

Білоус Павло Андрійович

Розробка та дослідження автоматизованої системи керування
газокомпресорною станцією.

Керівник: ас. Стухляк Д.П.

Development and study of an automatic control system a gas compressor station

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра складається з пояснювальної записки та графічної частини (ілюстративний матеріал – слайди).

Об'єм графічної частини роботи становить ____ слайдів.

Об'єм пояснювальної записки складає ____ друкованих сторінок формату А4 (210×297), об'єм додатків – ____ друкованих сторінок формату А4.

Робота складається з шести розділів, в яких нараховується ____ рисунків та ____ таблиць з даними.

В роботі використано ____ літературних джерел.

У роботі розроблено автоматизовану систему керування газокompресорною станцією з використанням програмованого логічного контролера ОВЕН ПЛК200. Було вибрано вимірювальні давачі та виконавчі механізми для забезпечення автоматизованого контролю процесу. Було розроблено структурну схему системи та проведено комплексну автоматизацію технологічного процесу. Також в роботі було розроблено алгоритм функціонування системи.

Ключові слова: КОМПРЕСОР, АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, КОНТРОЛЕР, ТЕМПЕРАТУРА, ТИСК.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	5
1.1. Види гідрокомпресорів, схеми та галузі застосування	5
1.2. Класифікація та принцип дії компресорів	6
1.2.1. Об'ємні компресори	8
1.2.2. Турбокомпресори	13
1.2.3. Гвинтові компресори	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	18
2.1. Робочі характеристики компресорів	18
2.2. Функціональна схема гвинтової компресорної установки	20
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	24
3.1. Вибір давачів компресорної станції	24
3.2. Вибір виконавчих механізмів	30
3.3. Вибір логічного контролера та web-панелі	33
3.4. Функціональна схема автоматизації повітряної компресорної станції	38
3.4.1. Автоматизація системи управління компресорної станції	39
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	42
4.1. Дослідження режимів роботи групи компресорів «Житомирського заводу силікатних панелей» з використанням автоматизованої системи моніторингу	42
4.1.1. Технічний опис об'єкта енергоспоживання - компресорів ВП-20/8 МУ4	43
4.1.2. Моніторинг і аналіз енергоданих компресорного обладнання.	46
4.1.3. Система ефективного управління групою компресорів.	50
5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	52
5.1. Алгоритм роботи компресорної станції	52
5.2. Мнемо схема компресорної станції	55
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	58
6.1. Характеристика шкідливих факторів виробничого середовища	58
6.2. Забезпечення безпеки життєдіяльності при роботі з ПК	60
ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	65
БІБЛІОГРАФІЯ	66

ВСТУП

Вас не здивує той факт, що стиснене повітря є всюди: в повсякденному житті і в професійному середовищі - великих виробництвах і невеликих підприємствах. Наприклад, у багатьох супермаркетах є пневмопочта, по якій за допомогою стиснутого повітря відправляють необхідну документацію / гроші в потрібний відділ з каси в максимально короткий час.

У автомайстерень стиснене повітря використовується при фарбуванні автомобіля. Ну і, звичайно ж, на великих виробничих підприємствах стиснене повітря використовується, наприклад, для очищення обладнання від пилу і тирси, якщо підприємство займається деревообробкою; для енергоживлення обладнання і пневмоінструменту, якщо в компанії використовуються складні автоматизовані лінії, наприклад при складанні автомобілів і т.д.

Найбільшим споживачем повітря серед галузей є чорна металургія, за рахунок великих технологічних блоків, що використовують стиснене повітря: доменні печі, конвертори, мартенівські печі, прокатні стани, вагранки. Далі по споживанню енергії стисненого повітря слід кольорова металургія, слідом машинобудування, хімічна промисловість, гірничодобувна і вугільна.

Але практично на будь-якому підприємстві для тих чи інших цілей потрібен стиснене повітря.

З цього випливає, що на даному етапі розвитку людства тема розробки автоматизованої системи керування для повітряних компресорних станції є актуальною, так як вона дозволить збільшити продуктивність виробітку повітряного ресурсу і також заощадити електроенергію на виробництві, час і тд.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Види гідрокомпресорів, схеми та галузі застосування

Для забезпечення стиснутим повітрям(газом) потреб підприємств промисловості, будівельних та транспортних галузей застосовують компресорні установки різних типів, тобто компресори загального призначення, що забезпечують даним підприємствам атмосферне повітря, з тиском 0,6–1,0 МПа (6–10 кгс/см²). В залежності від характеру, обсягу та потреб кожного із підприємств, власне використовуються компресори різних типів, а саме: динамічного стиснення (осьові, відцентрові), об'ємного стиснення (гвинтові, пластинчасті, поршневі, ротаційні).

На рис. 1.1 зображено сфери із застосування різних типів повітряних компресорів для загального призначення. Галузі використання компресорів відповідно до продуктивності не є стабільно незмінними, вони також змінюються разом з вдосконаленням саме машин різних типів і конструкцій.

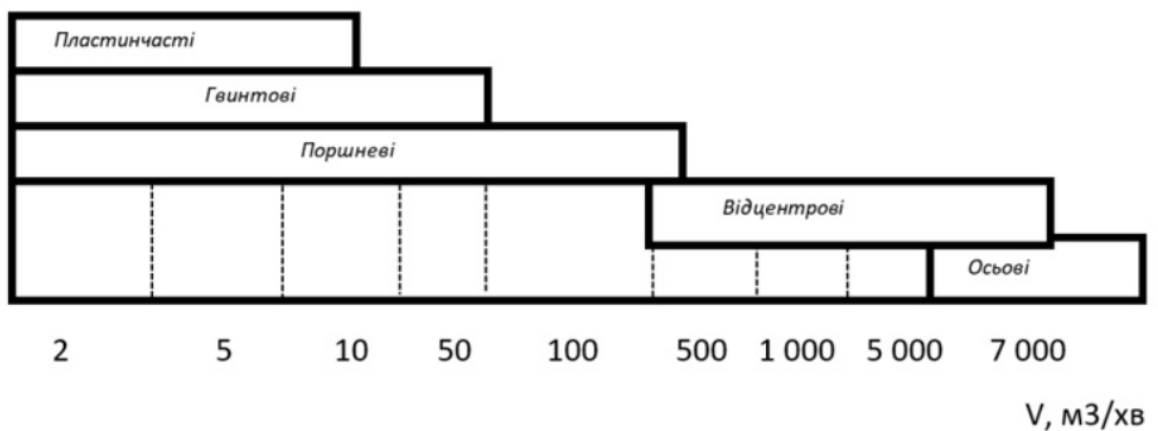


Рисунок 1.1 – Сфери застосування компресорів

1.2. Класифікація та принцип дії компресорів

Компресори дуже різноманітні та мають багато конструкцій, типів і відповідно класифікуються за переліком відповідних ознак (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Класифікація компресорів

За принципом дії компресори поділяють власне кажучи на динамічні та об'ємні (лопатеві). Як принцип дії звісно розуміють основну особливість процесу підвищення тиску, яка залежить саме від конструкції компресора.

Об'ємний компресор –це машина, власне кажучи в якій процес стиснення здійснюється у робочих камерах, що змінюють свій об'єм періодично, і також наперемінно сполучаються із входом і виходом компресора. Об'ємні машини за геометричною формою робочих органів а також способом зміни об'єму робочих камер власне можна класифікувати на поршневі а також роторні компресори.

В поршневому компресорі власне повітря зжимається зміною положення поршня, у зв'язку з цим повертається в початкове положення. Зворотно-поступальний рух власне кажучи робочих органів здійснюють також і вільнопоршневі а також мембранні компресори.

У вільнопоршневому компресорі власне передача руху від двигуна до стиснутого елемента здійснюється саме без механізму передачі руху. У мембранному компресорі власне зменшення об'єму газу здійснюється за допомогою руху стиснутого елемента-мембрани під дією ротора, що в свою чергу здійснює коливальний або обертальний рух.

До об'ємних машин власне кажучи з обертальним стискуванням елементом входять гвинтові, та інші конструкції компресорних установок.

Лопатевий компресор (чи турбокомпресор) – це установка динамічної дії, в якій власне кажучи стиснення газу стається через взаємодію потоку обертовою та нерухомою ґратками лопатей. Характерною особливістю лопатевих машин звісно є подача плавного тиску, саме який вони розвивають. До лопатевих компресорів в залежності від напрямку руху потоку власне кажучи причисляють радіальні та осьові.

У відцентровому компресорі вочевидь потік прямує в основному від центра до периферії. Рух газу в осьовому компресорі прямує вздовж осі ротора. А в діагональному компресорі газ рухається по діагоналі(осерадіальному).

Потрібно також відмітити серйозні особливості компресорів різного принципу роботи: продуктивність об'ємних компресорів власне кажучи не залежить від тиску нагнітання, в той час як для динамічних компресорів ця залежність дуже істотна.

За конструктивною схемою компресори власне кажучи бувають одноступінчасті і багатоступінчасті. У відцентровому компресорі власне кажучи ступені групуються в секції. Також охолодження повітря в поршневому компресорі здійснюється власне кажучи у кожному ступені, а у відцентровому – у кожній секції.

За способом власне кажучи відведення теплоти, яка утворюється при термодинамічному зжиманні газу, від тертя поршня та інших механічних

елементів, компресори діляться за типом охолодження, водяним або повітряним.

За типом власне кажучи приводного двигуна – з приводом власне кажучи від електродвигуна або двигуна внутрішнього згорання.

Іноді для зручності власне кажучи монтажу та зменшення габаритів компресорної установки власне застосовують електродвигуни, ротор яких є власне кажучи валом компресора (моноблоковий принцип).

За призначенням власне кажучи компресори бувають стаціонарними а також пересувними, що транспортуються власне кажучи до того чи іншого об'єкта для виконання власне кажучи необхідних робіт.

1.2.1. Об'ємні компресори

Найпоширеніші та різноманітні за конструкцією виконання, компонуванням і схемами є поршневі компресори. На рисунку 1.3 представленні основні схеми поршневих компресорів.

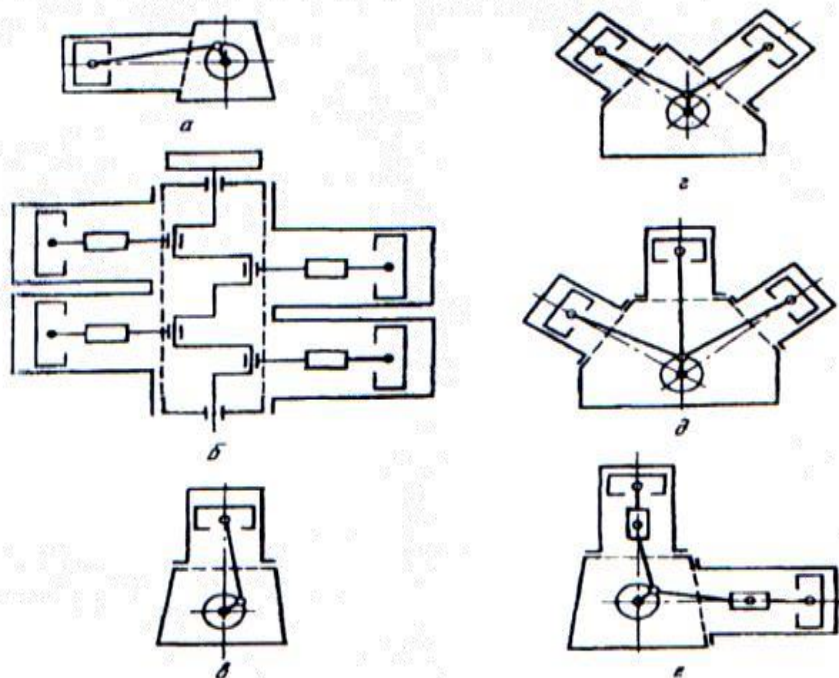


Рисунок 1.3– Схеми поршневих компресорів:

а – горизонтальний компресор; б – опозитний компресор в – вертикальний компресор; г – V-подібний компресор; д – W-подібний компресор; е – L-подібний компресор

Поршневі компресори розрізняють за:

- способом дії: простої або подвійної дії;
- кількістю циліндрів: одно-циліндрові або багатоциліндрові;
- способом стиснення: одно-ступінчастий або багатоступінчасті;
- конструктивним виконанням (кутові, горизонтальні, V-подібні та ін.);
- охолодженням: повітряним або водяним;
- способом змащування циліндрів: сухі або масловприскувальні;
- частотою обертання: швидкохідні (500–1000 об/хв) або тихохідні (до 200 об/хв);
- тиском нагнітання: компресори низького тиску (до 2,5 МПа), компресори середнього тиску (до 6,0 МПа) та компресори високого тиску (до 35,0 МПа).

За об'ємною продуктивністю при всмоктуванні поршневі компресори класифікують так: власне мікро-компресори продуктивністю до 0,6 м³/хв; малою продуктивністю – починаючи з 0,6 до 6,0 м³/хв, із середньою продуктивністю – від 6,0 до 60,0 м³/хв, та великою продуктивністю – понад 60 м³/хв.

На рисунку 1.4 представлено один з найпопулярніших поршневих компресорів – двоступінчастий, чотирирядний, на опозитній базі, та з водяним охолодженням. Продуктивність компресора складає – 125 м³/хв, з кінцевим тиском – 0,88 МПа, та споживною потужністю – 670 кВт.

