

В'ЯЗКІСТЬ

Шифр роботи

КОНКУРСНА РОБОТА

з теми: «ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ В'ЯЗКОСТІ
АВТОМОБІЛЬНИХ МАСЕЛ»

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	3
ВСТУП	4
1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ В'ЯЗКОСТІ	6
2 РОЗРОБКА ВІСКОЗИМЕТРА	10
3 РЕАЛІЗАЦІЯ ВИМІРЮВАЧА В'ЯЗКОСТІ ТА ВИБІР СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ	16
ВИСНОВКИ	22
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	24
Додаток А – Зовнішній вигляд макетного зразка віскозиметра	25

АНОТАЦІЯ

Конкурсна робота присвячена розробці пристрою для вдосконалення вимірювання досліджуваного параметра – в'язкості ньютонівських та неньютонівських рідин.

Актуальність досліджуваної теми формулює мету роботи як підвищення ефективності роботи ротаційного віскозиметра за рахунок розширення його функціональних можливостей, підвищення точності вимірювань при різних швидкостях зсуву досліджуваної рідини і розширення діапазону вимірюваних значень в'язкості при дослідженні як ньютонівських, так і неньютонівських рідин. Тим самим, завданням роботи є розробка конструкції віскозиметра, що реалізує поставлену мету.

Для цього було проведено всебічне вивчення досліджуваного параметра, оцінка його метрологічних характеристик, принципів вимірювання, якості та властивості, вибір найбільш актуального методу вимірювання в'язкості рідини та розробка пристрою. Був виконаний порівняльний аналіз для зіставлення характеристик, а також виявлення відмінностей, переваг та недоліків існуючих методів вимірювання. В ході вивчення і проведення аналізу існуючих принципів вимірювання був обраний найбільш відповідний – ротаційний метод, завдяки простоті його конструкції та застосуванню. За допомогою даного методу зручніше вимірювати динамічну (абсолютну) в'язкість, яка ніяк не залежить від щільності самої речовини та визначає опір, що виникає при переміщенні з певною швидкістю шарів. Також було виявлено ряд інструментальних похибок, які виникають в ротаційних віскозиметрах. Сформульовано висновок про результат дослідження та розробки, а також за допомогою яких тестів можливо модернізувати систему вимірювання.

ВСТУП

Властивості кожної рідини можуть бути охарактеризовані цілим комплексом різноманітних фізичних величин: значеннями щільності, в'язкості, електропровідності, теплоємності, поверхневого натягу і т.д. На сучасному етапі розвитку технологій вимір в'язкості рідини є актуальним завданням в різних областях життєдіяльності людини: автомобільній, нафтогазовій, авіаційній, харчовій, медичній та ряді інших галузях промисловості.

В'язкість – одна з основних характеристик в автомобільній промисловості, по якій обирають мастильну рідину. Правильний підбір в'язкості забезпечує нормальну роботу двигуна з мінімальними механічними втратами, надійний захист деталей та нормальні витрати палива. Для того, щоб підібрати оптимальне масло, необхідно ретельно розібратися в понятті в'язкості рідини.

В'язкість (внутрішнє тертя) – це властивість текучих тіл (рідин і газів) чинити опір переміщенню однієї їх частини щодо іншої.

При русі тіла в рідині виникає сила протидії цьому руху. Одне і те ж тіло, що рухається з однією і тією ж швидкістю в різних рідинах, відчуває різний опір руху: чим більш «в'язка» рідина, тим більший опір відчуває тіло. Збільшення швидкості руху тіла збільшує опір середовища. Рух тіла захоплює за собою частки середовища і приводить в рух її шари відносно один одного. При цьому різні верстви рідини мають різні швидкості руху.

В'язкість – величина непостійна та змінюється в залежності від температури масла, наявності в її складі домішок та значення ресурсу (пробігу двигуна на даному обсязі). Вона може бути кінематичною, динамічною, умовною та питомою. Однак найчастіше для вибору того чи іншого масла користуються показниками кінематичної або динамічної в'язкості. Їх ще називають низькотемпературною та високотемпературною в'язкістю відповідно.

Відповідно до офіційного визначенням, динамічна в'язкість (вона ж абсолютна) характеризує силу опору маслянистої рідини, яка виникає під час руху двох шарів масла, віддалених на відстань один сантиметр, і рухаються зі

швидкістю 1 см/с. Одиниця її виміру – Па·с (мПа·с). Тестування окремих зразків виконується на спеціальному обладнанні – віскозиметрі.

Кінематична в'язкість – це опір течії рідини під дією гравітаційних сил (фактично ця величина показує час, за який деяка кількість рідини виливається через отвір певного діаметра), її розмірність в системі СІ виражається у см²/с. Одиницю кінематичної в'язкості називають Стоксом (Ст), 1 Ст = 100 Сст (сантістокс). Практичною одиницею виміру кінематичної в'язкості є сантістокс (сСт). 1 Ст дорівнює 10⁻⁴ м²/с.

Властивості аномальних рідин вивчає реологія (від грец. Rheos – потік, перебіг і logos – слово, вчені) – наука про деформації і плинності речовини. Реологія розглядає процеси, пов'язані з необоротними залишковими деформаціями і перебігом різноманітних вузьких і пластичних матеріалів. Віскозиметрія є частиною реології, тому однією з найважливіших завдань вимірювання в'язкості рідини є визначення її реологічних властивостей. Щоб оцінити властивості рідини, часто застосовується ротаційний віскозиметр для вимірювання в'язкості ньютонівських (в'язкості, незалежна від зсуву) або неньютонівських рідин (в'язкості, що залежить від зсуву).

У багатьох випадках від точності підтримки даного параметра істотно залежить якість продукції, що випускається. Однак існуючий на даний час арсенал технічних засобів, здатних здійснювати оперативний контроль в'язкості, невеликий, а нечисленні зразки віскозиметрів, придатних для цих цілей, мають невисокі метрологічні характеристики або ж незадовільні експлуатаційні показники [1].

