

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота складається з графічної частини і пояснювальної записки.

Об'єм графічної (ілюстративної) частини кваліфікаційної роботи становить 18 слайдів.

Об'єм пояснювальної записки складає 72 друковані сторінки формату А4 (210×297).

В кваліфікаційній роботі нараховується 11 рисунків та 8 таблиць з даними. Використано 23 літературних джерела.

В кваліфікаційній роботі на основі технологічної схеми і основних характеристик АГНКС та проведеного аналізу стану діагностування їх компресорних установок (КУ) – методів і технічних засобів, розглядаються особливості КУ з точки зору об'єкту діагностування і ставиться задача розробки системи діагностування КУ АГНКС.

Аналізуються результати віброобстежень КУ та обґрунтовується вибір діагностичних ознак стану основних вузлів і визначаються граничні рівні їх вібрацій. Приводиться розроблена схема системи діагностування КУ АГНКС та детальний опис її основного вузла – блоку контролю вібрації. Розроблено програмне забезпечення системи діагностування КУ АГНКС та проведено розрахунок показників їх надійності.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1. Аналіз відомих автомобільних газонаповнювальних компресорних станції (АГНКС), їх технологічні схеми й основні характеристики	8
1.2. Обладнання автомобільних газонаповнювальних перекачувальних станцій	14
1.3. Конструктивні особливості компресорних установок	18
1.4. Аналіз методів контролю і діагностики компресорних установок АГНКС	20
1.5. Задачі розробки системи діагностування компресорних установок ..	25
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	27
2.1. Методика дослідження вібрацій на компресорній установці.....	27
2.2. Аналіз результатів віброобстежень компресорних установок.....	29
2.3. Обґрунтування вибору діагностичних ознак основних вузлів компресорних установок і визначення границь їх рівнів	34
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	37
3.1. Функціональна схема системи діагностування компресорних установок.....	37
3.2. Огляд і аналіз варіантів систем діагностування	39
3.3. Структурна схема блоку контролю вібрацій.....	44
3.4. Принцип роботи блоку контролю вібрацій	43
3.5. Контроль технічного стану блоку контролю вібрації	45
3.6. Підвищення ефективності використання блоку контролю вібрації ...	47

4. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	48
5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	51
5.1. Структура програмного забезпечення системи діагностування КУ	51
5.2. Алгоритм роботи програми збору вібродіагностичної інформації	55
5.3. Алгоритм роботи програми діагностування	56
6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	59
6.1. Аналіз потенційних небезпек і шкідливостей виробничого середовища	59
6.2. Заходи, які забезпечують створення оптимальних метеорологічних умов на дільниці технологічного процесу	62
6.3. Електромагнітний імпульс ядерного вибуху і захист від нього радіоелектронних засобів.....	65
6.4. Шляхи вирішення задачі захисту від ЕМІ.....	67
ВИСНОВКИ.....	70
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	71

ВСТУП

В Україні створена потужна мережа автомобільних газонаповнювальних компресорних станцій (АГНКС), яка дозволяє працювати автомобільному транспорту на стисненому природному газі. В поршневих компресорах, які використовуються в АГНКС, на вузли і деталі діють значно більші динамічні навантаження ніж у відцентрових, а також високі тиски і періодичні пуски, що суттєво знижує рівень надійності АГНКС. Для підвищення рівня надійності необхідно знати фактичний технічний стан компресорної установки (КУ) в будь-який момент часу. Останнє вимагає використання підходів забезпечення технічної діагностики.

Світовий досвід діагностичних досліджень підтверджує, що ускладнені механізми ускладнюють пошук загальних діагностичних ознак, навіть якщо ці механізми працюють за одним принципом. Аналіз систем діагностики у різних галузях вказує на те, що вібраційні сигнали мають найвищу інформативність для визначення технічного стану компресорних установок порівняно з іншими параметрами. Розробка методів і засобів віброакустичної діагностики стає складною задачею для компресорних установок автоматизованих газотранспортних систем (АГНКС), оскільки ці системи становлять підвищену небезпеку щодо вибухів та пожеж. Проведення експерименту, наприклад, встановлення дефектного вузла на компресорній установці та зняття вібраційних характеристик, не завжди можливе.

У даній кваліфікаційній роботі розглядаються принципи побудови системи діагностики компресорних установок автоматизованих газотранспортних систем на основі методів віброакустичної діагностики машин і механізмів.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз відомих автомобільних газонаповнювальних компресорних станцій (АГНКС), їх технологічні схеми й основні характеристики

В умовах стабілізації видобутку нафти й навіть його зменшення подальше забезпечення транспортних перевезень може бути забезпечене за рахунок використання альтернативних видів палива, й у першу чергу природного газу. Для виконання зазначеної цілі в Україні створюється розгалужена мережа стаціонарних газонаповнювальних компресорних станцій, створюються додаткові потужності для виробництва газової апаратури, газових балонів для транспортних засобів і устаткування для АГНКС, ПАГЗ та ін.

Станції заправки автомобілів будують насамперед у великих містах. Як правило, це обласні центри. Основу системи газопостачання автотранспорту складають стаціонарні станції на 250 і 500 заправок на добу. Водночас ведеться будівництво й малогабаритних станцій для автогосподарств і гаражів великих підприємств.

Як основна вибрана АГНКС-500 на 500 заправок на добу [1]. Технологія спорудження і експлуатації даного типу АГНКС досить добре відпрацьована.

Розглянемо існуючі технологічні схеми АГНКС. Почнемо з базової АГНКС-500 (рис. 1.1).

АГНКС-500 складається з таких блоків. Блок підготовки газу 1, в який входять фільтри та сепаратор. Блок компримування 2 складається з компресора з системою охолодження.

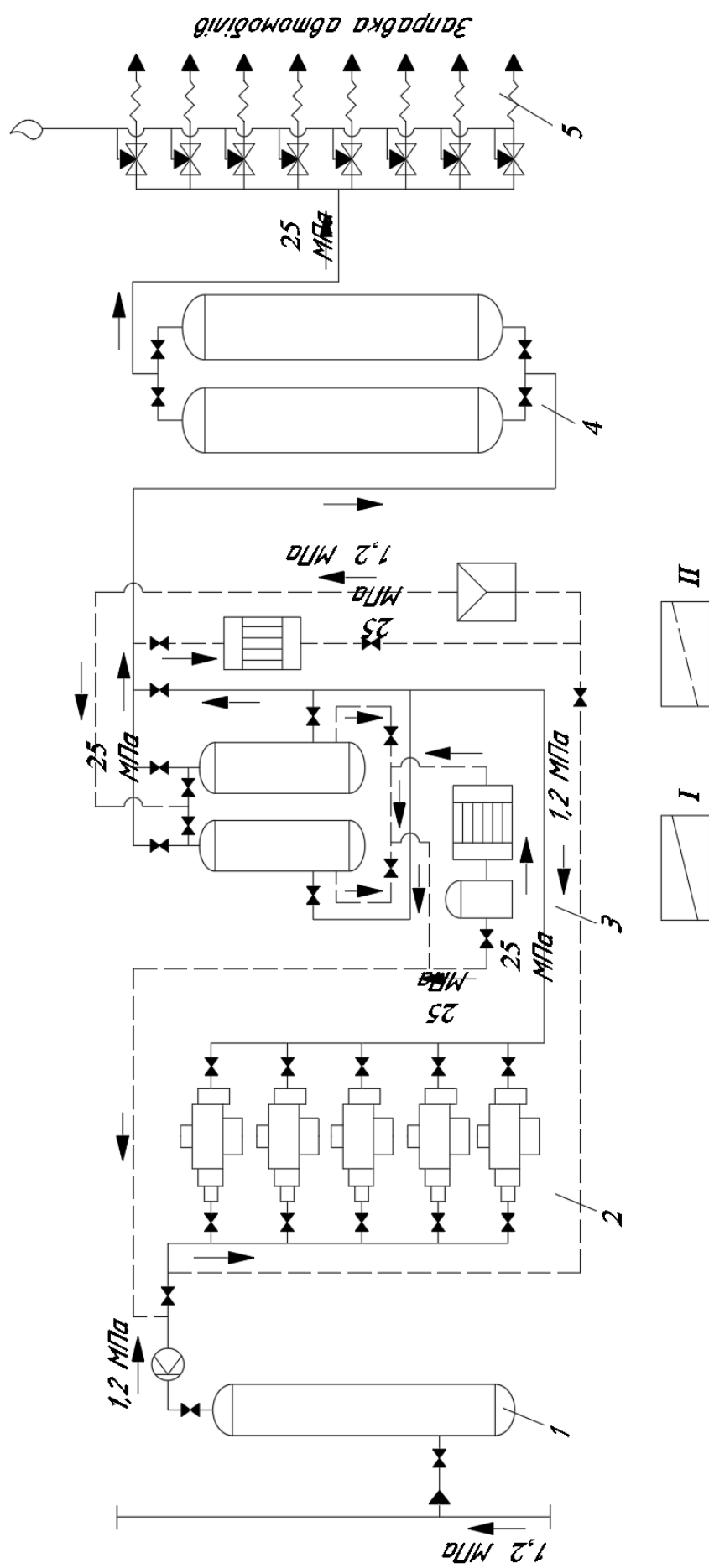


Рис. 1.1 – Принципова технологічна схема АГНКС-500: I - технологічний газ; II - газ регенерації

Далі йде блок осушки газу 3 з двох адсорберів і блок зберігання газу 4 з акумуляторів. Останнім є блок редукування й розподілу 5, що складається з редуктора 25/20 МПа і заправних колонок з триходовими кранами.

Дещо відрізняється технологічна схема АГНКС-БК (рис. 1.2). Тут установка осушки газу розташована до компримування.

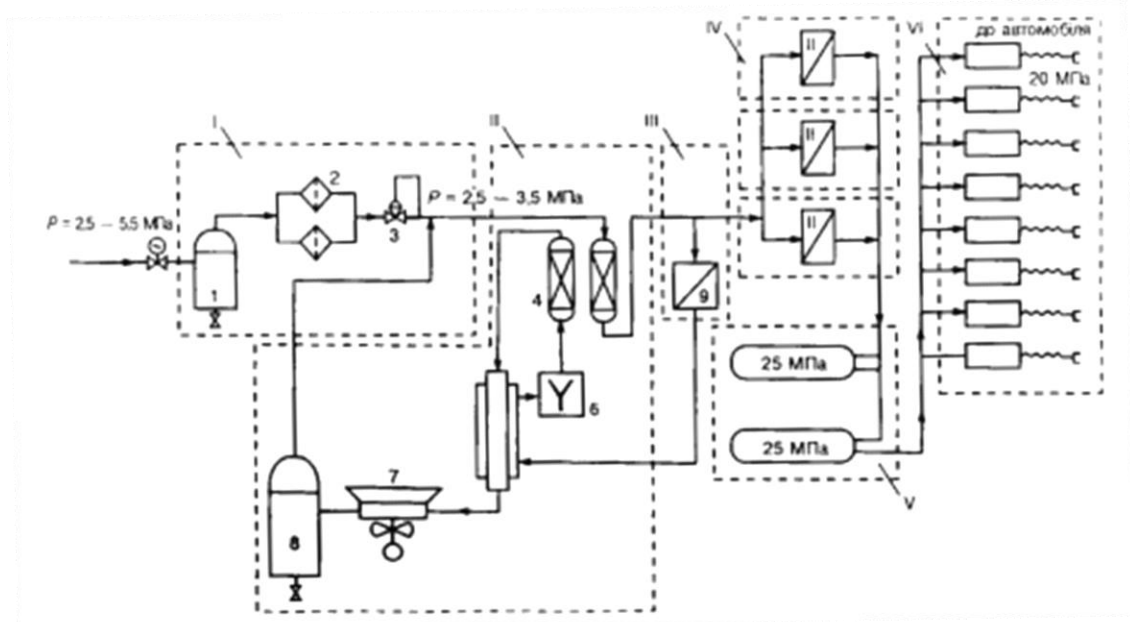


Рис. 1.2 – Принципова технологічна схема АГНКС-БК

Газ під тиском 2,5-5,5 МПа надходить у блок очистки I, де розміщені газовий сепаратор 1, фільтри 2 і регулятор тиску 3, який підтримує тиск на виході з блоку 2,5-3,5 МПа. Далі газ потрапляє в установку осушки газу II. Робочий цикл установки осушки має дві складові: саме осушка і регенерація. Регенерація проходить завдяки роботі компресора 9, який розташований в дожимному блоці III. Звідси газ іде на теплообмінник 5, де частково підігрівається, а далі - в електропідігрівач 6, де нагрівається до 320-430°C. Нагрітий газ іде на адсорбер 4, де випарює вологу, проходить через теплообмінник 5 і частково охолоджується. Остаточний газ охолоджується в АПО 7 і, коли очиститься від вологи в сепараторі 8, потрапляє знову в магістраль. Після осушки газ потрапляє в блок компримування IV, де розміщені, як правило, три компресори, потім - у блок зберігання V місткістю 10 м³ і далі - в блок редукування та видачі VI. У блоці видачі може бути 4 або 8 заправних колонок.

У теперішній час у світі використовуються дві схеми заправки стисненим газом. Прогресивніша двоступенева схема заправки (рис. 1.3).

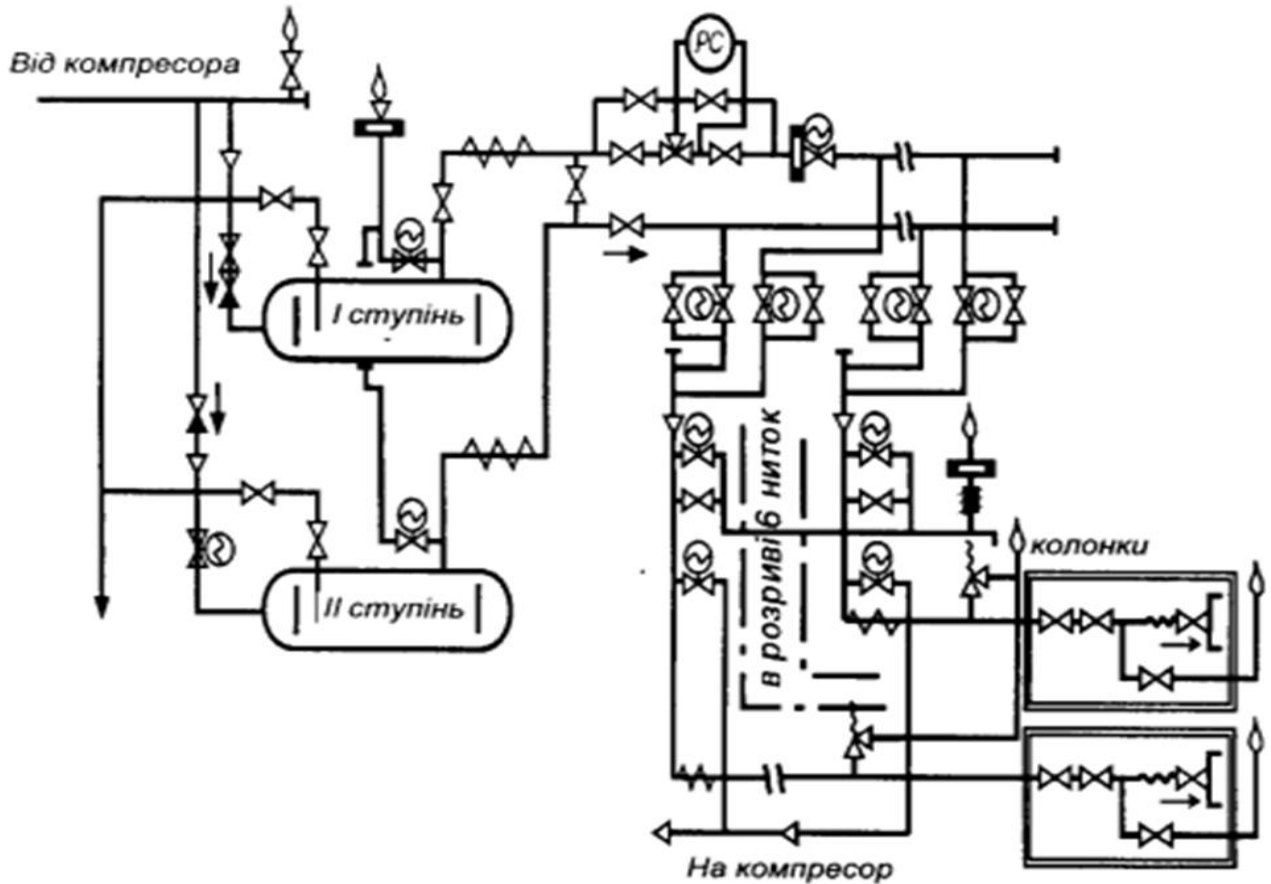


Рис. 1.3 – Двоступенева схема заправки

Заправка автомобіля починається з першого ступеня до досягнення тиску 14,7 МПа, а потім продовжується з другого до тиску 20 МПа.