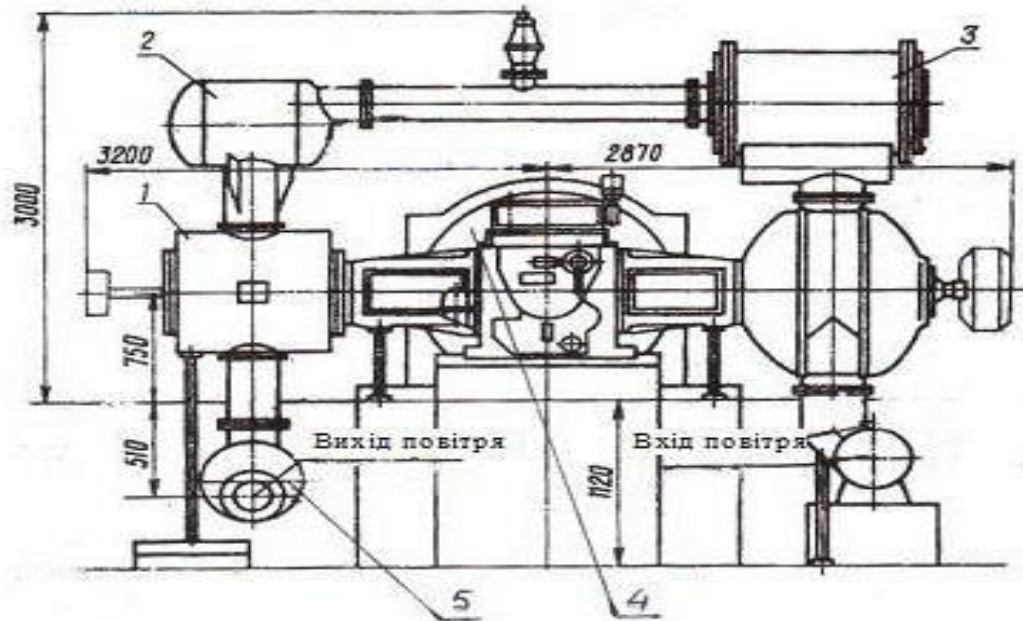


Рисунок 1.4 – Компресор 4BM10-120/9

На рисунку 1.5 показаний розріз L-подібного компресора 305ВП-30/8 з продуктивністю $30\text{м}^3/\text{хв}$ та з тиском нагнітання 0,8 МПа.

Тип поршневих компресорів, має наступні недоліки:

- 1) малооборотність і відносно низьку продуктивність, що деколи перешкоджає з'єднанню компресора зі швидкими двигунами;
- 2) нерівномірна подача повітря в систему, у зв'язку з чим потрібно установлювати повітрозбірник;
- 3) відносно великі габарити компресорів та фундаментів (особливо у горизонтальних компресорах);
- 4) не зрівноваженість рухомих мас.

Саме через ці недостатки, які притаманні різним видам поршневих компресорів, є однозначною причиною створення та використання інших типів компресорів.

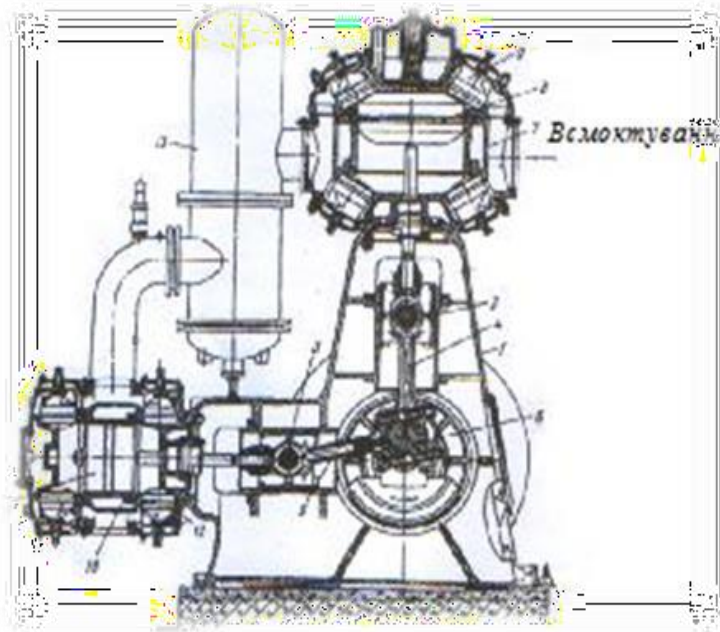


Рисунок 1.5 – Поршневий компресор 305ВІ-30/8

Досить поширеними є ротаційно-пластинчасті компресори. Ці компресори працюють з продуктивністю до $100 \text{ м}^3/\text{хв}$ та з тиском нагнітання до 2,5 МПа.

Одноступінчасті ротаційні компресори мають ступінь стиснення який знаходиться в межах від 3 до 5, а двоступінчасті із проміжним охолоджувачем досягають 9–13.

На рисунку 1.6 зображений власне кажучи двоступінчастий ротаційний компресор марки РСК-50х7. В ротаційному компресорі як і в поршневому за один поворот ротора відбуваються декілька процесів всмоктування та в іншій ділянці зжимання та нагнітання газу.

Власне у вищезазначених параметрах ротаційно- пластинчасті компресори практично не поступаються поршневим за ККД і навіть мають кращі показники швидкохідності, надійності та компактності.

Власне в ротаційно-пластинчастих компресорів також стає більше установок маслозаповненого та сухого стиснення. Ротаційно-пластинчасті компресори конкуруючи з гвинтовими та відцентровими компресорами, за техніко-економічними показниками стійко посідають серед малих виробників.

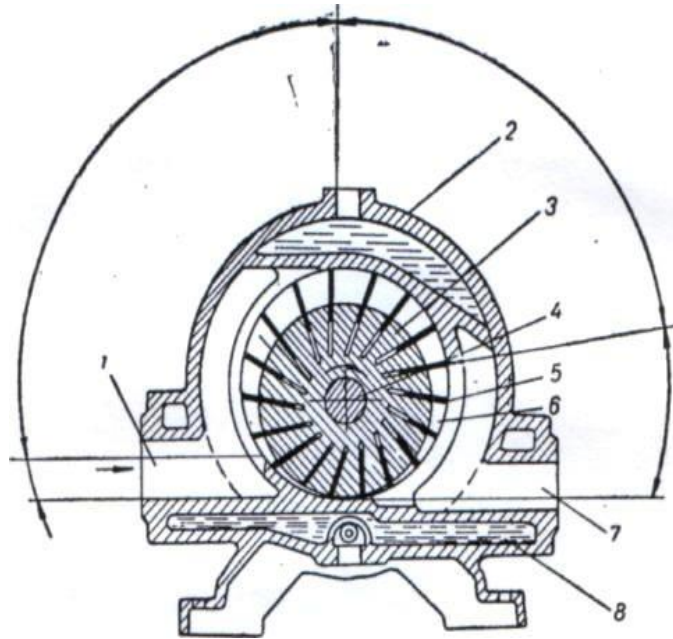


Рисунок 1.6 – Схема ротаційного пластинчастого компресора :

- 1 – засмоктувальна трубка; 2 – корпусна деталь компресора; 3 – ротор;
4 – вісь ротора; 5 – роторні сталеві пластини; 6 – камера стиснення газу; 7 – нагнітальна трубка; 8 – сорочка водiana

Власне при смоктуванні та зжатті газу, або рідинно-газових сумішей, які забруднені механічними домішками, застосовують рідинно-кільцеві машини. Порівняно з іншими типами машин ці найбільш поширені як вакуум-компресори з продуктивністю власне від найменших і до 2 000 м³/хв та при абсолютному тиску всмоктування починаючи від 0,02 МПа та вище.

1.2.2. Турбокомпресори

Відцентрові компресори власне найбільш ефективні у галузі великих продуктивностей. Перевага їх застосування визначається необхідністю звісно ж у великих об'ємах газу, стисненого в одній машині, при високій надійності та вочевидь довговічності роботи та поданням стисненого газу без пульсацій тиску. У компресорів відцентрового типу власне кажучи зросли границі потужності, в даний час вони експлуатуються з показником до 1 000 м³/хв, і вище.

На рис. 1.7 представлено відцентровий компресор з шістьма ступенями та трьома секціями, та власне кажучи з двома проміжними охолодженнями та горизонтальним рознімом продуктивністю 916 м³/хв, нагнітальним тиском 0,75 МПа.

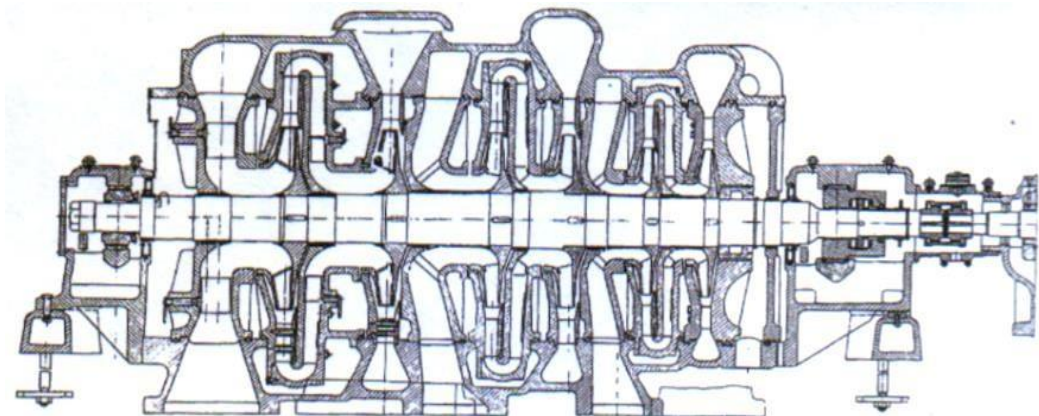


Рисунок 1.7 – Компресор К 905-61

Функціонування турбокомпресора зводиться до простих принципам. Турбіна агрегату впроваджується в випускну систему двигуна, компресор - у впускний тракт. Під час роботи мотора вихлопні газы надходять в турбіну, вдаряються об лопатки колеса, віддаючи йому частину своєї кінетичної енергії і змушуючи її обертатися. Крутний момент від турбіни за допомогою вала безпосередньо передається на колеса компресора. При обертанні колесо

компресора відкидає повітря на периферію, підвищуючи його тиск - це повітря подається у впускний колектор.

Одиночний турбокомпресор має ряд недоліків, основний з яких - турбозадержка або турбояма. Колеса агрегату мають масу і деяку інерцію, тому не можуть миттєво розкручуватися при підвищенні оборотів силового агрегату. Тому при різкому натисканні на педаль газу турбований двигун розганяється не відразу - виникає коротка пауза, провал потужності. Вирішенням цієї проблеми є спеціальні системи управління турбіною, турбокомпресори із змінною геометрією, послідовно-паралельні і двоступеневі системи наддуву, і інші.

На рисунку 1.8 показаний стаціонарний осьовий багатоступінчастий компресор продуктивністю 4 930 м³/хв, з кінцевим тиском 0,55 МПа, з приводом від парової турбіни.

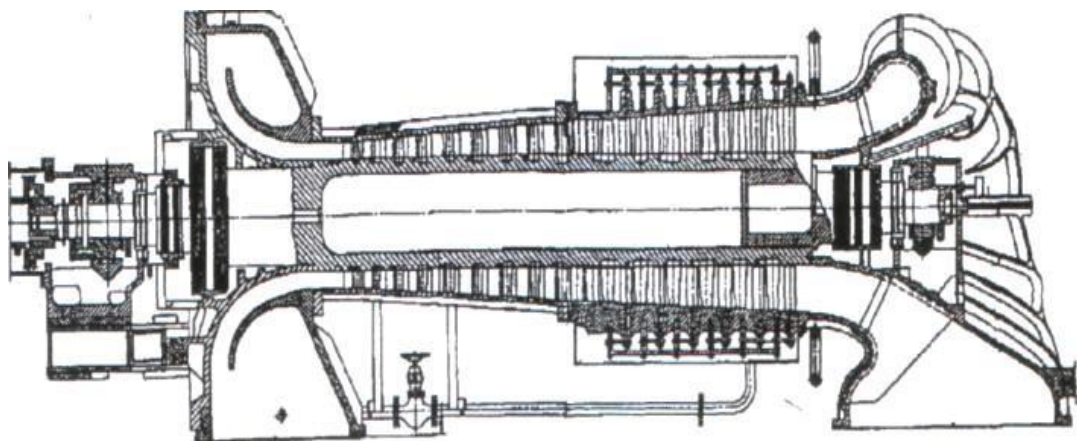


Рисунок 1.8 – Осьовий компресор К 4950-1

1.2.3. Гвинтові компресори

Залежно від різновиду компресора і особливостей модельного ряду конкретного виробника пристрій розроблений таким чином може відрізнятися, однак ключові принципи робіт залишаються незмінними. Розглянемо роботу гвинтового компресора на прикладі масляного пристрою.

1. Атмосферне повітря надходить в компресор через вентилятор і вхідний всмоктуючий повітряний фільтр, що дозволяє очистити повітря від пилу, бруду, твердих частинок та інших домішок. Фільтрація може бути і багатоступінчастої - в такому випадку повітря спочатку проходить через попередній фільтр повітрязабірника, а потім надходить на фільтр, що знаходиться біля вхідного клапана. Вхідний клапан оснащений пневматичним управлінням, і регулює його роботу дозволяє варіювати продуктивність компресора або перемикає його на холостий режим роботи. Наявність клапана дозволяє при зупинці компресора уникнути викидів масла і стиснутого повітря.

2. Повітря надходить в гвинтовий блок. Обертання гвинтів від електромотора забезпечується за допомогою пасової або муфтової передачі, в ряді моделей для цієї мети використовуються редуктори. Швидкість обертання є регульованою - при її підвищенні продуктивність компресорної установки зростає, однак максимальний робочий тиск падає.

