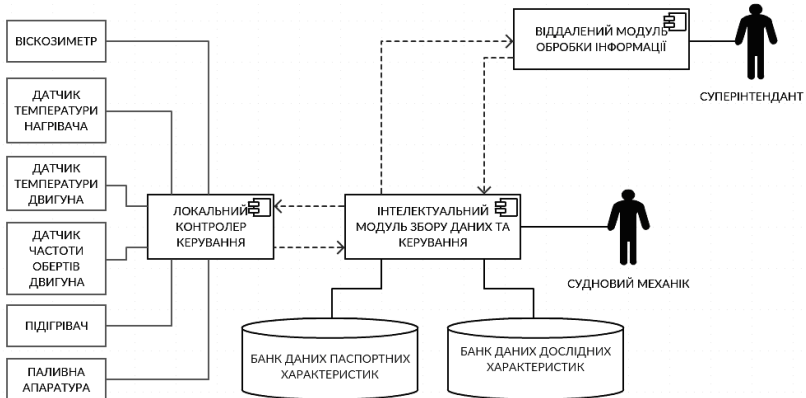


Рис. 4. UML-діаграма моделі інформаційної моделі системи визначення реологічних характеристик суднових технічних рідин

Наступним кроком було інтегровано розроблену модель в загальну структуру функціонування судна, яку представлено у вигляді результуючої UML-діаграми (рис. 5) та дозволяє в автоматичному режимі здійснювати вимірювання реологічних характеристик та передавати їх у відповідну базу даних.

Оскільки було розроблено нову систему, неприпустимо використання для вирішення завдань контролю та регулювання реологічних параметрів суднових технічних рідин застарілих суб'єктивних методів. Перспективною є розробка спеціальних методів, які дозволяють в автоматичному режимі керувати роботою паливної апаратури, особливо при роботі на важкому паливі. Для увявлення методу визначені основні функціональні елементи, які необхідні для побудови системи автоматичного визначення та контролю параметрів технічних суднових рідин.

Для полегшення опису методу спрощено систему шляхом об'єднання баз даних паспортних характеристик та баз даних дослідних ха-

рактеристик, об'єднання суднового механіка та суперінтенданта з судноплавної компанії в одну функціональну одиницю. Також при керуванні роботою паливної апаратури потрібен модуль завдання технічних вхідних даних і генератора документації. Так як віддалений модуль обробки інформації в контролі та керуванні участі не приймає, то він не розглядався.

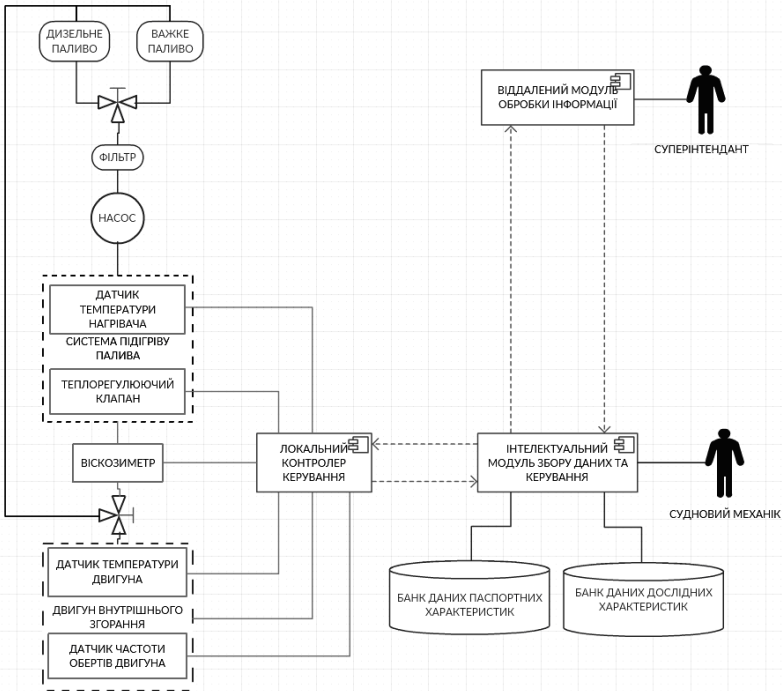


Рис. 5. UML-діаграма розгорнутої інформаційної моделі системи визначення та контролю реологічних характеристик судових технічних рідин