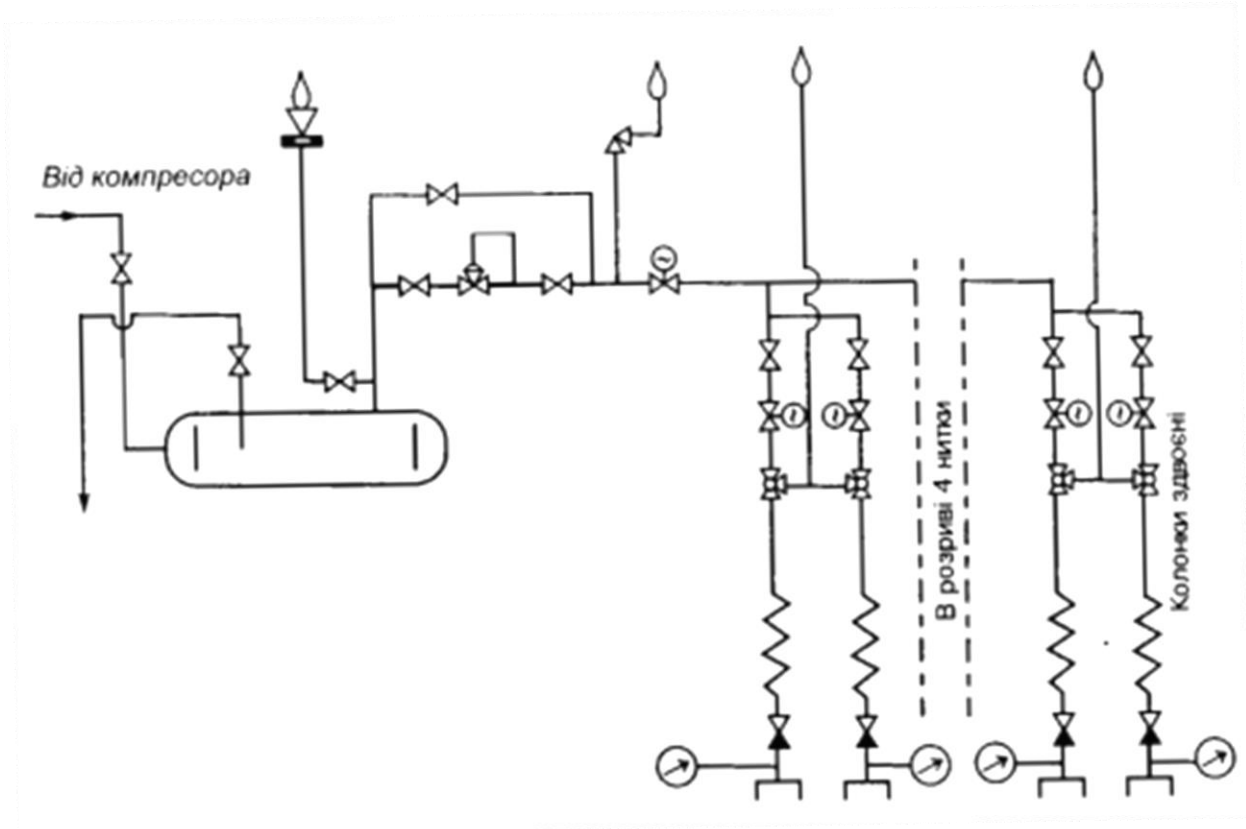


Рис. 1.4 – Одноступенева схема заправки

АГНКС будуються, як правило, за міською межею, оскільки для функціонування станції потрібна територія площею не менше 1 га, а знайти такий майданчик в міській межі досить важко. Крім того, коли визначається місце розташування станції, необхідно витримувати допустимі віддалі від будівель і споруд. АГНКС повинна розташовуватись не ближче 60 м від людських осель і не ближче 150 м від інженерних споруд (мостів, гребель, димових труб тощо). Відстань від автомобільної дороги повинна становити 15-20 м залежно від категорії дороги.

У наш час експлуатуються АГНКС таких типів:

АГНКС-500, АГНКС-БК250 і гаражні АГНКС. Причому під час спорудження перевага віддається АГНКС-БК250 через незначні терміни введення до експлуатації.

Основні технічні показники АГНКС-500 наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Основні технічні показники стаціонарних АГНКС-500

Показник	Виробник, країна		
	Україна	Італія	Німеччина
Продуктивність за добу, тис.м ³	45	50	40
Число заправок	700	780	615
Тиск, МПа			
вхід	0,8-1,2	0,6-1,2	0,4-0,6
вихід	20	20	20
Число компресорів, шт	5	9	2
Тип компресора	2ГМ2-1,3-12- 250	2DVTN/3	4HR3KN-200/210-5 249-WLK
Потужність АГНКС, кВт	800	1215	640
Число копонок (ГЗК)	8	7	8
Об'єм акумуляторів, м ³	18	11	18
Чисельність персоналу, осіб	20/15	20/15	20/15
Площа території, га	0,7	0,7	0,7

АГНКС-БК250 має характеристики, наведені в табл. 1.2

Таблиця 1.2 - Основні технічні показники стаціонарних АГНКС-БК250

Показник	Виробник		
	Сумське НВО	Німеччина	Італія
Продуктивність за добу, тис.м ³	31,4	34,9	20,6
Число заправок	314	349	206
Тиск, МПа			
вхід	0,6-1,2	2,5-3,5	0,6-1,2
вихід	20	20	20
Число компресорів, шт	3	3	2
Тип компресора	2ГМ4-1,3/12- 250	1НВ2К- 160/100	ЛМФ-3В
Потужність АГНКС, кВт	395	360	320
Число копонок (ГЗК)	4	8	4
Об'єм акумуляторів, м ³	5	10	1,6
Чисельність персоналу, осіб	20/15	20/15	20/15
Площа території, га	0,7	0,7	0,7

1.2 Обладнання автомобільних газонаповнювальних перекачувальних станцій

Основою АГНКС є компресорна установка. Практичні потреби визначили розробку та створення досить широкої номенклатури компресорних установок за витратою і тиском всмоктування. Проблема досить складна, оскільки її розв'язання потребує врахування великого числа деколи взаємовиключних чинників. Серед них загальна номенклатура АГНКС за тиском всмоктування й числом заправок за добу, режими роботи АГНКС, рівень загальної надійності станції за умови використання різного числа компресорних машин, а також пов'язані з цим питання резервування.

Для використання в складі АГНКС ВО "Борець" була розроблена і серійно випускається на опозитній дволінійній базі 2М4 компресорна установка 2ГМ4-1,3/12-250 з вбудованим електродвигуном. Установка призначена для стиску природного газу від 0,98-1,2 до 24,6 МПа для роботи у вибухонебезпечному приміщенні класу В1а.

Як привід використано двошвидкісний електродвигун, який продувається повітрям, А2КП85/24-8/16 у фланцевому виконанні Н4Т5-П з частотою 740-370 об/хв. Напруга живлення двигуна 380 В. Електродвигун лімітує частоту пусків компресорної установки, яка не повинна перевищувати 5 вмикань у годину, рівномірно розподілених у часі. Допустиме число перемикачів частоти обертів з 740 об/хв на 370 об/хв не більше 20 в годину, до цього ж не раніше як через 3 хв. Конструкція забезпечує трипозиційне регулювання подачі 100-50-0 %. Подача установки 470-940 м³/год при споживаній потужності 62-125кВт.

Компресорна установка комплектується водяними холодильниками та вологомасловідділювачами для кожного з чотирьох ступенів стискування. Схема установки подана на рис. 1.5.

У 1992 р. компресорна установка модернізована і випускається на опозитній базі 4М2,5 у Сумському НВО.

Також в нашу країну здійснювалась поставка з Німеччини компресорів 4HR3KN-200/210-5-249WLK для АГНКС-500. Компресор виконано на кутовій базі, причому перший і другий ступені вертикальні, а третій і четвертий - горизонтальні. На типовій АГНКС встановлюється два таких компресори, хоча зарезервоване місце і під третій. Система автоматики, в яку входить процесор PS-2000, передбачає послідовне автоматичне вмикання агрегатів за умови зниження тиску в акумуляторах газу нижче заданої величини і послідовне вимкнення при збільшенні тиску. Номінальний вхідний тиск складає 0,4-0,6 МПа. При нормальному режимі вузол редукування на вході забезпечує мінімальний, але постійний тиск 0,45 МПа. Припускається зниження тиску на вході компресора до 0,25 МПа.

Особливість установки - використання непродувного вибухозахищеного двигуна.

Електропривод у холодному стані допускає два вмикання на годину, в гарячому - одно. Важлива перевага компресора - встановлення міжступене-вих гасників пульсації, що забезпечує безвібраційну й майже безшумну роботу. До недоліків необхідно віднести масивну установку водяного охолодження. Конденсат газу випускається автоматично щогодини протягом 100 с. Потужність компресора складає 329(295) кВт при подачі 1070-1740 м³ за годину. Технічна характеристика компресорної установки наведена в табл. 1.3.

Для АГНКС-БК250 з тиском всмоктування 2,5-3,5 МПа використовуються компресори 2НВ2К-160/100в з тиском нагнітання 25 МПа. Компресор виконаний на опозитній базі. Міжступеневе охолодження газу проходить в АПО. Охолодження компресорних циліндрів здійснюється водою або антифризом. Стиск газу проходить у два ступені. Характеристика компресора наведена в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 - Компресорні установки для АГКС

Показник	Модель	
Принцип дії	Перший і другий ступені подвійної дії, дисковий поршень. Третій і четвертий – простої дії, ступінчастий поршень	Перший і другий ступені одинарної дії, дисковий поршень
Розташування циліндрів	Кутова конструкція. Перший і другий ступені – вертикально. Третій і четвертий – горизонтально	Опозитна конструкція. Перший і другий ступені горизонтально
Внутрішній діаметр циліндра, мм	I ступінь 210 II ступінь 140 III ступінь 130 IV ступінь 65	I ступінь 96 II ступінь 52
Хід поршня, мм	200	60
Число обертів, хв ⁻¹	490	580

Стосовно до умов АГНКС фірма "Нуово-Піньоне" випускає компресори типу BVVN з 2-4 ступенями стискування на тиск нагнітання 25 МПа. Компресори 2BVVN/3, встановлені на АГНКС-500, виконані на вертикальній базі. Детальна технічна характеристика компресора наведена в табл. 1.3.

Після компримування газ необхідно осушити. На АГНКС, виготовлених до 1986 р., застосовують блок осушки АдМ-4 з продуктивністю 4 тис. м³/год, на робочий тиск 15-25 МПа. Для регенерації використовується газ температурою 320°C у кількості 200 м³ на цикл. Блок осушки призначений для видалення вологи з природного газу до температури точки роси -70°C. На вітчизняних АГНКС блок осушки встановлюється на боці нагнітання компресорів, що забезпечує видалення машинного масла, яке потрапило в газ.

На сучасних АГНКС застосовується установка осушки БКУО-4/25. До комплекту входять три блоки: осушки, електропідігрівач і щит керування. Продуктивність установки 4 тис. м³/год при робочому тиску 15-5 МПа. Перепад

тисків на установці осушки 0,6 МПа. Перемикання адсорберів здійснюється після падіння точки роси до $-55-58^{\circ}\text{C}$, що при розрахунковій витраті проходить не раніше, як за 8 год. Регенерація триває 3 год, процес охолодження - 4 год. Вологовідділювач продувають через 30 хв шляхом дистанційного вмикання вентиля продувки на 5 с.

1.3 Конструктивні особливості компресорних установок

Компресор відноситься до типу поршневих машин, має опозитне розташування циліндрів.

Компресор складається з бази і двох горизонтально розташованих циліндрів: I-III ступеней (діаметральна щілина 0,3...0,463 мм, максимальна - 0,7 мм і 0,2...0,354 мм, max. 0,5 мм) і II-IV ступеней (діаметральна щілина 0,2..0,354 мм, max. 0,5 мм і 0,1..0,19 мм, max. - 0,35). Привід компресора здійснюється двох швидкісним електродвигуном, ротор якого насаджений на колінчатий вал компресора. База являє собою раму (оброблену чавунну відливку), у якій монтується вузли механізму руху і системи мастила: колінчатий вал, крейцкопф, шатун, блок мастила, маслопровід.

Вал має два кривошипа, призначених для установки шатунів, і опирається на два роликотідшипника 3528 ДСТ 5721-75. Крейцкопф з'єднується з штоком, що дозволяє регулювати щілину між торцями поршня і циліндра у крайніх положеннях. Шатун має кривошипну голівку з кришкою і нерозривну крейцкопфну голівку. Роз'ємні вкладиші кривошипної голівки мають антифрикційний шар з алюмінієвого сплаву (припустима щілина 0,11-0,21 мм, max. - 0,3 мм). В крейцкопфну голівку запресована бронзова втулка.

В розточках циліндрів 1-ї і 2-ї ступені встановлені клапани: всмоктувальні і нагнітальні. Циліндри III і IV ступеней мають комбіновані клапани.

Поршні укомплектовані поршневыми кільцями (1,2,3 ступеней) з одним розрізом, 4 ступені з двох півкілець. Матеріал кілець - легований чавун з механічними властивостями і структурою згідно з ДСТ 9515-81.

Останнім часом вводяться до експлуатації компресори з модернізованими блоками циліндрів, котрі постачаються повністю зібраними, випробуваними і відцентрованими. Поршневі групи зібрані з кільцями з капролона, фторопласту 4Ф-К20 або флубону.

Стиснення природного газу компресорною установкою 2ГМ4- 1.3/1 2-250 здійснюється у чотири ступені. Після кожної ступені газ направляється у холодильники.

В табл. 1.4 приведений перелік матеріалів основних деталей компресора.