3. Повітряний потік надходить в масловіддільник, де закручується в віхребразний потік. Під дією відцентрової сили частки масла відокремлюються. Маслоотделительний фільтр завершує процес очищення, дозволяючи позбавитися від залишкових парів мастильного матеріалу. Відпрацьоване масло надходить на масляні фільтри, які очищають його від домішок і повертають на гвинтові пару. Для охолодження гарячого масла використовуються термостати, оснащені охолоджуючими радіаторами і спеціальні маслоохладительные резервуари.

4. Стисле повітря надходить в повітроохолоджувач, де його температура знижується до тієї, яка необхідна споживачеві. У процесі охолодження повітря ще й осушується - сконденсована волога осідає і згодом видаляється за допомогою зливних пристроїв.

Компресорні установки оснащуються реле тиску (в сучасних високотехнологічних установках вони можуть замінюватися електронною

системою управління), що дозволяє установці працювати в автоматичному режимі.

Такий принцип дії забезпечує гвинтовим компресорів цілий ряд переваг. Витрата масла у них в рази менше, ніж у поршневих установок - відповідно, і якість виробленого повітря навіть у маслозаповнених компресорів значно вище. Крім того, такі компресори відрізняються зниженим рівнем вібрацій і шуму - що в поєднанні з компактністю і розумним вагою уможлиблює їх установку безпосередньо в робочих приміщеннях, причому без облаштування фундаменту. Гвинтові компресори - надійне, безпечне і досить просте в експлуатації обладнання з великими міжсервісний інтервалами, а наявність автоматизованих систем управління дозволяє йому працювати в повністю автономному режимі.

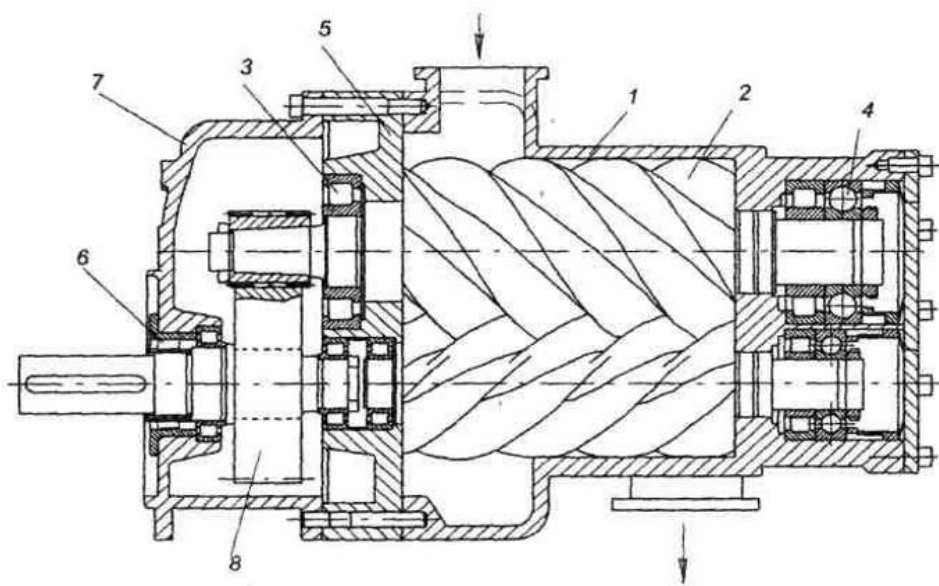


Рисунок 1.9 – Гвинтовий компресор CF246G: 1 – корпус роторної пари; 2 – роторна пара; 3 – роликопідшипник;
4 – шарикопідшипник; 5 – корпус підшипника; 6 – ущільнення; 7 – фланець;
8 – редуктор

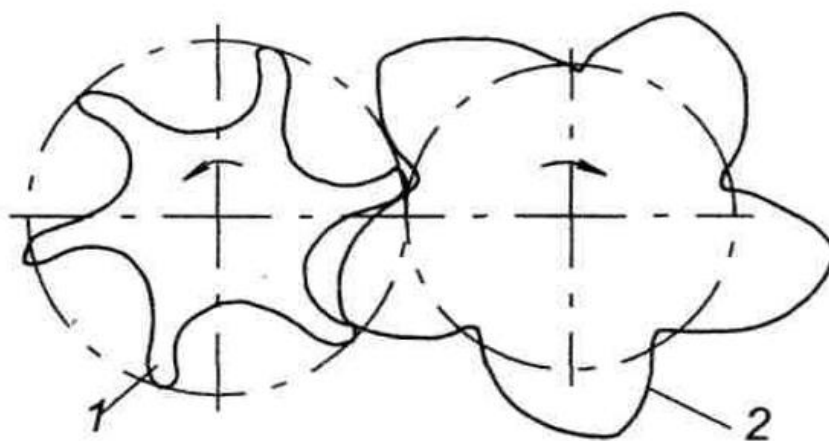


Рисунок 1.10 – Поперечний переріз роторів: 1 – ведений ротор; 2 – ведучий ротор

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Робочі характеристики компресорів

Компресори, як і інші складні технічні пристрої, мають масу різноманітних характеристик, що варіюються в великих межах. Однак можна виділити ряд величин, які є основними для пристрою. Саме вони визначають сферу застосування компресора, і на їх основі проводиться розрахунок і підбір компресорного устаткування під конкретне завдання. Інші характеристики є другорядними і в більшості випадків самі залежать від величини основних параметрів. Другорядні характеристики також впливають на конструкцію, роботу і загальну ефективність компресора, але в значно меншому ступені.

Величина основних характеристик визначає умови експлуатації компресора, а також ті показники потоку стисненого газу, які можуть бути досягнуті за допомогою цього компресора. Зручність полягає в тому, що по набору невеликого числа параметрів можна визначити сферу застосування компресора, або навпаки окреслити коло відповідних для поставленою завдання пристроїв. Підбір може проводитися як по одній основній характеристиці, так і по набору з декількох, в залежності від вимог, що пред'являються до компресора.

Найбільш вплив на придатність компресора надають такі характеристики:

- робочий тиск;
- продуктивність;
- потужність.

Цю характеристику взагалі можна назвати основною, так як вона відображає основну функцію компресора - стискати газ, що призводить до підвищення його тиску. Що розвивається компресором тиск зазвичай вимірюватися в Паскалях (Па), барах (бар) або атмосферах (атм), але також можуть бути використані міліметри ртутного стовпа (мм рт. Ст.), Кілограм-

сила на квадратний сантиметр (кгс / см²) або фунт на квадратний дюйм (PSI). Найбільш поширені одиниці виміру Па і бар, які співвідносяться наступним чином 1 бар = 0,1 МПа. Також робочий тиск поділяють на надмірне (Різб) і абсолютне (Рабс). Їх значення відрізняються на величину атмосферного тиску (Ратм) і пов'язані співвідношенням $P_{ізб} = P_{абс} - P_{атм}$.

При виборі компресора потрібно мати на увазі той факт, що створюване пристроєм тиск поступово знижується по шляху до робочого інструменту або апарату. Падіння тиску може відбуватися протягом усього газопроводу і в так званих місцевих опорах: клапанах, вигинах газопроводу, засувках і т.д. Робочий тиск компресора має покривати всі втрати на шляху до споживача і на виході невідповідність встановленим вимогами.

В окремих випадках важливою умовою можуть бути умови подачі стисненого газу. Так поршневі компресори в силу своєї конструкції створюють пульсуючий потік стисненого газу, в той час як в гвинтових компресорах стиснення середовища відбувається рівномірно без коливань у часі. У таких випадках, наприклад, як напилення лаків і фарб, рівномірність подачі є важливою умовою коректної роботи. Зниження пульсацій тиску компресора може бути досягнуто різними способами. Так поршневі компресори можуть мати кілька робочих камер, цикли роботи яких зміщені в часі відносно один одного, за рахунок чого відбувається часткове згладжування сумарного потоку. Однак частіше використовується пристрій під назвою ресивер - посудина, в якому відбувається накопичення стисненого газу, що надходить з компресора, що дозволяє майже повністю виключити пульсацію що виходить з нього потоку газу.

Потужність гвинтового компресора

При проходженні газом гвинтового компресора відбуваються постійні втрати потужності, які здійснюються різними шляхами. Оскільки виготовляються гвинти не ідеальні за формою і розмірами, постійно відбуваються зворотні перетікання газу з порожнини в порожнину в

напрямку з області нагнітання в область всмоктування, що обумовлює частина втрат. Також енергія газу витрачається на тертя об гвинти і корпус, при ударах і т.д. В силу цих причин потужність, що витрачається на стиснення газу в пристрої виявляється більше, ніж теоретична, що необхідний на стиск того ж газу в ідеальних умовах. Така потужність називається індикаторною і може бути визначена за формулою:

$$N_u = (k \cdot Q) / 1000 \cdot [p_B \cdot (\varepsilon^{m-1} - m) / (1 - m) + p_H \cdot (1/\varepsilon)]$$

де:

N_u - потужність гвинтового компресора (індикаторна), кВт;

k - поправочний коефіцієнт (від 1,05 до 1,18 в залежності від розміру пристрою);

Q - продуктивність при вхідних умовах, м³ / с;

p_B - тиск на всмоктуванні, Па;

p_H - тиск на нагнітання, Па;

ε - ступінь стиснення (геометрична);

m - показник політропи.

В іншому ж розрахунок повної потужності всього компресорного агрегату, що складається з безпосередньо компресора, двигуна і передачі, відповідає іншим типам компресорів. Потужність самого компресора збільшується щодо індикаторної на величину механічних втрат, що відбуваються в процесі його роботи. Частина потужності втрачається на передачу, і частина в самому двигуні. Облік цих втрат здійснюється введенням відповідних коефіцієнтів корисної дії.

2.2. Функціональна схема гвинтової компресорної установки

Можливо кілька функціональних станів компресора:

Старт - при натисканні основної кнопки, запускається двигун, який приводить в рух ротори гвинтового блоку. Компресор переходить в наступний режим.

Навантаження - атмосферне повітря проходить в гвинтовий блок через всмоктуючий фільтр і відкритий впускний клапан. Тиск в пневматичній мережі починає підніматися, і поступово доходить до верхнього значення, встановленого на контролері. Компресор переходить в режим холостого ходу.

Холостий хід - впускний клапан закривається і повітря перестає потрапляти в гвинтовий блок. Мотор і ротори гвинтового блоку продовжують обертатися, але так як стиснення не відбувається, навантаження в такому режимі складає приблизно 30% від максимальної потужності. Такий режим потрібен, щоб, в разі відновлення споживання стисненого повітря, заново не запускати електродвигун.

Якщо споживання відновилося, то компресор переходить в режим навантаження. Якщо споживання не поновилося протягом певного часу (налаштовується в контролері), компресор переходить в режим розвантаження і зупинки.

Зупинка - відключення обладнання в штатному (нормальному) порядку.

Alarm stop - екстрене припинення роботи, зі строкової (незапланованої) зупинкою двигуна, з пропуском холостого ходу та інших проміжних етапів. Здійснюється натисканням на кнопку.

всмоктуючий фільтр - пропускає через себе і очищає повітря перед блоком стиснення;

Функції елементів гвинтової компресорної установки:

Впускний клапан - перемикає режим роботи компресора навантаження / холостий хід;

Електромотор - приводить в рух ротори блоку стиснення;

Гвинтовий блок - два паралельно орієнтованих ротора (один опуклий, інший увігнутий);

Привід - зв'язує кручені пару з двигуном, відповідаючи також за обертання із заданою швидкістю;

Охолоджувач масла - знижує температуру масла до заданих значень, не допускаючи перегріву;

Відділювач масла - спеціальний резервуар (бак), що відокремлює масло від стисненого повітря;

Термостат - змінює напрямок руху масла: мале коло - відразу в гвинтовий блок; велике коло - через охолоджувач;

Масляний фільтр - очищає масло перед подачею його в гвинтовий блок;

Реле і запобіжний клапан - захищають від поломки, спрацьовує при різкому підвищенні тиску;

Трубопроводи - з'єднують всі відділи системи, забезпечуючи проходження маслороздушної суміші, масла і стиснутого повітря;

Вентилятор - сприяє здійсненню забору повітря, а також виконує функцію загального охолодження;

Блок управління - здійснює контроль за роботою компресора в нормальному режимі, оповіщення при аварії і настройку параметрів;

Кінцевий охолоджувач - знижує температуру середовища, перш ніж випустити її з обладнання.