Реалізацію методу здійснено в такий спосіб:

- на початковому етапі механік ініціалізує роботу інтелектуального модуля збору даних та керування, який запускає процеси підготовки паливної апаратури до роботи;
- на другому етапі є можливість вибору режиму роботи – 1. Дослідження реологічних характеристик технічних судових рідин; 2. Контроль параметрів судових технічних рідин згідно отриманих дослідних даних.



Для опису взаємозв'язку між модулями на логічному рівні застосовано діаграми класів, за допомогою яких аналітики можуть показати деталі системи, а менеджери проектів – зрозуміти всю суть проекту. На діаграмі застосовуються один основний тип сутностей - класи, між якими встановлюються такі основні типи відносин:

- асоціація між класами (з безліччю додаткових подробиць);
- узагальнення між класами;
- залежності (різних типів) між класами і інтерфейсами [24, 26].

Таким чином, узагальнену систему можна представити у вигляді діаграми класів (рис. 6).

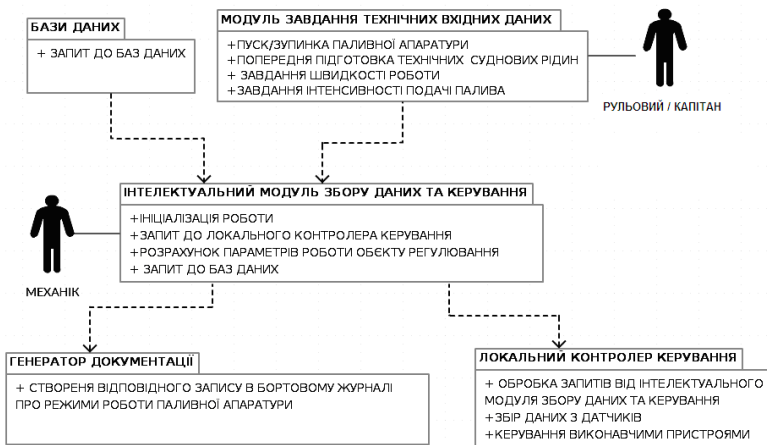


Рис. 6. Діаграма класів узагальненої системи автоматичного визначення та регулювання реологічних характеристик суднових технічних рідин

Можна будувати також більш загальні діаграми, що охоплюють всі системи або підсистеми [24, 25, 26].

Наявність інтелектуального модуля збору даних та керування дозволяє істотно спростити систему. В даному випадку на нього покладаються завдання проведення автоматизованих досліджень та на основі отриманих даних здійснювати ефективний контроль характеристик суднових технічних рідин в реальному часі за наявними інтелектуальним алгоритмом, який дозволяє гнучко контролювати показники в'язкості палива, що робить систему більш універсальною в порівнянні з попередніми розробками.

Для більшої деталізації процесів обміну інформації між класами та

розподілу їх в часі було розроблено діаграму послідовності (рис. 7), яка фактично є записом протоколу конкретного сеансу роботи системи. Важливим її аспектом є явне відображення плину часу. На відміну від всіх інших типів діаграм на діаграмі послідовності має значення не тільки наявність графічних зв'язків між елементами, але і взаємне положення елементів на діаграмі [25]. А саме, вважається, що є (невидима) вісь часу, за замовчуванням спрямована зверху вниз, і те повідомлення, яке відправлено пізніше, намальовано нижче.