Таблиця 1.4 - Перелік матеріалів основних деталей компресора 2ГМ4-1,

Назва деталей	Матеріал
Циліндр I ст.	С 4 20 ГОСТ 1412-79
Циліндр III ст.	С 4 20 ГОСТ 1412-79
Циліндр II ст.	С 4 30 ГОСТ 1412-79
Циліндр IV ст.	С 4 20 ГОСТ 1412-79
Поршень I, II, III ст.	сталь 35 ГОСТ 105 0-74
Поршень IV ст.	сталь 45 ГОСТ 1050-74
Колінчастий вал	сталь 45 ГОСТ 1050-74
Шатун	сталь 45 ГОСТ 1050-74
Вкладки тонкостінні	смуга біметалева, сталь-сплав САМ ТУ 48-21-83-72
Підшипник верхньої голівки шатуна	бронза ОФ-10-1
Крейцкопф	ЦМТУ 669-47
	С 4 20 ГОСТ 1412-79 модиф. ферробром

Робочі характеристики визначають динамічну взаємодію конструктивних елементів КУ, котрі визначають віброактивність. Вібраційні процеси є наслідком динамічних взаємодій конструктивних елементів КУ.

Компресорна установка має такі робочі характеристики:

- температура газу на вході (°C)	-5,...+30;
- тиск газу на вході (МПа)	0,6,...1,2;
- тиск нагнітання (МПа)	25,0;
- продуктивність за умовами всмоктування (м /с)	0,01085,...0,05;
- потужність на валу (кВт).	125;
- загальна маса установки (кг).	5800;
- хід поршнів 1,2,3,4 ступеней (мм)	150,0;
- діаметр циліндра 1 ступені (мм)	165,0;
- діаметр циліндра 2 ступені (мм)	100,0;
- діаметр циліндра 3 ступені (мм)	58,0;
- діаметр циліндра 4 ступені (мм)	42,0;
- ефективний тиск після 1 ступені (МПа)	2,9,...3,6;
- ефективний тиск після 2 ступені (МПа)	6,5,...7,6;
- ефективний тиск після 3 ступені (МПа)	12,4,...14,4;
- ефективний тиск після 4 ступені (МПа)	25,0

1.4 Аналіз методів контролю і діагностики компресорних установок АГНКС

Проведений аналіз вітчизняних і зарубіжних джерел, патентні дослідження, які пов'язані з діагностикою, визначив, що найбільш перспективним напрямком є моніторинг стану машинного обладнання шляхом аналізу механічних коливань.

Щодо двигунів внутрішнього згоряння, відомі дослідження з метою розробки:

- методів і пристроїв для виявлення зносу поршня і циліндру (Японія);
- спосіб і прилад для виявлення наявності або відсутності поршневого кільця на поршні у циліндрі ДВС (США);

- визначення робочого стану кінематичних пар поршень-циліндр (Німеччина);
- пристрій для контролю зазорів у клапанному механізмі і інших вузлах (Німеччина).

У вітчизняній практиці застосовуються пристрої діагностування пари "поршень - втулка" циліндру ДВС по параметрах вібрації, а також визначення зазорів між гільзою циліндру і поршнем. Проте зв'язок між характеристиками сигналу і параметрами технічного стану не однозначний.

Розкид значень характеристик перевищує їх зміну при зміні параметра стану від мінімального до максимального значення.

У вітчизняних і зарубіжних публікаціях останніх років в основному сформульовані загальні вимоги, яким повинна відповідати система діагностування великих поршневих компресорів.

Діагностування КУ АГНКС знаходиться у стадії становлення.

Слід відзначити, що при становленні будь-якої галузі, виробник стурбований випуском обладнання. На жаль, на цій стадії його мало цікавить, що трапиться з обладнанням після вводу його в експлуатацію. КУ АГНКС не є виключенням.

Сьогодні для КУ АГНКС залишилось правило здійснювати профілактичне обслуговування на основі заданих інтервалів часу, системи планово-попереджувальних ремонтів (ППР). Згідно з виробничими планами і по закінченні визначеної тривалості експлуатації, хоч кожна зупинка КУ здійснюється зовсім несподівано, і експлуатаційний персонал не може здійснити ніякого впливу на відмову установки.

Існуюче становище ППР не враховує проведення ремонтів залежно від фактичного стану КУ АГНКС з врахуванням технічної і економічної доцільності.

Цей перехід можливий тільки на основі розвиненої методології і технічних засобів, що забезпечують діагностування КУ. Це якісно новий етап у розвитку і удосконаленні форм і методів технічного сервісу. Суть цих методів полягає в тому, що вони дозволяють з високою точністю і надійністю оцінити

технічний стан машин, вчасно провести ряд необхідних заходів по ремонту для того, щоб не допустити несподіваного виходу обладнання з ладу.

Серед методів технічної діагностики одержали розповсюдження параметричні методи діагностування, віброакустичні, трибодіагностичні, інтроскопія, радіохвильове діагностування рентгенографічних, радіоактивних ізотопів, ультразвуковий та ін.

Перспективність методів і засобів вібраційної діагностики у газовій галузі відображена в оглядах по діагностиці. Розглянуті математичні і фізичні основи побудови моделей і алгоритмів діагностування і прогнозування технічного стану, розглянуті питання вібраційної надійності. Дана економічна оцінка ефективності впровадження систем діагностики.

Сьогодні на компресорних станціях (КС) експлуатується ряд діагностичних систем, впровадження яких дало позитивні результати.

Більшість вітчизняних і зарубіжних дослідників прийшли до висновку, що вивчення часток зносу у системі мастила, їх хімічного складу, кількості, розмірів і форм у процесі напрацювання є, на даному етапі, єдиним способом визначення механізму зносу і його інтенсивності, що дозволяє оцінити поточний технічний стан і прогнозувати залишковий ресурс окремого вузла тертя і всього агрегату в цілому.

Аналіз хімічного складу часток зносу дає можливість встановити матеріал зношеної деталі. Розмір часток і особливо параметри їх розподілу характеризують інтенсивність зносу, а форма допомагає ідентифікувати механізм або причину зносу [15].

Як показав практичний досвід, вимогам трибодіагностики найкращим чином відповідають:

- плазмово-емісійний спектральний аналіз (ЕСА) хімічного складу часток зносу (переваги - універсальність, чутливість, точність);
- фєрографія прямого зчитування і аналітична фєрограма, як метод оперативної трибодіагностики для вимірювання часток зносу по розмірах (від 5 до 100 мкм);

- автоматичні магнітні пробки для наявності великих металевих часток (більш ніж 50 мкм), які є результатом стомленого зруйнування або викришування поверхонь тертя.

Засобами діагностування є квантометри типу МФС-5 або МФС-7 (ЛОМО), JV-48 ("Комер", Франція); автоматичні системи аналізу зображення часток зносу типу СВІТ (ИКИ АН СРСР) або "Мажиекан-2" (Англія), "Лейтц"(НДР) для автоматичної класифікації, комплект приладів для експрес-аналізу фізико-хімічних властивостей мастила; ЕОМ для створення банку даних по відмовах ГПА.

Проте методи трибодіагностики для ГПА мають свої недоліки і труднощі: складність одержання однорідної проби мастила, трудомісткість процесів відбору, підготовки і дослідження проб мастила; значний вплив витікань, доливання мастила на результати діагностування; складність і висока вартість сучасних установок.

У всьому різноманітті спеціальних методів і засобів контролю технічного стану ГПА широко використовується візуальний контроль, котрий є найбільш допустимим і простим методом.

Візуальний контроль передбачає застосування як найпростіших оптичних засобів – плоских і сферичних дзеркал, луп, так і більш складних приладів – плоско оптичних і бінокулярних луп, ендоскопів, телеендоскопів і ін.

Ці прилади дозволяють здійснювати контроль, діагностику технічного стану елементів агрегатів і іншого обладнання.

В експлуатаційних умовах ГПА вітчизняного і зарубіжного виробництва обладнані різної апаратурою, яка дозволяє вимірювати значення параметрів і процесів, що характеризують технічний стан основних вузлів. Так, у ДП "Оргенергогаз" розроблена і експлуатується система контролю вібрації ГТУ "Вібрин", система вібраційного захисту і контролю "Віза". В дослідно-промисловій системі технічної діагностики використовується розроблений у ІПЦ "Оргтехдіагностика" прилад СВДК-1.

Імпорتنі ГПА типу ГТК-10І укомплектовані системою захисту від вібрації нагнітачів і турбокомпресора фірми "BENTLI NEVADA". Дана система

призначена для захисту нагнітачів від надмірної вібрації і осьового зсуву, здійснює контроль за вібрацією підшипникових нагнітачів у двох площинах і осьового зсуву ротора. Система захисту турбокомпресора містить контроль температури, швидкості обертання, вібраційних параметрів і інших.

Агрегати ГТК-25І укомплектовані апаратурою фірми Шенк "Віброконтроль-2000" - це сучасна і потужна система для проведення вимірювань і контролю:

- відносних коливань валів;
- відносних усунень валів і абсолютних коливань опор;
- відносної деформації валів;
- абсолютної деформації корпусу;
- числа обертів;
- температури і інших параметрів.

Вітчизняні ГПА типу ГТН-25 обладнані установкою централізованого контролю і управління А-705-15-01, що передбачає вимірювання значного числа параметрів: температури, тиску та інших.

До складу установки входять:

- комплекс перетворювачів з сигналізаторами "Турбіна";
- прилад контролю факелу "Полум'я";
- прилад регулюючий РП2-УЗ;
- контрольно-сигнальна апаратура КСА-15;
- тракт контролю вібрації ВВК-331.

Розроблена апаратура КСА-15 і ВВК-331 має серйозні недоопрацювання і не відповідає вимогам вібродіагностування. Частина цих недоопрацювань є і в апаратурі ВВМ-337. Методики та засоби діагностування і контролю ГТН-25 знаходяться на стадії науково-дослідних розробок.

Наприклад, в об'єднанні "Спектр" (Україна) розробляється багатоканальна автоматизована апаратура вібраційного контролю і захисту типу ВСВ-350. Ця апаратура має віброаналізатор і буде мати можливість прогнозування технічного стану.

Кращими з зарубіжних способів за техніко-економічними показниками є "Системи захисту від вібрації" фірми "Бентли Невада" (СІЛА), "Контрольний пристрій 2505" і система 3540 фірми "Брюль і К'єр" (Данія), "Віброконтроль-2000" фірми "Карл Шенк" , багатоканальні вимірювальні системи фірми "Рейтингер" , фірми "Філіпс" (Голландія). Фірмою "Брюль і К'єр" розроблена система 3540 (COMPASS), обладнана обчислювальною технікою, яка прогнозує, аналізує і контролює.

Система (COMPASS) може здійснювати моніторинг, що дозволяє виконати численні операції і значно понизити фінансові витрати.

Відомий також ряд методів діагностики, що розроблені для конкретних машин.

Актуальною проблемою є створення методів і апаратури, за допомогою яких можна було б вчасно зупинити агрегат на початковій стадії руйнування його вузлів. Другою важливою проблемою є виявлення та усунення несправностей у КУ АГНКС.

Найбільш перспективним напрямком є моніторинг обладнання шляхом аналізу механічних коливань. Системи моніторингу здатні давати попереджувальну інформацію на початкових стадіях виникнення несправностей. Отже, такі системи можуть попередити аварії з катастрофічними наслідками, зменшити вимушені перерви у роботі, вартість витрат по техобслуговуванню, збільшити термін служби КУ.

1.5 Задачі розробки системи діагностування компресорних установок

Аналіз літератури і патентів, щодо показників надійності, руйнувань вузлів КУ дає підставу вважати, що визначення вузлів КУ, які мають дефекти на ранніх стадіях, найефективніше відбувається методами вібраційної діагностики.

Проте конкретні конструктивні опрацювання з віброконтролю і вібродіагностики технічного стану основних вузлів КУ відсутні. Окремі

пропозиції можуть служити тільки основою для створення перспективних методів і апаратних засобів.

Основні труднощі при рішенні цієї проблеми виникають при необхідності вивчення процесів виникнення і розповсюдження вібросигналів у їх сукупності з врахуванням конструктивних особливостей КУ АГНКС. У зв'язку з цим виникає необхідність розробки системи діагностування компресорних установок для виявлення дефектів його вузлів. Для цього необхідно:

- обґрунтувати вибір діагностичної ознаки і визначити значення її змінної;
- розробити функціональну схему системи діагностування та структурну схему блоку її контролю;
- розробити програмне забезпечення системи діагностування компресорних установок.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Методика дослідження вібрацій на компресорній установці

Стан компресорної установки досліджено у вибраних точках на частині компресорного блоку. Точки установки датчиків вібрації на компресорній установці показані на рис. 2.1.

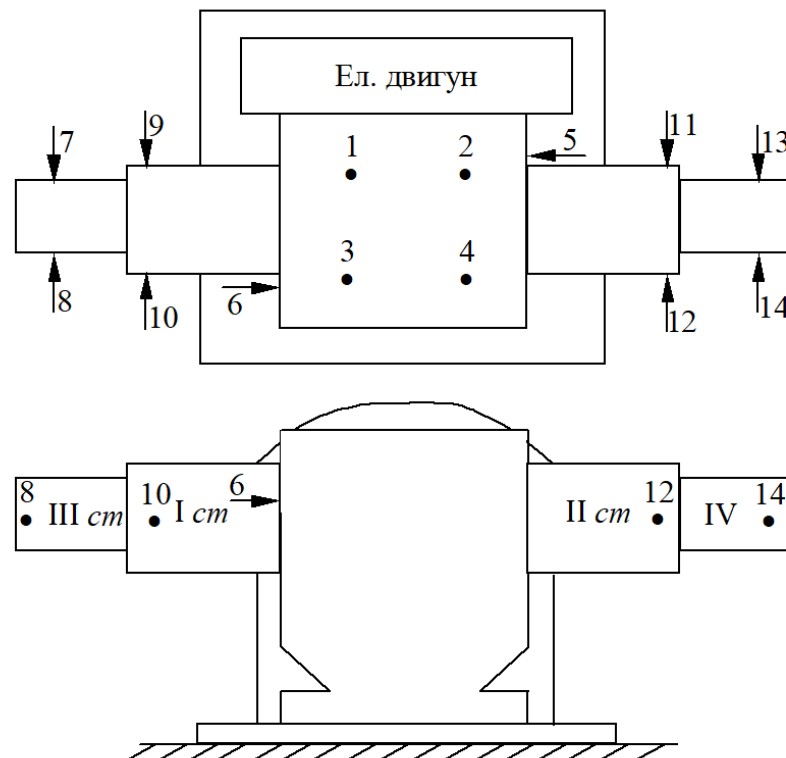


Рис. 2.1 Схема розташування точок вимірювання вібрації на компресорній установці 2ГМ4-1,3/12-250

Час вимірювання параметрів вібрації у кожній точці, у кожному напрямку не менше 30 секунд.

Контакт між датчиком вібрації і поверхнею у точці вимірювання здійснюється магнітом. В процесі вимірювання проводиться перестановка датчиків.

За результатами вимірювань проводиться спектральний аналіз у низькочастотному діапазоні 0 ... 440 Гц і у діапазоні 0 ... 5000 Гц.

В якості віброперетворювачів використовуються датчики двох типів: акселерометр типу Д-14 і індуктивні віброперетворювачі типу МВ-25 В і Г (двох варіантів виконання: вертикальний і горизонтальний).