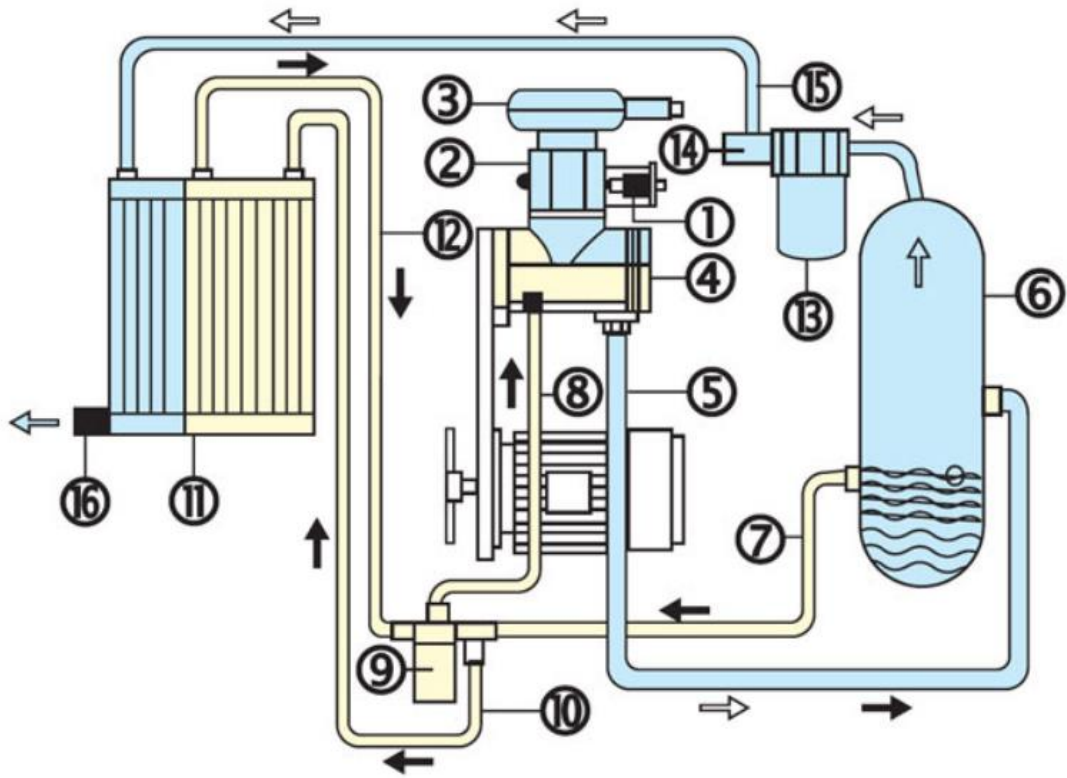


Рис. 2.1 Функціональна схема гвинтового компресора

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Вибір датчиків компресорної станції

Вимірювачі температури THERMOCONT TS (рис.3.1) призначені для постійного вимірювання температури і підходять для загальнопромислового застосування.



Рис. 3.1 Цифровий вимірювач температури THERMOCONT TS



Рис. 3.2

Принцип роботи

Перетворювачі температури серії THERMOCONT TS мають простий принцип роботи. Вимірювальний зонд датчика опускається в ємність або трубу. Датчик пристрою вимірює поточний рівень температури і передає дані на електронний перетворювач. В результаті перетворювач формує вихідний сигнал управління, передається на підключене устаткування.

Експлуатація датчика:

- сумісна температура робочого процесу - від -50°C до $+600^{\circ}\text{C}$,
- сумісний тиск робочого процесу - до 25 бар,
- довжина вимірювального елемента - від 60мм до 3м,
- виходи управління - струмовий 4 ... 20мА, 2 перемикача PNP,
- напруга живлення - 10 ... 36В DC,
- температура експлуатації в межах від -20°C до $+80^{\circ}\text{C}$,
- клас захисту IP67.



Рис. 3.3 Датчик тиску RFMH

Датчик тиску PFMH є п'єзорезистивний вимірювач тиску з плоскою мембраною. Призначений для вимірювання відносного або ж абсолютного тиску в межах від -1 до 68 бар з точністю від 0,1% ДІ. Мінімальний діапазон - 50 мбар. Спеціальної настройки не вимагає, обслуговування зручне.

Пристрій поставляється з універсальним дисплеєм CombiView або без нього. Сенсорний екран і можливість використання FlexProgrammer 9701 роблять роботу особливо зручною. Комунікація з зовнішнім світом відбувається по протоколу HART або струмового петлі 4-20 мА.

Переваги та переваги PFMH

- плоска мембрана
- Вбудований графічний дисплей CombiView (+ сенсорний екран)
- Підтримка промислового інтерфейсу HART
- Проста настройка, повна програмованість
- Високий рівень захисту (IP67 / IP69K)
- Застосування PFMH

Типові завдання для PFMH:

- Вимірювання абсолютного / відносного тиску рідин і газів (в тому числі низького тиску) в діапазоні від -1,0 до 68 бар
- SIP- і SIP-процеси
- Загальнопромислові процеси

Короткі технічні характеристики PFMH

Напруга живлення: 10 ... 35В DC

Дисплей: LCD-дисплей, сенсорний CombiView

Діапазон вимірювання: -1,0 ... 68,0 бар (мінімальний діапазон 50 мбар)

Температура процесу:

- Силіконове масло: -40 ... + 125 ° C (<+ 150 ° C протягом години)

- Біле масло: $-5 \dots + 125 \text{ } ^\circ\text{C}$ ($\ll + 150 \text{ } ^\circ\text{C}$ протягом години)
- Максимальна температура до $+ 200 \text{ } ^\circ\text{C}$ (охладжуючою насадкою)

Температура навколишнього середовища: $-40 \dots + 85 \text{ } ^\circ\text{C}$

Точність: $<\pm 0,1\%$ ДІ

виходи:

- 4-20 мА, 20 ... 4 мА
- HART

Рівень захисту: IP67 / IP69K

Сертифікація 3-A, ENEDG і ATEX

Термосигналізатор ТС-100

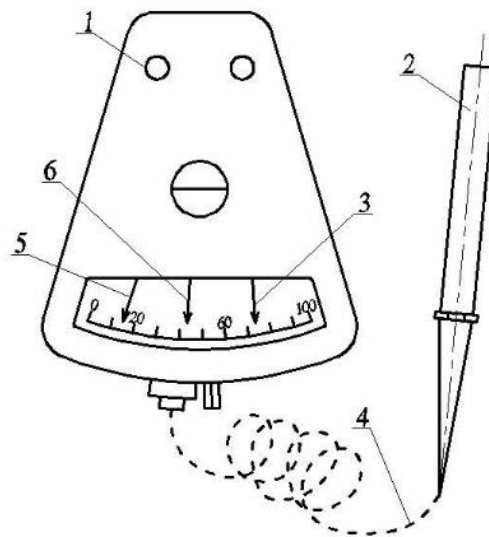


Схема термосигналізатора ТС-100

1-зажим, 2-термобаллон, 3 і 5 установча стрілка (установчі контакти),

4 капіляр, 6 термометр (стрілка датчика)

Термобаллон 2 заповнений рідиною, що має великий коефіцієнт об'ємного розширення (нафта, наприклад). При збільшенні навколишньої температури тиск всередині балона зростає і манометричний пристрій

повертає стрілку приладу, яка займає положення на шкалі приладу відповідно до навколишньої температури. Стрілка забезпечена електричним контактом. На шкалі встановлюються на необхідному рівні температур нерухомі контакти 3 і 5, замикаючи або розмикаючи які, стрілка 6 включає або відключає ланцюга управління або сигналізації.



Реле часу пневматична РКВ-11-43-1214

Призначено для передачі команд з одного електричного кола в іншу з певними, попередньо встановленими витримками часу (від 0 до 180 сек).
Напруга живлення котушки 220 В



Манометр електроконтактний ЕКМ-1

Манометри використовуються для виміру тиску газів або рідин і керування електричним ланцюгом завдяки замиканні/розмиканні в схемах сигналізації автоматики та блокування деяких технологічних процесів.

Прилад містить замикаючі і розмикаючі електричні контакти на нижній та верхніх межах вимірювального тиску



Датчики-реле тиску ДЕМ102

Датчик контролює та регулює тиск в газах та рідинах. Він є стійким до різних нагрузок. Витримує вібрацію та удари. Має степінь захисту корпусу IP67.

Датчик модифікації ДЕМ102-1-06-1 ДЕМ102-1-06-2 допускає максимальне значення тиску контрольованого середовища до 9 Бар.

3.2. Вибір виконавчих механізмів



Клапан мінімального тиску VMC G40F 1-1/2

Італійська компанія VMC - одна з кращих в сфері виробництва комплектуючих для компресорного устаткування. Клапан мінімального тиску VMC відноситься до найважливіших елементів. Його основним завданням є підтримка тиску масла в системі, якого було б достатньо для нормальної роботи компресора.

Завдяки цьому клапану гвинтовий блок та всі його механічні елементи змащуються маслом під час запуску компресора. Також завдяки тому, що він відіграє роль зворотного клапана він скидає навантаження в момент, коли компресорна установка працює при максимальній потужності (не пропускає стиснутий газ в зворотному напрямку).

Запобіжний клапан Intertool PT-5002



Запобіжний клапан Intertool PT-5002

Клапан аварійного скидання тиску з ресивера компресора.
Призначений для захисту ресивера компресора від надлишкового тиску.

Різьба - 1/4дюйма

Тиск 8,5 бар



Електродвигун А4 355Х-4У3

Потужність 315 кВт, 1500 об/хв. Асинхронний електродвигун А4 355Х-4У3 використовується для роботи в складі приводу роторів компресора від мережі змінного струму 6 кВ



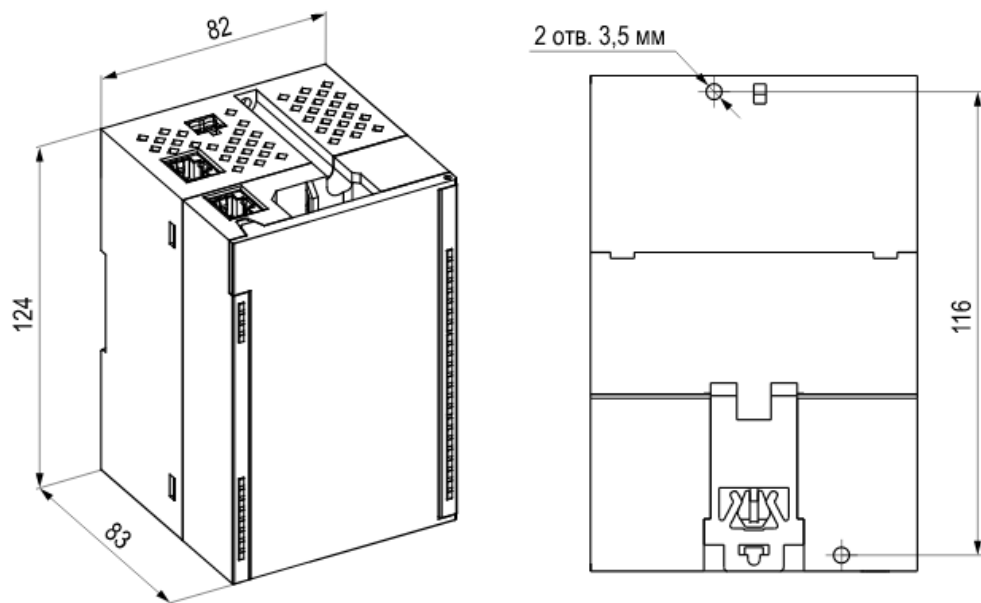
Привід вентилятора електродвигун 4А132М4

Потужність 11 кВт, 1500 об/хв. Асинхронний електродвигун 4А132М4 використовується для роботи в складі приводу вентилятора компресора від напруги мережі 220/380 В

3.3 Вибір логічного контролера та web-панелі



Контролер ОВЕН ПЛК200



Габаритні розміри ПЛК200

ОВЕН ПЛК200 - нова лінійка моноблочних контролерів для малих і середніх систем автоматизації з вбудованими дискретними і аналоговими входами / виходами (DI / DO / AI / AO). Контролери універсальні завдяки широкому спектру комунікаційних протоколів.

Програмування контролера здійснюється в середовищі CODESYS V3.5 SP14 Patch 3. В рамках єдиного ПО користувач розробляє керуючу логіку, людино-машинний інтерфейс і налаштовує обмін з іншими пристроями.

Контролер містить в собі такі інтерфейси зв'язку:

2 × Ethernet 10/100 Мбіт/с (RJ45)

1 × RS-485

USB Device

Вбудовані в контролер два порти Ethernet і наявність брандмауера дозволяють застосовувати його в якості шлюзу між промисловою мережею і мережею підприємства.

Особливості та переваги

Висока продуктивність процесора ARM Cortex-A8 (800 МГц).

Великий обсяг постійної пам'яті 512 Мбайт (NAND), оперативної 256 Мбайт (DDR3) та кеш 64 Кбайт (MRAM).

Встановлена операційна система Linux з RT-патчем. Також присутня підтримка швидких входів / виходів до 95 кГц на виділеному PRU.

Кріплення на DIN-рейку або на стіну.

Тумблер Старт / Стоп і роз'єм для MicroSD-карти під кришкою.

Знімні клемники з невипадаючими гвинтами.

Ethernet дає ряд переваг:

висока швидкість опитування;

варіативна топологія мережі.

Комунікаційні можливості:

Підтримує протоколи MQTT , Modbus RTU / ASCII / TCP, OPC UA (Server), NTP.

Вбудований Firewall.

Підтримка Web-візуалізації CODESYS.

Web-інтерфейс для налаштування і діагностики контролера.

Просте підключення до OwenCloud.

Експлуатація в важких умовах:

Розширений діапазон напруги живлення: = 10 ... 48 В.

Розширений діапазон температури навколишнього середовища: -40 до +55°C.

Конструктивні особливості

Габаритні розміри, а також тип і кількість входів/виходів контроллера залежить від модифікації, у нашому випадку це ПЛК200-01-CS. Він містить 8 дискретних входів і 14 дискретних виходів та не містить аналогових входів/виходів



ОВЕН ВП110 сенсорна web-панель

ОВЕН ВП110 - сенсорна панель оператора, власне кажучи з вбудованим веб-браузером. Призначена вочевидь для наочного відображення веб-візуалізації контролера. ВП110 оснащена вбудованим власне браузером з підтримкою технології HTML5, який саме дозволяє відображати веб-сторінки. Рекомендується, власне кажучи для спільного застосування з ОВЕН ПЛК200 та іншими пристроями, які також мають веб-

сервер. Підключення web-панелі ОВЕН ВП110 здійснюється вкласі по одному з трьох інтерфейсів зв'язку - Ethernet, Wi-Fi або 3G.