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ В'ЯЗКОСТІ

Проблема створення технічних засобів, що забезпечують надійне і точне вимірювання в'язкості різних рідин та здатних інтегруватися в сучасні системи управління технологічними процесами, залишається досить актуальною.

На даний час для вимірювання в'язкості застосовуються такі методи, як ротаційний, капілярний, метод падаючої кульки, вібраційний, ультразвуковий, а також методи пенетрації та пластометрії [2].

В таблиці 1.1 представлені деякі порівняльні характеристики різних видів віскозиметрів.

Таблиця 1.1 – Порівняльні характеристики віскозиметрів

Модель	Діапазон	Похибка вимірювання	Примітка
Віскозиметри з падаючим кулькою			
Visco Ball (Іспанія)	1-100000 мПа·с	1,5%	Діапазон вказано для кульок, що зроблені з різних матеріалів. Характеризуються істотною нестабільністю статичної характеристики.
Норплер KF (Австрія)	0,6-70000 мПа·с	2%	
Ротаційні віскозиметри			
Visco Basic Plus (Іспанія)	20-30000 мПа·с	до 3%	Придатні тільки для вимірювання відносної в'язкості рідини в лабораторних умовах.
ВСН-3 (Росія)	1-400 мПа·с	5%	

Продовження таблиці 1.1

Модель	Діапазон	Похибка вимірювання	Примітка
Капілярні віскозиметри			
Hallikainen (Англія)	1-1100 мПа·с	1% (від верхньої межі робочого діапазону)	Заявлені показники точності викликають сумнів, оскільки за допомогою насоса неможливо забезпечити без пульсацій, строго постійну подачу робочої рідини через капіляр. Непридатні для використання в якості лабораторного приладу.
Ovaltrol (Японія)	1-1000 мПа·с		
Вібраційні віскозиметри			
A&D (Японія)	0,3-3000 мПа·с	5%	Характеризуються високою похибкою вимірювання і нестабільністю статичної характеристики.
ВВН-8 (Росія)	0,001-20 мПа·с	2,5%	

Аналіз існуючих методів вимірювання показав, що одним з найбільш точних, оперативних і перспективних методів контролю реологічних параметрів є ротаційний метод, який заснований на застосуванні методу прямих вимірювань в'язкості середовища шляхом розгляду особливостей сдвигового руху матеріалу в кільцевому каналі робочої області віскозиметра.

Суть методу полягає у вимірюванні сили, що діє на ротор під час його обертання з постійною кутовою швидкістю в рідині. Ротаційні віскозиметри використовуються для вимірювання в'язкості ньютонівських (в'язкість не залежить від напруги зсуву) і неньютонівських (в'язкість залежить від напруги зсуву) рідин. При вимірюванні в'язкості визначається момент сили M (крутний момент), виражений в ньютон-метрах ($N\cdot m$), який пропорційний куту, на який повертається внутрішній циліндр [3].

Перевагами таких ротаційних віскозиметрів є їх компактність, можливість автоматизації, невелика витрата рідини, відтворення в середовищі рівномірної швидкості зсуву, легкість здійснення необхідного температурного режиму, можливість визначення багатьох реологічних параметрів. Також вони мають і ряд недоліків, таких як необхідність урахування кінцевого ефекту поблизу торця, непридатність для дослідження грубо дисперсійних суспензій і необхідність ретельної підготовки рідин до проведення експерименту (інакше результати вимірювань можуть виявитися невідтворювальними) [4].

Все це знижує точність вимірювання в'язкості, тому для підвищення точності та якості проведення вимірювань можна використати нові методи і принципи вимірювання. Виділяються два шляхи підвищення точності засобів вимірювань. Перший полягає в підвищенні, тими чи іншими способами (в основному конструктивними), точності та стабільності засобів вимірювань. Відмітна риса такого підходу – це відсутність у складі засобів вимірювань структурної надмірності (избыточности), тобто вони містять тільки ті блоки та вузли, які необхідні для виконання операції вимірювання. Однак в даний час можливості такого підходу в значній мірі вичерпані. Другий шлях – введення надмірності (избыточности) вимірювань, тобто в результаті виконання додаткових операцій вимірювань і обробки їх результатів за певними алгоритмами виникає можливість підвищення точності засобів вимірювань без поліпшення метрологічних характеристик окремих вузлів засобів вимірювань.

Другий підхід є більш перспективним, оскільки він дозволяє відмовитися від застосування мер електричних величин високої точності та використати мери нижчого класу точності при побудові еталонних засобів вимірювання, а також в окремих випадках забезпечує можливість децентралізованого відтворення одиниці відносної (безрозмірної) величини, завдяки наявності в вимірювальній системі структурної надмірності [5].

Серед структурних методів підвищення точності вимірювань найбільш ефективним є тестовий. Цей метод застосовується в різних вимірювальних системах для вимірювань як електричних, так і неелектричних величин. Сутність

тестового методу полягає у визначенні параметрів статичної функції перетворення за допомогою додаткових перетворень тестів, кожен з яких функціонально пов'язаний з вимірюваною величиною. У реальних умовах експлуатації засоби вимірювань значення параметрів статичної функції перетворення відрізняються від своїх номінальних значень внаслідок впливу різних зовнішніх факторів, старіння елементів і т.п. Тестовий метод дозволяє знизити систематичні і так звані квазісистематичні похибки [6].

Тому для підвищення точності вимірювання в'язкості за допомогою ротаційного віскозиметра спробуємо використати тестовий метод.