Сигнали з перетворювача записували на 7-ми каналний магнітограф типу Н-067. Шість каналів магнітографу були задіяні для запису вібраційних сигналів з віброперетворювачів (2 канали з датчика Д-14, 4 канали з датчика МВ-25Б, В,Г). Сьомий канал використовувався для запису звукової інформації.

При проведенні вимірювань параметрів вібрації у компресорному залі АГНКС дотримувалися загальних вимог, які забезпечували безпеку проведення робіт у вибухонебезпечних приміщеннях категорії В-ІА.

В компресорній залі розміщували лише первинні прилади: датчики, акселерометри і кабелі.

Дослідження вібраційного стану КУ АГНКС проводило протягом чотирьох-шести міжремонтних періодів.

Вібровимірювання проводили:

- одразу після запуску установки після ремонту і виходу на стаціонарний режим (Р 20МПа);
- після закінчення періоду обкатки;
- у міжремонтний період експлуатації через однакові проміжки часу;
- безпосередньо перед поточним, середнім або капітальними ремонтами.

При проведенні планових технічних обслуговувань проводиться ревізія основних вузлів і деталей КУ.

2.2 Аналіз результатів віброобстежень компресорних установок

Аналіз вібрації вузлів силових КУ проводився як для низькочастотної так і для високочастотної частини спектру.

Високочастотний спектр вібраційних сигналів за даними замірів являє собою набір частот, які знаходяться у смугах 610-970, 1150-1290, 1750-2050, 2100-2600, 2650-2850 Гц.

Пік інтенсивності вібрації припадає на частоти 3200..2500 і 2500..2800 Гц. Вібрація у цих смугах має місце практично в усіх точках вимірювань, маючи максимум на боковій стінці корпусу у поперечному напрямку при безпосередній близькості від циліндра. Вертикальна складова, проте, невелика у цих смугах. Крім того рівень вібрації у цих смугах є основною складовою вібрації на циліндрах всіх ступенів. Таким чином можна допустити, що джерелом вібрації у смугах 2000..2500, 2500..2800 Гц є тертя у сполученнях "циліндр-поршень", ударні взаємодії у сполученнях циліндр-поршень, газодинамічні процеси у циліндрах. Форма спектральної лінії у смузі 2000..2800 Гц, а також проведений селективний аналіз сигналів у часі показує наявність двох високочастотних імпульсів і широкосмугової вібрації, що плавно змінюються у часі.

Три високочастотних смуги 610-970, 1150-1290, 1750-2050 Гц вібрації мають найбільш високий рівень на корпусі агрегату. Значення показника вібрації у смузі 610-970 Гц у вертикальному напрямку вище, ніж вздовж осей циліндрів. Значення показника вібрації у смугах 1150-1290, 1750-2050 Гц значно вищий в напрямку осі циліндрів ніж у вертикальному напрямку.

Часова селекція сигналів у цих смугах вказує на ударний характер джерел вібрації, і тривалість ударного порушення у цих смугах більша, ніж у смугах 2000..1500, 2500..2800 Гц. Максимальний рівень сигналів у смугах 1100..1300 і 1700..1950 Гц.

При роботі КУ з частотою обертання електродвигуна 740 об/хв, вібрація у низькочастотній області спектра відповідає синтезованому спектру вібрації КУ.

Спектральні лінії мають місце на частотах 12,5; 24,6; 55; 221; 441; 443; 553; 882; 1107 Гц. Кожна з приведених частот являє собою частоту коливань, що пов'язана з тим або іншим джерелом коливань. Так частота 12,3 Гц пов'язана з коливаннями на частоті обертання колінчастого валу. Частота 24,6 Гц являє собою другу гармоніку частоти обертання валу. Частоти 221; 441; 553 Гц пов'язані з коливаннями першого ряду роликів підшипника, а частоти 443; 282; 1107 Гц – з коливаннями другого ряду роликів підшипника.

Крім великої кількості пасивних експериментів проведений одноразовий активний експеримент. На початок проведення експериментальних досліджень КУ мала напрацювання після капітального ремонту 9538 годин. За час експлуатації на установці була зроблена заміна для всіх ступеней стиснення поршневих кілець, поршень, шток і колінчастого валу заклинювання.

Обстеження вібраційного стану КУ здійснювались у три етапи: доремонтний період експлуатації; післяремонтний період експлуатації; з установкою на КУ дефектних вузлів і деталей.

Аналіз і порівняння здійснювався на спектрах вібрації, одержаних в результаті віброобстежень КУ:

- до і після виходу установки в ремонт, з урахуванням дефектів, виявлених при ревізії;

- до і після установки на КУ конкретних дефектних вузлів і деталей.

За час проведення віброобстежень було досліджено вплив технічного стану вкладок шатунних підшипників, поршневих кілець I-IV ступеней і клапанів на віброактивність компресорної установки.

Руйнування робочої поверхні вкладок шатунних підшипників на КУ виявлено при проведенні планового ремонту. Порівняння спектрів вібрації КУ, одержаних до ремонту, з спектрами відремонтованої установки дозволили виявити частотні смуги та енергію вібросигналів, що змінюються, у зв'язку з даним дефектом.

В низькочастотній області вібрації 0...200 Гц зміни рівнів спектральних складових відбуваються по всьому діапазону. Аналіз і порівняння спектрів показали, що зменшення спектральних складових після заміни вкладок шатунних підшипників відбувається у діапазоні частот 30...90 Гц. Змінюються рівні 3...7 гармонік від частоти обертання електродвигуна (12 Гц) як у вертикальному так і у осьовому напрямках.

В високочастотній області 0...4 кГц істотні зміни рівнів спектральних складових спостерігаються у діапазоні частот 1,7..2,7 кГц в обох напрямках. Після заміни вкладок шатунних підшипників рівні спектральних складових у даному діапазоні знизились на рамі і гільзах крейцкопфів, але практично залишились незмінними на циліндрах. Враховуючи, що при ремонті КУ інших значних дефектів виявлено не було, можна зробити висновок про те, що ріст спектральних складових у низькочастотному діапазоні 30..90 Гц і у високочастотному 1,7 .. 2,7 кГц свідчить про наявність дефектів шатунних підшипників КУ; збільшена мастильна щілина, зруйнування робочої поверхні вкладок.

Після проведення ремонту і закінчення обкатаного періоду, на КУ були проведені експериментальні дослідження з установкою дефектних деталей і подальшим віброобстеженням з метою виявлення вібродіагностичних ознак. В першому випадку встановлювались поршневі кільця з підвищеної виробкою, у другому - впускний клапан 1-ї ступені стиснення з деформованої пластиною.

Спектри вібрації КУ з заміненними поршневими кільцями у низькочастотній області вібрації 0 ... 200 Гц практично не відрізняються від спектрів бездефектного агрегату. У високочастотній області 0...4 кГц характерні зміни рівнів спектральних складових спостерігаються у трьох піддіапазонах: 0..600 Гц; 1,0..1,5 кГц і 1,7 ..2,7 кГц. Як було сказано вище, діапазон 1,7..2, 7 кГц пов'язаний з ударними взаємодіями, що відбуваються у кривошипно-шатунному механізмі, несе інформацію про стан підшипниковий ковзання КУ. Аналіз рівнів спектральних складових у діапазонах частот 0..600 Гц і 1,0 ... 1,5 кГц показав, що з установкою дефектних поршневих кілець на всіх циліндрах спостерігається падіння спектральних складових у діапазонах частот 0..600 Гц в обох напрямках.

В діапазоні 1,0..1,5 кГц ріст рівнів спектральних складових відбувається, в основному, на циліндрах I та II ступеней стиснення, що мають більшу масу в порівнянні з циліндрами III, IV ступеней. Ріст вібрації у вертикальному напрямку перевищує ріст у осьовому напрямку.

При установці дефектного клапану I ступені стиснення по аналогії з поршневими кільцями, у низькочастотній області вібрації 0...200 Гц характер змін рівнів спектральних складових залишається таким як і для бездефектного агрегату.

В високочастотній області вібрації 0..4 кГц зміни енергії вібросигналів відбуваються у тих же інформативних діапазонах частот 0..600 Гц, 1,0.. 1,5 кГц і 1,7.. 2,7 кГц. Ріст рівнів спектральних складових, в порівнянні з бездефектними агрегатами, спостерігається, в основному, в осьовому напрямку, що пояснюється зміною тисків по ступенях стиснення. Максимальний ріст рівня вібрації відбувається у діапазоні 0..600 Гц у осьовому напрямку на циліндрах I і II ступеней стиснення. В місці установки дефектного клапану на I ступінь стиснення спостерігається різке підвищення рівнів спектральних складових у досить вузькому діапазоні 1,2..1,4 кГц у вертикальному напрямку, що може бути пов'язано з роботою дефектного клапану. Значне збільшення рівня вібрації у діапазоні 0..600 Гц на I, II ступенях стиснення викликає пульсації газу, що виникають в результаті порушення герметичності впускного клапану I ступені. В таблицях 2.1 і 2.2 подані частотні характеристики вібрації КУ 2ГМ4-1, 3 /12-250 і їх джерела.

Таблиця 2.1 - Характеристики джерел високочастотної вібрації КУ 2ГМ4

Частотна смуга (Гц)	Джерела вібрації
2300...2500 2500...2800	Вкладки поршнів циліндрів першої, другої, третьої і четвертої ступеней стиснення
2000...2800	Широкосмугова вібрація пов'язана з тертям вузлів першої, другої, третьої і четвертої ступеней
1500...2000	Широкосмугова вібрація першої ступені (тертя і удари від вкладок)
800...2100	Широкосмугова вібрація третьої ступені
1500...3000	Широкосмугова вібрація другої ступені
1000...2500	Широкосмугова вібрація конструктивних елементів четвертої ступені
1100...1300	Шатунні підшипники КУ
1700...1950	Роликові підшипники КУ

Таблиця 2.2 - Характеристики джерел низькочастотні вібрації КУ 2ГМ4-1,3

Частота (Гц)	Джерела вібрації
12,3	Частота обертання колінчастого валу КУ
24,6	Друга гармоніка частоти обертання колінчастого валу КУ
55,1	Роликова частота корінних підшипників КУ (частота оберту ролика навколо своєї осі)
221	Частота руху роликів першого ряду
441	Частота руху роликів першого ряду відносно нерухомої частоти підшипника
443	Частота руху роликів другого ряду
553	Частота руху роликів першого ряду відносно нерухомої частоти підшипника
882	Частота руху роликів другого ряду відносно нерухомої частоти другого ряду підшипника
1107	Частота руху роликів другого ряду відносно рухомої частоти другого ряду корінного підшипника

Окрім приведених у таблицях 2.1 та 2.2 джерел високочастотної вібрації є інші джерела, ідентифікувати які не вдалось.

2.3 Обґрунтування вибору діагностичних ознак основних вузлів компресорних установок і визначення границь їх рівнів

На основі аналізу характеристик вібрацій та ідентифікованих джерел вібрацій у різних частотних діапазонах, описаних у розділі 2.1, можна встановити ряд вібродіагностичних ознак технічного стану окремих компонентів КУ АГНКС.

Вібродіагностичні ознаки для силової компресорної установки 2ГМ4-1,3 12-250 включають:

- рівні вібрації в частотних діапазонах 2350-2550 Гц і 2550-2850 Гц; збільшення цих значень вказує на розширення щілин у з'єднаннях «циліндр-поршень». Залежно від місця реєстрації цього параметра можна оцінити розмір щілин у циліндрах різних ступенів стиснення;
- рівень вібрації в діапазоні 2100..2850 Гц, збільшення якого свідчить про пошкодження компресорних кілець і дефекти робочих поверхонь циліндрів і поршнів. В залежності від місця реєстрації цього параметра можна судити про стан елементів кожного ступеня стиснення. Важливо відзначити, що для виявлення пошкоджених кілець і дефектів поверхні циліндрів можна використовувати інші діагностичні ознаки.
- рівень вібрації в точках 5 і 6 в діапазоні 1100..1300 Гц, збільшення якого вказує на дефекти шатунних підшипників, зокрема збільшення щілин або руйнування поверхонь тертя;
- рівень вібрації в точках 1 і 2 в діапазоні 1700..1950 Гц, збільшення якого вказує на знос роликів у корінних підшипниках КУ;

- рівень вібрації на частоті 12,5 Гц, якщо відхилення перевищує 7 мм/с, свідчить про неврівноваженість елементів конструкції, зокрема ротора електродвигуна;
- рівні вібрації в точках 1 і 2 на частотах 55, 221, 441, 443, 553, 882, 1107 Гц, збільшення яких вказує на наявність дефектів у роликівих підшипниках.

Вказані вище вібродіагностичні ознаки технічного стану КУ АГНКС визначені шляхом аналізу інтенсивності вібрації в різних частотних діапазонах та точках вимірювань, використовуючи динамічні особливості роботи компонентів КУ.

Межі значень вібродіагностичних ознак, які відповідають дефектним та бездефектним станам конструктивних елементів установок, визначаються на підставі обробки статистичних даних результатів вимірювань та порівняння з результатами ревізій компресорних установок. Важливо не лише визначити частоти, а й встановити рівні вібраційних сигналів, які відповідають бездефектним станам компонентів агрегату. Оцінка технічного стану вузлів КУ в процесі експлуатації визначається змінами значень діагностичних параметрів, зокрема величиною відхилення від норми, яка представлена в таблицях 2.1 і 2.2.

В таблиці 2.3 приведені частотні смуги і рівні вібрації, які використовуються в якості діагностичних ознак при діагностуванні КУ 2ГМ4 1.3/12-250

Таблиця 2.3 - Частотні смуги і рівні вібрації, які використовуються в якості діагностичних ознак при діагностуванні КУ 2ГМ4 1.3/12-250

Номер смуги	Верхня і нижня межа (Гц)		Рівень (м/с ²)	Номер смуги	Верхня і нижня межа (Гц)		Рівень (м/с ²)*
	Нижня	Верхня			Нижня	Верхня	
1	7	9	0.6	10	3000	4000	20.0
2	14	18	1.2	11	1600	2000	5.0
3	23	27	1.2	12	2500	2800	18.3
4	30	36	4.1	13	850	950	4.0
5	7	70	2.5	14	1600	1900	2.0
6	2000	2500	2.6	45	2000	2300	1.8
7	1700	2000	3.1	16	2300	3000	20.0
8	1000	1700	10.6	17	1500	3500	33.0
9	2500	3000	28.6	18	1100	1300	5.0

* - рівень вимірюється в ДБ.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Функціональна схема системи діагностування компресорних установок

Система діагностування призначена для збору і аналізу вібродіагностичних параметрів з метою виявлення дефектних вузлів КУ АГНКС. На основі результатів досліджень, викладених в і розглянутих в 2.2, у перелік дефектів, які необхідно і можливо визначати у процесі експлуатації, доцільно включити: знос циліндрів і поршнів, руйнування ущільнювальних кілець, дисбаланс електродвигуна, задери і прихвати у циліндрах, збільшені щілини і руйнування у шатунних підшипниках, дефекти корінних підшипників, розцентрування у кривошипно-шатунному механізмі і вихід з ладу клапанів.

В 2.2 показано, що для повного діагностування всіх дефектів необхідно заміряти і проаналізувати більше 100 параметрів. Це можливо за допомогою системи, що пропонується для розробки. До складу системи діагностування входять апаратні і програмні засоби. Система діагностування дозволяє оперативно, протягом декількох хвилин, зняти і проаналізувати всі вібродіагностичні параметри.

