

**Древецький В.В., д.т.н., професор, Воробюк С.П., магістр, інженер 1-ої категорії** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

## **АВТОМАТИЧНИЙ АНАЛІЗАТОР ІНДЕКСУ В'ЯЗКОСТІ ОЛИВ**

Наведені результати дослідження спроектованого макету автоматичного аналізатора олив. Розроблено структуру аналізатора, алгоритм роботи програми обрахунку індексу в'язкості, людино-машинний інтерфейс. **Ключові слова:** індекс в'язкості, контролер, аналізатор, апроксимуючий поліном, дросельний мостовий перетворювач.

Приведены результаты исследования спроектированного макета автоматического анализатора масел. Разработана структура анализатора, алгоритм работы программы расчета индекса вязкости, человеко-машинный интерфейс.

**Ключевые слова:** индекс вязкости, контролер, анализатор, аппроксимирующий поленом, дросельный мостовой преобразователь.

The results of studies of designed model of automatic analyzer of oils are presented. The structure of the analyzer, the algorithm of the program for calculating viscosity index, man-machine interface is developed.

**Keywords:** viscosity index, controller, analyzer, approximating polynomial, throttle bridge converter.

**Індекс в'язкості (ІВ)** – безрозмірна умовна величина, що характеризує ступінь зміни в'язкості олив із зміною температури та нахил в'язкісно-температурної кривої. Чим менше змінюється в'язкість із зміною температури, тим вище індекс в'язкості. Якісними (за в'язкісно-температурними властивостями) є оливи з індексом в'язкості більше за 100. Насамперед, це всесезонні мастила з індексом в'язкості вище 125. Сезонні оливи (зимні, літні) можуть мати індекс в'язкості менше 100.

З метою покращення в'язкісно-температурних характеристик олив та підвищення індексу в'язкості готують так звані згущені оливи. Їх отримують із маловязкісних індустриальних мастил типу веретенного, турбінного, трансформаторного та інших з високим індексом в'язкості шляхом додавання в'язкісних полімерних присадок. Наприклад, марка оливи М-5з/10Г1 означає, що вона має товарну в'язкість, рівну  $10 \text{ мм}^2/\text{с}$  при  $100^\circ \text{ С}$  і виготовлена із масла з початковою в'язкістю  $5 \text{ мм}^2/\text{с}$  при  $100^\circ \text{ С}$  добавкою в'язкісних присадок (буква з – згущене). Згущені масла готують для всесезонного використання. Згідно із чинним державним стандартом [1] основні фізико-хімічні показники якості мастил, що контролюються наведені в табл. 1.

Фізико-хімічні показники якості олив

Показник	Одиниця вимірювання	Позначення показника
Кінематична в'язкість	мм <sup>2</sup> /с	V <sub>t</sub>
Індекс в'язкості	-	ІВ
Густина	кг/м <sup>3</sup>	ρ
Кислотне число	мг КОН/г продукту	КЧ

**В даний час** індекс в'язкості визначається згідно чинного міждержавного стандарту [2] шляхом обрахунку із використанням попередньо вимірених значень в'язкості при температурах 40<sup>0</sup> С та 100<sup>0</sup> С, коефіцієнтів взятих із таблиць та аналітичних виразів. Процес розрахунку індексу в'язкості досить тривалий та складний, тому метою даної роботи є розробка аналізатора індексу в'язкості олив, який здійснює вимірювання неперервно в режимі реального часу.

**Для реалізації в автоматичному режимі** обрахунку індексу в'язкості розроблено макет автоматичного аналізатора, який ґрунтується на гідродинамічному методі вимірювання в'язкості [3]. Структурна схема аналізатора наведена на рис. 1.

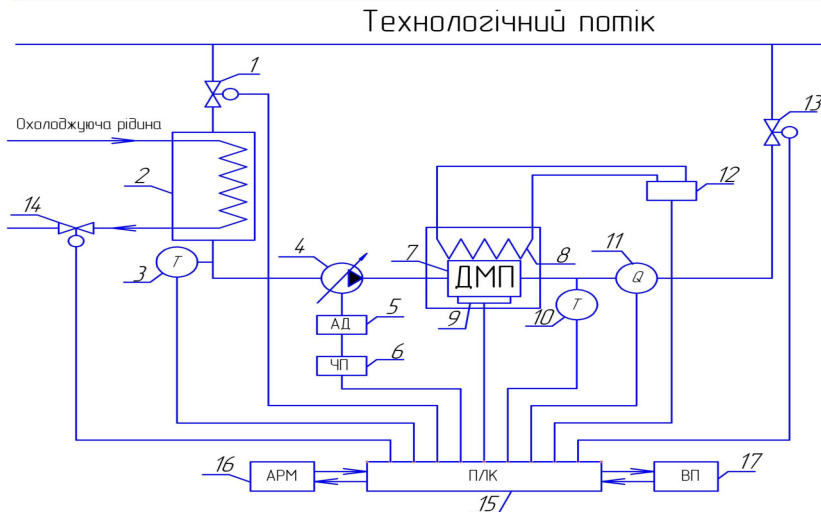


Рис. 1. Структурна схема аналізатора мастил:

де 1 – вхідний клапан; 2 – холодильна установка; 3 – датчик температури; 4 – насос; 5 – асинхронний двигун; 6 – частотний перетворювач; 7 – дросельний мостовий перетворювач (ДМП); 8 – нагрівальний елемент; 9 – блок вихідних сигналів ДМП; 10 – датчик температури; 11 – витратомір; 12 – керуюче реле; 13 – випускний клапан; 14 – клапан циркуляції охолоджуючої рідини; 15 – програмований логічний контролер (ПЛК); 16 – автоматизоване робоче місце (АРМ); 17 – вторинні прилади (ВП)

Робота аналізатора в'язкості досліджуваного мастила відбувається за наступним алгоритмом: спочатку відкривається вхідний клапан 1, після чого з технологічного потоку починається відбір аналізованого середовища. Відразу ж відбувається відкриття клапана на виході із аналізатора для забезпечення прокачування нафтопродукту. Давач температури 3 передає сигнал про температуру на виході із холодильної установки на ПЛК 15. Якщо температура на вході в перетворювач вище від 40<sup>0</sup> С, то досліджуване середовище охолоджується. Це відбувається шляхом відкриття клапана запуску циркуляції охолоджуючої рідини. Прокачування мастила через аналізатор відбувається завдяки насосові 4 і системі керованого електропривода, до складу якої входить асинхронний двигун 5 та частотний перетворювач 6. Чутливим елементом системи є дросельний мостовий перетворювач 7 [4]. Підігрів нафтопродукту в ДМП забезпечує нагрівальний елемент 8, режим роботи якого забезпечується керуючим реле 12. Стабілізація температури відбувається за ПІД-законом регулювання. Вихід з програмно-реалізованого в ПЛК ПІД-імпульсного регулятора поступає на керуюче реле 12 і таким чином відбувається чергування в часі увімкнених та вимкнених станів нагрівача. Настроювання ПІД регулятора підбираються експериментальним шляхом так, щоб забезпечити мінімальний час перехідного процесу та максимальну точність стабілізації температури. Сигнал зворотного зв'язку із реальним значенням температури надходить на ПЛК із давача температури 10, розташованого на виході із ДМП. Всі інші сигнали які формує чутливий елемент на ПЛК передає блок вихідних сигналів ДМП 9. До них належать значення сигналу розбалансу та загального перепаду тиску на перетворювачі. Зрівноваження мостової схеми відбувається за допомогою ПІД-неперервного управління, реалізованого в керуючій програмі записаній в ПЛК. Витрата вимірюється високоточним витратоміром 11, оскільки її значення містить в собі інформацію про кінематичну в'язкість досліджуваного середовища. ПЛК 15 по промисловій мережі передає дані на автоматизоване робоче місце 16, де вони відображаються у зручній для оператора формі. Також передбачено індикацію основних вимірювальних параметрів аналізатора на встановлених по місцю вторинних приладах.

Під час роботи аналізатор вимірює в'язкість мастила при температурі 20<sup>0</sup> С, 40<sup>0</sup> С та 100<sup>0</sup> С. Значення в'язкості при температурі 20<sup>0</sup> С, зазвичай, відбувається після примусового охолодження нафтопродукту та його подальшого підігрівання. Величини в'язкості продукту при 40<sup>0</sup> С та 100<sup>0</sup> С використовуються аналізатором для розрахунку індексу в'язкості оливи. Алгоритм роботи програми обрахунку індексу в'язкості (рис. 2.) відображає логічні операції, що виконуються в роботі аналізатора.