2 РОЗРОБКА ВІСКОЗИМЕТРА

У даній роботі поставлена мета підвищення точності вирішується із застосуванням тестового методу. На його основі розроблений ротаційний віскозиметр, що містить жорстко закріплену циліндричну камеру 1 з неферромагнітного матеріалу, що заповнюють аналізованою рідиною 2, в яку занурений коаксиально закріплений в опорах циліндричної камери і жорстко з'єднаний з якорем двигуна постійного струму 3 рухливий сприймаючий елемент 4 у вигляді тонкостінного циліндра з провідного неферромагнітного матеріалу, безконтактну систему 5 виміру періоду обертання рухомого сприймаючого елемента, вимірник 6 та кероване джерело 7 струму якоря двигуна постійного струму і пристрій 8 управління та індикації. У конструкцію додатково введені прецизійний дозатор 9 аналізованої рідини, дві електромагнітні котушки 10 і кероване джерело струму гальмування 11, керуючі входи дозатора і джерела струму гальмування з'єднані з виходами пристрою управління та індикації, а електромагнітні котушки закріплені навпроти одна одної на зовнішній стороні циліндричної камери, та з'єднані з виходом джерела струму гальмування. На рисунку 2.1 зображена блок-схема даного віскозиметра.

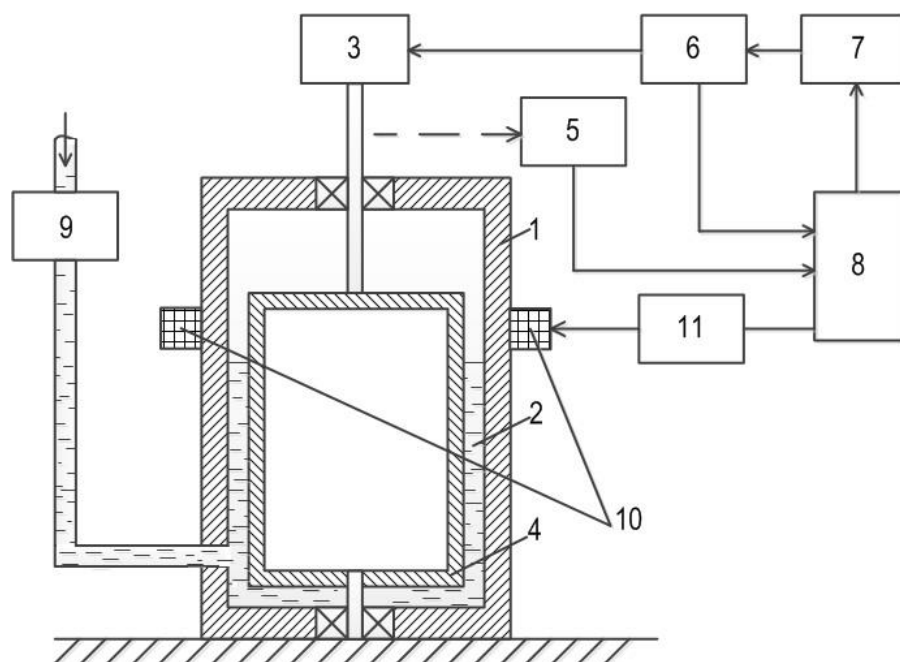


Рисунок 2.1 – Блок-схема ротаційного віскозиметра

Для внесення мультиплікативного тестового впливу використаний прецизійний дозатор аналізованої рідини, а для внесення адитивного тестового впливу – дві електромагнітні котушки, підключені послідовно до виходу керованого джерела струму гальмування.

Робота віскозиметра полягає в наступному: при обертанні рухомого сприймаючого елемента 4 в нерухомій камері 1, зануреного в аналізовану в'язку рідину 2 на глибину L , йому через рідину передається момент опору M_0 , який пропорційний в'язкості рідини η і кутової швидкості його обертання ω та обчислюється за формулою:

$$M_0 = K_r \cdot L \cdot \omega \cdot \eta, \quad (2.1)$$

де K_r – постійний коефіцієнт, що залежить від величини радіусів камери 1 та елемента 4;

η – значення в'язкості досліджуваної рідини;

L – глибина занурення рухомого елемента;

ω – швидкість обертання рухомого елемента.

Цей момент врівноважує крутний момент $M_{кр}$, що створюється двигуном постійного струму та пропорційний струму його якоря, який можна визначити з формули:

$$M_{кр} = K_d \cdot I_a, \quad (2.2)$$

де K_d – крутизна характеристики навантаження двигуна;

I_a – струм якоря двигуна.

Звідси вираз для обчислення значення в'язкості рідини має наступний вигляд:

$$\eta = \frac{K_D \cdot I_{Я}}{K_{\Gamma} \cdot L \cdot \omega} = \frac{K_D \cdot I_{Я} \cdot T}{K_{\Gamma} \cdot L \cdot 2\pi}, \quad (2.3)$$

де T – період обертання якоря двигуна.

Визначати в'язкість рідини цим віскозиметром можна або вимірюючи струм якоря двигуна при постійній кутовий швидкості обертання елемента – метод постійної швидкості деформації, або період обертання елемента при сталості струму живлення якоря – метод сталості крутного моменту. При реологічних дослідженнях рідин необхідно поєднання обох методів, оскільки воно дозволяє підвищити точність їх результатів та вивчати в'язкопружні властивості рідин з незруйнованої структурою методом сталості крутного моменту, а процеси руйнування і режим сталого плинину методом постійної швидкості деформації.

При визначенні в'язкості досліджуваної рідини методом постійної швидкості деформації кероване джерело струму якоря, безконтактна система вимірювання періоду обертання і пристрій управління та індикації утворюють систему автоматичного регулювання швидкості обертання двигуна, що забезпечує встановлення заданої швидкості обертання рухомого сприймаючого елемента. При досягненні заданої швидкості обертання струм якоря двигуна виявляється пропорційним в'язкості аналізованої рідини. Величина струму визначається вимірювачем, по вихідному сигналу якого пристрій проводить вимір та індикацію значення в'язкості відповідно до вираження:

$$\eta = \frac{K_D \cdot T}{K_{\Gamma} \cdot L \cdot 2\pi} \cdot I_{Я} = K_{\omega} \cdot I_{Я}, \quad (2.4)$$

де K_{ω} – коефіцієнт, постійний для заданого режиму вимірювань.