Функціональна схема системи діагностування наведена на рис. 3.1. Система діагностування містить мікропроцесор, оперативну пам'ять (ОЗУ), зовнішню пам'ять (ВЗУ), аналого-цифровий перетворювач (АЦП), електронний атенюатор, підсилювач і віброперетворювач. Відображення інформації про результати діагностування здійснюється на дисплеї.

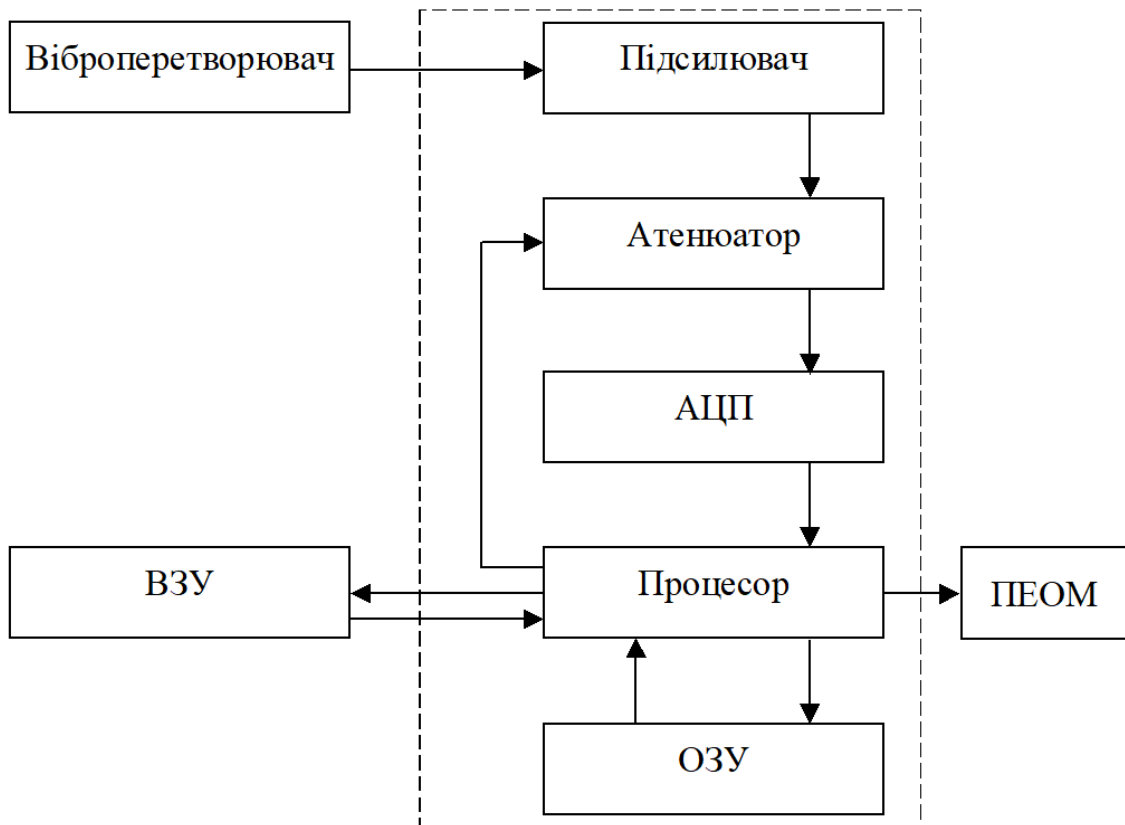


Рис. 3.1 – Функціональна схема діагностування компресорних установок

Вимірювання діагностичних параметрів проводиться наступним чином.

Віброперетворювач встановлюють у точку на корпусі компресорної установки, в якій здійснюють вимірювання. Віброперетворювач виробляє змінну електричну напругу, пропорційну віброприскоренню, яка подається на підсилювач. За допомогою підсилювача і електронного атенюатора електричний сигнал масштабується. Управління електронним атенюатора здійснюється програмним шляхом.

Після атенюатора сигнал поступає на аналого-цифровий перетворювач, де перетворюється у цифровий код. Вібраційні сигнали у цифровому вигляді обробляються процесором і за заданою програмою розраховуються всі вібродіагностичні параметри. Значення вібродіагностичних параметрів при необхідності запам'ятовуються і виводяться на екран.

Після вимірювання всіх діагностичних параметрів процесор за заданою програмою їх аналізує і визначає дефектні вузли КУ АГНКС. Інформація про результати діагностування може бути передана через послідовний порт (RS-232) у ПЕОМ.

Порядок вимірювань параметрів і алгоритми обробки сигналів визначаються програмою.

3.2 Огляд і аналіз варіантів систем діагностування

В процесі розробки автономної системи діагностування розглянуті і проаналізовані декілька варіантів конструкторського опрацювання.

Основними вимогами вибору варіантів були: максимальна автоматизація процесу вимірювання, простота роботи, зручність відображення інформації, мінімальна енергоємність пристрою і пов'язані з нею маса і габарити, надійність. Конструкція, що пропонується, відрізняється простотою, і малим енергоспоживанням, високими експлуатаційними і ергономічними характеристиками.

Конструктивно система виконана у вигляді несучого корпусу, в якому розташовуються плати з елементами окремих закінчених вузлів електричної схеми. Плати встановлюються у загальну плату на металевій рамі, яка кріпиться до корпусу. Корпус приладу виконаний з тонколистового алюмінієвого сплаву. На передній панелі приладу розташовується графічний дисплей з органами управління. Для установки акумуляторів у задній частині приладу зроблений відсік.

До складу системи входить окремий модуль ВЗУ, який дозволяє зберігати інформацію тривалий час після відключення живлення. Модуль ВЗУ є з'ємний. Корпус ВЗУ виконаний з тонколистового металу з врахуванням забезпечення нормальних теплових характеристик роботи і герметичності.

Технічні дані автономної системи:

- оперативний контроль амплітуди і частоти вібрації циклічних механізмів у діапазоні 1-15000 Гц за допомогою датчиків прискорення, що мають чутливість 0,05-10 мВ/м;
- відображення алфавітно-цифрової інформації обсягом не менше семи рядків по вісім символів у рядку, а також графічної інформації у вигляді графіків або гістограм амплітуд коливань;
- накопичення інформації у ВЗУ об'ємом до 256 Кбайт і її зберігання;
- забезпечення програмними засобами попередньої обробки інформації (БПФ) і діалоговим режимом спілкування з оператором;
- діагностування технічного стану об'єкту, що досліджується, з можливою індикацією відхилень від норми параметрів, що контролюються;
- обмін інформацією з ПЕОМ;
- маса з автономним джерелом живлення 5 кг;
- автономність 8 годин без зарядки акумуляторів.

3.3 Структурна схема блоку контролю вібрацій

Перевага блоку контролю полягає в тому, що у ньому використовуються схеми затримки для захисту від імпульсних завад, а також схеми блокування сигналів попереднього і аварійного захисту при дефектах, що виникають у блоках пристрою.

Стандартні пристрої для контролю вібрації містять: послідовно з'єднані віброперетворювач, смуговий фільтр, підсилювач і перший пороговий елемент,

блок аварійного захисту, блок аварійної сигналізації, блок попереджувальної сигналізації, блок живлення.

Запропонований блок оснащено другим і третім пороговими елементами, входи яких з'єднані з входом першого порогового елемента, першою схемою порівняння, два входи якої з'єднані з виходами першого і другого порогових елементів, інші входи з'єднані з виходами блока живлення, другою схемою порівняння, два входи якої з'єднані з виходами другого і третього порогових елементів, інші входи - з виходами блока живлення, третьою схемою порівняння, першою схемою затримки, вхід якої з'єднаний з виходом першої схеми з виходом другої схеми порівняння, а вихід через п'яту схему порівняння, під'єднаний до одного з установчих входів третього тригера, причому другий вхід п'ятої схеми порівняння з'єднаний з виходом третього порогового елемента, а другий установчий вхід третього тригера з'єднаний з виходом третього порогового елемента через другий інвертор і шосту схему порівняння, другий вхід якої з'єднаний з першим виходом другого тригера, при цьому вихід першого тригера з'єднаний з входом блока аварійної сигналізації, другий вихід другого тригера - з блоком захисту, а вихід третього тригера - з блоком попереджувальної сигналізації.

Структурна схема блоку контролю вібрації компресорної установки приведена на рис. 3.2.

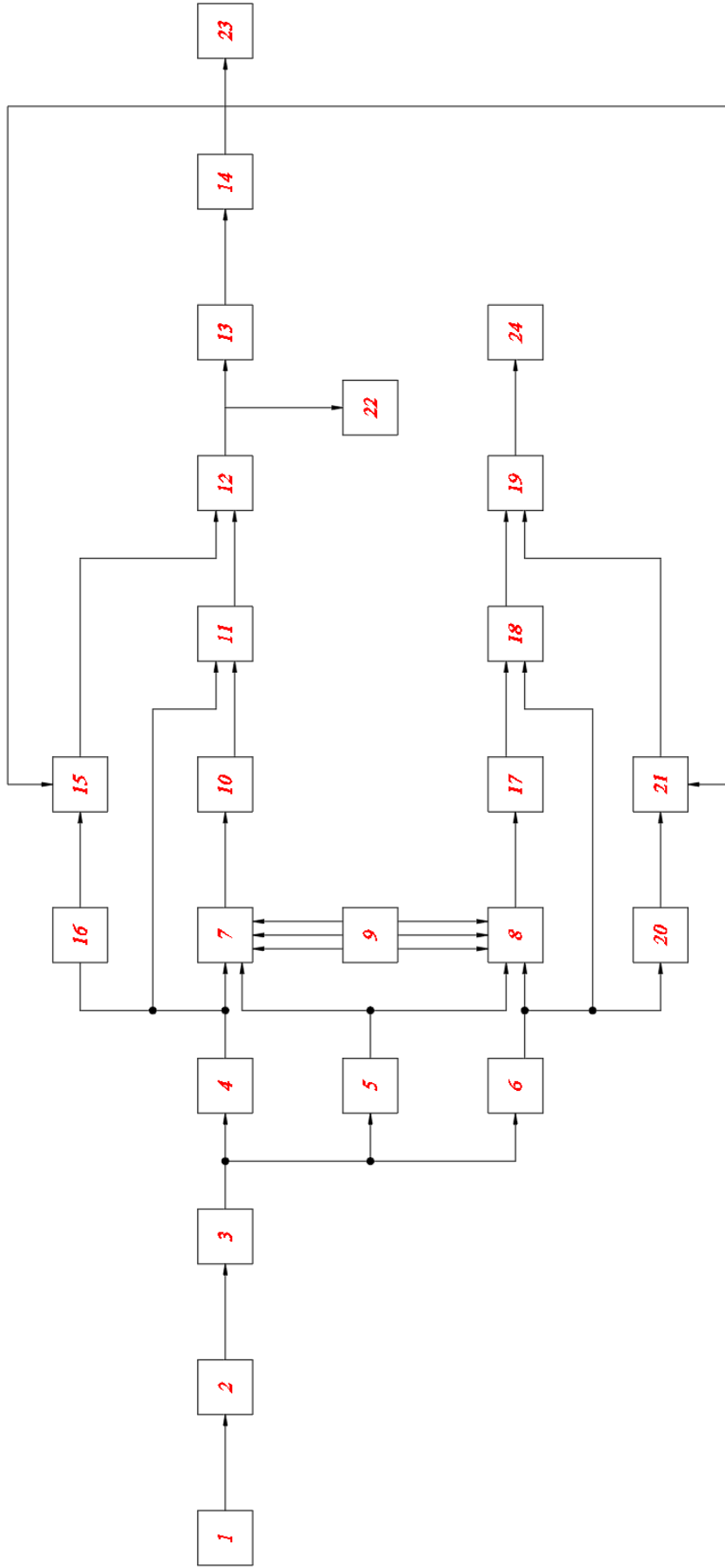


Рис. 3.2. Структурна схема блоку контролю вібрації компресорної установки

Блок контролю утримує послідовно з'єднані віброперетворювач 1, смуговий фільтр 2, підсилювач 3, перший пороговий елемент 4, другий 5 і третій 6 порогові елементи, входи яких з'єднані з входом першого порогового елемента 4, перша схема порівняння 7, два входи якої з'єднані з виходами першого 4 і другого 5 порогових елементів, а інші - до виходів блока живлення, друга 8 схема порівняння, два входи якої з'єднані з виходами другого 5 і третього 6 порогових елементів, а інші - з виходами блока живлення, перша схема 10 затримки, вхід якої з'єднаний з виходом першої схеми 7 порівняння, а вихід - з першим входом третьої схеми порівняння, другий вхід якої з'єднаний з виходом першого порогового елемента 4, перший тригер 12, один з установчих входів якого з'єднаний з виходом третьої схеми I порівняння, першого порогового елемента 4, а другий - з першим виходом другого тригера 14, третя схема 17 затримки, вхід якої з'єднаний з виходом другої схеми 8 порівняння, а вихід через п'яту схему 8 порівняння, з'єднаний з одним з установчих входів третього тригера 19, причому другий вхід п'ятої схеми 18 порівняння з'єднаний з виходом третього порогового елемента 6, а другий установчий вхід третього тригера 19 з'єднаний з виходом третього порогового елемента 6 через другий інвертор 20 і шосту схему 21 порівняння, другий вхід якої з'єднаний з першим виходом другого тригера 14, при цьому вихід першого тригера 12 з'єднаний з виходом блока 22 аварійної сигналізації, вихід другого тригера 14 - з блоком 23 захисту, а вихід третього тригера 19 - з блоком 24 попереджувальної сигналізації.

3.4 Принцип роботи блоку контролю вібрацій

Блок контролю працює наступним чином.

Сигнал віброперетворювача 1 після фільтру 2 і підсилювача 3 надходить на входи порогових елементів 4, 5 і 6.

Пороговий елемент 4 має рівень спрацювання, який відповідає аварійному значенню, пороговий елемент 6 має рівень спрацювання попереджувальної

сигналізації. Рівень спрацювання порогового елемента 5 обирається таким чином, щоб при мінімальній амплітуді сигналу з віброперетворювача 1 на його виході був сигнал, який подається на входи схем 7 і 8 порівняння. При обриві кабелю віброперетворювача 1 сигнал на виході порогового елемента відсутній, блокуються схеми 7 і 8 порівняння і робота всього пристрою. Аналогічне відбувається за відсутністю хоча б однієї з вихідних напруг блока живлення 9.

При досягненні амплітудою сигналу з віброперетворювача 1 рівня аварійної сигналізації сигнал порогового елемента 4 через схему порівняння 7 (за наявності всіх інших сигналів) запускає схему затримки 10. Час затримки встановлюється таким, щоб короточасні підвищення амплітуди вібрації, а також імпульсні завади не приводили до спрацювання схем попереджувальної і аварійної сигналізації. Якщо дійсно з'являється стійкий сигнал на виході порогового елемента 4, то відбувається порівняння сигналів на входах схеми порівняння 1 і її вихідний сигнал переключає тригер 12 у "одичний" стан. При цьому сигнал аварійної сигналізації формується у блоку 22. Вихідний сигнал тригера 12 затримується схемою затримки 13 на час, що необхідний оператору для прийняття рішення. Якщо сигнал аварійного захисту не блокується оператором, то вихідний сигнал схеми затримки 13, переключає тригер 14 у "одичний" стан, формується у сигнал аварійного захисту. Аналогічним чином працює канал попереджувальної сигналізації, в який входять: схема порівняння 8, схема затримки 17, схеми порівняння 18 і 21, інвертор 20, тригер 19 і блок попереджувальної сигналізації 24.