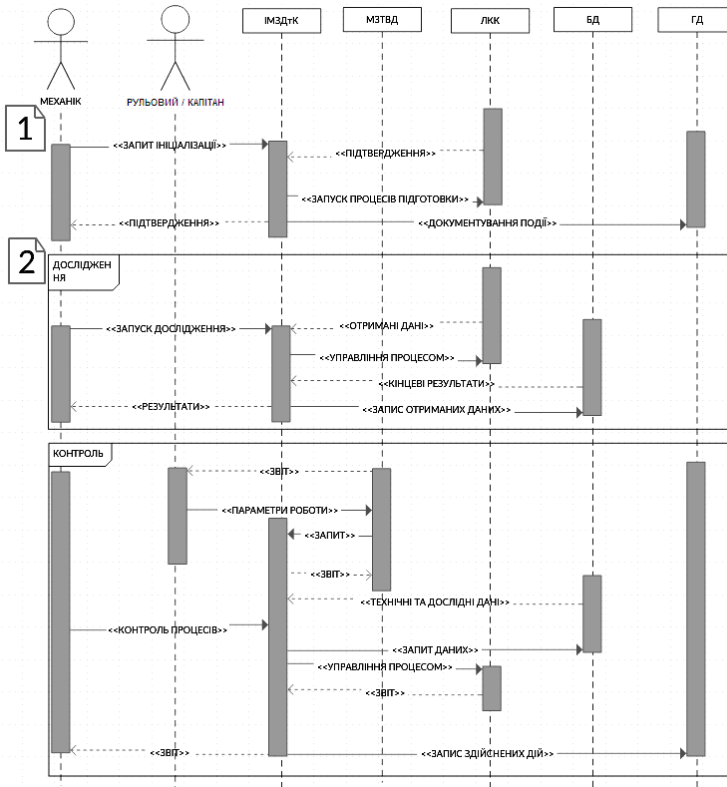


Рис. 7. Діаграма послідовності роботи системи автоматичного визначення та регулювання реологічних характеристик суднових технічних рідин: ІМЗДтК – інтелектуальний модуль збору даних та керування; БД – бази даних (база даних паспортних характеристик та база даних дослідних характеристик); МЗТВД – модуль завдання технічних вхідних даних; ЛКК – локальний контролер керування; ГД – генератор документації

Діяльність діаграми можна пояснити на прикладі процесу керування.

Перший етап – підготовка важкого палива [27, 28, 29].

Другий етап – контроль та експлуатація, на якому механік здійснює лише контроль за станом обладнання та слідкує за показниками вимірюваних параметрів.

Інтелектуальний модуль збору даних та керування, отримавши потрібні параметри роботи, надсилає запит до бази даних паспортних характеристик та бази даних дослідних характеристик, щоб визначити необхідні вимірювані значення, дотримання яких забезпечить очікувані параметри в'язкості. Наступний запит модуль посилає до локального контролера керування для отримання реальних показників у всіх точках вимірювання.

Отримавши всі дані, модуль проводить їх детальний аналіз та передає команди керування до локального контролера керування, який задіює вбудований ПД-регулятор виконавчими пристроями для точного дотримання потрібних параметрів.

В [22, 23] запропонована система визначення реологічних властивостей для лабораторних досліджень, яка дозволяє візуально уявити елементи системи та процесів, які в ній відбуваються, технологій та взаємозв'язків з різними системами передачі інформації від контролера до судового механіка. На базі структур розроблених моделей (див. рис. 4, 5), було побудовано UML - діаграму системи лабораторних досліджень [30] та інформаційну модель програмного забезпечення локального.

Для забезпечення всіх передумов до апаратно-програмної реалізації комп'ютерної системи розроблено узагальнені алгоритми визначення реологічних характеристик (рис. 8) та алгоритму його контролю в процесі експлуатації паливної апаратури (рис. 9).

Для кожного з алгоритмів початковий етап є спільним, оскільки він заключається в попередній підготовці технічних рідин – прогріванні їх до робочої температури і встановлення температури мастила близько 40°C.

Починаючи з цього моменту запускається подвійний програмний цикл, в якому температура палива поступово збільшується на всьому проміжку робочого діапазону температур. При цьому на кожному кроці ітерації циклу по збільшенню температури запускається ще один, внутрішній цикл, в якому плавно нарощується частота обертів трибо-технічного вузла, який в даному випадку слугує в якості навантаження на паливну систему та симулює роботу реального двигуна. При цьому, на кожному кроці внутрішнього циклу здійснюється опит всіх вимі-

рювальних приладів, та отримані дані записуються до бази даних дослідних характеристик.