При визначенні в'язкості досліджуваної рідини методом сталості крутного моменту кероване джерело струму якоря, вимірювач струму якоря та пристрій

управління і індикації утворюють систему автоматичного регулювання струму якоря двигуна, що забезпечує створення заданого значення крутного моменту двигуна. При встановленні заданого струму та стабілізації швидкості обертання рухомого сприймаючого елемента, період його обертання вимірюється за допомогою безконтактної (наприклад, фотоелектронної) системи вимірювання періоду обертання. (Система вимірювання періоду не повинна створювати додаткових моментів на деталі віскозиметра, що обертаються). За вихідним сигналом системи пристрій виробляє обчислення та індикацію значення в'язкості відповідно до вираження:

$$\eta = \frac{K_D \cdot I_A}{K_T \cdot L \cdot 2\pi} \cdot T = K_M \cdot T, \quad (2.5)$$

де K_M – коефіцієнт, постійний для заданого режиму вимірювань.

Оскільки, вимірювання струму якоря двигуна та періоду обертання елемента виконуються з малими похибками, тому підвищення точності віскозиметра здійснюється шляхом зниження похибки перетворення в'язкості у струм якоря або в період обертання. Для цього як раз використаний один з структурних методів зменшення похибок – тестовий метод, який заснований на додаткових вимірах з використанням спеціальних вимірювальних сигналів: мультиплікативних та адитивних тестів.

При роботі в режимі постійної швидкості деформації формується мультиплікативний тест шляхом зміни глибини занурення L рухомого сприймаючого елемента в аналізовану рідину. Для цього вимірювання проводяться два рази. При першому вимірюванні дозатор за сигналом пристрою управління і індикації заливає в камеру точно відомий обсяг рідини, що забезпечує глибину занурення $L_1 \geq L_{\min}$, а при другому вимірюванні збільшує об'єм рідини до заданого рівня $L_2 \leq L_{\max}$, де при $L = L_{\min}$ рідина повністю заповнює зазор між днищами циліндрів, а при $L = L_{\max}$ покриває бічні поверхні циліндрів до рівня розташування електромагнітних котушок.

В результаті цих процедур виходять два значення струму якоря:

$$I_{я1} = \frac{K_{\Gamma} \cdot L_1 \cdot \omega}{K_D} \cdot \eta + a(\omega) \quad \cdot \eta + v(\omega, \eta) = \frac{1}{K_{\omega 1}} \cdot \eta + a(\omega) \quad \cdot \eta + v(\omega, \eta), \quad (2.6)$$

$$I_{я2} = \frac{K_{\Gamma} \cdot L_2 \cdot \omega}{K_D} \cdot \eta + a(\omega) \quad \cdot \eta + v(\omega, \eta) = \frac{1}{K_{\omega 2}} \cdot \eta + a(\omega) \quad \cdot \eta + v(\omega, \eta). \quad (2.7)$$

Тоді значення в'язкості, що розраховано пристроєм 8, має вигляд:

$$\eta = \frac{K_{\omega 1} \cdot K_{\omega 2}}{K_{\omega 1} - K_{\omega 2}} \cdot (I_{я2} - I_{я1}), \quad (2.8)$$

де $K_{\omega 1}$ і $K_{\omega 2}$ – коефіцієнти, що визначаються при градуванні віскозиметра по зразковим ньютонівським рідинам з відомою в'язкістю. В ньому виключається вплив мультиплікативної та адитивної складових інструментальної похибки.

При роботі в режимі сталості крутного моменту формується адитивний тест шляхом створення додаткового моменту, гальмуючого обертання рухомого сприймаючого елемента. Для цього в послідовно з'єднані електромагнітні котушки джерело струму по керуючим сигналам пристрою управління подає відомі значення струму гальмування. Магнітне поле, що виникає в котушках, пронизує тонкостінний сприймаючий елемент і при його обертанні наводить в його стінках вихрові струми. Взаємодія вихрових струмів з магнітним полем котушок створює момент гальмування, пропорційний кутовий швидкості обертання елемента та забезпечує його пригальмовування:

$$M_{\Gamma} = K_{\Gamma d} \cdot \omega \cdot I_{\Gamma}, \quad (2.9)$$

де $K_{\Gamma d}$ – постійний коефіцієнт.

У віскозиметрі при реалізації будь-якого з цих методів виникають інструментальні похибки, причинами основних з яких є:

1. наявність непостійного паразитного моменту тертя рухомого сприймаючого елемента в опорах, що залежить від кутової швидкості його обертання;
2. наявність кінцевих ефектів, що виникають при роботі ротаційного віскозиметра за рахунок того, що момент опору передається на рухомий сприймаючий елемент не тільки через бічні (робочі) поверхні, але і від днищ циліндрів. В нижньому зазорі виникають неоднорідні поля напруги та швидкостей зсуву, що призводять до нелінійної залежності цього додаткового моменту опору від в'язкості і кутової швидкості обертання;
3. часова та температурна нестабільність крутизни характеристики навантаження (коефіцієнта перетворення) двигуна постійного струму [7].

3 РЕАЛІЗАЦІЯ ВИМІРЮВАЧА В'ЯЗКОСТІ ТА ВИБІР СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Таким чином, новизна виконаної роботи полягає в розробці нового способу підвищення точності вимірювання в'язкості та пристрій, що його реалізує.

Сучасні засоби вимірювання майже повністю перейшли на цифрові методи, в вимірювальних системах широко застосовують мікроелектроніку та мікропроцесорну техніку. Таку техніку виробляє компанія ОВЕН, яка є вітчизняним виробником контрольно-вимірювальних приладів та пристроїв для промислової автоматизації.

Тому для підтвердження теоретичних досліджень був розроблений в якості лабораторної установки макет даного віскозиметра на базі приладів фірми ОВЕН. У його складі використані такі елементи як програмований логічний контролер (ПЛК-304), тахометр (ТХ01), програмоване реле (ПР200), двигун постійного струму (ДПС), датчик Холла (А3144), зразковий резистор, панель оператора (СМІ1), модуль вводу аналогових сигналів (МВ110-224.8А). Зовнішній вигляд макетного зразка віскозиметра представлено в Додатку А.