Примітка: ВП110 власне кажучи не підтримує відображення web-візуалізації MasterSCADA 4D, так як ця візуалізація власне використовує технології, саме які не підтримуються web-браузером панелі.

Конструктивне виконання

Корпус web-панелі ВП110 виконаний таким чином, що передня панель захищений від пилу і вологи, ступінь захисту - IP65, а також для бокової панелі зі сторони роз'ємів - IP20. Також глянцева поверхня лицьового боку легко очищається. ВП110 має щитове кріплення власне як і можливість кріплення за стандартом VESA100.

Технічні характеристики

В даному дисплеї використаний процесор MediaTek 4 x ARM Cortex™-A7 Core з частотою 1,3ГГц та графічним процесором ARM Mali-400 з частотою 500МГц. Встановлена операційна система Android 8.1.

Що стосується пам'яті пристрою, то це 8ГБ флеш-пам'яті і 1ГБ оперативної (LPDDR3)

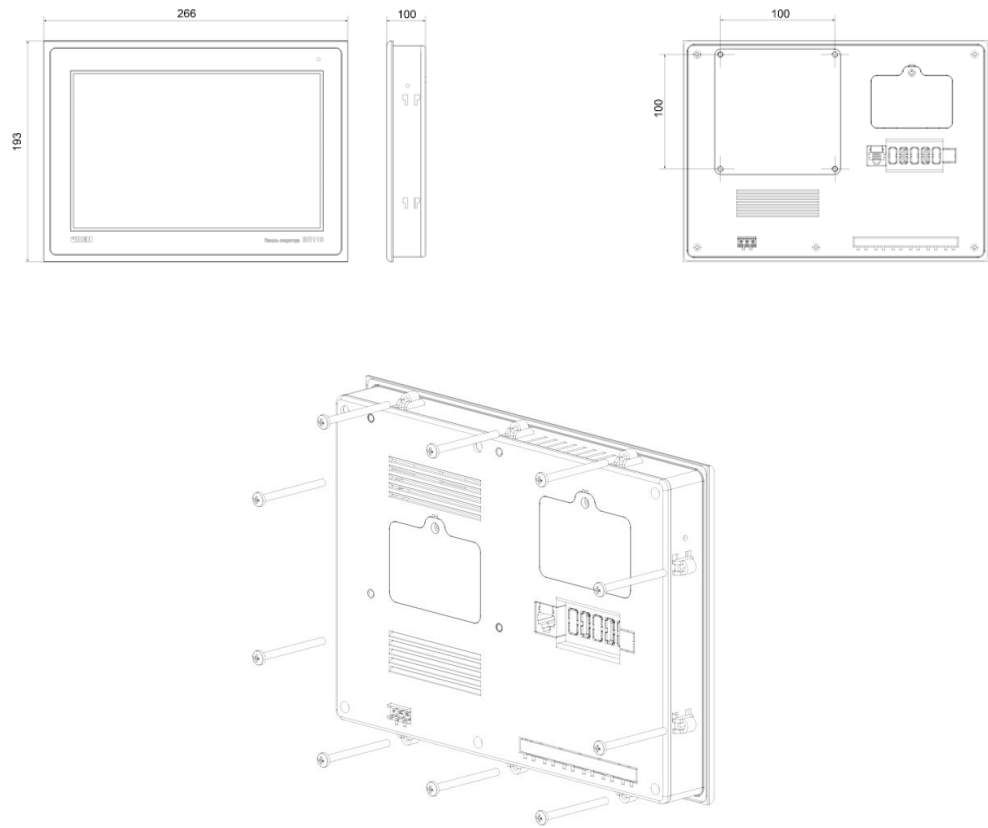
Тип дисплея TFT IPS з підсвіткою лед LED. Також тип сенсорного екрану ємнісний з підтримкою Multi-touch(підтримує до 10 дотиків). Діагональ 10,1 дюйма та розширенням 1280 × 800 пікселів.

Дисплей містить 1 Ethernet порт з підтримкою до 100Мбіт/с (RJ45) і 2 порта USB 2.0 типу А – для підключення HID-пристроїв.

Тип живильної напруги постійний. З діапазоном напруги 10-48 В, та номінальною напругою 24 В. Максимальна споживна потужність 20 Вт, але пристрій також містить акумуляторну батарею.

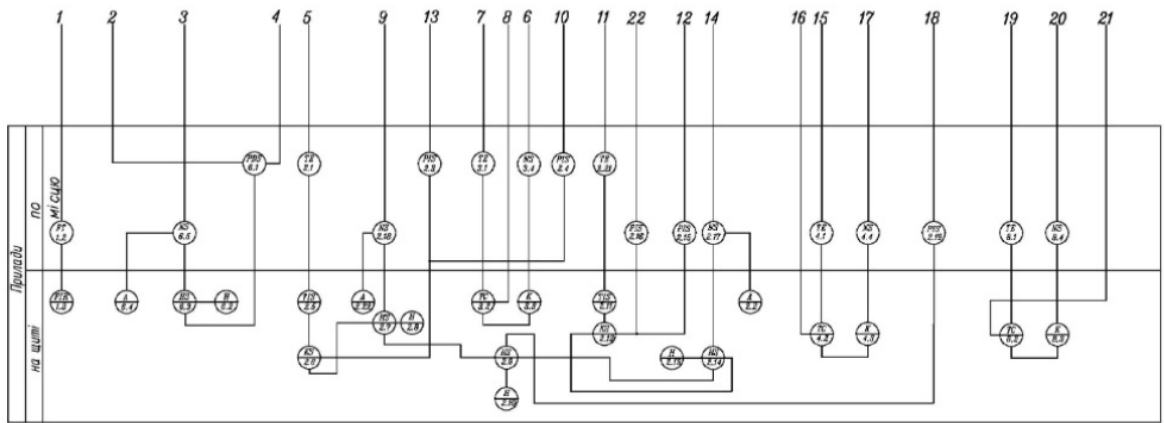
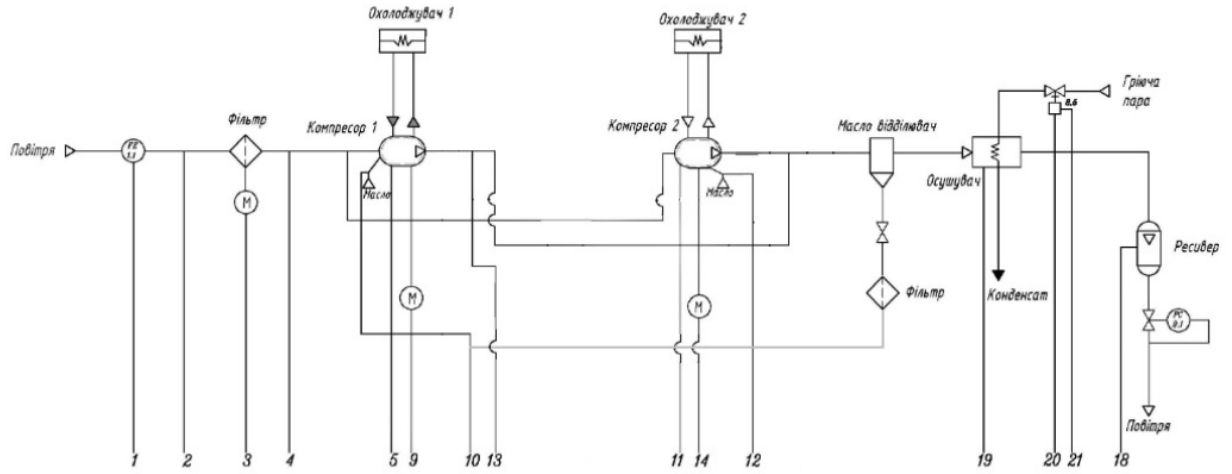
Робоча температура дисплею до 50°C при робочій вологості від 10 - 90% (без конденсації). Зберігається пристрій в температурному діапазоні -20 до + 60 (°C).

Габарити представлені нижче, а також маса дисплею 1,5кг



Габарити дисплею ОВЕН ВП110

3.4. Функціональна схема автоматизації повітряної компресорної станції



Функціональна схема автоматизації повітряної компресорної станції

3.4.1. Автоматизація системи управління компресорної станції

АСУ ТП повітряними компресорами призначена для контролю і управління технологічним процесом стиснення атмосферного повітря по 4-х ступінчастою схемою, а також харчування стисненим повітрям споживачів. До складу технологічного агрегату входять компресора, пусковий і робочий маслонасоси, дросельна заслінка на всмоктуванні, електродвигуна, а також пропускний клапан на нагнітанні.

Автоматизована система реалізує комплекс функцій, які забезпечують поточний контроль, управління, сигналізацію і ПАЗ повітряних компресорів. Всі роботи по впровадженню АС ТП були виконані нашими фахівцями "під ключ", починаючи від проектних робіт і закінчуючи введенням автоматизованої системи в промислову експлуатацію.

АСУ ТП повітряними компресорами стиснення атмосферного повітря

Основні функції автоматизованої системи:

1. функції контролю:

- контроль основних технологічних параметрів компресора - температура, тиск, витрата (повітря, масла, води);
- контроль вібрації ротора;
- контроль температури підшипників і обмоток електродвигуна компресора;
- контроль стану технологічного обладнання;
- контроль робочої зони компресора;
- контроль і фіксація дій технологічного персоналу;

2. функції управління:

- автоматичне і дистанційне ручне керування технологічним обладнанням, причому для підключення обладнання використовувався кабель силовий вогнестійкий типу ВВГнг-LS і КВВГнг;
- регулювання тиску повітря на нагнітанні компресора;
- дистанційний запуск / зупинка компресора;

- протиаварійний і антипомпажний захист компресора

3. інформаційні функції:

- графічна сигналізація на панелі оператора з наданням текстового списку аварійних ситуацій;

- світлозвукова сигналізація порушення передаварійних і аварійних меж за основними технологічними параметрами компресора;

4. допоміжні функції:

- діагностика стану компонентів системи - обриви вимірювальних каналів, останов контролера.

АСУ ТП повітряними компресорами стиснення атмосферного повітря

Програмно-технічний комплекс включає:

1. шафа автоматизації;
2. промисловий контролер ОВЕН ПЛК200;
3. операторська панель ОВЕН ВП1 10;
4. комунікації - цифрова шина MPI і Ethernet.

Інформаційна ємність АСУ ТП:

1. аналогових каналів вимірювання: 32
2. аналогових вихідних сигналів: 4
3. дискретних вхідних сигналів: 18
4. дискретних вихідних сигналів: 14

АСУ ТП повітряними компресорами стиснення атмосферного повітря

Структура АСУ ТП повітряними компресорами стиснення

атмосферного повітря:

1. нижній рівень:

- місцеві вимірювальні прилади, датчики температури / тиску, перетворювачі;

- виконавчі механізми, службовці для отримання інформації про технологічний процес і впливу на нього;

2. середній рівень:

- програмований логічний контролер ОВЕН ПЛК200, що виконує основні функції автоматичного контролю і управління;

3. верхній рівень:

- операторська панель ОВЕН ВП1 10 для відображення ходу протікання технологічного процесу;

- блоки ручного управління - використовуються як станції ручного керування положенням заслінки всмоктування і перепускного клапана відповідно;

- сигналізаційні і технологічні лампи для відображення стану системи і її найбільш важливих вузлів;

- кнопки управління компресором і маслососом.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

4.1. Дослідження режимів роботи групи компресорів «Житомирського заводу силікатних панелей» з використанням автоматизованої системи моніторингу

Розглянуто аспекти організації системи автоматизованого моніторингу групи компресорів, призначеної для точної реєстрації та коригування параметрів групи компресорних установок з метою підвищення загальної енергоефективності. Пропонується організований автоматизований моніторинг енергетичних параметрів компресорів за допомогою портативного комплексу віддаленої телеметрії VIDA350MC з функцією DataLogger. VIDA350MC - прилад, який контролює енергетичні та виробничі дані, відповідає вимогам стандарту систем енергоменеджменту ISO 50001, здійснює введення і тривале зберігання аналогових і цифрових значень з великої кількості датчиків і реєструючих пристроїв. Дані моніторингу імпортуються в портал OpenJEVis, де проводяться подальший аналіз і візуалізацію його результатів. Розглядається група з шести поршневих компресорів з прямим приводом, що володіють високою надійністю, але не мають коштів для регулювання виробленого обсягу стисненого повітря. До групи компресорів входять три установки, що працюють від високої напруги 6 кВ, і три, що працюють від напруги 0,4 кВ. Проаналізовано динаміку споживання стисненого повітря і виявлені наступні проблеми, такі як великі надлишки стисненого повітря, нестабільність тиску, необхідність ручного управління компресорів і клапаном скидання надлишків стисненого повітря. Виділено найбільш енергоефективні шляхи їх вирішення. Проведено аналіз та оцінка алгоритму роботи групи компресорів, знайдені рішення підвищення енергоефективності гвинтових компресорів перед поршневими. Зроблено висновок щодо більш ефективного використання енергоресурсів і скорочення надлишків з демонстрацією запропонованих рішень. За результатами моніторингу запропонована система ефективного управління групою

компресорів, що складається з компресорної установки з частотним керуванням, пристрої дистанційного управління установки, бази даних і системи моніторингу.

Для досягнення економії і скорочення витрат на енергію великих технологічних об'єктів промислових підприємств необхідно автоматизувати процес моніторингу та підвищувати ефективність рішень по модернізації обладнання або його на будівництві. З урахуванням розвитку законодавчої бази і прагнення до впровадження стандартів енергетичного менеджменту завдання підняття енергоефективності виробництв як основних споживачів електричної і теплової енергії в світі стоїть особливо гостро .