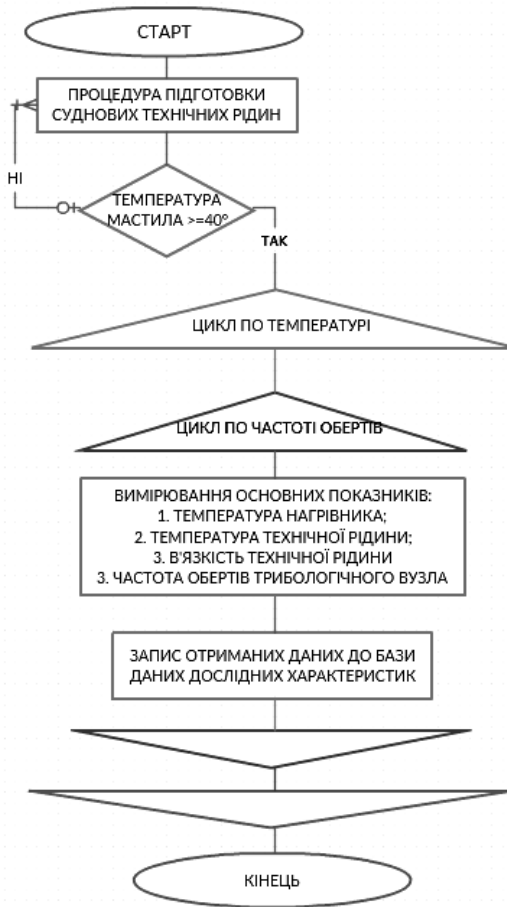


Рис. 8. Блок-схема алгоритму роботи комп'ютерної системи визначення реологічних характеристик в лабораторних умовах

У випадку використання системи для регулювання реологічних характеристик суднових технічних рідин під час експлуатації паливної апаратури, алгоритм буде здійснюватися наступним чином:

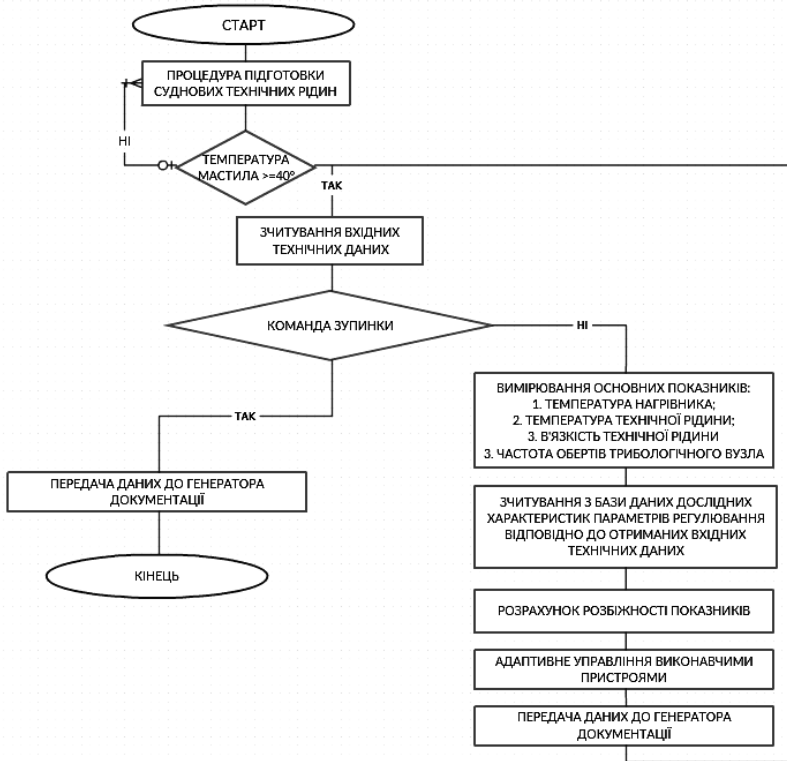


Рис. 9. Блок-схема алгоритму роботи комп'ютерної системи регулювання реологічних характеристик