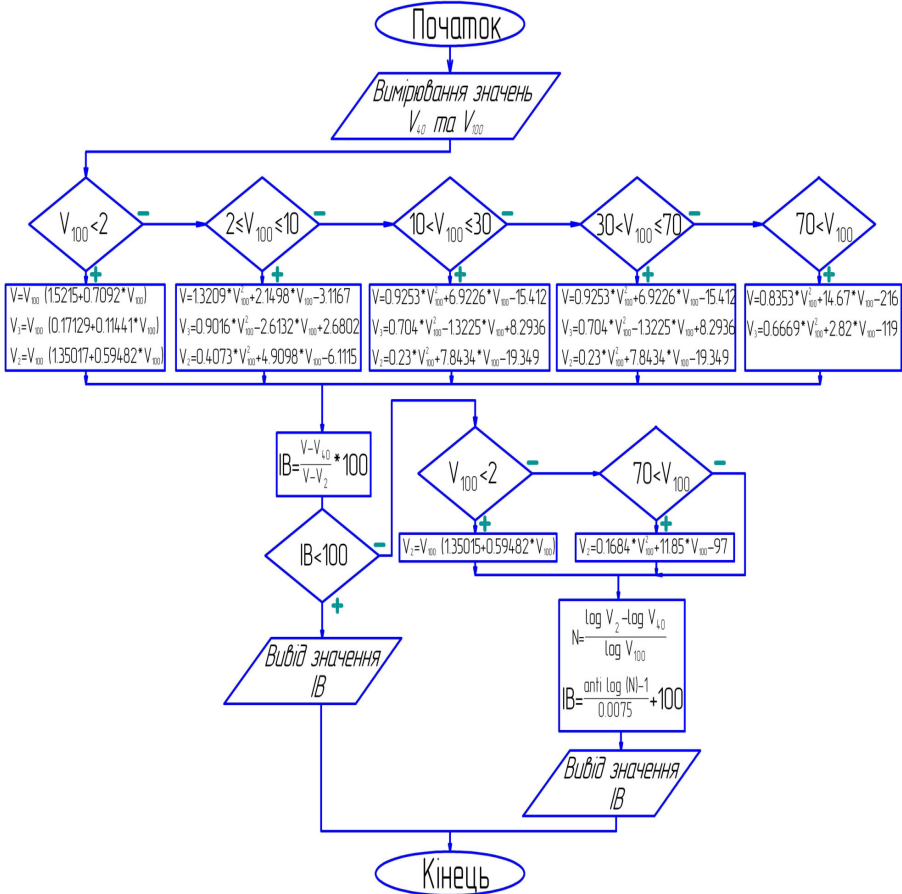


Рис. 2. Блок-схема алгоритму роботи програми обрахунку ІВ мастил

Програма працює наступним чином: на початку відбувається вимірювання значень в'язкості нафтопродукту при  $40^{\circ}\text{C}$  ( $V_{40}$ ) та при  $100^{\circ}\text{C}$  ( $V_{100}$ ). Отримане значення в'язкості при  $100^{\circ}\text{C}$  визначає діапазон, відповідно до якого обираються формули для обрахунку коефіцієнтів  $V$ ,  $V_3$  та  $V_2$ . Далі обрахунок ведеться за формулою дійсною для методу А [2].

Якщо після обрахунку значення індексу в'язкості менше або рівне за 100, то отримане значення і є дійсним значенням ІВ масла. При цьому програма обрахунку виводить отримане значення індексу та завершує свою роботу.

Коли ж при обчисленні виявляється, що ІВ більше за 100, тоді програма починає обрахунок за методом Б [2]. Відповідно до нього спочат-

ку перевіряються межі, в яких знаходиться значення  $V_{100}$ . Якщо вони відповідають заданим інтервалам, значення коефіцієнту  $V_2$  обраховується за новими залежностями. Якщо ж  $V_{100}$  не належить цим інтервалам – значення коефіцієнту  $V_2$  залишається таким, яке було вже обраховано в методі А. Після уточнення коефіцієнту  $V_2$  ведеться обрахунок допоміжного параметру  $N$ , а на його основі – індексу в'язкості мастила за методом Б. Отримане значення програма виводить для сприйняття оператором на екран АРМ, після чого завершує свою роботу.

Для всього діапазону в'язкості олив при температурі  $100^\circ \text{C}$  було отримано 5 областей для розрахунку коефіцієнтів апроксимуючих поліномів. Коефіцієнти  $V$ ,  $V_3$ ,  $V_2$ , які використовуються при обрахунку індексу в'язкості, визначаються за допомогою полінома другого порядку

$$V_x = aV_{100}^2 + bV_{100} + c, \quad (1)$$

де  $V_x$  – допоміжний коефіцієнт;  $V_{100}$  – в'язкість досліджуваної оливи при  $100^\circ \text{C}$ ,  $a$ ,  $b$  і  $c$  – коефіцієнти полінома [5]. Значення даних коефіцієнтів наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Коефіцієнти апроксимуючих поліномів