Яскравим представником енергоємних виробництв виступає «Житомирський завод силікатних панелей» (ЖЗСП), виробник будівельних матеріалів. Сферами діяльності ЖЗСП є проектування та будівництво панельних житлових будинків і будівель по сучасних збірно-каркасних технологіях, а також виробництво будівельних матеріалів для зведення багатоповерхових та індивідуальних будинків.

4.1.1 Технічний опис об'єкта енергоспоживання - компресорів ВП-20/8 МУ4.

Для технології виробництва будівельних матеріалів, а також розвантаження і транспортування цементу використовується стиснене повітря, який виробляє компресорна станція підприємства, що є великим ключовим споживачем електричної енергії. На ЖЗСП компресори поєднують в собі дві групи по три установки, що працюють від високої напруги 6 кВ, і три, що працюють від напруги 0,4 кВ.

Повітря з компресорної надходить в цех виробництва панелей, цех виробництва блоків з газобетону, арматурний цех, цех по виробництву бетону, а також на потреби парової і водогрійної котельні. Крім того, стиснене повітря використовується на транспорт цементу (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Схема розподілу стисненого повітря на «ЖЗСП»

На компресорному цеху встановлені три поршневі компресора 2ВМ10-63 / 9 ГОСТ 23680-79 і три малих поршневих ВП-20 / 8МУ4 ГОСТ 5.28-67, їх технічні характеристики наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Модель	Тиск повітря, кг/см ²	Вихід, м ³ /мин	Потуж., кВт	Габарит. розміри, мм			Маса., кг
				Д	Ш	В	
2ВМ10-63/9	9	63	400	3500	4400	2840	8810
ВП-20/8 МУ4	8	20	132	2370	1620	2230	3800

Технічні характеристики компресорного устаткування

Згідно режиму виробництва в роботі знаходиться постійно один з великих компресорів. У зв'язку з цим найбільш доцільними вважаються моніторинг і оптимізація групи малих компресорів - ВП-20/8МУ4. Компресор даної групи є крейцкопфною машиною з прямокутним розташуванням циліндрів. При русі поршня в одній з порожнин циліндра першого ступеня створюється розрідження, під дією якого відкриваються всмоктувальні клапани і газ заповнює циліндр. При зворотному ході поршня всмоктуючі клапани закриваються, в циліндрі відбувається стиснення газу, а потім його подача через нагнітальні клапани. Компресор забезпечений системою автоматичного регулювання продуктивності, автоматичним розвантаженням при пуску і зупинці, автоматичним аварійної

захистом, що забезпечує безпеку роботи, зручність обслуговування і вимагає мінімальної кількості обслуговуючого персоналу. Зовнішній вигляд компресора наведено на рис. 4.2.



Рис. 4.2. Компресор ВП 20/8 МУ4, встановлений в компресорній ЖЗСП

Охолодження циліндрів компресора ВП-20/8 і холодильників здійснюється водою під тиском не більше 3,0 кгс / см². Мастило циліндрів здійснюється від багатоплунжерного насоса. На всмоктування компресорів ВП20 / 8 ВП20 / 8 встановлений фільтр. У конструкції холодильників 1-й і 2-й ступенів передбачено відділення вологи від масла. Це підвищує чистоту стисненого повітря, що виробляється компресором.

Компресор ВП 20/8 МУ4 оснащений електродвигуном ДСК 12-24-12.

Пуск електродвигуна ДСК 12-24-12 складається з двох етапів: перший етап - асинхронний набір швидкості при відсутності постійного струму і другий етап - втягування ротора в синхронізм після включення постійного струму. Для збудження використовують генератори постійного струму (що мають загальний вал з двигуном (агрегат В-18)) або тиристорні випрямлячі (тиристорний збудник ВТ22), що забезпечують більш високу надійність

роботи електродвигуна ДСК 12-24-12. У нашому випадку на ЖЗСП використовуються тиристорні випрямлячі. Технічні характеристики електродвигуна ДСК 12-24-12 наведені нижче.

Основні технічні характеристики об'єкта енергоспоживання

Електродвигун ДСК 12-24-12	
Напруга, В	380
Струм, А	243
Потужність, кВт	132
Швидкість обертів, об/хв	500
Частота, Гц	50
Коефіцієнт потужності	0,9
ККД, %	90,7

4.1.2 Моніторинг і аналіз енергоданих компресорного обладнання.

В ході дослідження режимів роботи на компресор ВП-20/8 МУ4 був встановлений вимірювальний комплекс VIDA350MC - Scout Case для збору і аналізу даних по споживанню електричної енергії (рис. 4.3).

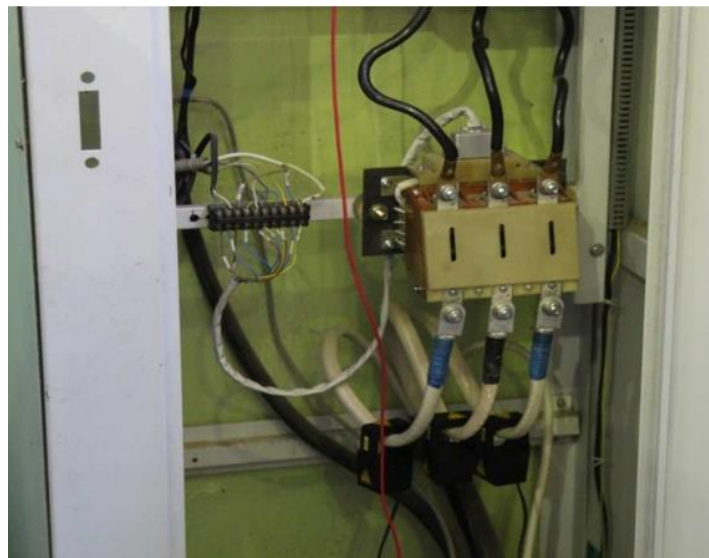



Рис. 4.3. Підключення трансформаторів струму

VIDA350MC до шин електроживлення компресора

Моніторинг роботи компресора проводився за допомогою портативного комплексу віддаленої телеметрії VIDA350MC протягом декількох місяців, основні характеристики приладу представлені нижче. Використовуючи даний комплекс, організовується ефективний моніторинг групи компресорів в різні періоди часу з метою встановлення залежностей в споживанні енергії, розрахунків часу простою і напрацювання, розрахунку вироблення стисненого повітря по номінальній продуктивності та інші завдання.

Склад і характеристики комплексу VIDA 350MC

Маса	9 кг			
Зовнішні розміри	Ширина 280 мм; висота 150 мм; довжина 360 мм			
Робоча напруга	220 В			
Споживання енергії (режим)	Робота: 45 мА	Робота з GSM: 55 мА	Робота з GPS: 60 мА	Робота з GSM/GPS: 70 мА
Температури	Память: -40 до 90 °С		Операції: -25 до 55 °С	
Зовнішні інтерфейси	ГУСО з'єднувач		RS232	
	Вхідні	4 аналоговий (0–10 В) 8 імпульсний (12 В)		
	Вихідні	4 імпульсний (36 В/1,5 А)		
	1-Wire	До 32 датчиків температури		
		CAN		
		RS485		
		GSM		
		GPRS, підтримка HTTP, FTP		
	16-канальний GPS-приймач	Швидкість оновлення	NMEA @ 1 Гц	
	Точність	DGPS/SBAS	2,5 м CEP	
Стандартний зчитувач SIM-карти				
Память	До 32 GB flash-карта, файлова система FAT			

JEVis Scout Case укомплектований лічильником електричної енергії Gossen Metrawatt U189B і знижувальним трансформатором 220/24 В.

Лічильник забезпечує облік електричної потужності в двох тарифних зонах з можливістю імпорту / експорту даних і отримання до 30 вимірних значень для змінних в реальному часі. Для зв'язку із зовнішньою інформаційною системою використовується інтерфейс Ethernet.

З урахуванням вимірюваного об'єму споживання стисненого повітря і результатів аналізу часу напрацювання компресорів, встановлених на АТ ЖЗСП, можна провести розрахунок частки втрат. Візьмемо для розрахунків обсяг виробленого і спожитого повітря за листопад місяць 2016 року (табл. 4.2):

$$\sum V_{\text{вигот}} = 3128\,400 \text{ м}^3 \qquad \sum V_{\text{викор}} = 2\,015\,661,76 \text{ м}^3$$

Таблиця 4.2

Дата	$V_{\text{вигот}}, \text{ м}^3$	$V_{\text{викор}}, \text{ м}^3$
01.11.2016	86400	41792,91
02.11.2016	108000	69238,13
03.11.2016	123600	87584,69
04.11.2016	120000	82466,38
05.11.2016	109200	82009,44
06.11.2016	120000	79439,31
07.11.2016	111600	77539,44

Кількість виробленого і спожитого повітря за перший тиждень листопада 2016 р

Знаючи кількість виробленого і спожитого стисненого повітря, визначимо обсяг втрат стисненого повітря:

$$V_{\text{втрат}} = \sum V_{\text{вигот}} - \sum V_{\text{викор}}, \quad V_{\text{втрат}} = 1112738 \text{ м}^3.$$

На даний момент надлишки повітря стравлюють в атмосферу шляхом ручного відкриття засувки. Видно, що обсяг втрат при- мірно становить 1/3 від загального виробленого обсягу повітря, що обумовлює необхідність аналізу та оптимізації режимів.

З урахуванням результатів моніторингу енергоспоживання групи об'єктів протягом листопада місяця 2016 р побудований графік режиму ра-

боти (рис. 4.4). Також побудовані графіки реального витрати повітря і виробленого і кількість витрат стисненого повітря (по днях) (рис.4.5 і 4.6).

На рис. 5 синім кольором показано кількість виробленого стиснутого повітря, а фіолетовим - кількість споживаного стисненого повітря, що наочно підтверджує наявність постійного рівня витрат. Виходячи з графіка (див. Рис. 6), можна зробити висновок про доцільність зниження втрат за рахунок заміни частини малих поршневих компресорів на гвинтові з установкою системи автоматичного управління заслінкою скидання.



Рис. 4.4. Графік роботи групи компресорів: три верхні рядки - 2ВМ10-63 / 9, три нижні - ВП-20/8 МУ4

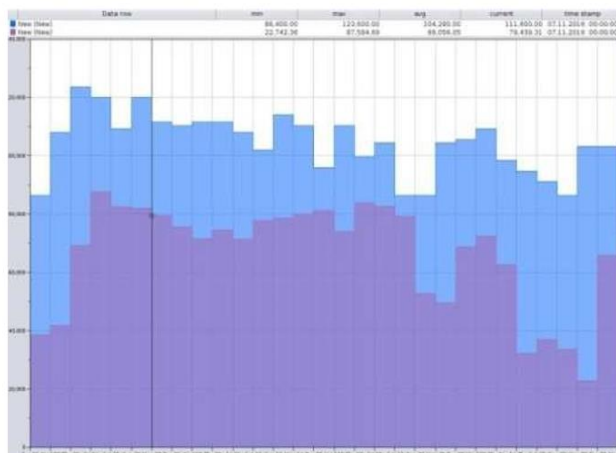


Рис. 4.5. Графік реального витрати стисненого повітря і виробленого (по днях)



Рис. 4.6. Кількість витрат повітря (по днях)

За графіком на рис. 4.6 також видно, що в дні, коли не працював жоден малий компресор, надлишки повітря зберігаються. Для їх усунення і повної автоматизації компресорної станції буде необхідна установка автоматичного клапана скидання надлишкового тиску. Заміна великого поршневого компресора 2ВМ10-63 / 9 на гвинтовий ЕКО 315 QD при аналогічних характеристиках не призведе до істотної економії.

4.1.3 Система ефективного управління групою компресорів.

Для зниження втрат повітря і зниження витрат електричної енергії на його виробництво пропонується замінити частину поршневих компресорів на гвинтові, що володіють можливістю частотного регулювання швидкості електроприводу. Як конкурентоспроможного зразка компресора розглянемо гвинтовий компресор ЕКОМАК 132D VST, який забезпечує автоматичне підтримання тиску і регулювання об'єму повітря при порівнянних технічних параметрах.

При заміні поршневого компресора ВП-20/8МУ4 на гвинтовий ЕКОМАК 132D VST отримаємо схему, спрощений вигляд якої наведено на рис. 4.7.