Після завершення процедур попередньої підготовки технічних рідин, інтелектуальний модуль збору даних та керування очікує команди від модуля завдання технічних вхідних даних. Отримавши завдання, модуль здійснює вимірювання всіх можливих показників параметрів системи. На наступному кроці модуль звертається до баз даних дослідних характеристик, де здійснює пошук характеристик, які відповідають завданому режиму роботи паливної апаратури та оптимальному показнику в'язкості за даного режиму роботи. Для знайдених даних з отриманих залежностей визначається оптимальна температура нагрівника, після чого проводиться розрахунок розбіжності показників параметрів та проводиться адаптивне управління виконавчими пристро-

ями, що забезпечить дотримання технологічних умов підготовки палива та експлуатації паливної апаратури.

При надходженні від модуля завдання вхідних технічних даних команди зупинки двигунів, здійснюється завершення роботи безкінечного програмного циклу та перехід до коректного завершення програми.

Таким чином, розроблені алгоритми можна використовувати при розробці програмного забезпечення для інтелектуального модуля збору даних та керування.

#### ЛІТЕРАТУРА

#### REFERENCES

1. ViscoSense 2 Viscosity Measurement & Control Systems [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.mackaycomm.com/wp-content/uploads/2016/12/VAF\\_Instru\\_Viscosense2\\_Prod\\_Brochure\\_PB753\\_0214\\_Mackay.pdf](https://www.mackaycomm.com/wp-content/uploads/2016/12/VAF_Instru_Viscosense2_Prod_Brochure_PB753_0214_Mackay.pdf) (дата звернення: 24.06.2018).

2. Nikolskyi V. A system for determining the rheological characteristics of marine technical liquids / Vitalii Nikolskyi, Kyrylo Berezhnyi, Mark Nikolskyi, Oleg Bloschenko // Інформаційні технології та компютерне моделювання: матеріали статей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Івано-Франківськ, 14-18 травня 2018 року. – Івано-Франківськ: 2018. – С. 18 – 23.

3. Нікольський, В. В. Комп'ютерна система визначення реологічних характеристик суднових технічних рідин / В. В. Нікольський, К.Ю. Бережний, М.В. Нікольський // Інформаційні технології та компютерне моделювання: матеріали статей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Івано-Франківськ, 15-20 травня 2017 року. – Івано-Франківськ: 2017. – С. 261 – 264.

4. Арлоу Д. UML 2 и Унифицированный процесс. Практический объектно-ориентированный анализ и проектирование. 2-ое издание [Текст] / Джим Арлоу, Айла Нейшпгадт, – Санкт-Петербург: Символ-Плюс, 2007. – 624 с.

5. Айзерман М.А. Выбор вариантов: основы теории [Текст] / М.А. Айзерман, Ф.Т. Алексеев, – М.: Наука, 1990. – 240 с.

6. Амелина М.А. Конспект лекций по курсу Компьютерный анализ и синтез электронных устройств [Текст] / М.А. Амелина, часть 1. – Смоленск, 2005. – 120 с.

7. Волкова В.Н. Основы теории систем и системного анализа [Текст]: учебник / В.Н. Волкова, А.А. Денисов, изд. 2. – Спб.: Изд-во СПбГТУ, 1997. – 510 с.

8. Згуровський М. З. Основи системного аналізу [Текст] / М. З. Згуровський, Н. Д. Панкратова, – К.: Видавнича група ВНУ, 2007. – 544 с.

9. Ладанюк А. П. Основы системного анализа: навчальний посібник [Текст] / А. П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 176 с.

10. Левитин А. В. Алгоритмы: введение в разработку и анализ / пер. с англ. под ред. И. В. Красикова. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 576 с.

11. Миротин Л.Б. Системный анализ в логистике [Текст]: учебник / Л.Б. Миротин, Б.Э. Тышбаев. – М.: Экзамен, 2002. – 480 с.

12. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа [Текст]. – М.: Наука, 1981. – 488 с.