Допоміжні коефіцієнти та межі області їх значень для $V_{100}$ , сСт	Апроксимуючі коефіцієнти			Достовірність апроксимації, $R^2$
	$a$	$b$	$c$	
$V$ , (0 ÷ 2)	<b>0,7092</b>	<b>1,5215</b>	<b>0</b>	-
$V$ , [2 ÷ 10]	<b>1,3209</b>	<b>2,1498</b>	<b>-3,1167</b>	0,9994
$V$ , (10 ÷ 30]	<b>0,9253</b>	<b>6,9226</b>	<b>-15,412</b>	1
$V$ , (30 ÷ 70]	<b>0,9307</b>	<b>4,6129</b>	<b>54,883</b>	0,9999
$V$ , (70 ÷ ∞)	<b>0,8353</b>	<b>14,67</b>	<b>-216</b>	-
$V_3$ , (0 ÷ 2)	<b>0,11441</b>	<b>0,17129</b>	<b>0</b>	-
$V_3$ , [2 ÷ 10]	<b>0,9016</b>	<b>-2,6132</b>	<b>2,6802</b>	0,9987
$V_3$ , (10 ÷ 30]	<b>0,704</b>	<b>-1,3225</b>	<b>8,2936</b>	1
$V_3$ , (30 ÷ 70]	<b>0,6879</b>	<b>-0,1336</b>	<b>-15,013</b>	1
$V_3$ , (70 ÷ ∞)	<b>0,6669</b>	<b>2,82</b>	<b>-119</b>	-
$V_2$ , (0 ÷ 2)	<b>0,59482</b>	<b>1,35017</b>	<b>0</b>	-
$V_2$ , [2 ÷ 10]	<b>0,4073</b>	<b>4,9098</b>	<b>-6,1115</b>	0,9997
$V_2$ , (10 ÷ 30]	<b>0,23</b>	<b>7,8434</b>	<b>-19,349</b>	1
$V_2$ , (30 ÷ 70]	<b>0,1768</b>	<b>10,763</b>	<b>-60,867</b>	1

Коефіцієнти, для яких не наведено значень величини достовірності апроксимації, взято із чинного державного стандарту [2].

Автоматизоване робоче місце оператора реалізовано засобами сучасної системи керування та збору даних SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) Trace Mode 6. Система диспетчерського управління та збору даних дає змогу провести обробку та зручне представлення отриманих з конт-

ролера даних. Вся зібрана інформація архівується відповідно до часу свого надходження в SCADA систему.

В склад монітору реального часу супервізора входять наступні екрани: основна мнемосхема роботи багатофункціонального аналізатора показників якості нафтопродуктів, тренди відображення кінематичної в'язкості та температури, екран завдання параметрів досліджуваного нафтопродукту, тренди загального перепаду тиску та динамічної в'язкості, зміни тиску в індикаторній діагоналі.

В якості програмованого логічного контролера (ПЛК) використовується VIPA 114-6BJ02, що являє собою малоканалний багатофункціональний універсальний програмно-апаратний засіб. Обмін даними в реальному часі між SCADA-системою та контролером VIPA System 100V ґрунтується на програмних технологіях зв'язування і вбудовування об'єктів для систем промислової автоматизації технологічних процесів (OLE for Process Control).

Віра OPC-сервер, в основі котрого лежить технологія DA (Data Access), служить універсальним фіксованим програмним інтерфейсом, що забезпечує збір технологічних даних, передачу команд керування та виконання заданих процедур на основі стану каналів зв'язку [4].

**В ході дослідження** розроблено аналізатор індексу в'язкості олив, який здатний забезпечити обрахунок ІВ в автоматичному режимі. АРМ спроектовано таким чином, що на ньому відображаються основні фізико-хімічні показники якості олив. Індекс в'язкості обраховується періодично після натискання керуючої клавіші, що запускає алгоритм вимірювання, інші параметри відображаються на мнемосхемі неперервно в часі.

1. ДСТУ 4106-2002 “Оливи мастильні. Номенклатура показників” 2. ГОСТ 25371-97 «Нефтепродукты. Расчет индекса вязкости по кинематической вязкости» Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Минск.
3. Древецький В. В. Гідродинамічна інформаційно-вимірвальна система фізико-механічних параметрів рідин / Приладобудування – 2006: стан і перспективи. – 2006. – С. 128-129.
4. Древецький В. В. Система комплексного контролю фізичних параметрів нафтопродуктів / В. В. Древецький, М. М. Клепач, С. П. Воробюк // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції. – Вінниця, 2010. – С. 33-34.
5. Воробюк С. П. Удосконалення методики визначення індексу в'язкості нафтопродуктів / С. П. Воробюк, В. В. Древецький // Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції «Інтегровані інтелектуальні роботи технічні комплекси», Київ, 2011. – С. 133-135.

Рецензент: д.т.н., проф. Кованько В.В. (НУВГП)