Технічні характеристики компресора ЕКОМАК 132D VST

ТИП	ЕКОМАК 132D VST
Номін. продуктивність	8,2–23,1 м ³ /мин
Мінімальний робочий тиск	4
Максимальний робочий тиск	8
Номін. потуж. прив. електродвиг.	132 кВт
Тип привода	Прямий
Тип управління	Інверторний
Производитель винтового блока	AERZENER (Німеччина)
Производитель приводного двигателя	ЕКОМАК(ABB) (Турція)
Габарити (Ш×Д×В)	3185×1650×2000 мм

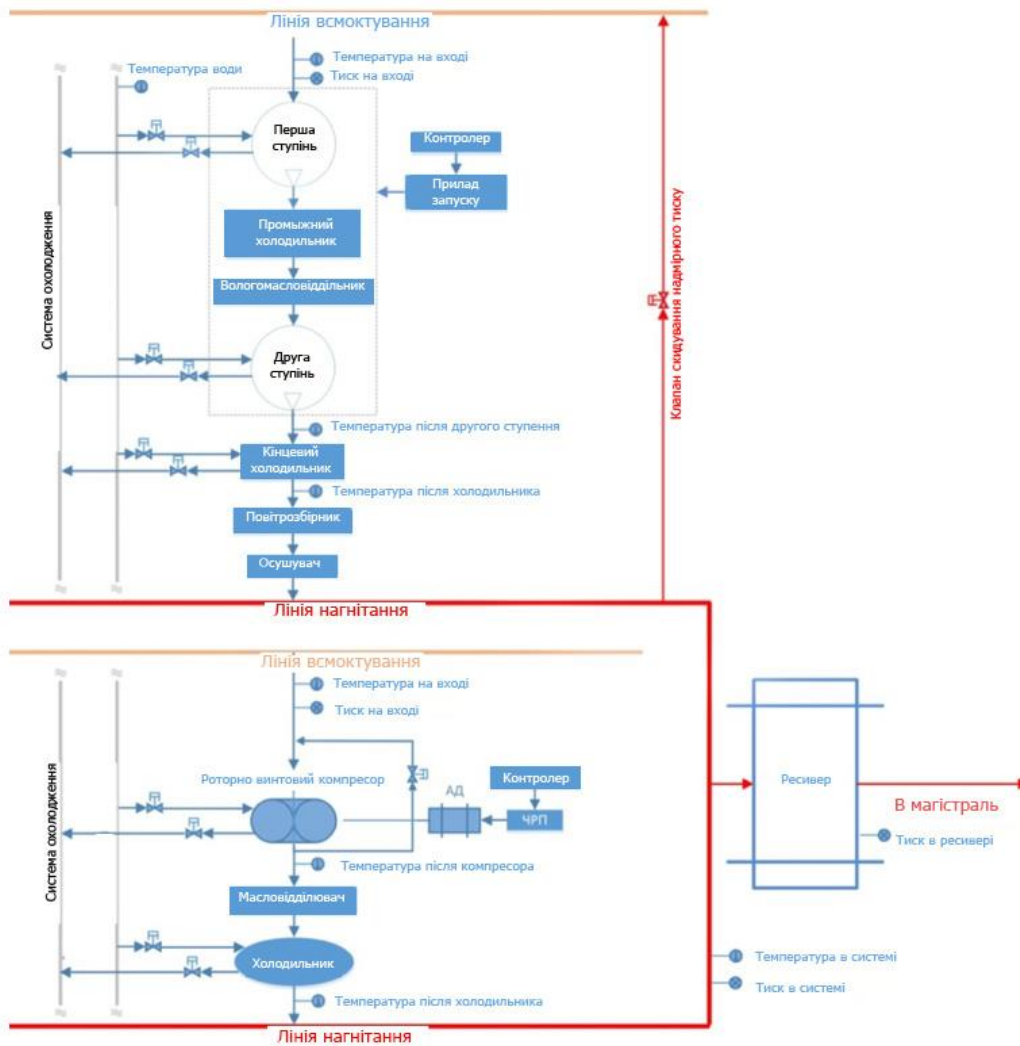
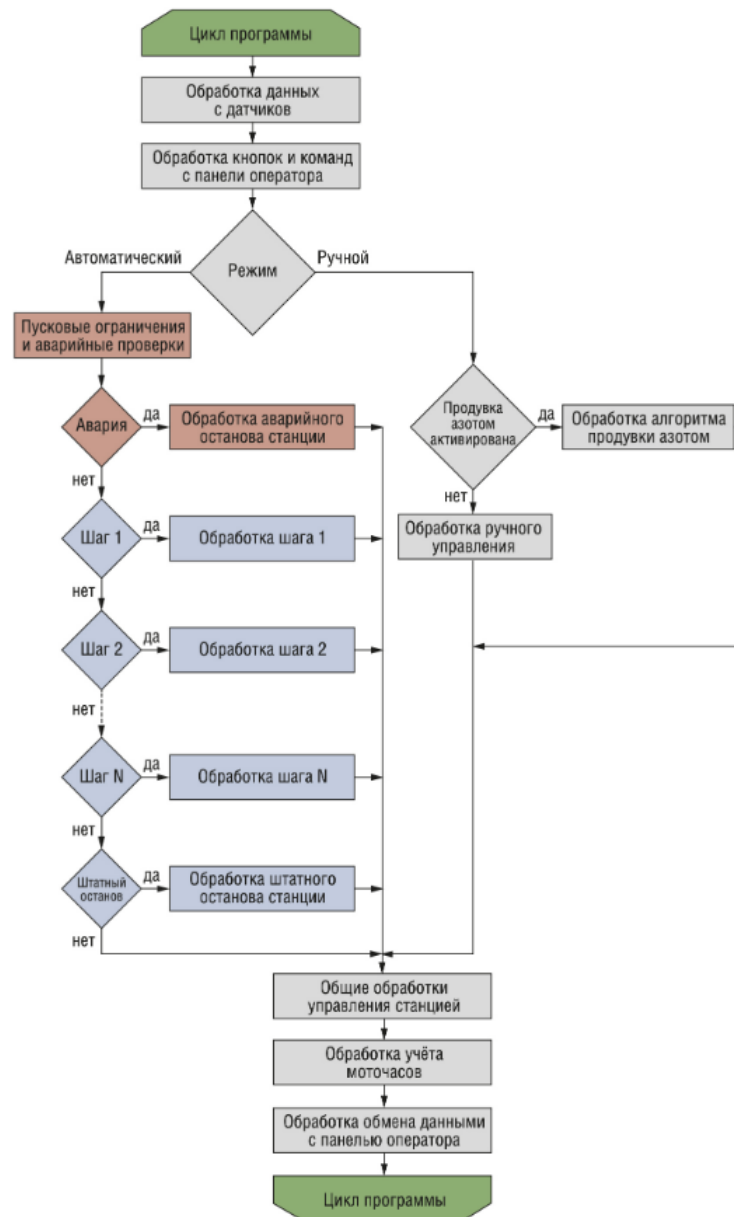


Рис. 4.7. Поршневий 2ВМ10-63 / і гвинтовий ЕКОМАК 132D VST9 компресори в парі

Висновки. Результати моніторингу показали високі втрати стисненого повітря, викликані незбалансованим режимом роботи групи компресорів. Звідси випливає висновок, що заміна групи малих поршневих компресорів ВП-20/8 МУ4 на гвинтові ЕКОМАК 132D VST дозволить знизити надлишки повітря, що призведе до скорочення витрат на електроенергію на 45-48%, а також до більш плавного значенням тиску повітря в системі. Запропонована автоматизована система моніторингу режимів роботи групи компресорів планується до використання в складі ефективної інформаційно-аналітичної системи управління енергоресурсопотреблінням підприємства.

5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Алгоритм роботи компресорної станції



На початку циклу програми відбувається обробка даних з датчиків - приведення даних від аналогових датчиків 4-20мА (датчики тиску, температури, витрати газу по входу і т.д.) до діапазону шкали. Потім обробляються натискання кнопок управління і команди оператора, що надійшли з сенсорної панелі. Це робиться в кожному циклі програми, і в подальшому ці дані використовуються в програмі.

Система може працювати в одному з двох режимів:

ручний режим - оператор бере на себе повне управління системою. Ручний режим потрібен для перевірки вузлів і устаткування. Наприклад, можна окремо запустити маслонасосів, вентилятор вентиляції, насоси і вентилятори системи охолодження, обігрівачі приміщення компресорної, перевірити клапани і т.д. Аварійні захисту в цьому режимі відключені;

автоматичний режим - основний режим роботи. Система працює відповідно до основного циклу програми ПЛК, при цьому контролюються і аналізуються свідчення з дискретних і аналогових датчиків станції, на підставі обробки яких система керує виконавчими механізмами. Аварійний захисту в цьому режимі активний.

Відомості від датчиків станції можна подивитися в будь-який момент, в будь-якому режимі роботи. Відповідно до правил розмежування доступу панель оператора дозволяє перейти в ручний режим тільки майстру системи (повний рівень доступу), в той час як іншим групам користувачів - оператору (основний рівень доступу, що дозволяє виконувати всі необхідні дії оператору АГНКС) і адміністратору (рівень доступу інженера) ця опція буде недоступна.

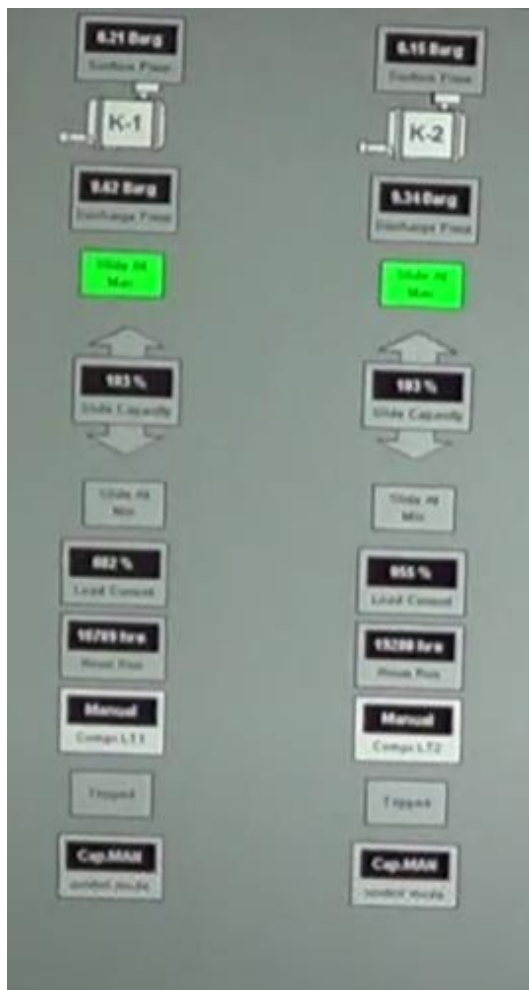
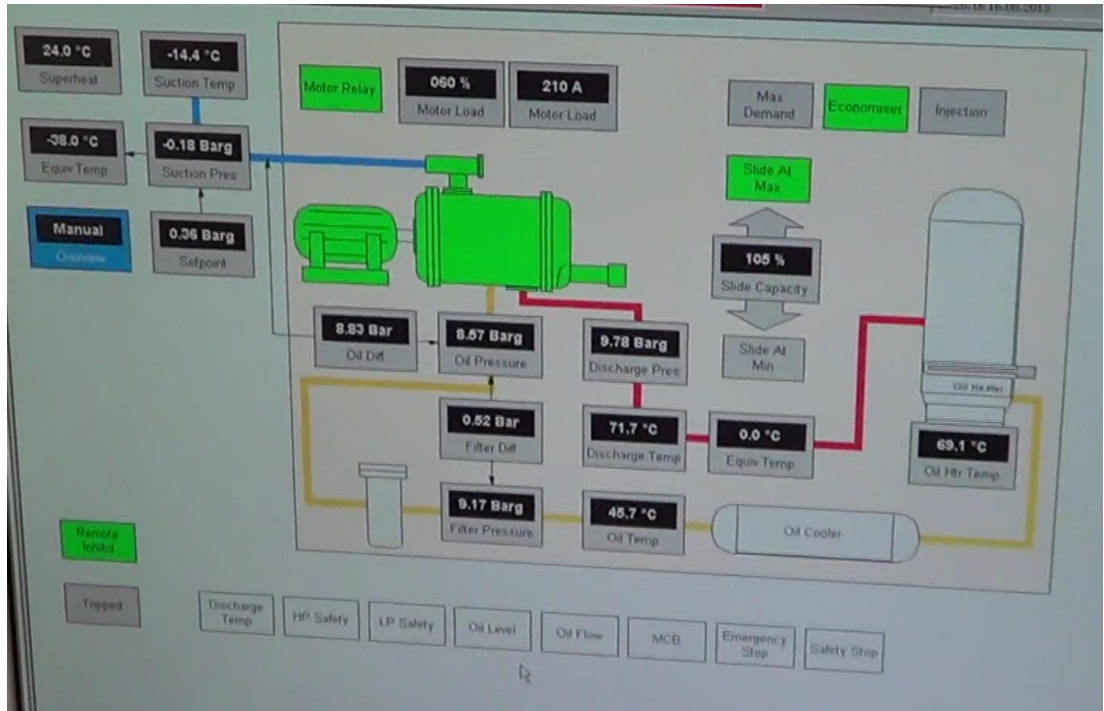
Автоматичний режим розбивається на кроки. Перехід з одного кроку на наступний можливий лише при виконанні певних умов. Наприклад, перехід на крок 1 можливий лише при натисканні кнопки «Пуск програми», при цьому активізуються перевірка на аварії першої групи і пускові обмеження першої групи. Пускові обмеження не дозволяють просунутися на наступний крок до тих пір, поки не буде виконано ряд умов (тиск газу на вході в станцію не досягне робочого значення, показники тиску в маслосистемі і в системі охолодження не досягнуть робочого стану і т.д.). У той же самий час, якщо перехід на наступний крок сильно затягнувся, наприклад, тиск в маслосистемі не може вийти на заданий рівень протягом

довго часу, контролер видасть відповідну помилку і зупинить процес запуску.

Позначення «Загальні обробки управління станцією» застосовується для ряду блоків, які можуть бути доступні на будь-якому етапі програми. Наприклад, алгоритм охолодження компресорної станції буде зупинений, не коли оператор зупинить станцію, а коли в системі температура впаде нижче уставки регулювання, тобто програма буде перебувати на нульовому або третьому кроці, а алгоритм охолодження при цьому буде працювати, хоча компресор вже зупинений. Алгоритм автоматичної підтримки тиску в системі також відноситься до загальних обробкам (в ручному режимі алгоритм неактивний). Після активації він буде працювати постійно, запускаючи і зупиняючи станцію згідно уставками регулювання до тих пір, поки оператор не зупинить станцію чи не станеться аварійна подія.