Таким чином, введення нових елементів забезпечує контроль пристрою, захист від завад і таким чином підвищує надійність його функціонування.

Блок контролю вібрації входить до складу системи діагностування та за параметрами вібрації технічного стану компресорних установок автомобільних газонаповнювальних компресорних станцій .

Контроль вібрації відбувається в реальних умовах експлуатації компресорної установки на АГНКС.

Блок контролю вібрації КУ АГНКС забезпечує безперервний контроль двома каналами, індикацію середньоквадратичного значення вібраційної швидкості, світлову попереджувальну та аварійну сигналізацію після досягнення граничних значень сигналів датчиків. До складу пристрою входять два функціональних блоки і блоки живлення та контролю.

Сигнали з давачів вібрації подаються на входи функціональних блоків. До складу кожного з функціональних блоків входять фільтр низьких частот, інтегратор, детектор, блок компараторів та індикатори. Сигнал з датчика, пропорційний вібраційному прискоренню, надходить на вхід функціонального блоку, фільтрується, інтегрується, перетворюється детектором у постійну напругу, яка пропорційна середньоквадратичному значенню вібраційної швидкості. З виходу детектора сигнал подається на вхід блоку компараторів та блоку індикації у цифровій формі значень вібраційної швидкості. Схема внутрішнього контролю формує сигнали, які призначені для перевірки коефіцієнтів передачі функціональних блоків.

3.5 Контроль технічного стану блоку контролю вібрації

Контроль технічного стану блоку контролю вібрації передбачено здійснювати трьома способами:

- внутрішній контроль загального коефіцієнту передачі функціональних блоків;
- контроль динамічних та амплітудно-частотних характеристик функціональних блоків за допомогою стандартних вимірювальних приладів;
- контроль динамічних та амплітудно-частотних характеристик датчика, підсилювача та функціонального блоку за допомогою вібраційного стенду.

Необхідне усереднення проводиться за допомогою інтегратора (операційного підсилювача з конденсатором у зворотному зв'язку), в якому після поділення на інтервал часу T отримується оцінка середнього значення сигналу

для заданого інтервалу. Цей спосіб ґрунтується на прямому функціональному представленні математичної операції усереднення. Для стаціонарного періодичного сигналу усереднення забезпечує достатньо точне вимірювання параметрів вібрації за відрізок часу, який перевищує час затримки τ даного фільтру в 4-5 разів. При цьому мається на увазі, що τ перевищує період сигналу. У випадку стаціонарного випадкового сигналу до вибору часу усереднення слід підходити як до вибору потрібної довжини реалізації.

Необхідна довжина реалізації T_2 для отримання оцінки середньоквадратичного відхилення τ_v з заданою похибкою ε для стаціонарного центрованого випадкового процесу дорівнює:

$$T_2 = 1/4B_0\varepsilon^2 \quad (3.1)$$

де B_0 – частотний діапазон процесу.

Мінімальне значення середньоквадратичної похибки досягається тільки при $\tau \rightarrow \infty$. Але якщо $\tau = T_2$, нормована середньоквадратична похибка $\varepsilon = 1,04 B_0 T_2$, що всього на 4% більше мінімального значення.

Частота обертів вала компресора становить 5 Гц, тобто $T_2 = 0,2$ с. Виходячи з цього вибрано значення $\tau = 1$ с ($C = 100$ мкФ, $R = 10$ кОм).

Перехідні процеси, які пов'язані із включенням компресора, досліджувались з метою виключення помилкових спрацювань попереджувальної та аварійної сигналізації. В результаті досліджень встановлено, що найбільш прийнятним для виключення помилкових спрацювань попереджувальної та аварійної сигналізації є застосування затримки сигналів. Час перехідних процесів не перевищує п'яти секунд, але для надійності системи контролю затримку у часі на ввімкнення аварійної сигналізації встановлено десять секунд, крім того передбачено регулювання розміру цієї затримки, якщо система буде застосована на інших об'єктах, що мають інші характеристики перехідних процесів. Проведена метрологічна атестація пристрою.

Зміни коефіцієнтів передачі функціональних блоків, що виявлені в процесі контролю динамічних та амплітудно-частотних характеристик, викликані зміною параметрів перехідних електrolітичних конденсаторів.

3.6 Підвищення ефективності використання блоку контролю вібрації

Перспективним напрямком підвищення ефективності використання блоку контролю вібрації КУ АГНКС є поєднання з ПЕОМ. Це дає можливість перетворити систему віброконтролю в діагностичний комплекс з широкими можливостями реалізації базових функцій збору даних, їх обробку, аналіз та відображення.

Поєднання блоку контролю з ПЕОМ можна забезпечити через корекцію параметрів АЦП, що входить до складу функціонального блоку (підвищення розрядності до 12, підвищення частоти дискретизації), або застосуванням спеціальної плати в комп'ютері. Використання вмонтованих адаптерів забезпечує також максимальну швидкість обробки інформації, тому що плата встановлюється безпосередньо у вільний роз'єм розширення ISA і адресуються як стандартні пристрої вводу-виводу.

Під час цього доступ до них може бути реалізований як програмно (режим переривання IRQ) так і з використанням прямого доступу до пам'яті (DMA). Таким чином, блок контролю вібрації є зовнішнім, по відношенню до персонального комп'ютера, блоком першого рівня, що забезпечує узгодження з первинними перетворювачами і виконує функції комутації каналів, підсилення та фільтрації аналогових сигналів, а також у випадку використання вмонтованого АЦП аналого-цифрове перетворення сигналів (у цьому випадку сигнали від пристрою через цифровий вихід надходять в ПК через штатні інтерфейси – послідовної або паралельної дії).

4. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Сьогодні програмне забезпечення є складовою частиною багатьох апаратно-програмних комплексів, систем діагностування, будь якого технологічного обладнання, зокрема технологічних трубопроводів енергетичних установок, надійність яких є однією з найважливіших задач паливно-енергетичного комплексу.

Надійність є складною властивістю, яка об'єднує безвідказність, довговічність, ремонтпридатність і зберігаємість. Одними з причин ненадійності систем є недоліки схемних рішень та неправильний підбір елементів. Ці причини закладаються ще на стадії проектування, тому важливо робити оцінку надійності систем під час їх проектування.

До кількісних характеристик надійності належать:

- імовірність безвідказної роботи $P(t)$ - ймовірність того, що в заданому інтервалі часу в технічному об'єкті чи елементі не виникне відказ (подія, яка заключається в порушенні роботоздатності);
- частота відказів $a(t)$ представляє собою щільність розподілу часу безвідказної роботи, або похідну від ймовірності безвідказної роботи;
- інтенсивність відказів $\lambda(t)$ представляє собою умовну щільність розподілу часу безвідказної роботи для моменту часу t , при умові, що до нього відказу технічного об'єкту не було;
- середнє напрацювання на відказ T (середній час безвідказної роботи) представляє собою математичне очікування напрацювання до першого відказу;
- параметр потоку відказів $\omega(t)$ - математичне очікування числа відказів за одиницю часу, починаючи з моменту часу t .

Програмне забезпечення характеризується випадковим характером помилок та випадковим характером комбінацій вхідних даних, що викликає їх появу і дає можливість говорити про системні відкази, що викликані помилками програмного забезпечення, як про випадкові події. Це дозволяє використати для їх аналізу ті ж методи, що і для аналізу апаратних відказів. Тим не менше,

відкази, викликані помилками програмного забезпечення, мають достатньо суттєві відмінні риси, що обумовило створення спеціальних методів аналізу надійності програмного забезпечення. Джерелом помилок програмного забезпечення є логічні помилки в проєкті чи його недосконалість, неправильне кодування, помилки при компонуванні.

Повна перевірка програми на наявність в ній помилок можлива лише після об'єднання її частин, коли зміни і виправлення в програмі пов'язані із значними затратами часу і засобів. Крім того, якщо в програмі використовуються блоки, які були складені раніше, то це значно ускладнює вдосконалення даної програми. Не всі блоки програми програмуються з однаковою ретельністю і однорідністю, і інколи це виявляється занадто пізно. Можливі також ситуації, коли безпомилково працююча програма, що застосовується до нової задачі і на інших вихідних даних, дає неприйнятні по точності і часу обрахунку результати. Крім вищеперерахованих є ще ряд факторів, що призводять до появи помилок у програмі.

По складності програми можна поділити на декілька типів. Довжина стандартних програм для обчислення елементарних функцій не перевищує сотні команд. Ці програми перевіряються дуже ретельно, але іноді в них виявляються помилки, звичайно при специфічних значеннях аргумента.

Найбільш складними є програми керування в реальному масштабі часу, що реалізуються на мультипроцесорних обчислювальних машинах і містять сотні тисяч команд [24]. Повна перевірка таких програм в процесі відлагодження неможлива. Функціонування програм може бути повністю оцінено лише в процесі застосування. Помилки програм звичайно виявляються тільки при дії визначених вхідних сигналів, які в даному випадку відіграють роль роботи програми.

При розгляді множини значень вхідних сигналів помилки програм можуть вважатися випадковими. Випадковий характер помилок програмного забезпечення та випадковий характер комбінацій вхідних даних, що викликає їх появу, дає можливість говорити про системні відкази, що викликані помилками програмного забезпечення, як про випадкові події. Це дозволяє використати для

їх аналізу тіж методи, що і для аналізу апаратних відказів. Тим не менше, відкази, викликані помилками програмного забезпечення, мають достатньо суттєві відмінні риси, що обумовило створення спеціальних методів аналізу надійності програмного забезпечення.

Щоб застосувати до оцінки надійності програм математичний апарат теорії надійності, розглядають відмови програми – події, що містяться в переході до невірної роботи або зупинці програми. Після появи відказу програмісти досліджують програму з ціллю пошуку (локалізації) помилки і вдосконалення програми.

В даний час відсутні стандартні методи розрахунку надійності програмного забезпечення, тому для аналізу надійності програмного забезпечення використовують експериментально-аналітичні методи прогнозування надійності програмного забезпечення за результатами випробовувань, що базуються на тих чи інших припущеннях. Найпростішою з них є модель Шумана.

Для прогнозування надійності програмного забезпечення в цій моделі використовуються дані про число помилок, що були виправлені в процесі компанування програм в систему програмного забезпечення і відлагодження програм. За цими даними обчислюються параметри моделі надійності, яка може бути використана для прогнозування показника надійності в процесі використання програмного забезпечення.

Вважається, що при послідовних прогонах програми набори вхідних даних є випадковими і вибираються у відповідності із законом розподілу, який відповідає реальним умовам функціонування.

5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Структура програмного забезпечення системи діагностування КУ

До складу програмного забезпечення входять всі оператори алгоритмічної мови Бейсік, а також ряд підпрограм вібросигналів, що забезпечують введення і аналіз сигналів, що поступають з віброперетворювачів. Всі підпрограми написані на мові Асемблер, викликаються з Бейсіка і для програміста, що пише прикладні програми є, практично, розширенням Бейсіка.

Додаткові оператори розширення, що створюють системне програмне забезпечення системи віброконтролю наведені в табл. 5.1. Програмні засоби дозволяють розробляти додатки для проведення аналізу характеристик конкретних машин і агрегатів.

Базуючись на характеристиках вібросигналів доцільно проводити аналіз низькочастотної вібрації до 70 Гц і високочастотної до 4 кГц, причому час введення високочастотного сигналу повинен відповідати цілому числу обертів колінчатого валу. За умови обертання електродвигуна КУ з частотою 12,5 Гц забезпечується аналіз вібросигналів з частотою до 70 Гц. Вібраційний сигнал у цьому випадку знімається з віброперетворювача за 5 сек., що відповідає 63 оборотам колінчатого валу.

Пропускна здатність по частоті в цьому випадку дорівнює 0,4 Гц. У високочастотній області забезпечується аналіз вібросигналів з частотою до 4000 Гц. Вібраційний сигнал в цьому випадку знімається за час 0,189 сек., що відповідає 2,0 оборотам колінчастого валу. Пропускна здатність по частоті в цьому випадку становить 15 Гц.

Таблиця 5.1 - Оператори розширення Бейсіка

Оператор	Функція	Формат
1	2	3
ADC	Введення 1024 значень сигналів АЦП з максимальною швидко-дією і регульованою затримкою	ADC<часова затримка>, <ім'я масиву>, <масштаб> <часова затримка> - часова затримка, що виражається у 0.1мс, вибірки сигналу з АЦП. Якщо значення параметра дорівнює 0, то знімання значень здійснюється з максимальною швидкодією <ім'я масиву> - ім'я масиву, що визначено за допомогою оператора DIM, елементами якого є значення знятих з АЦП сигналів <масштаб> - ім'я змінної, що оголошена за допомогою оператора LET
BPF	Обчислює швидке перетворення Фур'є (БПФ) по вхідному масиву вимірювальних даних	BPF<розмірність БПФ>, < ім'я масиву >, <частота> <розмірність БПФ>- розмірність вхідного масиву вимірювальних даних, з якими буде працювати програма <БПФ>, є ступенем числа 2 < ім'я масиву > - ім'я вхідного масиву вимірювальних даних <частота> - частота знімання сигналу або кількість даних, одержуваних з вимірювача за одну хвилину. Результатом роботи БПФ є масив розмірністю рівною <розмірність БПФ >/2
GRAF	Відображає на екран спектр, обчислений за результатами роботи оператора BPF	В графіку присутній горизонтальний маркер, який переміщується стрілками вліво до першої точки і вправо до 100-ї точки з кроком 1 або 10. Режим зміни кроку досягається натисненням клавіші "пропуск". Маркер фіксує конкретну точку графіка і виводяться значення функції по осі X і Y. В першому рядку екрану виводяться дані в такому порядку: 1.значення функції по осі X; 2.значення по осі Y; 3.частота. Для виходу з графічного режиму необхідно натиснути клавішу "E"

Продовження табл. 5.1

1	2	3
PUTM	Записує результати у ВЗУ	PUTM<номер блока>, <кількість бло-ків>, < ім'я масиву >, <змінної помилки> <номер блока> - номер блока ВЗУ, починаючи з якого будуть записуватись результати розрахунків <кількість блоків> - кількість блоків, що позичається даними у ВЗУ. Розмір одного блока становить 512 байт < ім'я масиву > - ім'я масиву, оператора, що містить результати розрахунків, що записуються у ВЗУ <змінної помилки> - запис змінної, що визначається за допомогою LET
GETM	Зчитує інформацію з ВЗУ у вказану область пам'яті	GETM<номер блока>, <кількість бло-ків>, < ім'я масиву > <номер блока> - номер блока ВЗУ, починаючи з якого знаходиться інформація. Параметр може бути заданий як змінною, визначеною за допомогою оператора LET, так і числом <кількість блоків> - кількість блоків ВЗУ, що зчитуються < ім'я масиву > - ім'я масиву, у який зчитуються дані
CLEAR	Ініціалізує ВЗУ	
DIR	Виводить на екран каталог ВЗУ	DIR [<номер початкового блока>, <номер кінцевого блока>]
UNPACK	Пертворює елемент масиву даних у формат Бейсік	UNPACK<змінна>, <елемент масиву> <змінна>-змінна Бейсіку, оголошена за допомогою оператора LET, якому присвоюється значення елемента масиву даних <елемент масиву>- елемент масиву (розміром в одне слово), що містить результати розрахунків

Продовження табл. 5.1

1	2	3
PACK	Перетворює змінну у форматі Бейсік у елемент масиву даних	PACK<змінна>, <елемент масиву> <змінна>- змінна Бейсіку, оголошена за допомогою оператора LET <елемент масиву>- елемент масиву (розміром в одне слово), що містить результати розрахунків
SEND, RECEIVE	Передача даних з ВЗУ у ПЕОМ і з ПЕОМ у ВЗУ	SEND<початковий номер блоку>,<кількість блоків >,<ім'я файлу>,<ознака помилки> RECEIVE<початковий номер блоку>,<кількість блоків >,<ім'я файлу>,<ознака помилки> Оператори SEND і RECEIVE дозволяють передавати і приймати інформацію між приладом і ПЕОМ по послідовному інтерфейсу RS-232C. На ПЕОМ має бути завантажена програма TRANSF.EXE, яка є пасивна і після запуску знаходиться у режимі чекання запиту

На основі досліджень характеристик вібросигналів компресорних установок 2ГМ4-1,3/12-250 доцільно проводити аналіз низькочастотної вібрації до 70 Гц і високочастотної до 4 кГц, причому час введення високочастотного сигналу повинен відповідати цілому числу обертів колінчатого валу.