Розроблений пристрій дозволяє більш точно та оперативно в автоматичному режимі здійснювати вимірювання в'язкості різних рідин і може бути використаний як в якості лабораторного приладу для дослідження реологічних властивостей рідини, так і в складі сучасної автоматизованої системи вимірювання, обробки інформації та управління.

Структурна схема реалізованого віскозиметра представлена на рисунку 3.1.

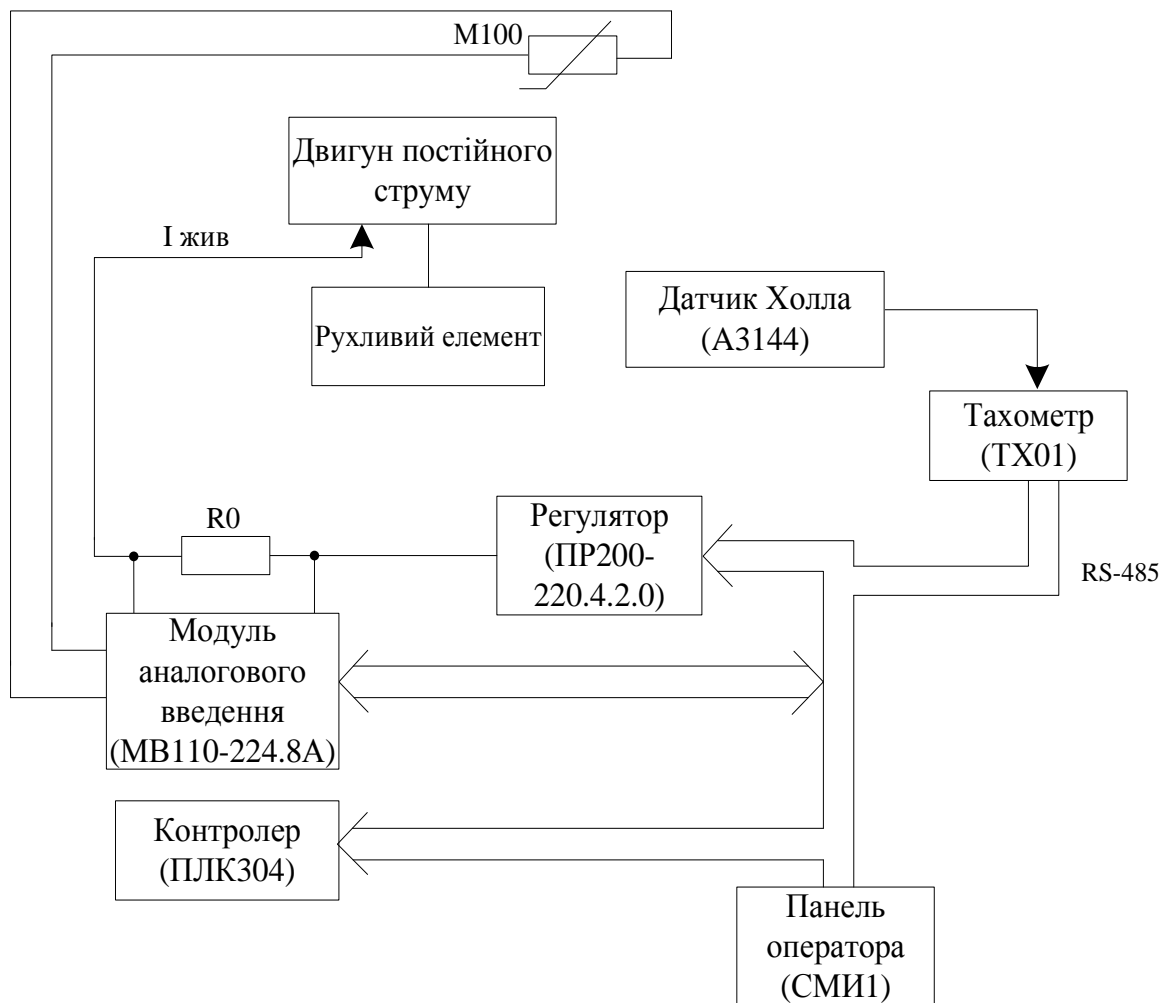


Рисунок 3.1 – Структурна схема реалізованого ротаційного віскозиметра

Експериментальні дослідження проводяться в наступному порядку:

1. обирається тип досліджуваної рідини;
2. вводиться тип обраної рідини в програмований логічний контролер (ПЛК304), де вже кожній рідини закладена відповідна фіксована номінальна швидкість обертання двигуна ($v_{ном}$), у якого на валу встановлений магніт і рухливий сприймаючий елемент;
3. двигун постійного струму обертається із заданою від ПЛК номінальною швидкістю ($v_{ном}$). При одній і тій же швидкості може обертатися по-різному, в залежності від в'язкості обраного типу рідини;

4. підтримуючи швидкість обертання рухомого елемента постійною, вимірювати струм живлення двигуна. Чим рідина в'язуче, тим струм живлення буде більше та відповідно навпаки;
5. поблизу валу двигуна встановлений датчик Холла (А3144), який видає постійно імпульси при зміні полярності магнітного поля під час обертання;
6. отримані імпульси передаються на тахометр (ТХ01), який вже безпосередньо вимірює швидкість обертання валу;
7. значення поточної швидкості обертання ($v_{\text{пот}}$), яку видає тахометр (ТХ01), зчитує ПЛК-304, де вже закладена номінальна швидкість ($v_{\text{ном}}$);
8. у самому ПЛК-304 проводиться віднімання цих двох швидкостей, номінальною і поточною ($v_{\text{ном}} - v_{\text{пот}}$), звідки на реле (ПР200-220.4.2.0) вже йде керуючий сигнал, що забезпечує пропорційне регулювання. Отже, регулятор (ПР200-220.4.2.0) виробляє вже аналогову напругу;
9. на його виході встановлено зразковий резистор ($R = 7,5 \text{ Ом}$) та модуль аналогового введення (МВ110-224.8А), у якого один канал виконує вимірювання падіння напруги, а інший канал вимірювання термоопору (мідний резистор М100);
10. дане падіння напруги перетворюється в значення в'язкості, яке можна спостерігати на панелі індикації (СМІ1).