Особливу увагу слід звернути на кроки програми. Пуск компресора - поетапний процес. На нульовому кроці контролер перевіряє систему і чекає команди оператора на включення станції. На кроках 1-3 система активує додаткові перевірки, запускає алгоритми вентиляції, опалення і очікує певний час на кожному кроці, поки поточні алгоритми запустяться. На кроці 3 система очікує команди на пуск компресора від оператора або від алгоритму автоматичної підтримки тиску (якщо алгоритм активований). На кроці 4 контролер перемикає компресор в роботу «на себе» і запускає алгоритм системи охолодження, електродвигун маслососа і інші алгоритми, після чого очікує деякий час перед переходом на крок 5, де виробляється пуск електродвигуна компресора, при цьому його пуск контролюється (затяжний пуск або інші аварійні події). У разі вдалого пуску система переходить на наступні кроки, де компресор перемикається з режиму роботи «на себе» в лінію і активуються додаткові сервісні алгоритми роботи станції, такі як скидання конденсату (продувки), управління системою примусової мастила механізму руху та інші.

5.2 Мнемо схема компресорної станції



На даній мнемосхемі ми бачимо , що на екран оператора компресорної станції виводиться значення вхідних показників температури і тиску повітря. Далі ми бачимо кнопку включення та виключення компресора та рівень його навантаження. Показник тиску масла та тиск повітрягазової суміші. Потім ця суміш прямує до сепаратора(масло-цистерни) де повітря очищене йде на вихід, а масло поступає на охолоджувач паралельно з цим відслідковуємо параметри тиску та температури і після фільтрації масло повертається до компресорного блоку.

Також на нижній панелі бачимо індикатори рівнів у нормі і також є кнопка аварійного відключення компресора

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Характеристика шкідливих факторів виробничого середовища

Під час роботи на виробництві на людину можуть впливати один, або низка небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Безпека того чи іншого технологічного процесу може бути визначена за їх кількістю і за ступенем небезпеки кожного з них зокрема. Безпека праці на виробництві визначається ступенем безпеки окремих технологічних процесів.

Небезпечні й шкідливі виробничі фактори стандартом ГОСТ 12.0.003-74 поділяються на фізичні, хімічні, біологічні й психофізіологічні. Останні за характером впливу на людину підрозділяються на фізичні й нервово-психічні перевантаження, а інші - на конкретні небезпечні й шкідливі виробничі фактори.

В процесі роботи на підприємстві на працівника можуть впливати такі небезпечні й шкідливі виробничі фактори:

- машини, що рухаються, автотранспорт і механізми;
- рухомі незахищені елементи механізмів, машин і виробничого обладнання;
- падаючі вироби техніки, інструмент і матеріали під час роботи;
- ударна хвиля (вибух посудини, що працює під тиском пари рідини);
- струмені газів і рідин, що стікають, із посудин і трубопроводів під тиском;
- підвищене ковзання (через зледеніння, зволоження й замаслювання поверхонь, по яких переміщується робочий персонал);

- підвищені запыошеність й загазованість повітря;
- підвищена чи знижена температура поверхонь техніки, обладнання й матеріалів;
- підвищена чи знижена температура, вологість і рухомість повітря;
- підвищений рівень шуму, вібрації, ультра- та інфразвука;
- підвищена напруга в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- підвищений рівень статичної електрики;
- гострі кромки, задирки й шорсткість на поверхнях обладнання й інструментів;
- відсутність чи нестача природного світла;
- недостатня освітленість робочої зони;
- знижена контрастність об'єктів в порівнянні з фоном;
- пряма блискість (прожекторне освітлення територій виробництв, світло фар автотранспорту) і відбита блискість (від розлитої води й інших рідин на поверхні територій виробництв);
- підвищена пульсація світлового потоку;
- підвищений рівень ультрафіолетової й інфрачервоної радіації;
- хімічні речовини (токсичні, подразнюючі, сенсibiliзуючі, канцерогенні, мутагенні, що впливають на репродуктивну функцію людини);
- хімічні речовини , що проникають в організм через органи дихання, шлунково-кишковий тракт, шкірні покриви і слизові оболонки;
- патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, гриби, найпростіші) і продукти їхньої життєдіяльності;
- перевантаження (статичні й динамічні) і нервово-психічні чинники (емоційні перевантаження, перенапруга аналізаторів, розумова перенапруга, монотонність праці).

Рівні небезпечних і шкідливих виробничих факторів не повинні перевищувати граничнодопустимих значень, встановлених у санітарних нормах, правилах і нормативно-технічній документації.

6.2 Забезпечення безпеки життєдіяльності при роботі з ПК

Під час роботи на комп'ютерах можуть діяти такі небезпечні та шкідливі фактори, як:

- фізичні;
- психофізіологічні.

Електробезпека при роботі.

Заходи щодо усунення небезпеки ураження електричним струмом зводяться до правильного розміщення устаткування та електричних кабелів. Інші заходи щодо забезпечення електробезпеки, збігаються з загальними заходами пожежо- та електробезпеки.

В якості профілактичних заходів для забезпечення пожежної безпеки слід використовувати скриту електромережу, надійні розетки з пожежобезпечних матеріалів, силові мережі живлення устаткування виконувати кабелями, розрахованими на підключення в 3-5 разів більшого навантаження, включати й виключати живлення обладнання за допомогою штатних вимикачів. Треба регулярно робити очистку внутрішніх частин комп'ютерів, іншого устаткування від пилу, розташовувати комп'ютери на окремих неспалюваних столах. Для запобігання іскріння необхідно рідше встромляти і виймати штепсельні вилки з розеток.

Освітлення.

Система освітлення повинна відповідати таким вимогам:

- освітленість на робочому місці повинна відповідати характеру зорової роботи, який визначається трьома параметрами: об'єктом розрізнення

-найменшим розміром об'єкта, що розглядається на моніторі ПК; фоном, який характеризується коефіцієнтом відбиття; контрастом об'єкта і фону;

- необхідно забезпечити достатньо рівномірне розподілення яскравості на робочій поверхні монітора, а також в межах навколишнього простору;
- на робочій поверхні повинні бути відсутні різкі тіні;
- в полі зору не повинно бути відблисків (підвищеної яскравості поверхонь, які світяться та викликають осліплення);
- величина освітленості повинна бути постійною під час роботи;
- слід обирати оптимальну спрямованість світлового потоку і необхідний склад світла.

Вимоги до монітору.

Основним обладнанням робочого місця користувача комп'ютера є монітор, системний блок та клавіатура.

Робочі місця мають бути розташовані на відстані не менше 1,5 м від стіни з вікнами, від інших стін на відстані 1 м, між собою на відстані не менше 1,5 м. Відносно вікон робоче місце доцільно розташовувати таким чином, щоб природне світло падало на нього збоку, переважно зліва.

Робочі місця слід розташовувати так, щоб уникнути попадання в очі прямого світла. Джерела освітлення рекомендується розташовувати з обох боків екрану паралельно напрямку погляду. Для уникнення світлових відблисків екрану, клавіатури в напрямку очей користувача, від світильників загального освітлення або сонячних променів, необхідно використовувати антиполюсківі сітки, спеціальні фільтри для екранів, захисні козирки, на вікнах - жалюзі.

Екран дисплея повинен бути розташованим перпендикулярно до напрямку погляду. Якщо він розташований під кутом, то стає причиною сутулості. Відстань від дисплея до очей повинна трохи перевищувати звичну відстань між книгою та очима. Перед екраном монітора, особливо старих

типів, повинен бути спеціальний захисний екран. При його відсутності треба сидіти на відстані витягнутої руки від монітора.

Фільтри з металевої або нейлонової сітки використовувати не рекомендується, тому що сітка спотворює зображення через інтерференцію світла. Найкращу якість зображення забезпечують скляні поляризаційні фільтри. Вони усувають практично всі відблиски, роблять зображення чітким і контрастним.

При роботі з текстовою інформацією (в режимі введення даних та редагування тексту, читання з екрану) найбільш фізіологічним правильним є зображення чорних знаків на світлому (чорному) фоні.

Монітор повинен бути розташований на робочому місці так, щоб поверхня

екрана знаходилася в центрі поля зору на відстані 400-700 мм від очей користувача. Рекомендується розміщувати елементи робочого місця так, щоб витримувалася однакова відстань очей від екрана, клавіатури, тексту.

Робоча поза

Зручна робоча поза при роботі з комп'ютером забезпечується регулюванням висоти робочого столу, крісла та підставки для ніг. Рациональною робочою позою може вважатися таке положення, при якому ступні працівника розташовані горизонтально на підлозі або підставці для ніг, стегна зорієнтовані у горизонтальній площині, верхні частини рук - вертикальні. Кут ліктьового суглоба коливається в межах 70-90°, зап'ястя зігнуті під кутом не більше ніж 20°, нахил голови 15-20°.

Важливою є форма спинки крісла, яка повинна повторювати форму спини. Висота крісла повинна бути такою, щоб користувач не почував тиску на куприк або стегна. Крісло бажано обладнати бильцями. Його потрібно встановити так, щоб не треба було тягтися до клавіатури. Періодично користувачу необхідно рухатися, вчасно змінювати положення тіла і робити перерви у роботі.

При напруженій роботі за комп'ютером щогодини необхідно робити перерву на 15 хвилин через кожну годину і треба займатися іншою справою. Декілька разів на годину бажано виконувати серію легких вправ для розслаблення.

Для нейтралізації зарядів статичної електрики в приміщенні, де виконується робота на комп'ютерах, в тому числі на лазерних та світлодіодних принтерах, рекомендується збільшувати вологість повітря за допомогою кімнатних зволожувачів. Не рекомендується носити одяг з синтетичних матеріалів.

Вимоги безпеки перед початком роботи:

- увімкнути систему кондиціонування в приміщенні;
- перевірити надійність встановлення апаратури на робочому столі.

Повернути монітор так, щоб було зручно дивитися на екран - під прямим кутом (а не збоку) і трохи зверху вниз, при цьому екран має бути трохи нахиленим, нижній його край ближче до оператора;

- перевірити загальний стан апаратури, перевірити справність електропроводки, з'єднувальних шнурів, штепсельних вилок, розеток, заземлення захисного екрана;

- відрегулювати освітленість робочого місця;

- відрегулювати та зафіксувати висоту крісла, зручний для користувача нахил його спинки;

- приєднати до системного блоку необхідну апаратуру. Усі кабелі, що з'єднують системний блок з іншими пристроями, слід вставляти та виймати при вимкненому комп'ютері;

- ввімкнути апаратуру комп'ютера вимикачами на корпусах в послідовності: монітор, системний блок, принтер (якщо передбачається друкування);

- відрегулювати яскравість свічення монітора, мінімальний розмір світної точки, фокусування, контрастність. Не слід робити зображення надто яскравим, щоб не втомлювати очей.

Вимоги безпеки під час виконання роботи:

- необхідно стійко розташовувати клавіатуру на робочому столі, не опускати її хитання. Під час роботи на клавіатурі сидіти прямо, не напружуватися;

- для забезпечення несприятливого впливу на користувача пристроїв типу "миша" належить забезпечувати вільну велику поверхню столу для переміщення "миші" і зручного упору ліктьового суглоба;

- не дозволяються посторонні розмови, подразнюючі шуми;

- періодично при вимкненому комп'ютері прибирати ледь змоченою мильним розчином бавовняною ганчіркою порох з поверхонь апаратури. Екран ВДТ та захисний екран протирають ганчіркою, змоченою у спирті. Не дозволяється використовувати рідинні або аерозольні засоби чищення поверхонь комп'ютера.

Забороняється:

- класти будь-яку предмети на апаратуру комп'ютера;

- закривати будь-чим вентиляційні отвори апаратури, що може призвести

до її перегрівання і виходу з ладу.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

У роботі було розроблено автоматизовану систему керування газокompресорною станцією на базі програмованого логічного контролера Овен ПЛК 200.

В процесі розробки системи керування було розглянуто типи компресорних установок, а також принцип роботи за функціональною схемою компресорної установки.

За результатами аналізу було розроблено функціональну схему автоматизації повітряної компресорної станції, обрано програмований логічний контролер, виконавчі механізми та вимірювальні датчики.

В рамках дослідження режимів роботи групи компресорів ЖЗСП було виявлено проблему надмірної втрати стисненого повітря і запропоновано її вирішення шляхом заміщення ряду поршневих компресорів ВП-20/8 МУ4 на винтові ЕКОМАК 132D VST, що дозволило знизити надлишки повітря, що призведе до скорочення витрат на електроенергію на 45-48%, а також до більш плавного значення тиску повітря в системі.

Впровадження такої системи керування дозволяє управляти технологічним процесом виробництва сірчаної кислоти та дає можливість оператору слідкувати за технологічними параметрами з метою оптимізації та якісного контролю.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 1. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-8052 від 28.05.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2013. – 256 с.
2. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-11650 від 16.07.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2014. – 312 с.
3. Микитишин А.Г., Митник, П.Д. Стухляк. Комплексна безпека інформаційних мережевих систем: навчальний посібник – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. – 256 с.
4. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. Телекомунікаційні системи та мережі : навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 384 с.
5. <https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/45343/1/Bondarenko.pdf>
6. Веригин И. С. Компрессорные и насосные установки / И. С. Веригин. – М. : Академия, 2007. – 289 с.
7. http://www.prof2.ru/professii/avtomatizacija_zdaniy/materiali_slesar/sistem_teplosnabzhen/.
8. <http://ru.heating.danfoss.com/PCMFiles/41/Recommendation/RB.00.M3.50.pdf>.
9. <http://homepages.eee.strath.ac.uk/~reza/intro-to-simulink.pdf>.
10. http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/03_05/stat_114.htm.
11. Системы воздухообеспечения промышленных предприятий / под ред. В. А. Германа. – М. : Изд-во МЭИ, 1989. – 180 с.
12. Paul C. Halon Compressor Handbook / ISBN 0-07-026005-2 / Mc Grow-Hill/2001. – 754 с.