13. Перегудов Ф.И. Введение в системный анализ [Текст] / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. – М.: ВШ, 1989. – 363 с.

14. Романов В.Н. Системный анализ для инженеров [Текст]. – изд. 2-е, дополненное. – СПб: СЗГЗТУ. – 2006. – 186 с.

15. Сурмин Ю.П. Теория систем и системный анализ [Текст]: учебное пособие. – К.: МАУП, 2003. – 368 с.

16. Спицнадель В.Н. Основы системного анализа [Текст] / В.Н. Спицнадель. – М.: СПб.: Изд. дом «Бизнес-пресса», 2000. – 326 с.

17. Тимченко А.А. Основы системного проектування та системного аналізу складних об'єктів [Текст]: навчальне видання, книга 1 / А.А. Тимченко. – К. Либідь, 2000. – 270 с.

18. Хорошевский В. Г. Инженерный анализ функционирования вычислительных машин и систем. – М.: Радио и связь, 1987. – 256 с.

19. Шарапов О.Л. Системный анализ [Текст] / О.Л. Шарапов, Л.Л. Терехов, С.П. Сиднев. – К.: Вища школа, 1993. – 303 с.

20. Дидук В. А. Модели, методы и средства разработки архитектур реконфигурируемых гетерогенных компьютерных систем: дис. канд. техн. наук: 05.13.05. – Черкассы: ЧНТУ, 2011. – 269 с.

21. Дидук В. А. Концептуальная модель машиностроительного комплекса с единой технологической и по-жарно-охранной сетью сбора данных / В. А. Дидук, М. П. Мусиенко // Системні технології. Регіональний міжвузівський зб. наук. праць. – Дніпропетровськ, 2011. – С. 67 – 76.

22. Никольский М. В. Пьезоэлектрический вискозиметр / М.В. Никольский, К.Ю. Бережной // Наукові праці ЧДУ ім. Петра Могили. – Серія: “Комп’ютерні технології”. – Вип. 275. – Т. 287. – Миколаїв, 2016. – С. 60 – 63.

23. Нікольський М.В., Бережний К.Ю. Програмне забезпечення для визначення реологічних характеристик судових технічних рідин // Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. – 2017. – Вып. 23. - Одесса: НУ "ОМА". – С. 70 – 76.

24. Карл И. Вигерс. Разработка требований к программному

обеспечению. – Рус. ред., 2004. – 576 с.

25. Мацяшек Л.А. Анализ и проектирование информационных систем с помощью UML 2.0, 3-е изд.: Пер. с англ. – М. : ООО «И.Д. Вильямс», 2008. – 816 с.

26. Вил ван дер Аалст, Кейс ван Хей. Управление потоками работ: модели, методы и системы / Пер. с англ. В.А. Башкин, И.А. Ломазова. – М.: Физматлит, 2007. – 316 с.

27. Регулирование дизелей при работе на тяжелых сортах топлива [Электронный ресурс] // Энциклопедия промышленности. – 2017. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.krona-sm.com/oborudovanie/nasosy/regulirovanie-dizelej-pri-rabote-na-tyazhelyx.html>.

28. Подготовка топлива в судовых условиях [Электронный ресурс] // Морское агентство Транс-Сервис. – 2016. – Режим доступа до ресурсу: [https://www.trans-service.org/ru.php?section=info&page=s\\_s\\_u&subpage=sud\\_vspom\\_meh\\_01-01](https://www.trans-service.org/ru.php?section=info&page=s_s_u&subpage=sud_vspom_meh_01-01).

29. Митягин В. Г. Проблемы эксплуатации судовых дизелей на различных видах топлива / В. Г. Митягин, В. Н. Окунев, В. В. Мартянов. // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2011. – №3. – С. 49 – 53.

30. Бережний К.Ю., Нікольський В.В. Інформаційна модель системи визначення реологічних характеристик судових технічних рідин // Матеріали наук.-техн. конф. «Річковий та морський флот: експлуатація і ремонт», 22.03.2018, 23.03.2018. – Одеса: НУ «ОМА», 2018. – С. 246 – 248.