Таким чином, дана конструкція дозволила створити легкий, зручний, малогабаритний та портативний пристрій для вимірювання в'язкості.

Схема з'єднання приладів фірми ОВЕН представлена на рисунку 3.2.

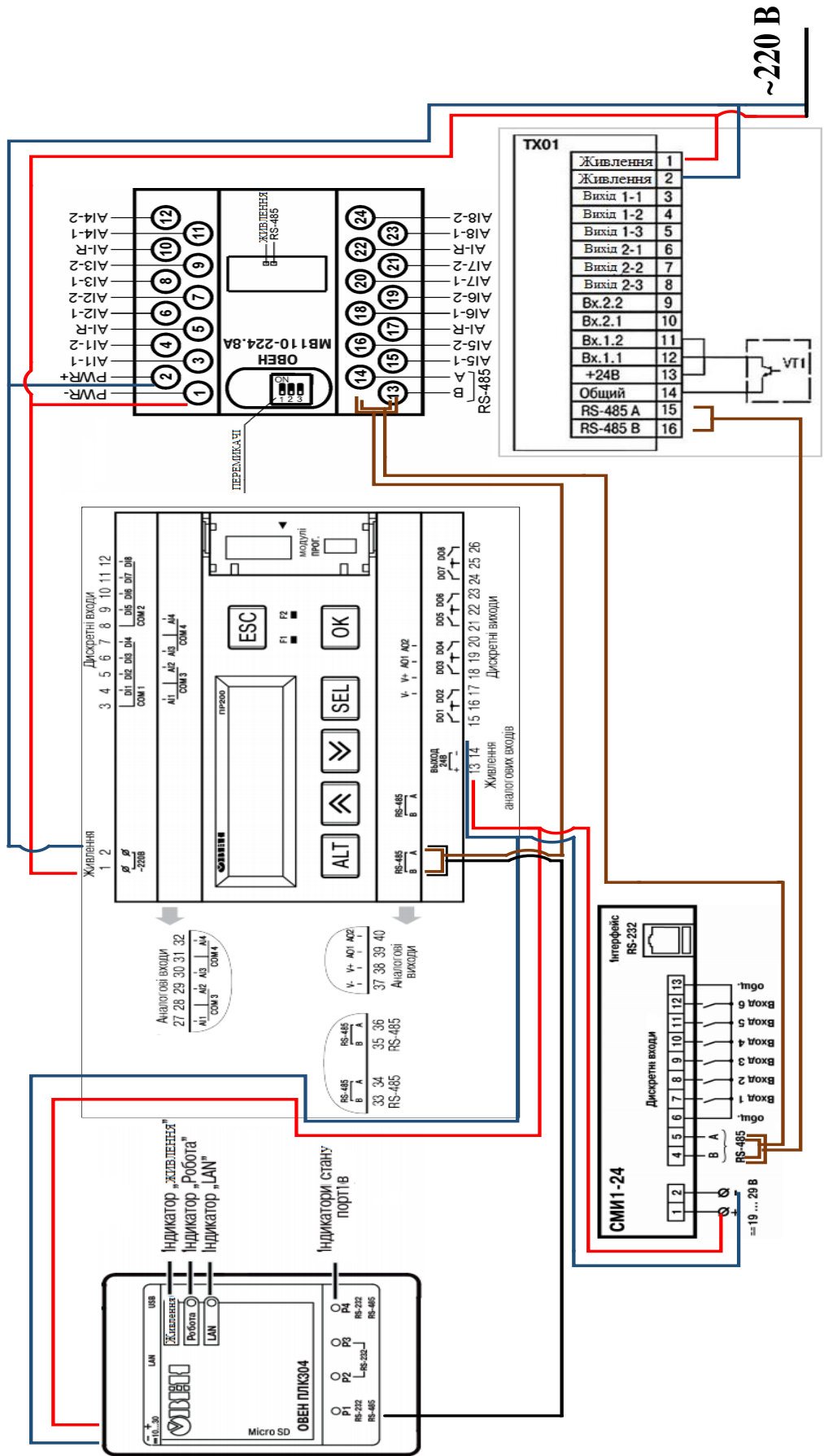


Рисунок 3.2 – Схема з'єднання приладів фірми ОВЕН

Значимість такої розробки підтверджується позитивними результатами випробувань чинного макетного зразка пропонованого пристрою. Для експериментів були обрані кілька різних за складом і за величиною в'язкості рідин: вода, гас, мазут, моторне масло.

Отриманні результати експериментальних досліджень усіх типів рідини зведемо у таблицях: 3.1 – для води, 3.2 – для гасу; 3.3 – для мазуту; 3.4 – для моторного масла відповідно.

Таблиця 3.1 – Залежність в'язкості води від швидкості обертання та споживаного струму

ω	15	19	20	21	24	26	28
I	0,00147	0,236	0,2493	0,256	0,272	0,3133	0,3453

Таблиця 3.2 – Залежність в'язкості гасу від швидкості обертання та споживаного струму

ω	17	19	20	21	26
I	0,196	0,224	0,2253	0,2347	0,2667

Таблиця 3.3 – Залежність в'язкості мазуту від швидкості обертання та споживаного струму

ω	15	16	19	20	21	25	30
I	0,21467	0,2253	0,248	0,253	0,26	0,296	0,349

Таблиця 3.4 – Залежність в'язкості моторного масла від швидкості обертання та споживаного струму

ω	13	15	18	19	20	21	22	24	27	31	34	36
I	0,236	0,252	0,277	0,293	0,297	0,307	0,329	0,363	0,399	0,453	0,5	0,547

Отримані результати експериментальних досліджень залежності струму споживання двигуна від швидкості обертання для різних значень в'язкості представлені на рисунку 3.3.