За умови обертання електродвигуна КУ з частотою 12,5 Гц забезпечується аналіз вібросигналів з частотою до 70 Гц. Вібраційний сигнал у цьому випадку знімається з віброперетворювача за 5 сек., що відповідає 63 обертам колінчатого валу. Пропускна здатність по частоті в цьому випадку дорівнює 0,4 Гц.

У високочастотній області забезпечується аналіз вібросигналів з частотою до 4000 Гц. Вібраційний сигнал в цьому випадку знімається за час 0,189 сек., що відповідає 2,0 обертам колінчастого валу. Пропускна здатність по частоті в цьому випадку становить 15 Гц.

5.2. Алгоритм роботи програми збору вібродіагностичної інформації

Алгоритм збору вібродіагностичної інформації передбачає наявність таких кроків:

- вибір точки установки віброперетворювача на КУ АГНКС;
- введення вібраційного сигналу;
- обчислення спектра сигналу;
- обчислення характеристик вібросигналу для програми діагностування і їх запам'ятовування;
- виведення на дисплей інформації про хід виконання програми.

При виборі точки установки віброперетворювача виводяться на екран дисплея підказки, вказуючи місце установки віброперетворювача. Місце установки віброперетворювача визначається технологією, яка передбачає знімання вібраційних параметрів у восьми точках: шість точок поблизу корінних підшипників і вісім точок на корпусах циліндрів чотирьох ступенів компресорної установки 2ГМ4-1,3/12-250. Програма автоматично визначає послідовність установки віброперетворювачів у точках вимірювання, проте передбачений також режим повторного знімання вібраційного сигналу у точках, де вимірювання вже здійснювалось.

Під час введення вібраційного сигналу здійснюється введення 1024 значень вібраційного сигналу.

При обчисленні спектру сигналу двічі обчислюється спектр сигналу.

В період обчислення характеристик вібросигналу проводиться обчислення рівнів вібрації у частотних смугах, наведених у таблиці 5.2. Обчислені параметри заносяться у пам'ять.

При виведенні інформації про хід виконання програми існує можливість перегляду спектрів сигналу і виведення на екран дисплея значень всіх

розрахункових параметрів. Блок-схема програми збору вібродіагностичної інформації наведена на рис. 5.1.

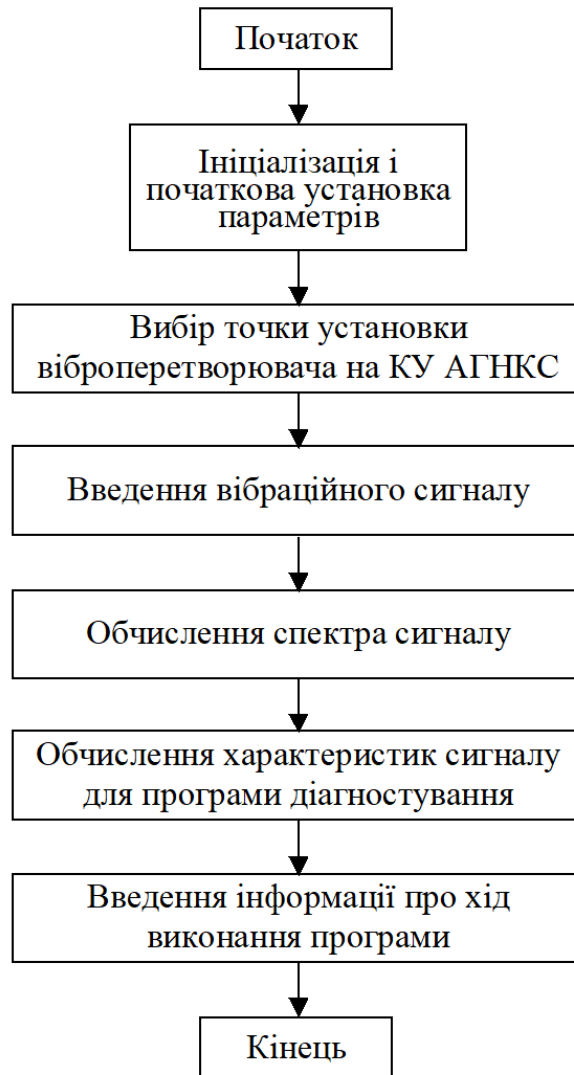


Рис. 5.1 – Блок-схема програми збору вібродіагностичної інформації

5.3. Алгоритм роботи програми діагностування

Блок-схема програми діагностування наведена на рис. 5.2.

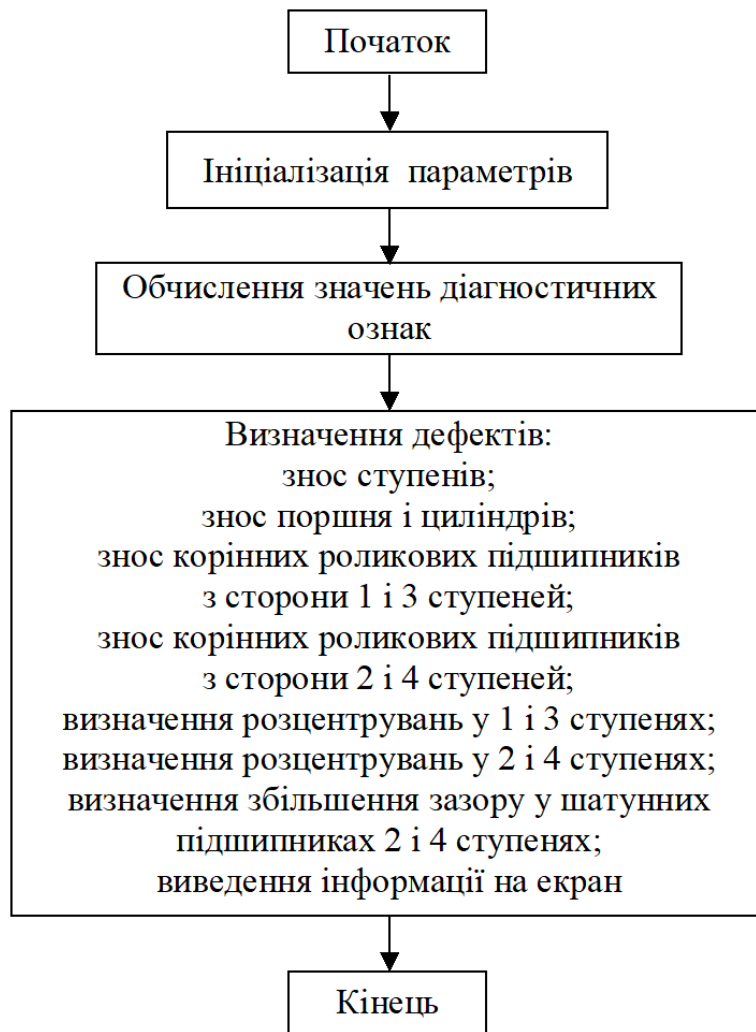


Рис 5.2 – Блок-схема програми діагностування КУ 2ГМ4-1,3

Алгоритм програми діагностування КУ 2ГМ4-1,3/12-250 складається з:

- введення з пам'яті пристрою характеристик вібросигналів, обчислених програмою збору вібродіагностичної інформації;
- діагностування дисбалансу якоря електродвигуна;
- діагностування роликів корінних підшипників колінчатого валу;
- діагностування шатунних підшипників ковзання колінчатого валу;
- діагностування технічного стану компресорних циліндрів і поршнів;
- діагностування технічного стану клапанів.

Діагностування дисбалансу електродвигуна здійснюється по значенню рівня вібрації у смузі 1 в першій точці вимірювання у вертикальному і повздовжньому напрямку. При одночасному перевищенні вказаних параметрів рівня 7 мм/с діагностується дисбаланс електродвигуна.

Діагностування роликів підшипників колінчатого валу виконується по значенню рівня вібрації у смузі 9.

При перевищенні рівня вібрації 2м/с^2 діагностується збільшений зазор, а при перевищенні 4м/с^2 – руйнування шатунних підшипників колінчатого валу.

Діагностування технічного стану компресорних циліндрів і поршнів здійснюється по широкосмуговій вібрації, пов'язаній з тертям вузлів першої, другої, третьої і четвертої ступеней у 13 смузі у точках 5, 6, 7 і 8.

Крім того додатково контролюється для першої ступені рівень вібрації у смузі 10, для другої ступені у смузі 11, для третьої ступені у смузі 16, для четвертої ступені у смузі 16. Знос поршнів і циліндрів діагностується по рівню вібрації у смузі 14.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Аналіз потенційних небезпек і шкідливостей виробничого середовища

Для нормальної роботи оператора на підприємстві створено всі умови: є окреме ізольоване приміщення операторної (там же розміщується і комп'ютер системи), роздягальні, санітарні приміщення. Це забезпечує нормальну і продуктивну роботу обслуговуючого персоналу.

До працівників шкідливих професій можна віднести чергових інженерів та операторів турбінного цеху, які працюють в умовах підвищеного шуму та вібрацій. Враховуючи специфіку їх роботи, будуть наведені вимоги та рекомендації стосовно режиму праці та відпочинку, освітленості та вентиляції приміщень, і ін.

При встановленні, налагоджуванні і експлуатації системи контролю екологічних параметрів існує потенційна небезпека отримання травм, ураження електричним струмом, отруєння природнім газом чи продуктами його згорання.

Основними причинами одержання травм працівниками є [25]:

- недотримання вимог і правил техніки безпеки при монтажі, налаштуванні і експлуатації системи контролю екологічних параметрів;
- пошкодження ізоляції проводки, поява напруги на корпусах електрообладнання при відсутності захисного заземлення і занулення;
- поява напруги на відключених струмопровідних частинах, де працюють люди, внаслідок помилкового ввімкнення;
- випадковий витік газу з працюючих агрегатів внаслідок ненавмисного їх пошкодження чи виходу з ладу комунікацій;
- випадкове ввімкнення обладнання на якому виконуються роботи.

Основними заходами попередження нещасних випадків є:

- дотримання працівниками вимог техніки безпеки;
- виконання всіх робіт згідно регламентів;
- захисне заземлення і занулення установок і агрегатів;
- використання тільки сертифікованих матеріалів при монтажі системи.

Метеорологічні умови на робочому місці визначаються передусім клімато-географічними особливостями місцевості. Шкідливі виробничі фактори: підвищена або понижена температура в робочій зоні, підвищений рівень шуму та вібрації в виробничому приміщенні.

Деякі виробничі процеси супроводжуються значним шумом та вібраціями. Розвиток техніки, ріст потужності і швидкохідності машин, механізація виробничих процесів призводить до збільшення вібрації і шуму.

Виробничий шум – це комплекс звуків, які змінюються по висоті та амплітуді. Сила звуку вимірюється в децибелах і визначається логарифмом відношень інтенсивностей

$$\beta = 10 \cdot \text{Lg}(I/I_0), \quad (6.1)$$

де I – сила даного звуку певної частоти;

I_0 – сила того ж звуку на порозі чутливості.

Порогом чутливості називається максимальна сила звуку, яка відчувається людиною з нормальним слухом.

При високому рівні гучності шум шкідливо впливає на нервову систему людини і її органи слуху, що викликає роздратування, втому, послаблення уваги, зниження працездатності і глухість. Це приводить до нещасних випадків і до значного зниження продуктивності праці.

Вібрація та механічні трясіння характеризуються періодичними коливаннями дозвукової частоти. При перекачуванні газу магістральними газопроводами — це сили, що виникають на компресорних станціях, при роботі

газоперекачувальних агрегатів, роботі нагнітачів. В багатьох випадках шум і вібрації діють одночасно і з одного джерела.

Для боротьби з шумом та вібрацією приймають захисні заходи при будівництві об'єктів (використовують звукопоглинаючі матеріали), особливо при будівництві операторних та щитових, при проектуванні і їх експлуатації (усунення причин шуму або послаблення його в джерелі) [25].

На основі даних, зібраних під час переддипломної практики та з літературних джерел, для конкретних виробничих умов, визначено та проаналізовано основні потенційні небезпеки та шкідливості. Ці дані зібрані в таблицях 6.1 та 6.2.

Таблиця 6.1 - Потенційно небезпечні виробничі фактори

Виробничий об'єкт	Небезпечний фактор (технологічна операція)	Фактичне значення	Нормативне значення	Характер дії на людину
ГПА ГТК-10-4	Вібрація	73 дБ $f_{c,r}=31,5$ Гц	75 дБ $f_{c,r}=31,5$ Гц	Швидка втомлюваність, біль в суглобах
	Шум	80 дБА $f_{c,r}=31,5$ Гц	92 дБА $f_{c,r}=31,5$ Гц	Втрата слуху, головний біль, втомлюваність
	Загазованість (природній газ)	Відсутня	0.7%	Різь в очах, головний біль, запаморочення
ЕОМ (ЕПТ)	Рентгенівське випромінювання Електростат. Поле ІЧ – випромін. Яскравість	9– 12 мкР/Г 15 кВ/м 4.0 Вт/м ² 80 кД/м ²	75мкР/год 20-60кВ/м 100.0Вт/м ² 35÷60кД/м ²	Загальна втома, головний біль Різь в очах, роздратування

Таблиця 6.2 - Характеристика шкідливих речовин

Назва Речовини	ГДК — гранично допустима концентрація даної речовини		Перша допомога при отруєнні
	В робочій зоні	Середньодобова в атмосфері населених пунктів	
Природний Газ	300 мг/м ³	—	Винести з шкідливої атмосфери, зігріти тіло, обложивши грілками. При порушенні дихання дати кисень.

6.2. Заходи, які забезпечують створення оптимальних метеорологічних умов на дільниці технологічного процесу

Суттєвий вплив на стан організму працівника, його працездатність здійснює мікроклімат виробничого приміщення дільниці, під яким розуміють клімат внутрішнього середовища цього приміщення, що визначається діючою на організм людини сукупністю температури, вологості, руху повітря та теплового випромінювання нагрітих поверхонь. Мікроклімат характеризується значною динамічністю і залежить від коливань зовнішніх метеорологічних умов, часу доби та пори року, теплофізичних особливостей технологічного процесу очистки, умов опалення та вентиляції. Він в основному впливає на тепловий стан організму людини та її теплообмін з навколишнім середовищем.

На сьогодні основним нормативним документом, що визначає параметри мікроклімату виробничого приміщення є ГОСТ 12.1.005-88. Вказані параметри нормуються для робочої зони – простору, обмеженого на висоті 2 м над рівнем підлоги чи майданчика, на якому знаходяться робочі місця працівників.

Оптимальними (комфортними) вважаються такі умови праці, за котрих має місце найвища працездатність і хороше самопочуття. Допустимі мікрокліматичні умови передбачають можливість напруженої роботи механізму терморегуляції, що не виходить за межі можливостей організму, а також дискомфортні відчуття.

Згідно з ГОСТ 12.1.005-88 „Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони”, оптимальними нормами температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні дільниці фільтрування при категорії робіт середньої важкості Па, Пб є такі:

- в холодну пору року: температура 18-20 °С, відносна вологість 60-40%, швидкість руху повітря не більше 0,2 м/с.

- в теплу пору року: температура 21-23 °С, відносна вологість 60-40% швидкість руху повітря не більше 0,3 м/с.

Створення оптимальних метеорологічних умов можна вирішити наступними заходами та засобами:

Удосконалення технологічних процесів та устаткування. Впровадження нових технологій та обладнання, які не пов'язані з необхідністю проведення робіт в умовах інтенсивного нагріву дасть можливість зменшити виділення тепла у виробничі приміщення. Раціональне розміщення технологічного устаткування. Основні джерела теплоти бажано розміщувати безпосередньо під аераційним ліхтарем, біля зовнішніх стін будівлі і в один ряд на такій відстані один від одного, щоб теплові потоки від них не перехрещувались на робочих місцях.

Автоматизація та дистанційне управління технологічними процесами. Цей захід дозволяє в багатьох випадках вивести людину із виробничих зон, де діють несприятливі фактори.

Раціональна вентиляція, опалення та кондиціонування повітря. Вони є найбільш розповсюдженими способами нормалізації мікроклімату у виробничих приміщеннях. Так зване повітряне та водоповітряне душення широко використовується у боротьбі з перегріванням робітників в гарячих цехах.

Забезпечити нормальні теплові умови в холодний період року в надтогабаритних та полегшених промислових будівлях дуже важко і економічно недоцільно. Найбільш раціональним варіантом в цьому випадку є застосування променистого нагрівання постійних робочих місць та окремих ділянок. Захист від протягів досягається шляхом щільного закривання вікон, дверей та інших отворів, а також влаштуванням повітряних і повітряно-теплових завіс на дверях і воротах.

Раціоналізація режимів праці та відпочинку досягається скороченням тривалості робочої зміни, введенням додаткових перерв, створенням умов для ефективного відпочинку в приміщеннях з нормальними метеорологічними умовами. Якщо організувати окреме приміщення важко, то в гарячих цехах створюють зони відпочинку — охолоджувальні альтанки, де засобами вентиляції забезпечують нормальні температурні умови.

Застосування теплоізоляції устаткування та захисних екранів. В якості теплоізоляційних матеріалів широко використовуються: азбест, азбоцемент, мінеральна вата, склотканина, керамзит, пінопласт.

Використання засобів індивідуального захисту. Важливе значення для профілактики перегрівання мають індивідуальні засоби захисту. Спецодяг повинен бути повітро- та вологопроникним (бавовняним, з льону, грубововняного сукна), мати зручний покрій. Для роботи в екстремальних умовах застосовуються спеціальні костюми з підвищеною теплосвітловіддачею. Для захисту голови від випромінювання застосовують дюралеві, фіброві каски, повстяні капелюхи; для захисту очей — окуляри — темні або з прозорим шаром металу, маски з відкидним екраном. Захист від дії зниженої температури досягається використанням теплового спецодягу.

6.3. Електромагнітний імпульс ядерного вибуху і захист від нього радіоелектронних засобів

На початку 90-х років у США стала зароджуватися концепція, відповідно до якої збройні сили країни повинні мати не тільки ядерні і звичайні озброєння, але і спеціальні засоби, що забезпечують ефективну участь у локальних конфліктах без нанесення супротивнику зайвих втрат у живій силі і матеріальних цінностях.

До цієї спеціальної зброї американські військові фахівці в першу чергу відносять:

- засоби створення електромагнітного імпульсу (ЕМІ);
- генератори інфразвуку;
- хімічні склади і біологічні рецептури, здатні змінювати структуру базових матеріалів основних елементів бойової техніки;
- речовини, що виводять з ладу змащення і гумові вироби;
- лазери.

Найбільш близькі до прийняття на озброєння різні типи лазерів для осліплення особового складу, хімічні засоби для його знерухомилення, генератори ЕМІ, що негативно впливають на роботу електронної техніки.

Генератори ЕМІ (супер ЕМІ), як показують теоретичні роботи і проведені за кордоном експерименти, можна ефективно використовувати для виводу з ладу електронної й електротехнічної апаратури, для стирання інформації в банках даних і псування ЕОМ.

За допомогою ЗНСД на основі генераторів ЕМІ можливий вивід з ладу ЕОМ, ключових радіо й електротехнічних засобів, систем електронного запалювання й інших автомобільних агрегатів, чи підірвавши інактивація мінних полів. Вплив цієї зброї досить вибірково і політично цілком прийнятний, однак потрібна точна доставка його в райони поразення.

Незважаючи на визнання військово-політичним керівництвом США і НАТО неможливості перемоги в ядерній війні, різні аспекти вражаючого дії ядерної зброї продовжують широко обговорюватися. Так, в одному з розглянутих іноземними фахівцями сценаріїв початкового періоду ядерної війни особливе місце приділяється потенційної можливості висновку з ладу радіоелектронної техніки в результаті впливу на неї ЕМІ.

Вважається, що підірвавши на висоті близько 400 км тільки одних боєприпасів потужністю більш 10 Мт приведе до такого порушення функціонування радіоелектронних засобів у великому районі, при якому час їхнього відновлення перевищить припустимі терміни для вживання відповідних заходів.

По розрахунках американських експертів, оптимальною точкою підриву ядерних боєприпасів для поразки ЕМІ радіоелектронних засобів майже на всій території США була би точка в космосі з епіцентром у районі географічного центра країни, що знаходиться в штаті Небраска.

Теоретичні дослідження і результати фізичних експериментів показують, що ЕМІ ядерного вибуху може привести не тільки до виходу з ладу напівпровідникових електронних пристроїв, але і до руйнування металевих провідників кабелів наземних споруд. Крім того, можлива поразка апаратури, що знаходяться на низьких орбітах.

Для генерації ЕМІ ядерні боєприпаси можуть підриватися в космічному просторі, що не приводить до виникнення ударної хвилі і випаданню радіоактивних опадів. Тому в закордонній пресі виголошуються наступні думки про "неядерний характер" такого бойового застосування ядерної зброї і про те, що удар з використанням ЕМІ не обов'язково приведе до загальної ядерної війни.

Небезпека цих заяв очевидна, тому що одночасно деякі закордонні фахівці не виключають можливість масової поразки за допомогою ЕМІ і живої сили. У всякому разі цілком очевидно, що наводимі під впливом ЕМІ в металевих

елементах техніки струми і напруги будуть смертельно небезпечні для особового складу.

6.4. Шляхи вирішення задачі захисту від ЕМІ

Ідеальним захистом від ЕМІ було б повне закрите приміщення металевим екраном, в якому розміщена радіоелектронна апаратура. Разом з тим ясно, що практично забезпечити такий захист в ряді випадків неможливо, тому що для роботи апаратури часто потрібно забезпечити її електричний зв'язок із зовнішніми пристроями.

Тому, використовуються менш надійні засоби захисту, такі як струмопровідні сітки чи плівкові покриття для вікон, стільникові металеві конструкції для воздухозабірників і вентиляційних отворів та контактні пружинні прокладки, розташовувані по периметру дверей і люків.

Більш складною технічною проблемою вважається захист від проникнення ЕМІ в апаратуру через різні кабельні вводи. Радикальним вирішенням даної проблеми міг би стати перехід від електричних мереж зв'язку до практично не підданих впливу ЕМІ волоконно-оптичних.

Однак заміна напівпровідникових приладів у всьому спектрі виконуваних ними функцій електронно-оптичними пристроями можливо тільки у віддаленому майбутньому. Тому в даний час як засоби захисту кабельних вводів найбільше широко використовуються фільтри, в тому числі волоконні, а також іскрові розрядники, металоокисні варистори і високошвидкісні зенеровські діоди.

Усі ці засоби мають як переваги, так і недоліки. Так, ємнісно-індуктивні фільтри досить ефективні для захисту від ЕМІ малої інтенсивності, а волоконні фільтри захищають у відносно вузькому діапазоні надвисоких частот. Іскрові розрядники володіють значною інерційністю й, в основному, придатні для

захисту від перевантажень, що виникають під впливом напруг і струмів, що наводяться в обшиваці літака, кожусі апаратури й екрануванні кабеля.

Металлоокисні варистори являють собою напівпровідникові прилади, що різко підвищують свою провідність при високій напрузі. Однак, при застосуванні цих приладів, як засобу захисту від ЕМІ, варто враховувати їхню недостатньо високу швидкодію і погіршення характеристик при кількаразовому впливі навантажень.

Ці недоліки відсутні у високошвидкісних зенеровських діодах, дія яких базується на різкій лавиноподібній зміні опору від відносно високого значення практично до нуля при перевищенні прикладеної до них напруги визначеної граничної величини. Крім того, на відміну від варисторів, характеристики зенеровських діодів після багаторазових впливів високих напруг і переключень режимів не погіршуються.

Найбільш раціональним підходом до проектування засобів захисту від ЕМІ кабельних введів є створення таких роз'ємів, в конструкції яких передбачені спеціальні міри, що забезпечують формування елементів фільтрів і установку вмонтованих зенеровських діодів. Подібне вирішення сприяє одержанню дуже малих значень ємності й індуктивності, що необхідно для забезпечення захисту від імпульсів, що мають незначну тривалість і, отже, потужну високочастотну складову. Використання роз'ємів подібної конструкції дозволить вирішити проблему обмеження масо-габаритних характеристик пристрою захисту.

Складність вирішення задачі захисту від ЕМІ і висока вартість розроблених для цих цілей засобів і методів змушують піти на перших порах по шляху їхнього вибіркового застосування в особливо важливих системах зброї і військової техніки. Першими цілеспрямованими роботами в даному напрямку були програми захисту від ЕМІ стратегічної зброї.

Такий же шлях обраний і для захисту систем, що мають велику довжину керування і зв'язку. Однак, основним методом вирішення даної даної проблеми закордонні фахівці вважають створення так званих розподілених мереж зв'язку

(типу "Гвен"), перші елементи яких уже розгорнуті на континентальній частині США.

Сучасний стан проблеми ЕМІ можна оцінити в такий спосіб. Досить добре досліджені теоретично і підтверджені експериментально механізми генерації ЕМІ і параметри його вражаючої дії.

Розроблено стандарти захищеності апаратури і відомі ефективні засоби захисту. Однак, для досягнення достатньої впевненості в надійності захисту систем і засобів від ЕМІ необхідно провести випробовування за допомогою імітатора. Що стосується повномасштабних випробовувань систем зв'язку і керування, то ця задача навряд чи буде вирішена в доступному для огляду майбутньому.

В даний час у деяких західних країнах ведуться роботи з генерації імпульсів електромагнітного випромінювання магнітодинамічними пристроями, а також високовольтними розрядами. Тому питання захищеності від впливу ЕМІ будуть залишатися в центрі уваги фахівців при будь-якому результаті переговорів про ядерне роззброювання.

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі розглядаються технологічні схеми, основні характеристики і устаткування АГНКС, а також конструктивні особливості компресорних установок (КУ), які вказують на їх неконтролепридатність, що не дозволяє використати стандартні технічні засоби діагностування.

Аналізуються методи і технічні засоби контролю і діагностування КУ, які вказують на необхідність вдосконалення схемотехнічних рішень, підвищення точності і вірогідності отриманих результатів діагностування.

Визначені основні вимоги до розробки системи перевірки КУ, що забезпечують концепцію орієнтовану на технічне обслуговування в залежності від технічного стану і вимагає частого вимірювання, обробки і інтерпретації окремих експлуатаційних параметрів.

Розроблено програмне забезпечення системи, яке дозволяє проводити збір віброакустичної інформації і діагностувати дефекти основних вузлів КУ. Розрахунок показників надійності програмного забезпечення показав його високу надійність.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні рекомендації з виконання, оформлення та захисту кваліфікаційних робіт магістрів спеціальності 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / ТНТУ ім. І. Пулюя; уклад. А.Г. Микитишин, М.М. Митник. – Тернопіль: ТНТУ, 2022. – 80 с.
2. Саприкін С.А., Бойко М.В., Козак В.Р., Технологія вібродіагностування компресорних установок АГНКСУ/Нафта і газ України-96. Матеріали науково-практичної конференції.(Харків 14-16 травня). У трьох томах.- Харків УНГА.- 1996.-Т.3.-С.153-154
3. 19. Бойко М.В., Саприкін С.А., Козак В.Р., Гарагуль А.А. Спосіб діагностування клапанів циліндрів. Заявка 96010370.-Промислова власність. Офіційний бюлетень.-1997.-№ 4.-275с.
4. Tobin, Henry G Overview of trasdicera and sensors diagnostics.-SAE Priprints, a.a., N 700495, 10 p.p. ill//Надежность и контроль качества: экспресс-информация / ВИНТИГ.-1991.-N10.- С. 8-18.
5. Козак В.Р. Розробка методів і засобів для відродіагностики компресорних установок АГНКС. // Нафтова і газова промисловість. - 1977. - №3. - С. 39-42.
6. Козак В.Р. и др. Диагностика основных узлов КУ АГНКС. // Нефтяная и газовая промышленность. - 1993. - № 4. - С. 41-43.
7. Козак В.Р. Техніка і технологія діагностування основних вузлів компресорних установок і допоміжного устаткування. // Нафтова і газова промисловість. - 1997. -№ 2. - с. 43-44.
8. Телекомунікаційні системи та мережі : навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Укладачі : Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 384 с.

9. Ладанюк, А. П. Оперативное управление технологическими процессами в пищевой промышленности [Текст] / А. П. Ладанюк. — М. : Урожай, 1987. — 160 с.
10. Ладанюк А. П. Проектирование, монтаж и эксплуатация систем автоматизации в пищевой промышленности [Текст] : учебник / В. Г. Трегуб, А. П. Ладанюк, Л. Н. Плужников. - Москва : Агропромиздат, 1991. - 352 с. : ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). - ISBN 5-10-001082-7
11. Ладанюк, А.П. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості [Текст] : підручник для вузів I-IV рівнів акред. із спец. "Харчова технологія та інженерія" / А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра. - К. : Аграрна освіта, 2001. - 224 с. - ISBN 966-95661-2-6
12. І.Т. Стрепко, О.В. Тимченко, Б.В. Дурняк. Проектування систем керування на однокристальних мікро-ЕОМ. – К.: Фенікс, 1998.
13. Житецький В.Ц. Основи охорони праці.- Львів: Афіша, 2000.- 350 с.
14. Пістун І.П., “Безпека життєдіяльності” – Суми: Університетська книга, 2000, - 302с.
15. Депутат О.П., Коваленко І.В., Мужик І.С. Цивільна оборона. Навчальний посібник / За ред. Полковника В.С.Франчука. – Львів : Афіша, 2000. – 336с.