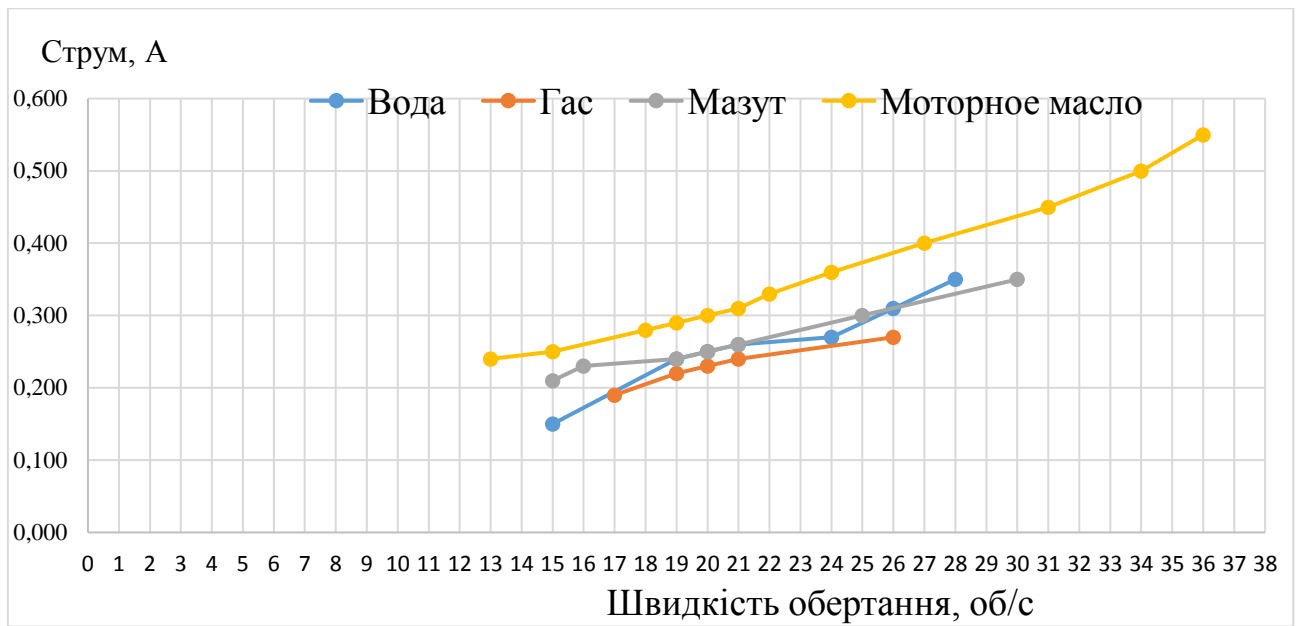


Рисунок 3.3 – Залежність струму від частоти обертання двигуна

Обробка отриманих результатів дозволяє визначити значення в'язкості досліджуваної рідини.

ВИСНОВКИ

Даний віскозиметр дозволяє вимірювати в'язкість ньютонівських і неньютонівських рідин шляхом реалізації обох різновидів ротаційного методу, що розширює його функціональні можливості, а компенсація впливу основних чинників, що заважають, дозволяє підвищити точність вимірювань та розширити діапазон вимірюваних значень в'язкості.

Друга можливість розширення діапазону вимірюваних значень в'язкості полягає в точно заданих змінах глибини занурення рухомого сприймаючого елемента в аналізовану рідину, що здійснюються за допомогою дозатора і змінних коефіцієнтів перетворення приладу. Крім того, прилад дозволяє знімати криві течії шляхом регулювання та вимірювання струму якоря двигуна постійного струму, реєструючи при кожному з них сталі значення періоду обертання, відповідне певній точці кривої течії. Віскозиметр також здатний визначати вид реологічної моделі аналізованої рідини і розраховувати реологічні показники. Для цього значення в'язкості визначається мінімум для чотирьох різних значень струму якоря, пристрій управління та індикації апроксимує ці дані, наприклад, методом найменших квадратів, і визначає вид реологічної моделі рідини, а також розраховує присутні в цій моделі реологічні показники.

За результатами синтезу та аналізу методів була розроблена модель пристрою, що створена на основі проведення патентного пошуку та визначенні відповідних вимог до неї. З метою перевірки працездатності системи розроблені схеми для моделювання системи вимірювання в'язкості рідини, які далі реалізовані за допомогою експериментального методу на програмній основі (програмованому логічному контролері (ПЛК-304) фірми ОВЕН).

Розроблено мікропроцесорний прилад для вимірювання в'язкості рідини та запропонована його реалізація на приладах фірми ОВЕН у якості ознайомчої стендової установки. Який представляє собою систему з таких елементів: двигун, датчик Холла, тахометр, програмований реле, програмований логічний контролер (ПЛК), панель оператора, модуль вводу аналогових сигналів.

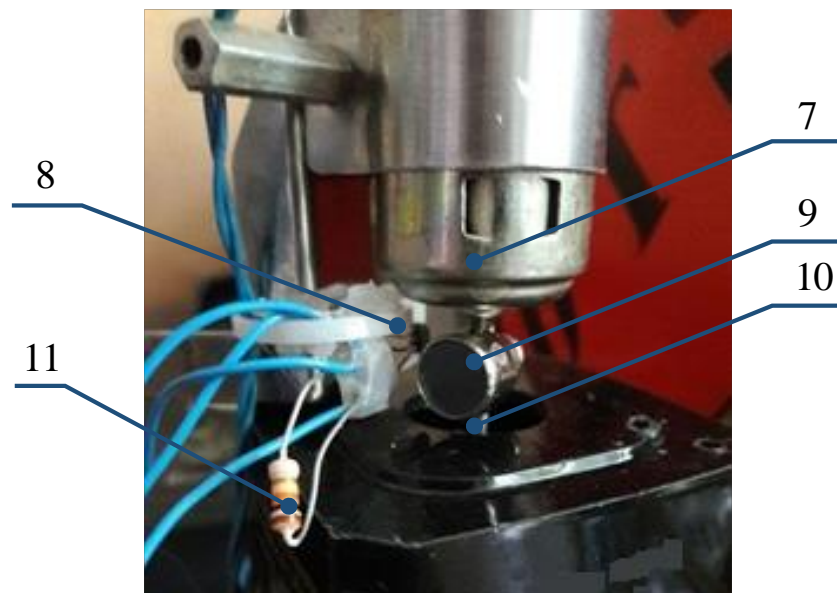
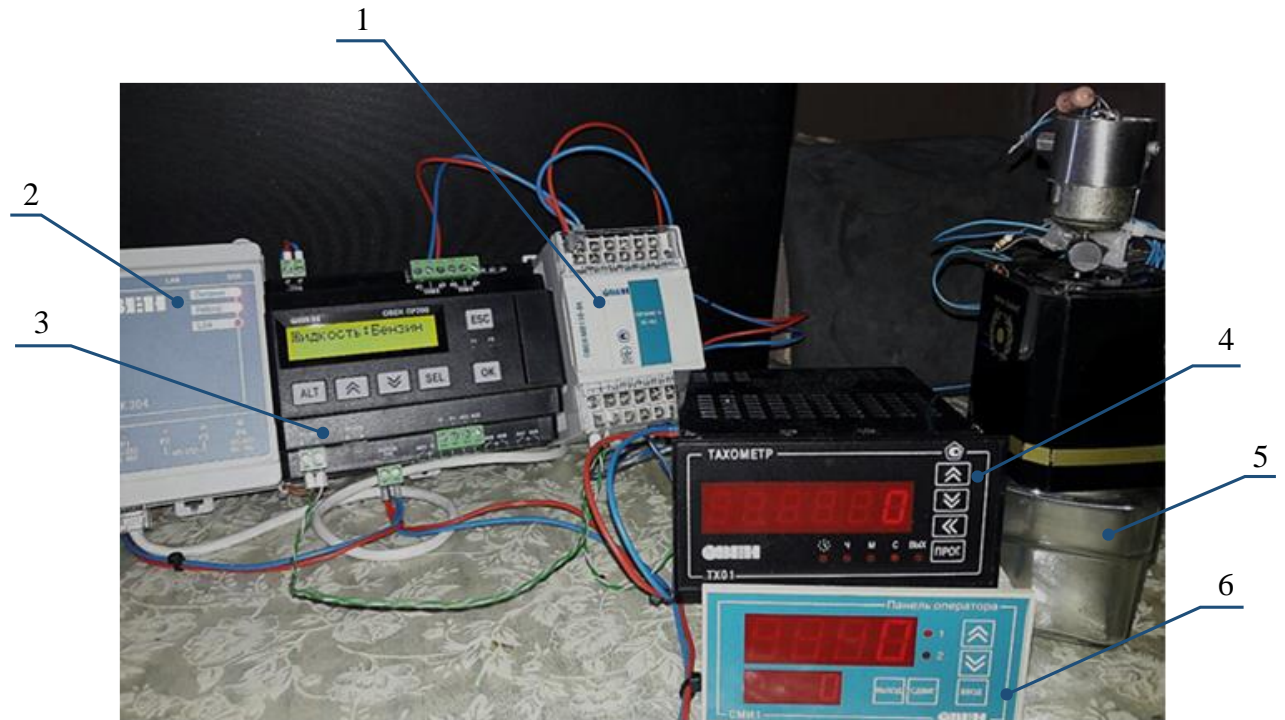
Отже, вибір способу реалізації був обумовлений проведенням патентного пошуку, в подальшому можливі коригування щодо поліпшення конструкції, програми роботи та за вибором комплектуючих приладів шляхом проведення більш детального вивчення.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вязкость моторного масла. URL: <https://etlib.ru/blog/845-vyazkost-motornogo-masla> (дата звернення 25.02.2020).
2. Чупаев А.В. Автоматизированное устройство для измерения вязкости жидкости по методу Пуазейля: автореферат – Казань: ГОУ ВПО «Казанский государственный технологический университет», 2010. – 16 с.
3. Метод ротационной вискозиметрии. URL: <https://docplayer.ru/69019222-Metod-rotacionnoy-viskozimetrii.html> (дата звернення 20.02.2020).
4. Гиматудинов Ш.К. Физика нефтяного и газового пласта: учебное пособие. – М.: Недра, 1971. – 312 с.
5. Бромберг Э.М., Куликовский К.Л. Тестовые методы повышения точности измерений. – М.: Энергия, 1978. – 176 с.
6. МИ 2301-2000. Государственная система обеспечения единства измерений. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Методы и способы повышения точности измерений. [Действителен от 2000-01-01; взамен МИ 2301-94]. Изд. офиц. Москва: ВНИИМС Госстандарта, 2000. – 47 с.
7. Ротационный вискозиметр: патент на изобретение 2109266 Российская Федерация: МПК G01N11/14. № 94036368/25; заявл. 20.09.1994; опубл. 20.09.1998.

Додаток А

Зовнішній вигляд макетного зразка віскозиметра



- 1 – модуль вводу аналогових сигналів (МВ110-224.8А);
 2 – програмований логічний контролер (ПЛК-304-24-СS);
 3 – програмоване реле (ПР200); 4 – тахометр (ТХ01);
 5 – ємність з досліджуваної рідиною; 6 – панель оператора (СМІ1);
 7 – двигун постійного струму (ДПС); 8 – датчик Холла (А3144);
 9 – магніт; 10 – рухливий сприймаючий елемент; 11 – додатковий резистор.